

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

T.A. OTAQO'ZIYEV, E.T. OTAQO'ZIYEV

BOG'LOVCHI MODDALARNING KIMYOVIIY TEXNOLOGIYASI

*Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan 5522400 kimyoviy texnologiya
ishlab chiqarish turlari bo'yicha bakalavriat ta'lim yo'nalishi talabalari uchun
darslik sifatida tavsiya etilgan*

***Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi
Toshkent – 2005***

Taqrizchilar:

A.M. Eminov — texnika fanlari doktori, professor,

A.P. Erkaxo'jayeva — *texnika fanlari doktori, professor.*

Darslikda ohak, gips, magnezial bog'lovchi moddalar va turli sementlar tayyorlashning texnologik chizmalari, ular olinadigan xomashyolar hamda bu materiallarning tavsifi, ularning sinflanishi haqida eng yangi ma'lumotlar keltirilgan, bog'lovchi moddalar, xususan, sementning qotishida ro'y beradigan jarayonlar talqin etilgan va ularga xos fizik-mexanik xossalar hamda ularni ishlatish sohalari yoritilgan.

Kitobda atrof-muhit muhofazasi, ayniqsa, fosfogips o'g'it sanoati chiqindisining xossa hamda xususiyatlari haqida batafsil so'z boradi.

T 4108130000-76 2005
360(04)—2005

ISBN 5-8250-0975-2

© Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2005.

SO‘ZBOSHI

Ushbu darslik kimyoviy texnologiya yo‘nalishining bog‘lovchi moddalar kimyoviy texnologiyasi sohasida ixtisoslashuvchi texnika fanlari bakalavrlari uchun mo‘ljallangan o‘quv dasturiga muvofiq yozilgan. Shuning uchun kitobda turli bog‘lovchi moddalarning xomashyolari, ularni olish texnologiyasi, gips, ohak va sementning hosil bo‘lish jarayonida kechadigan fizik-kimyoviy jarayonlar keng talqin qilingan.

Bunda turli qo‘shilmalarning ta‘siriga alohida e‘tibor berilgan. Sement olishning barcha usullari keltirilgan.

Bundan tashqari kitobda turli bog‘lovchi moddalarni xilma-xil konstruksiyalarda samaraliroq ishlatish imkonini beradigan xossa va xususiyatlari keng bayon etilgan.

Darslikda bog‘lovchi materiallar qotish jarayonlarining fizik-kimyoviy asoslari hamda bu jarayonlarni tezlashtirish va boshqarishning maqbul usullari, shuningdek, qotish jarayonida hosil bo‘ladigan yangi birikmalar mikrostrukturasi qotgan bog‘lovchi materiallar, binobarin, betonlarning mustahkamlik, deformatsiyalanish va hokazo xususiyatlariga ta‘siri ko‘rsatib o‘tilgan. Shu bilan birga, bog‘lovchi materiallar sanoatida kimyo, rangli va qora metallurgiya chiqindilari, issiqlik stansiyalari kullari kabi chiqindilardan foydalanish bilan bog‘liq bo‘lgan masalalar ham darslikdan o‘rin olgan.

Mazkur kitobda bog‘lovchi moddalar kimyoviy texnologiyasi sohasida chet el fani hamda texnikasi erishgan eng yangi yutuqlar ham o‘z ifodasini topgan.

Bog'lovchi moddalar kimyoviy texnologiyasi sohasida mutaxassis tayyorlaydigan oliy o'quv yurtlarining talabalari uchun ushbu darslik asosiy manbalardan biri hisoblanadi.

Darslikda turli bog'lovchi materiallarning yangi texnologiyalarini, yangi turdagi sementlarni ishlatish, turli qo'shilmalardan foydalanish, mahsulot ishlab chiqarish samaradorligini va sifatini oshirish yo'llari batafsil ko'rsatib o'tilgan. Bunda bog'lovchi materiallar va birlamchi xomashyoni standartlashtirish sohasidagi barcha o'zgarishlar ham hisobga olingan.

KIRISH

Xalq xo'jaligida qurilish materiallarining ahamiyati juda katta. Sanoat va uy-joy qurilishining kun sayin o'sib borishi qurilish materiallariga bo'lgan ehtiyojni yanada oshirmoqda. Shuning uchun qurilish materiallari ishlab chiqarish texnologiyasi, ulardan yasalgan buyumlar tarkibini bilish va o'rganish har bir quruvchi-mutaxassis uchun muhimdir. Shuning uchun quruvchi-mutaxassis avvalo quyidagilarni yaxshi bilishi lozim:

a) materiallar ishlab chiqarish uchun ishlatiladigan xomashyoni;

b) xomashyoni ishlash va buyum tayyorlash jarayonini;

d) qurilish materiallarining xossalari, ularni sinash usullari va qabul qilishni;

e) tashish va saqlash usullarini;

f) materiallarning qurilishda va kerakli joylarda ishlatilishini;

g) materiallarni tejash yo'llarini.

Qurilish materiallaridan tayyorlangan mahsulot qurilish buyumlari yoki konstruksiyalar deb ataladi. G'isht bloklari, temir-beton buyumlar va konstruksiyalar, yog'och fermalar va boshqalar shular jumlasidandir.

Qurilish materiallarini ishlab chiqarish va ularni xalq xo'jaligida ishlatishning o'ziga xos tarixi bor. Qadimda ko'p tarqalgan qurilish materiallari gil hisoblangan. Gil qurilish materiali sifatida insoniyat taraqqiyotining boshlang'ich davridayoq ishlatilgan. Inson gildan har xil shakldagi buyumlar tayyorlagan ekan, vaqt o'tishi bilan ularning mustahkamligini oshirish maqsadida uni quritish hamda kuydirishni ham kashf etgan.

Bog'lovchi moddalarning bundan 4—5 ming yil avval sun'iy yo'l bilan hosil qilinganligi ma'lum. Misr, Gretsiya, Rim va Vavilonda ohak qorishmasi va gidravlik qo'shimchalardan tayyorlangan beton inshootlar hozirgi davrgacha saqlanib

kelmoqda. Bunday inshootlarning ichki va tashqi qismini bezashda metall chiqindilardan yasalgan naqshdor koshinli buyumlar ishlatilgan. Muhandislik inshootlari uchun — gil, tosh, yog'och to'sinlar; turar joy uchun — qamish, palma shoxlari va boshqalar ko'plab ishlatilgan. Qadimgi Misr va Mesopotamiyada bundan 5—6 ming yil ilgari yasalgan shisha buyumlar topilgan.

Mamlakatimizda ham turli binokorlik materiallari ishlab chiqarishning tarixi uzoq moziyga borib taqaladi.

Binokorlar o'rtasida asta-sekin g'isht teruvchilar, toshtaroshlovchilar, ohak tayyorlovchilar va boshqa kasb ustalari yetishib chiqqan. Shahar devorlari, minoralar, masjid va qasrlar (masalan, Buxoro, Samarqand, Xiva yodgorliklari) kabi inshootlar qurilish materiallariga bo'lgan ehtiyojni oshirgan. Eramizdan oldingi to'rtinchi asrda Xorazmning chor atrofi qalin devorlar bilan o'rab chiqilgan to'rtta silindrsimon minoradan iborat bo'lgan. Minoralarning usti tekis qilib ishlangan. Bunday inshootlarni barpo etishda qo'shilmalar bilan birga ganch qorishmasi, giltuproqdan pishirilgan yapaloq g'ishtlar hamda tabiiy toshlar ishlatilgan.

Qorishma tayyorlashda quruvchilar vulqon shishasi, oq gil (kaolin)dan keng foydalanganlar. Bunda hayvon qoni, tuxum sarig'i, suyak yelimi, shirali moddalar qorishmalarning mustahkamligi va chidamliligini oshiruvchi moddalar vazifasini o'tagan.

Samarqanddagi Ulug'bek madrasasi, Qo'qondagi Xudoyorxon saroyini qurishda bunday qorishmalar bilan birga chang-g'isht qorishma va ohak-g'isht qorishmalaridan iborat betonlar ko'p miqdorda ishlatilgan.

XIX asrning oxiri va XX asrning boshlariga kelib sement sanoati tez taraqqiy eta boshladi.

Sementning ixtiro qilinishi beton xossalariining yaxshilanishiga, qurilish texnikasida esa yangi davr ochilishiga olib keladi. Gidrotexnik inshootlar qurish zarurati suvga chidamli bo'lgan bog'lovchi moddalar izlashni talab etsa, temir-beton konstruksiyalarining qurilishda keng ishlatilishi portlandsementning yangi, tez qotuvchi, mustahkam turlarini yaratish ehtiyojini tug'dirdi. Sementning dengiz suvi ta'sirida buzilishi aniqlangach, bu boradagi tadqiqotlar natijasida yangi sement turi — sulfatga chidamli portlandsement ixtiro qilinadi. Natijada qurilish materiallari ishlab chiqarish bir necha marta ortdi. Mahsulotning sifati yaxshilandi, turlari ko'paydi va yangi texnologik usullar joriy qilindi.

Hozirgi paytda qurilish materiallari ishlab chiqaradigan korxonalar yuqori unumli mashinalar bilan jihozlangan. Ishlab chiqarishdagi deyarli barcha texnologik bosqichlar mexanizatsiyalashtirilgan. Ko'pgina korxonalarda esa avtomatik boshqaruvchi konveyerlar ishlab turibdi.

Temir-beton konstruksiyalarning vazni va ularga sarflanadigan material sarfini kamaytirish, chidamlilik muddatini oshirish, keng yuzali va yupqa konstruksiyalar yaratish, mustahkamligi yuqori bo'lgan betondan foydalanish hozirgi kunning asosiy vazifalaridan biridir, bu esa sement sifatini yanada yaxshilash va uning markasini oshirishni taqozo etadi. Beton va temir-beton ilmiy tadqiqot-instituti tadqiqotchilarining fikricha, 300 markali beton tayyorlashda 400 markali portlandsementga nisbatan 500 va 600 markali portlandsement ishlatish quyidagi samarani beradi: sement sarfi 20% gacha kamayadi, zavodlarda buyumlarga issiqlik yordamida ishlov berish muddati 3—4 soat qisqaradi, ayni vaqtda texnologik liniyalarning unumdorligi va metall qoliplar ishlatilish tezligi ortadi, shu qoliplarga bo'lgan ehtiyoj 15—20% kamayadi, monolit betonning qotish muddatini qisqartirish hisobiga tayyor konstruksiyalarni topshirish muddati taxminan 20% qisqaradi. Nihoyat, yuqori markali betonlardan keng ko'lamda foydalanish konstruksiyalarda material sarfini qariyb 20% va ularning tannarxini 8—10% kamaytirish imkonini beradi. Shunday qilib, sement faolligining bir markaga ortishi (10MPa) uni ishlab chiqarish miqdorini taxminan 15% ko'paytirish bilan barobar. Binobarin, beton konstruksiyalarining xilma-xilligi, qurilish ishlari sharoitining o'zgaruvchanligi va turli noqulay muhit omillari mutaxassislar oldiga maxsus texnik xossaga ega bo'lgan sement ishlab chiqarish vazifasini qo'yadi.

Hozirgi vaqtda gidroelektrostansiya va transport inshootlarida, oddiy va oldindan taranglashtirilgan temir-beton buyumlar sanoatida, dengiz va okeanda olib boriladigan qurilishlarda, avtomobil yo'llari va aerodrom qurilishlarida, neft va gaz quduqlarini burg'ulashda, asbosement mahsulotlari, o'tga chidamli beton va boshqalar ishlab chiqarishda maxsus sementlar keng ishlatilmoqda. Bulardan tashqari, ular har qanday ob-havo sharoitida, yilning turli faslida ishlatilishi mumkin.

Qurilish ishlarida texnika taraqqiyoti qurilish usullarini yanada takomillashtirish va avvaldan ishlatilib kelingan ayrim qurilish

materiallari o'rniga yangi qurilish materiallari ishlab chiqarishni talab etadi.

Maxsus sementlar yaratish va ularni ishlab chiqarish sement-shunoslik fani va texnologiyasining jadal sur'atlarda rivojlanishiga olib keladi. O'zining kimyoviy va minerologik tarkibiga ko'ra birbiridan farqlanadigan bunday sementlarga ehtiyoj yildan-yilga o'sib bormoqda. Shu ehtiyojni hisobga olib, O'zbekiston olimlari sement sanoatchilari bilan hamkorlikda mahalliy xomashyo sifatida O'rta Osiyo respublikalari uchun zarur bo'lgan maxsus sementlar yaratib, ularni ishlab chiqarishga tavsiya etdilar.

Beton tayyorlash texnologiyasini mukammallashtirishda o'zbek olimlarining ishlari alohida o'rin tutadi.

O'zbekistonda portlandsement xossalarini o'rganish va ularning ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirishda ko'pgina ilmiy tekshirish institutlari, laboratoriyalar hamda oliy o'quv yurtlari ish olib bormoqda. Respublikamizda juda ko'p mahalliy sement turlarini o'rganish va ishlatishga doir adabiyotlar nashrdan chiqqan.

O'zbekistonda birinchi sement zavodi 1976-yilda Bekobodda qurilgan edi. O'tgan vaqt ichida respublikamiz zamonaviy va to'la avtomatlashtirilgan og'ir industriya rayoniga aylandi. Qurilish materiallari, ayniqsa, sement ishlab chiqaruvchi zavodlar yuqori unumli mashina va agregatlar bilan jihozlandi.

I bob. Tarmoqning barpo etilishi

1. O'zbekistonda sement sanoatining taraqqiyot bosqichlari

Markaziy Osiyoda, jumladan, O'zbekistonda sement sanoati vujudga kelishining o'ziga xos tarixi bor.

1926- yilning iyunida Bekobod sement zavodi O'rta Osiyoda birinchi bo'lib sement ishlab chiqara boshladi.

Korxona dastlabki uch yil davomida portlandsement ishlab chiqarishni o'zlashtirib, yiliga 28 ming tonnadan mahsulot berdi. O'sha kezlarda zamonaviy hisoblangan bu zavod soatiga 4 tonna klinker ishlab chiqaradigan bitta 45 metrli aylanma pechga ega edi. Unda xomashyo va klinkerni tuyuvchi shar tegirmonlar va 1000 kVt quvvatli elektrostansiya bor edi.

1936—1937- yillardagi birinchi rekonstruksiya so'ng Bekobod zavodi yiliga 155000 tonna mahsulot bera boshladi. Zavod 1959- yili qayta rekonstruksiya qilinib, ancha kengaytirildi. Ikkita 118 metrli aylanma pech o'rnatildi. 1961- yili yana bitta 150 metrli pech ishga tushirildi. Natijada zavodning yillik quvvati 720000 tonnaga yetdi. Endilikda zavod texnologiyasi uzluksiz takomillashib, ulkan korxonaga aylandi. 1970- yili korxona quvvati 800000 tonnani tashkil etgan bo'lsa, 1990-yil oxiriga borib sement ishlab chiqarish 1 million tonnaga yaqinlashdi.

Shuni aytish kerakki, mazkur zavodda dastlabki vaqtlarda sementning asosiy tarkibiy qismi bo'lmish ohaktoshdan tashqari Suluktadan keltiriladigan maxsus tuproq ham ishlatilar edi. Geolog olim, O'zbekiston Fanlar akademiyasining haqiqiy a'zosi A.S.Uklonskiyning taklifiga binoan 1927-yili Sulukta tuprog'i mahalliy lyoss bilan almashtirildi. Shundan beri respublika zavodlarida sement ishlab chiqarishning ikkinchi tarkibiy qismi sifatida mahalliy lyoss tuprog'i ishlatilmoqda. 1929-yili hukumat qaroriga binoan Quvasoy sement zavodi qurila boshlandi. Bu zavod 1932-yilning 21-fevralida ishga tushirildi. Birinchi yili Quvasoy

zavodi 42,2 tonna sement ishlab chiqardi. Ammo hali murakkab jarayonlarning ko'p qismi qo'l kuchi bilan bajarilar edi. Texnologiya takomillashib, ishchi va muhandis-texnik xodimlar malakasining o'sishi tufayli birinchi besh yil ichida zavodning ishlab chiqarish quvvati 120500 tonnaga yetdi. 1946—1951- yillarda zavod rekonstruksiya qilinishi natijasida sement ishlab chiqarish yiliga 200000 tonnani tashkil qildi. 1951—1959-yillar mobaynida Quvasoy zavodida qayta ta'mirlash ishlari amalga oshirildi, zavod kengaytirildi va 150 metrli pechlar bilan jihozlangan, to'la mexanizatsiyalashgan ikkita texnologik liniya ishga tushirildi. 1959-yilga kelib hamma pechlar gaz bilan ishlaydigan bo'ldi. Zavod quvvati 1960-yili 670000 tonnani, 1970-yili esa qariyb 800000 tonnani tashkil qildi. 1990 yil oxirida zavod 1 million tonnaga yaqin mahsulot bera boshladi.

Ikkinchi jahon urushidan so'ng Rossiya zavodlaridan ko'chirib keltirilgan jihozlar hisobiga Angren shahrida bir soatda 6,2 tonna sement ishlab chiqarish quvvatiga ega bo'lgan, uzunligi 57,5 metr, diametri 3 metr bo'lgan bir pechli zavod qurildi. Kichik zavod hisoblangan bu zavodning yillik quvvati 40 ming tonnaga ham yetmas edi. Zavod 60-yillarning o'rtalarida qayta jihozlanib, 80 metrlik pechlar o'rnatildi va zavodning o'rtacha yillik quvvati 50 ming tonnani tashkil etdi.

Respublikamizda oq va rangli sementga bo'lgan ehtiyojni hisobga olib, Angren sement zavodi oq sement ishlab chiqarishga moslashtirildi va qayta jihozlandi. Bunda laboratoriya va zavod sharoitida Angrendagi past sifatli kaolinitli tuproqdan va Ohangaron ohaktoshidan juda yaxshi qovushib, pishadigan yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan oq sement olish mumkinligi aniqlandi. Bunday sementga turli rang berish ham oson edi. 1977-yilning boshiga qadar Angren sement zavodi yiliga 60 ming tonna oq sement ishlab chiqara boshladi.

Sement sifatini, xususan, uning oqlik darajasini oshirish va rangli xillarini ko'paytirish maqsadida Angren sement zavodini yangi texnika bilan qayta jihozlash va 2-pechni o'rnatib ishga tushirish zarurati tug'ildi. Buning natijasida zavod quvvati ikki marta ortdi.

1968-yilning boshida Ohangaron sement zavodi ishga tushirildi. Hozirgi kunda bu zavod yiliga qariyb 2 million tonna sement ishlab chiqarmoqda.

O'zbekiston sementchilari olimlar bilan hamkorlikda ish olib borib, uysozlik zavodlariga tez qotadigan, irrigatsiya inshootlari uchun sulfatga chidamli sement, neft va gaz quduqlari uchun tamponaj, yo'l qurilishi hamda pardoqlash ishlariga oq rangli sement hamda boshqa xil sementlar ishlab chiqarishni o'zlashtirdilar.

Korxonalardagi mavjud imkoniyatlardan to'liq foydalanish, yangi xomashyo manbalarini so'nggi texnologiya chizmalari asosida qo'llash loyihalari yaratilmoqda. Ohangaron kaolini, aluniti, Olmaliq, Samarqand ammosfos zavodlarining chiqindisi — fosfogips va boshqa mineral xomashyolarni kompleks qayta ishlash natijasida qo'shimcha ko'plab sement tayyorlash imkoniyatlari mavjuddir.

«Yujgiprosement» instituti loyihasi (Ukraina Respublikasi) asosida qad ko'targan Navoiy sement zavodi ko'p jihatlariga ko'ra odatdagi korxonalardan farq qiladi. U O'rta Osiyoda birinchi marotaba «quruq usul» deb ataladigan texnologiya asosida ishlaydi. Bunda xomashyoni kuydirish uchun sarflanadigan yonilg'ining 30—35 % i tejaladi. Bu usul bilan olib boriladigan ish jarayonida ko'p chang ajralib chiqqanligi uchun uzoq vaqt qo'llanilmay kelindi. Haqiqatan ham sement changi uzoq masofadagi havoni ifloslantirib, atrof-muhitga ma'lum darajada zarar keltirar edi. Yangi korxonada xomashyoni kuydirishga tayyorlovchi ulkan (balandligi 20 qavatli binoga teng) siklonli issiq almashtirgichlar o'rnatilgan. Ular qo'shimcha chang tozalash moslamalari bilan birgalikda havoni ham tozalaydi.

Ishlab chiqarish jarayonlarini mexanizatsiyalashtirish va avtomatlashtirish darajasi bu korxonada yuqori. Hozirgi zavodlarda ishlab turgan eng yirik aylanuvchi pechlarning diametridan bir yarim, ikki barobar katta yetti metr diametrli va uzunligi 95 metr bo'lgan pechlar ilk bor o'rnatilmoqda. Ular har ishchi boshiga 2700 tonna sement ishlab chiqarishni ta'minlaydi. Bu hozirgi kunda g'oyat yuqori ko'rsatkich hisoblanib, AQSH va Yaponiyaning eng ilg'or sement zavodlari ko'rsatkichlaridan ancha ko'p.

Xomashyoni kondan uzatish, uni dozalash, pishirish, tuyish, texnologik rejimlarning to'g'ri ishlashini ta'minlash kabi jarayonlar programmali boshqaruvchi va avtomatik tuzilmali elektron hisoblash mashinalari yordamida kuzatib turiladi. Hozirgi vaqtda ishlab turgan pechlarga siklonli issiqlik almashtirgichlar o'rnatilsa, ish unumi 20—25% ga ortadi, yonilg'i sarfi 30—35%, shuningdek, mablag' va metall sarfi sezilarli darajada kamayadi.

Hozirgi vaqtda mamlakatimizda sementni «quruq» usulda ishlab chiqarish tayyorlanayotgan jami mahsulotning 50 foizini tashkil etsa, ayni vaqtda bir qator xorijiy mamlakatlarda mazkur usul yetakchi hisoblanadi. Jumladan, bu usul salmog'i Germaniyada 90%, Yaponiyada 78%, Vengriyada 55%, Bolgariyada 45%, AQSH da 42% ni tashkil etadi. Respublikamiz korxonalarida sement tayyorlashning bunday usulini joriy etish, so'zsiz katta iqtisodiy samara beradi.

2. Ilmiy-texnika taraqqiyotining sement sanoatidagi samaradorligi

Mamlakatimiz qurilish materiallari sanoati zamonaviy asbob-uskuna, ilg'or texnologiya va ishlab chiqarishning potok-konveyer usullari, avtomatlashtirishning zamonaviy vositalaridan foydalanishga asoslangan, yuqori darajada rivojlangan sanoat tarmog'iga aylanmoqda. Natijada qurilish materiallari sanoatining hozirda bir qancha muhim tarmoqlari, ya'ni sement, yig'ma temir-beton, asboisement ishlab chiqarish vujudga keldi.

Eng keng tarqalgan qurilish materiallaridan biri — sement qurilish «noni»dir. Yuqorida qayd qilib o'tilgan murakkab vazifa — sement sanoatini texnik jihatdan qayta qurollantirish va shu yo'l bilan texnologik jarayonlarning yuqori samaradorligiga erishish, bu sohaning jadallik bilan rivojlanishiga olib keladi.

Ushbu tarmoqning texnikaviy bazasini quyidagi muhim omillar bo'yicha yanada rivojlantirish mumkin:

1. Yangi va yanada unumli pechlar, tegirmonlar, shuningdek, boshqa turdagi asbob-uskunalar (agregatlar, mashina, mexanizm va apparatlar)ni joriy etish va o'zlashtirish.

2. Asbob-uskunalarni modernizatsiyalash.

3. Mavjud texnologik jarayonlarni takomillashtirish va yangi texnologik jarayonlarni joriy qilish.

4. Ishlab chiqarishdagi og'ir va sermehnat ishlarni mexanizatsiyalashtirish hamda kompleks avtomatlashtirish.

5. Ilmiy tadqiqotlar natijalarini ishlab chiqarish amaliyotiga tatbiq etish.

6. Materiallar va yonilg'ilarning yangi turlarini ishlatish, asosiy hamda yordamchi materiallar xomashyosining sifatini yaxshilash.

Sement sanoati korxonalarining texnik darajasini oshirishning asosiy yo'nalishlaridan biri yangi, ko'p quvvatli asbob-uskunalar

yaratish va o'zlashtirishdir. Shuni aytish kerakki, sement ishlab chiqarish hajmi faqat yangi zavodlar qurish hisobiga emas, balki klinker kuydiriladigan pechlar va maydalash agregatlarining yangi turlarini joriy qilish bilan ham oshiriladi. Hozirgi vaqtda qo'llanilayotgan uzunligi 150—185 m, diametri 4—5 m bo'lgan aylanuvchi pechlar o'rniga yaqin vaqtlarda dunyoda eng yirik pechlar — uzunligi 230 m va diametri 7 m bo'lgan, soatiga 125 tonna yoki yiliga 1 million tonna klinker ishlab chiqarish quvvatiga ega bo'lgan pechlar, shuningdek, diametri 7 m, uzunligi 95 m va siklon issiqlik almashtiruvchisi bo'lgan pechlar qo'llaniladi. Yangi pechlar 150 metrli pechlarga nisbatan 5 marta, 185 metrli pechlarga nisbatan esa 1,7 marta unumli. Tonna quvvat hisobidagi solishtirma kapital sarflar 40—15%, klinker kuydirish tannarxi 20—10% kam. Mamlakatimizda Navoiy shahridagi zavodda ikkita shunday liniya mavjud.

Yuqori unumli asbob-uskunalar qo'llashning katta iqtisodiy samara berishiga Ohangaron sement kombinatida ishga tushirilgan 7 kilometr uzunlikdagi lentali transportyor yaqqol misol bo'ladi. U maydalash fabrikasidan ohaktosh yetkazib beradi. O'n yillar mobaynida bu transportyor nuqsonsiz ishlamoqda. Lentaning tutashadigan qismlari uzilib qolsa, vulkanizatsiya usulida birlashtiriladi. O'n yillar mobaynida umumiy uzunligi 14000 metrlik lentaning 700 metri yoki 5 foizi almashtirildi. Uch smenali ishda transportyorga 26 kishi xizmat qiladi. Avtomobil transportiga qaraganda transportyorda tashilganda xomashyoning tannarxi ancha kamaymoqda.

Texnika yutuqlarini joriy etishning yana bir yo'li asosiy texnologiya asbob-uskunalarini modernizatsiyalash bo'yicha kompleks ishlar olib borishdir. Masalan, Ohangaron sement zavodida pech muzlatkichlari va yuritmalarini o'zlashtirish orqali aylanuvchi pechlardan foydalanish ancha yaxshilandi, natijada ulardan foydalanish koeffitsiyenti 1—1,5% ortdi. Bekobod sement kombinatida aylanuvchi pech qayta ta'mirlandi (diametri 3 metrdan 3,6 metrgacha kattalashtirildi). Natijada mehnat unumdorligi ortdi. Hozirgi kunda boshqa pechlar ham qayta ta'mirlanmoqda.

1- va 2-jadvallarda ko'rinib turibdiki, 3,6x3,3x3,6x150 m o'lchamli pechlarda qayta ta'mirlash ishlarini olib borish, ularni 170 metrga qadar uzaytirish, diametrini esa 4,6—5 metrgacha kengaytirish, takomillashgan klinker sovitgichlar o'rnatish pechlarning samaradorligini oshiradi. Bundan tashqari, pechlar

yanada takomillashgan tayanch qurilma konstruksiyalarga, kuydirish jarayonlarini avtomatik rostlash tizimini, pechning holatini va korpus qizishini kuzatuvchi apparatlarga ega bo'lishi kerak.

1-jadval.

Qayta ta'mirlangan pechlarda mahsulot ishlab chiqarish haqidagi ba'zi ma'lumotlar («Yujgiprosment» ma'lumotlari).

Qayta ta'mirlash xususiyatlari	Pechlar soni	Klinker ishlab chiqarishning yillik o'sishi (ming tonna)	
		Hamma pechlarda	Bitta agregatda
1	2	3	4
Uzunligi 108 metrgacha bo'lgan va issiqlik almashtiruvchi qurilmalarsiz pechlarda, asosan, bug'lanish zonasi diametrini kengaytirish yo'li bilan profilni o'zgartirish.	90	2000	22
Shaxta pechlarida dam berish asbobining qayishqoqligini oshirish.	22	600	27
Qisqa pechlar diametrini 3,6 metrgacha kengaytirish, shlam konsentratlari o'rnatish.	30	1500	50
Uzunligi 127 va 118 metrli pechlar diametrini 3,6 metrgacha kengaytirish.	30	1500	50
Uzunligi 150 metr bo'lgan pechlar diametrini 4 metrgacha kengaytirish.	7	500	70
Ishlab chiqarish jarayonini quruq usulda olib boriladigan qisqa pechlar diametrini 3,6 metrga qadar kengaytirish, siklonli issiqlik almashtirgichlar o'rnatish.	6	600	100
Ishlab chiqarish jarayoni quruq usulda olib boriladigan 3x50 metr o'lchamli pechlarni 3,6x118 metr o'lchamli pechlar bilan almashtirish.	—	190	95

Hozirgi vaqtda 5x185 metr o'lchamli yirik pechlarni modernizatsiya qilishning eng samarali usullari izlanyapti.

Quvasoy sement kombinatida eski, ish unumi past aylanuvchi pechlarni unumi yuqori pechlar bilan almashtirilishi natijasida unumdorlik oshadi. Shuningdek, texnologik jarayonlarni tako-

«Yujgiprosement» (Ukraina Respublikasi)da olib borilgan pechlar qayta ta'mirlanishining iqtisodiy samaradorligi.

Pechlarning o'lchami		Ish unumi		Mahsulot ishlab chiqarishning ortishi		Metall sarfi	
Qayta ta'mirlashga qadar	Qayta ta'mirlangandan so'ng	Qayta ta'mirlangunga qadar	Qayta ta'mirlangandan so'ng	t/soat	Bir yilda (ming tonna)	Jami (tonna)	Quvvat ortishi birligiga (tonna)
3,6x3,3x3,6x150	4x3,6x4x150	25	33	8	64	750—1005	12,16
3,6x3,3x3,6x150	4,5x150	25	42	17	130	2100	16
3,6x3,3x3,6x150	5,0x150	25	50	25	200	—	—
3,6x3,3x3,6x150	5x4,5x5x170	25	62	37	300	2770	9,5
4x150	4,5x4x4,5x150	33	42	9	72	1331	18,5
4x150	5x150	33	50	17	130	—	—
4,5x170	4,5x5x170	50	55	5	40	—	—
4,5x170	5,4x5x170	50	62	12	96	1620	17
5x185	5,6x5x5,6x185	70	80	10	80	2000	25
5x185	5,7x5x6,1x185	70	90	20	160	—	—

millashtirish hamda yangilarini joriy etish asosida ham sement ishlab chiqarish ko'paymoqda. Chunonchi, 5x185 metr o'lchamdagi pechlar bilan zamonaviy texnologik liniyalarini ishga tushirish, texnologik asbob-uskunalari, og'irligini 3,6x3x3,6x150 metr o'lchamli pechga nisbatan (bir soatdagi unumdorlikning 1 tonnasi hisobida) 15% ga, qurilish kubaturasini 30% ga, kapital mablag'larini 12% ga, mehnat sarfini 2,5% ga, kuydirish tannarxini 15% ga kamaytirish imkonini beradi.

To'rtta texnologik liniyasi bo'lgan 5x185 metr o'lchamli pechlar bilan jihozlangan sement zavodlari yiliga 2,4 million tonna mahsulot ishlab chiqarish quvvatiga ega. Ikki shunday texnologik liniyalik zavodlarning ishlab chiqarish quvvati esa 1,2 million tonna sementni tashkil qiladi. Shunda ikkinchi korxonaga nisbatan birinchisida 1 tonna mahsulot ishlab chiqarishga solishtirma kapital mablag'lar sarfi 15—20%, tannarx esa 5% kam bo'ladi. 2,4 million tonna mahsulot ishlab chiqarish quvvatiga ega zavod uchun solishtirma kapital mablag' va mahsulot tannarxini hamda sementning 700 kilometr masofaga tashilishini hisobga oluvchi chiqimlar 1,2 million tonna mahsulot 300 kilometr masofaga tashiladigan korxona sarf-xarajatlari bilan barobar keladi.

Hozir mamlakatimizda barcha sementning 50 foizga yaqini ho'l usulda ishlab chiqarilmoqda. Lekin yangi texnologiya negizida qayta vujudga kelgan va ancha tejamli hisoblangan «quruq» usulning istiqboli porloq.

Sutkasiga 3000 tonna klinker ishlab chiqarish quvvatiga ega bo'lgan 7x6,4x95 metr o'lchamli pechda quruq usulda sement ishlab chiqarishning texnologiyasini yaratish va joriy etish muhim ahamiyatga ega (Navoiy sement zavodi). Mazkur qurilmaning samaradorligini shundan ham bilish mumkinki, bu usul liniyalaridagi ishchilarning mehnat unumi hozirda mavjud liniyalardagi ishchilarning ish unumidan taxminan ikki marta ko'p. Shu bilan birga, 1 tonna klinker olish uchun sarflanadigan yonilg'i 1,5—2 marta kam.

Bekobod, Quvasoy va boshqa sement zavodlari 60—100 metr uzunlikdagi pechlar bilan jihozlangan. Ularni siklonli issiqlik almashtirgich o'rnatish yo'li bilan quruq usulga o'tkazish maqsadga muvofiq.

Respublikamizdagi sement sanoatining barcha korxonalarida asosiy texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish, sermehnat ishlarni

mexanizatsiyalashtirish, mahsulot sifatini yaxshilash borasida ko'plab tadbirlarni amalga oshirish belgilangan.

Avtomat tarzda ag'daruvchi vagonlar, toshqol, gips va boshqalarni bo'shatuvchi tebranma ag'dargichlarning qo'llanilishi mehnat unumdorligini 25% ga oshiradi. Masalan, birgina respublikamizning o'zida tashish, saqlash, ortish-bo'shatish jarayonlarida jami sementning 6—8% i isrof bo'ladi. Isroflangan sementni o'rtacha bir foizga kamaytirish hisobiga yiliga bir necha ming tonna sement tejash mumkin.

Pech va kukunlash agregatlarining texnologik jarayonlari avtomatik tarzda sozlanib turilishi lozim. Hisob-kitoblardan ma'lum bo'lishicha, pechlardan (4x150; 4,5x170 va 5x185 metr) ilg'or zavodlarda erishilgan o'rtacha foydalanish, ana shunday pechli zavodlarda ishlab chiqarish unumdorligini 7—10% oshirish uchun sharoit yaratadi.

Shuni ham aytish kerakki, texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va mexanizatsiyalashtirish aylanuvchi pechlardan ham yaxshi foydalanish imkonini beradi.

Ilmiy tadqiqotlar borasida ham sementchi mutaxassislar oldida katta vazifalar turibdi. Bunday tadqiqotlardan muhimi sutkasiga 5000 tonna (soatiga 200 tonna) klinker ishlab chiqarish quvvatiga ega aylanuvchi pechli avtomatlashtirilgan liniyada sementni quruq usulda ishlab chiqarish uchun zaruriy texnologiya va qurilmalar yaratishdir.

Navoiyda ishga tushirilgan sement zavodining 7x6,4x95 metr o'lchamli aylanuvchi pechga ega bo'lgan uchta texnologik liniyasi bo'lib, har biri soatiga 125 tonna klinker yetkazib beryapti. Zavodning yillik sement ishlab chiqarish loyihaviy quvvati 1990-yili 3400 tonnaga yetkazildi. Ikkinchi bosqichda belgilanishiga ko'ra, alohida texnologik jarayonlar istiqboli hal etilishini hisobga olib, zavodlarning yillik quvvati 4,6 million tonna bo'lishi ko'zda tutilgan. Loyihada keltirilishicha, 3—4 liniyani qurish va barcha texnologik jarayonlarda katta quvvatga ega bo'lgan asosiy hamda yordamchi asbob-uskunalar ishlatish, xomashyo aralashmasi tayyorlash, uni maydalash va quritish, klinkerni kuydirish hamda sovitish, sementni kukunlash va tayyor mahsulotni ortish operatsiyalarini o'z ichiga olgan ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish ta'minlovchi avtomatlashtirilgan boshqarish tizimini tatbiq etish

mo'ljallangan. Bundan tashqari, changli gazni va havoni tozalash, ish jarayonida chang chiqaruvchi barcha asosiy hamda yordamchi texnologik jarayonlar aspiratsiyasining samarali chizmalarini ishlatish ko'zda tutilgan.

Respublikada ishlab chiqarilayotgan sementning sifat tarkibi yanada yaxshilanib, sement xillari ham ko'payadi. Sementning tez qotadigan, o'ta mustahkam, kengayuvchi, plastifikatsiyalanuvchi, gidrofob, manzarali (oq va har xil rangli) va boshqa qimmatli energiya tejovchi texnologiya bo'yicha maxsus xillarini ishlab chiqarish hajmi ancha ortadi.

3. Anorganik (mineral) bog'lovchi materiallar

Anorganik yoki mineral bog'lovchi materiallar kukunsimon bo'lib, mayda va yirik to'ldirgichlar bilan birga suvda qorilganda suyuq yoki plastik qorishma hosil qiladi va asta-sekin qotishi natijasida sun'iy toshga aylanadi. Anorganik bog'lovchilarni ishlatish va xossalariga ko'ra quyidagi guruhlarga bo'lish mumkin:

1. Havoda qotadigan bog'lovchi materiallar: ohak, gips va kaustik magnezit;

2. Gidravlik bog'lovchilar. Bunday materiallar faqat havoda emas balki suvda va namlikda ham qotish xususiyatiga ega. Masalan, portlandsement, gidravlik ohak, qumtuproq qo'shilgan sement, pussolan portlandsement, toshqol portlandsement, kengayuvchi sementlar va boshqalar.

3. Kislotalarga chidamli bog'lovchilar. Bunday bog'lovchilarning qotish jarayonidan keyingi mustahkamligining ortishi kislotalar ta'sirida ham davom etadi. Bunga kislotaga chidamli eruvchan suyuq shisha asosida olinadigan sementlar va qorishmalar misol bo'ladi.

Yuqorida keltirilgan bog'lovchilardan g'isht terish va suvoqchilikda ishlatiladigan qorishmalar, beton va temir-beton konstruksiyalar hamda qotish jarayoni *avtoklav* deb ataluvchi qozonlarda kechadigan buyumlar tayyorlanadi. Qurilishlarda buyum xossalarini va bog'lovchi materiallarni tejash maqsadida quyidagi maxsus qo'shimchalar ham ishlatiladi:

1. Bog'lovchi materiallarni chuchuk hamda sulfat tuzlariga to'yingan suvlar ta'sirida chidamliligini oshirish maqsadida ishlatiladigan gidravlik yoki faol mineral qo'shimchalar — trepel, opoka, diatomit, trasslar, pemza, vulqon kuli va tufi, faol kremniy chiqindilari, kuydirilgan gil, gliyej, kuygan jinslar, toshqollar va boshqalar.

2. Bog'lovchi materiallarni tejash uchun to'ldirgichlar sifatida mayda qilib tuyilgan qum, ohaktosh, dolomit, tabiiy changsimon kvarts qumi, toshqol va boshqalar.

3. Sementlarning tishlashuvini tezlatuvchi va susaytiruvchi materiallar: tezlatuvchilar — kalsiy xlorid (CaCl_2), natriy xlorid (NaCl), xlorid kislota (HCl), eruvchan shisha (Na_2SiO_3), soda; susaytiruvchilar — gips, sulfat kislota, sulfit oksidli temir va boshqalar.

4. Sementning qotishini tezlatuvchi va mustahkamligini oshiruvchi qo'shimchalar — kalsiy xlorid va xlorid kislota.

5. Beton va qorishmaning sovuqqa chidamliligini, plastikkililigini oshirish uchun ishlatiladigan organik va anorganik qo'shilmalar, sulfat spirt bardosi (SSB), yetmak (ko'pirtiradigan daraxt ildizi), sovun chiqindisi, gil, bentonit, trepel va boshqalar.

Bog'lovchi materiallarni ishlatishda ular quyidagi talablarga javob berishi lozim: qorishmaning tishlashish davri, normal qorishma olish uchun suv miqdori, suvning qorishma bilan birikish darajasi, tishlashishdagi issiqlik miqdori va hokazolar.

Bog'lovchi materialni suv bilan qorishtirganda qattiq holatga o'tgunga qadar ketgan vaqt uning *tishlashish davri* deb ataladi. Qorishmada suv qanchalik ko'p bo'lsa, uning tishlashishi shuncha sekin bo'ladi. Shuning uchun normal qorishma tayyorlashda avvalo suv miqdorini aniqlab olish kerak. Har bir bog'lovchi uchun suv miqdori uning og'irligiga nisbatan foiz hisobida standartlarda belgilangan me'yor bo'yicha aniqlanadi.

Bog'lovchi material suv bilan qorishtirilganda fizik-kimyoviy jarayonlar natijasida quyuqlasha boshlaydi, uning qo'zg'aluvchanligi kamayadi. Buni bog'lovchi modda tishlashishning *boshlanish davri*, qo'zg'aluvchanligi butunlay yo'qolgandan keyin esa *oxirgi davri* (*qotish*) deb ataladi. Tishlashish davriga qarab bog'lovchilar quyidagi uch guruhga bo'linadi:

a) tez tishlashuvchi materiallar tishlashuvining boshlanish davri 3—10 daqiqa. Bunday bog'lovchilarni ishlatish noqulay bo'lganligi sababli, unga tishlashishni susaytiruvchi maxsus moddalar, masalan, qurilish gipsi qo'shiladi;

b) normal tishlashuvchi materiallar tishlashuvining boshlanish davri 30 daqiqa oxiri esa 12 soatgacha davom etadi. Bunday bog'lovchilarga beton va qorishmalar tayyorlashda ko'p ishlatiladigan barcha sementlar kiradi;

d) sekin tishlashuvchi materiallar tishlashuvining oxirgi davri 12 soatdan keyin boshlanadi.

Normal qorishma tayyorlashda suv (aslida bog'lovchining kimyoviy birikishi uchun sarflanadigan suv) kerakli miqdordan ko'p olinadi. Shuning uchun qorishma qotgandan keyin ham undagi mayda kapillyarlar va g'ovaklarda birikmagan erkin suvlar ko'p bo'ladi. Erkin suvlar asta-sekin bug'lanib, sementning g'ovakligini oshiradi. Binobarin, beton yoki boshqa qorishma tayyorlaganda suv miqdori ko'p olinsa, uning g'ovakligi ortadi, natijada mustahkamligi kamayadi.

Barcha bog'lovchilar tishlashish va qotish jarayonida o'zidan issiqlik chiqaradi. Bog'lovchining tishlashish davri va qotish jarayoni tez bo'lsa, uning issiqlik chiqarishi ham ortadi.

Bog'lovchilarning o'zidan issiqlik chiqarish xususiyati, ayniqsa, sovuqda beton va boshqa qorishmalar tayyorlashda katta ahamiyatga ega. Ammo juda yirik yaxlit beton inshootlar qurishda, masalan, gidrotexnik qurilishlarda betonning ichki qismidagi issiqlik tashqi qismidagiga nisbatan ortib (ayrim hollarda 100°C gacha yetadi) harorat farqi ko'payadi. Natijada betonning notekis sovishi boshlanadi, bu esa beton tanasida darzlar hosil bo'lishiga olib keladi. Shuning uchun, gidrotexnik qurilishlarda o'zidan kam issiqlik chiqaruvchi maxsus sementlar ishlatiladi.

II bob. Gips texnologiyasi

4. Havoda qotadigan bog'lovchi materiallar

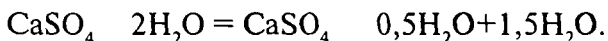
Gipsli bog'lovchi moddalar. Gipsli bog'lovchi moddalar kuydirilgan gipstosh mayda qilib tuyish yo'li bilan hosil qilinadi (gipstosh asosan tarkibida ikki molekula suvi bo'lgan kalsiy sulfatli $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan iborat). Gips-toshdan kuydirilish harorati, sharoitiga qarab qurilish gipsi, mustahkam gips hamda angidritli sement hosil qilinadi.

Qurilish gipsi. Tarkibida ikki molekula suvi bo'lgan kalsiy sulfatli cho'kindi tog' jinsi — gipsni ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) va suvsiz gips deb ataluvchi angidrid toshni (CaSO_4) hamda ayrim sanoat chiqindilarini pishirib gipsli bog'lovchilar olinadi. Standartda ko'rsatilishicha, birinchi nav gips ishlab chiqarish uchun tarkibida $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ning miqdori 90%, ikkinchi nav uchun esa 65% dan kam bo'lmagan tabiiy gips-tosh kerak.

Tabiiy gips-tosh oq rangli, qattiqligi 2 (Moos shkalasi bo'yicha), zichligi 2200—2400 kg/m³ bo'lgan jinsdir. Gips-tosh zaxiralarining eng kattasi Buxoro viloyatida mavjud (Kogon gips koni).

150—170°C haroratda kuydirilgan gips-toshni tuyib maydalab olingan mahsulot qurilish gipsi deb ataladi.

Ikki molekula suvi bo'lgan kalsiy sulfatni 65°C da qizdirilganda u o'z xususiyatini o'zgartiradi va tarkibidagi suv asta-sekin yo'qolib, digidratatsiyalana boshlaydi. Bunda gips-tosh 1,5 molekula suvni yo'qotib, yarim molekula suvli gipsga aylanadi, bu quyidagi reaksiya bilan ifodalanadi:



Gips-tosh 140—170°C haroratda ko'p miqdorda suvni yo'qotib, yarim suvli, tez qotuvchi ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) gipsga aylanadi. Bunday bog'lovchi ba'zan *alebaster* deb ham ataladi.

Demak, qurilish gipsi hosil qilish yuzasidan belgilangan texnikaviy vazifa ikki molekula suvli gipsni yarim molekula suvli gipsga aylantirishdan iborat bo'ladi. Tabiiy kalsiy fosfatlarini fosfat kislota hamda konsentraesiyalangan fosfor o'g'itlariga gidrokimyoviy usulda aylantirish natijasida olingan chiqindi — fosfogips sanoat uchun yirik xomashyo manbai hisoblanadi.

Maxsus ishlab chiqilgan usullar asosida fosfogipsdan sifati eng yaxshi tabiiy xomashedan hosil qilinadigan mahsulotdan, qolishmaydigan tayyor bog'lovchi modda olish mumkin.

Gips ishlab chiqarish. Qurilish gipsi uch xil usulda ishlab chiqariladi:

1. Gips-toshni kukunlab tuyiladi va pishiriladi.
2. Gips-toshni maydalab pishirib, so'ng tuyiladi.
3. Gips-toshni maydalab, yuqori bosimli suv bug'ida ishlanadi va quritilib tuyiladi.

Gips-toshni, asosan, shaxtali va aylanma xumdonlarda yoki bug'lash qozonlarida pishiriladi. Shaxtali xumdonlariga gips-tosh 70—300 mm yiriklikda solinadi, aylanma xumdonlarga 15 mm gacha bo'lgan yiriklikda, bug'lash qozonlariga esa 25—50 mm yiriklikda solinadi; qozonlarda pishirganda esa gips-tosh kukun qilib tuyilgan holda solinadi. Gips-toshni pishirish usuli avvalo xomashyoning xususiyati, olinadigan mahsulotga bo'lgan talabga qarab tanlanadi.

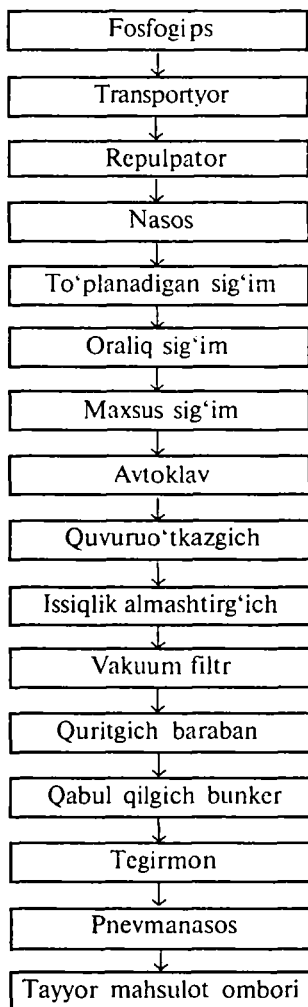
Gips-tosh bolg'ali maydalagichlarda yoki po'lat sharli (zoldirli) tegirmonlarda maydalanadi. Agar uni kukun darajasigacha tuyish kerak bo'lsa, avval quritib, keyin maydalanadi. Gips-toshni quritish, tuyish va pishirishni shaxtali yoki g'ildirakli tegirmonlarda bajarish mumkin.

Amalda gipsni *qaynovchi* deb ataluvchi qozonlarda pishirib olish usuli keng tarqalgan. Po'lat silindr va vertikal o'qqa o'rnatilgan qorgichdan iborat qozonga kukun qilib tuyilgan gips solinadi. Qozonning diametri bo'ylab to'rta isitgich quvuri o'tkazilgan. Ular solinayotgan xom gipsni pishiradi va tayyor mahsulot qozon tagidagi g'alvir orqali gips yig'uvchi bunkerga tushadi. 2 m³ qozon hajmining ish unumi 2 soatda 1000 kg ga teng. Gips kukunining qozonda pishish vaqti 1—1,5 soat.

Asosan yarim suvli gipsdan iborat bo'lgan va gips-toshdan iborat termik ishlash yo'li bilan tayyorlanadigan qurilish gipsi deb ataluvchi mahsulotni fosfogipsdan ham olish mumkin. Yarim suvli gipsning tarkibida 38,63% CaO, 55,16% SO₃ va 6,21% H₂O bor.

MDH davlatlaridagi ko'pgina ilmiy tadqiqot muassasalari fosfogips chiqindilaridan foydalanish masalasi ustida tadqiqot ishlari olib bormoqdalar. Armaniston Respublikasi FA Umumiy anorganik kimyo institutining VNIISrom (Rossiya) bilan hamkorlikda ishlab chiqqan fosfogipsdan texnikaviy gips ishlab chiqarish usuli bosim ostida fosfogipsni digidratatsiyalashga asoslangan. Unda olingan α -yarim molekula suvli gips filtirlanadi, keyin issiq suvda chayib quritiladi (chizmaga qarang).

Fosfogipsni α -yarimgidratga aylantirish chizmasi.



Institut tavsiya etgan chizmaga binoan fosfogips tasmali transportyor yordamida pulpa tayyorlash uchun «chan»ga (sig'imga) uzatiladi. Pulpada suyuq va qattiq fazalar nisbati $S:Q=4:1$. Keyin pulpa markazidan qochirma nasos orqali quyultirgichga yuboriladi. Oqova suvlar kanalizatsiyaga tushiriladi, quyultirilgan pulpa esa ($S:Q=1:1$) markazdan qochirma nasos yordamida repulpator orqali qabulqilgichga uzatiladi va bu yerda «tashabbuschi» qo'shiladi. Kristallanish jarayonini normal holga keltirish maqsadida kaliy yoki bariy maleinat yoxud dastlabki fosfogips massasining 0,1% miqdorida har ikki modda aralashmasidan foydalanish tavsiya etiladi. Qabulqilgichdan repulpator orqali markazdan qochirma nasos vositasida quyuq pulpa xom pulpa «chan»ga haydaladi, bu yerdan ventil roslagich va markazdan qochirma nasos yordamida quyuq va xom pulpa aralashmasi ketma-ket o'rnatilgan avtoklavlar orqali o'tkaziladi, bu avtoklavlarda gips degidratatsiyalanadi. α -yarim gidratli qaynoq pulpa ignali rostlagich hamda issiqlik almash-tirgishdan o'tadi va aralashtirgichli qabulqilgich bakida to'planadi. Bu bak bug'dan isiydigan o'rama nay bilan ta'minlangan.

Pulpa harorati $90-95^{\circ}\text{C}$ dan pasaymasligi uchun tasmali suzg'ichda suziladi. Suzg'ichdan o'tkazilgan suyuqlik resiverdan bakka yuboriladi, u yerda esa nasos yordamida «chan»ga qaytariladi. Qattiq faza (ya'ni gips) tasmali transportyordan quritilgich barabanga uzatiladi. Qurigan gips bunkerda to'planadi. Shu yo'sinda hosil bo'lgan gips qog'oz qoplarga joylanadi.

Chiqadigan gazlar natriy metasilikat eritmasi yordamida yuvilib, ftorli gazlardan tozalanadi.

Olimlardan P.F. Gordashevskiy va V.V. Ivanitskiylarning (Rossiya) ma'lumotiga ko'ra, fosfogipsdan bunday usulda α -yarim gidrat tayyorlaganda 300—500 markali mahsulot hosil bo'ladi.

5. Gipsning tavsifi

O'z kristallik tuzilishiga ko'ra gipsning quyidagi asosiy xillari bo'ladi: zo'ldirsimon siniq mayda donali zich gips yoki bo'shliqda tartibsiz yo'naladigan yirik donali gips (alebastr); ipaksimon tovlanadigan, to'g'ri joylashgan, ipsimon kristallardan tarkib topgan tolali jins hamda qatlam-qatlam yassi tiniq kristallar tarzida joylashgan plastinkasimon gips.

Tarkibida ikki molekula suv bo'lgan gips monoklin singoniyaga mansub. Uning kristalli to'ri Ca^{2+} ionlar hamda SO_4^{2-} sulfat tetraedrlarini o'z ichiga olgan suv molekularidan iborat qatlamlar

bilan bo'lingan qavatlardan tarkib topadi. Koordinatsiya soni 8 bo'lgan Ca^{2+} ionlari va SO_4^{2-} ioni bilan suv molekulariga nisbatan bir-biri bilan kuchliroq bog'langan. Shuning uchun suv molekulari joylashgan (012) yuzalarga ko'ra ikki gidrat kristallari nihoyatda birikuvchanligi bilan farqlanib turadi. Birikuvchanlik (111) bo'yicha kamroq, (100) bog'lanishi bo'yicha esa sust. Ikki molekula suvli gips qiziganida dastlab suv molekulaning Ca^{2+} va SO_4^{2-} ionlari bilan sustroq bog'lanishlari uziladi va kristall to'rdan suv yo'qoladi.

Odatda gips ustunsimon va tabletkasimon shakllarda kristallanib, ko'pincha qaldirg'och dumini eslatuvchi qo'sh ayrilar hosil qiladi. Shuningdek, qirralari qiyshiq va yuzasi silliq yostiqsimon kristallar ham gips uchun xos. Qo'sh ayri tizimlar hosil bo'lishi tufayli ikki yoki bir necha panjasimon qayrilgan shakldagi kristallar ham uchraydi. Kristallar ba'zan yirikroq shoh-shabba shakllarga birlashadi. Kristallarning yorug'lik nurini sindirish ko'rsatkichi:

$$N_g=1,5305; N_p=1,5207.$$

Optik o'qlar oralig'idagi burchak $2V=58^\circ$ Gips kristallari rangsiz va shaffof, biroq tarkibida aralashmalar bo'lsa, xilma-xil — kul rang, sarg'imtir, qizg'ish ranglarda tovlanadi. Gipsda bir tekis tarqalgan oz miqdordagi aralashmalar gipsdan hosil qilinadigan bog'lovchi moddaning sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatmaydi.

Gipstoshning zichligi undagi aralashmalarga bog'liq bo'lib, $2200\text{--}2400 \text{ kg/m}^3$ ni tashkil qiladi. Gipsdan tayyorlangan shag'alning hajmiy massasi $1300\text{--}1600 \text{ kg/m}^3$ dan iborat bo'lib, namligi keskin ravishda $3\text{--}5\%$ va undan ko'p chegarada o'zgarib turadi. Moss shkalasi bo'yicha gipsning qattiqligi 2.

Gipsning suvda eruvchanligi (kalsiy sulfat hisobida) 18°C haroratda — $0,2\%$, 40°C haroratda — $0,21$ va 100°C da — $0,17\%$. Shuni aytish kerakki, haroratning 32°C dan 41°C gacha oralig'ida gipsning eruvchanligi eng yuqori bo'ladi. Turli tadqiqotchilarning ma'lumotlariga ko'ra, gipsning suvda eruvchanligi turlicha. Gipsning suvda eruvchanligi gipsning o'ta to'yingan eritmalar hosil qilish qobiliyatiga, shuningdek, kristallarining katta kichikligiga bog'liq. Gulletning ma'lumotiga ko'ra, 25°C da gipsning eruvchanligi kalsiy oksid hisobida 2 mkm kattalikdagi kristallar uchun $2,08 \text{ g/l}$ ga yetadi, kristallar kattaligi $0,3 \text{ mkm}$ bo'lganda esa eruvchanlik $2,47 \text{ g/l}$ ga teng. Agar kalsiy oksid

gidrati ishtirok etsa, kalsiy sulfatning eruvchanligi susayadi. Gipsning suyultirilgan xlorid kislota va azot kislotalardagi, shuningdek, ayrim tuz eritmalaridagi eruvchanligi suvdagiga nisbatan yuqori.

Issiqlik o'tkazuvchanlik gipsda past bo'lib, $1,6-46^{\circ}\text{C}$ haroratda $0,3 \text{ Vt}/(\text{m K})$ ga teng. Angidridning kristall to'ri har biri to'rttadan molekulali elementar kataklardan iborat bo'lib, zich joylashishi tufayli kalsiy sulfat boshqa turlarning kristall to'rlariga qaraganda ancha mustahkam.

Ikki molekula suvli gipsdan farqli o'laroq, angidrid o'zaro perpendikulyar holatdagi uch yo'nalishda mustahkam birikish qobiliyatiga ega. Angidrid kristallari asosan mayda bo'lib, ularni ajratib turuvchi yuzasi g'adir-budir chiziqlar bilan o'yilgan. Angidridning sindirish ko'rsatkichlari:

$$N_g=1,614; N_p=1,57$$

Sof angidrit oq rangli bo'lib, o'z aralashmalariga qarab gips singari xilma-xil tusga kiradi. Angidrid ikki molekula suvli gipsga nisbatan ancha zich va mustahkam jinsdir. Uning zichligi $2900-3100 \text{ kg}/\text{m}^3$.

6. Suvli va suvsiz kalsiy sulfat modifikatsiyasi

Harorat va qizish sharoitlariga bog'liq holda suvli kalsiy sulfatning turli modifikatsiyalarini hosil qilish mumkin, ular kristallarning zichligi, shakli va o'lchamlari, gidratatsiya issiqqligi, issiqlik sig'imi, optik xossalari va boshqa xususiyatlari bilan bir-biridan farq qiladi.

Kalsiy sulfat modifikatsiyasini, ularning barqaror mavjudlik sharoitlarini, birining ikkinchisiga aylanishini tekshirishga bir qancha tadqiqotlar bag'ishlangan (Le Shatelye, Vant Goff, A.A. Baykov, D.S. Belyankin, P.P. Budnikov, Kelli, Suttard, Anderson, Flerks va boshqalar). Biroq hozirga qadar uning suvli va suvsiz modifikatsiyalari soni, ularning tuzilishlari hamda fizik-kimyoviy xossalari xususida yagona fikr yo'q. D.S. Belyankin va L.G. Berg tadqiqotlari bo'yicha, shuningdek, Kelli, Suttard, Anderson ma'lumotlari asosida kalsiy sulfatning quyidagi modifikatsiyalari ma'lum:

1. ikki molekula suvli kalsiy sulfat (gips) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

2. α — yarim molekulali suvli kalsiy sulfat (α — yarim gidrat)
 $\alpha - \text{CaSO}_4 \quad 0,5\text{H}_2\text{O}$, $\beta - \text{CaSO}_4 \quad 0,5\text{H}_2\text{O}$.

3. β — yarim molekula suvli kalsiy sulfat (β — yarim gidrat).
4. α — suvsizlantirilgan yarim gidrat α — CaSO_4 .
5. β — suvsizlantirilgan yarim gidrat β — CaSO_4 .
6. α — eruvchan anhidrid α — CaSO_4 .
7. β — eruvchan anhidrid β — CaSO_4 .
8. Erimaydigan anhidrid (odatda anhidrit deb ataladigan) CaSO_4 .

Gips suvsizlantirilganda dastlab yarim gidratga aylanadi so'ngra qizish jarayonida suvsiz modifikatsiyalarga — anhidridlarga aylanadi. α - va β — modifikatsiyalarining hosil bo'lishi issiqlik ta'sirida ishlov berish sharoitlariga bog'liq.

β — yarim gidrat deb ataluvchi modifikatsiya digidratatsiya jarayonida suvning bug' holidagi chiqish sharoitida hosil bo'lib, natijada bu modifikatsiya zarralari ichki yuzasi ancha rivojlangan tarkibiy tuzilish hosil qiladi.

β — yarim gidratdan farqli ravishda α — yarim gidrat gipsga suvda yoki tuz va kislotaning suvdagi eritmalarida issiqlik ta'sirida ishlov berilayotganda hosil bo'ladi. Bunda suv suyuq tomchi holatida ajralib, α — yarim gidratning zich kristallari hosil bo'lishi uchun sharoit tug'iladi. Natijada β — yarim gidrat zarrachalarining solishtirma sathi α — yarim gidratnikiga nisbatan ancha (2,5—5 marta) yuqori bo'ladi.

Zarrachalar ichki sathining xilma-xilligi yordamida β va α yarim gidratlarning sindirish va zichlik ko'rsatkichlaridagi farqni izohlash mumkin.

α yarim gidrat suvda qorilganda β — yarim gidratga nisbatan kam suv sarflab qo'zg'aluvchanligi keraklicha bo'lgan xamir olish mumkin. Demak, gipsning α — yarim gidratli modifikatsiyasidan qotgan gips β — yarim gidratlarga nisbatan ancha zich va mustahkam bo'ladi. Agar α va β — yarim gidratlar teng hajmdagi suvda qorilsa, hosil bo'ladigan gipstoshning mustahkamligi ham o'zaro teng bo'ladi.

Suvda qorilganda α — yarim gidrat β — yarim gidratga nisbatan birmuncha sust tishlashadi, bunda β — yarim gidrat zarrachalarining chinakam sathi yuqori darajada rivojlanganligi tufayli digidratatsiya tezligi ortadi.

--- 7. Yarim molekula suvli gipsning qotishi

Yarim molekula suvli gipsning tishlashish va qotish mexanizmi haqidagi masala ko'p vaqtlardan beri tadqiqotchilar diqqatini jalb etib keladi.

Le-Shatelye (1887-y) nazariyasiga ko'ra, gipsning tishlashishi va qotishi quyidagicha kechadi: yarim molekula suvli gips suvda aralashtirilganda u erib, metastabil to'yingan suvli eritma hosil bo'ladi. U eritmada yarim gidrat suv bilan o'zaro ta'sirlashib, ikki molekula suvli gipsga aylanadi va eritmada ajralib chiqadi, yarim gidratning suvda eruvchanligi 20°C haroratda 8 g/l, ikki gidratning eruvchanligi esa 2 g/l. O'ta to'yingan eritmada ikki molekula suvli gips ajrala borgan sari uning kristallchalari ko'payadi, bir-biri bilan chirmashib bitishib, boshlang'ich aralashmaning tishlashishi va qotishi uchun imkon yaratadi. Tishlashish boshlangandan so'ng qotayotgan gips tarkibiy tuzilishining buzilishi uning mustahkamligini keskin pasaytirib yuboradi, shuning uchun kristallar endi hosil bo'la boshlaganda tishlashishning dastlabki bosqichida buzish mumkin.

Keyinchalik yarim molekula suvli gipsning (shuningdek, boshqa bog'lovchi moddalarning) A. A. Baykov tomonidan ishlab chiqilgan nazariyasi o'rta tashlandi. Bu nazariyaga binoan qotish jarayoni uch bosqichga bo'linadi. Birinchi bosqichda suvda yarimgidrat erib, uning to'yingan eritmasi hosil bo'ladi. Birinchi bosqich bilan deyarli bir vaqtda boshlanuvchi ikkinchi bosqichda suvning yarim molekula suvli gips bilan o'zaro ta'siri kechadi. Bunda ikki molekula suvli gips kolloid o'lchamidagi (0,2 mkm dan kichik) yuqori darajada disperslangan kristall zarralar tarzida hosil bo'lib, ayni vaqtda aralashmaning tishlashishi ro'y beradi.

Uchinchi bosqichda ikki gidratning o'ta eruvchan mayda zarralari qayta kristallanib yana ham yirik kristallar hosil qiladi, bu esa o'z navbatida tizimning qotishini va uning mustahkamligi ortishini ta'minlaydi.

So'nggi o'n yillar mobaynida bog'lovchi moddalar, xususan, gipsli moddalarning qotishiga oid yuqorida ko'rsatib o'tilgan asosiy nazariyalar yana rivojlandi. Chunonchi, V.N.Juravlev, S.D.Okorokov, M.I.Strelkov, G.N.Siversev va boshqalar bog'lovchi moddalar qotishining kolloid-kimyoviy nazariyasini ishlab chiqishdi.

S.D.Okorokov bog'lovchi moddalarning qotishini o'rganib, kolloidlanish bosqichining bo'lishi shart va shu bosqichda qoritqi suvning ta'sirida qattiq moddaning disperslanish jarayoni ketadi, degan xulosaga keldi.

V.N.Juravlev fikricha, kristall to'r yuzalari suvni seolit singari singdirishi natijasida bog'lovchi minerallar gidratatsiyalanadi. Donalar sirtida to'plangan gidratatsiyalangan qobiqlar sekin-asta

yemirilib, gidratning ko'plab mayda kristallar tarzida qoritqi suviga o'tadi, shu vaqtda tarang hamda deformatsiyalangan kristall to'r barqaror notarang to'rga aylanadi. Bunda gipsning qotish jarayonida gelning kristall payvandlanish tarzidagi qayta kristallanishi tufayli mustahkamlik ortadi.

M. I. Strelkov ma'lumotiga binoan, yarim molekula suvli gipsning zarralariga dastlab suv tekkanda avval noto'g'ri shaklli mayda zarralar tarzidagi qisman gidratlangan yarim gidratga aylanadi. Bunday zarralar oson eriydi va avval plastinkasimon hamda ignasimon kristallarga aylanadi, keyin ikki gidratning yaxlit payvandlangan, chirmashgan kristallari hosil bo'ladi.

V.V.Konstantinov va N.V.Topchiyeva, gipsning qotish jarayonini mikroskop ostida o'rganib yarim molekula suvli gipsning qattiq fazasida suv bilan bevosita birikib yarim molekula suvli gips gidratatsiyalanadi degan fikrga keldilar. Eypeltauer tomonidan o'tkazilgan tajribalar ham yarim molekula suvli gipsning suvda erimay turib, to'g'ridan-to'g'ri suv bilan birikishi mumkinligini ko'rsatdi.

P.A.Rebinder, E.E.Segalova, V.B.Ratinov, O.V.Kunsevich va boshqalar Le Shatelye fikrining to'g'ri ekanligini isbotladilar. P.A.Rebinder va E.E.Segalova o'z izlanishlarida yarim molekula suvli gips Le Shatelye chizmasi bo'yicha gidratatsiyalanib, kristallangan tarkibiy tuzilma hosil qilishini ko'rsatib berdilar. Ular mustahkamlik ortishining to'xtashini yoki, hatto uning yarim molekula suvli gips butunlay ikki molekula suvli gipsga aylanguniga qadar mustahkamlik pasayishini aniqladilar. Tadqiqotchilar fikricha, bu hodisa qotgan jismning yaxlit kristallashgan tarkibiy tuzilmasining hosil bo'lishiga olib keluvchi bitish choklarida kristallarning muayyan yo'nalishda o'sishidan yuzaga keladigan ichki kuchlanishlar qisman buzilish sodir bo'lishi bilan izohlanadi. Gips suvga qorilgandan so'ng 30—40 daqiqa o'tgach, ya'ni bog'lovchi moddaning gidratatsiyalanish jarayoni tugashi oldidan nam holatdagi eng yuqori mustahkamlik ta'minlanadi. Mustahkamlikning bundan keyingi ortishi gidratatsiya bilan emas, balki suvning bug'lanishi va materialning qurishi samarasidir. Kristallar yuzasini namlab turuvchi suvning yo'qolishi (parlanib ketishi) birinchidan, mustahkamlikning ortishiga olib keladi, ikkinchidan esa, kristallarning bir-biriga nisbatan sirg'alishini yo'qotadi va og'irlik ostida siljish deformatsiyasini keskin kamaytiradi.

P.A.Rebinder va E.E.Segalovalar bir guruh ilmiy xodimlar bilan olib borgan tadqiqotlari natijasida quymalarning mustah-

kamligi kristallarning katta-kichikligi bilan ular o'rtasidagi tutashev maydonlarining nisbatiga bog'liqdir, shu nisbatni o'zgartirish bilan gipsning qayta kristallanish vaqtida uning mustahkamligini pasaytirish mumkin degan xulosaga keldilar. Bu tadqiqotchilarning fikricha, gipsning qotish tezligini kamaytirish orqali mustahkamlikni minimal darajagacha kamaytirs bo'ladi.

O.V.Kuznesovich, Ya.L.Zabejinskiy, V.B.Ratinov va boshqalarning tadqiqotlarida geterogen tizimalarda fazoviy o'zgarishlar haqidagi ma'lumotlar asosida qotishning kristallanish mexanizmi nazariyasi yanada rivojlantirildi. Masalan, V.B.Ratinov va boshqalar gidratning yangi hosilalarining kristallga aylanish jarayoni sifatida gidratlanish kinetikasiga miqdoriy tavsia berishdi: gidratlanish reaksiyasining davomiyligi yarim molekula suvli gips suspenziyalarida vujudga keladigan to'yinish miqdori bilan belgilanadi; turli qo'shilmalarning qotish jarayoniga tezlatgich va sekinlatgich ta'siri yarim gidrat, shuningdek, ikki gidratning erish tezligiga bog'liq.

Bunda yarim gidratning hosil bo'layotgan ikki gidratga nisbatan to'yinish darajasi (C_p/C_o) bilan bog'liq ravishda kristallanish jarayonining tezlashishi yoki sekinlashishi mumkin. C_p/C_o ning ortishi kristallanishni tezlashtiradi, va, aksincha, C_p/C_o ning kamayishi bu jarayonni susaytiradi. Binobarin, erimaydigan angidritda bog'lovchilik xossalari deyarli butunlay yo'qligini,

α - va β - $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ga nisbatan ancha to'yingan eritmalar hosil qiladigan eruvchan angidrit hamda suvsizlantirilgan yarim gidratning qotish tezligi ikki gidratga nisbatan yuqori ekanini shu bilan izohlash mumkin.

A.V.Voljenskiyning fikricha, gidrat birikmalarining hosil bo'lish mexanizmi dastlabki moddalarning xossalari va ular bilan suv o'rtasida reaksiya ketadigan sharoitlarga bog'liq. Bunda bog'lovchi moddalarning, ayniqsa, polimineral moddalarning o'zaro ta'siri ikki yoqlama bo'lishi: ularning suv muhiti orqali erishi bilan, ya'ni Le Shatellye chizmasi bo'yicha va suvning dastlabki materialga to'g'ridan-to'g'ri birikishi bilan, ya'ni Mixaelis hamda A.A.Baykov chizmasi bo'yicha yuz berishi mumkin.

Suv bilan o'zaro ta'sirlashuvda bog'lovchi moddalar reaksiyaga qanchalik moyil bo'lsa va undagi zarrachalarning tashqi va ichki yuzalari qanchalik katta bo'lsa, shuningdek, bog'lovchi moddali qorishmada suv qanchalik kam va qorishma harorati qancha yuqori

bo'lsa, suvning qattiq faza bilan to'g'ridan-to'g'ri birikishi uchun imkoniyat shuncha qulay bo'ladi.

A.V.Voljenskiyning fikricha, qotish jarayonini tekshirish faqat gidratatsiya mexanizmini aniqlashdangina iborat bo'lmazligi kerak; suvning birikish jarayonining o'zi emas, balki uning gidratatsiya mahsuloti xususiyati ta'siri, hosil bo'ladigan gidrat zarrachalarining kogeziyon xossalari, ularning dispersligi va shakllariga bog'liq bo'lgan gidratatsiya mahsulotlarining bog'lovchilik xususiyati va texnikaviy xossalari katta ahamiyatga ega. Yangi hosil bo'lgan hosilalarning zarrachalari qanchalik dispers bo'lsa, olimlarning fikricha, ularning bog'lovchilik qobiliyati shu qadar yuqori bo'ladi.

Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, gidratlarning hosil bo'lish mexanizmiga qaraganda, qotgan tosh tarkibiy tuzilishining shakllanish jarayoni haqidagi fikrlar bir-biridan keskin farq qiladi.

P.A.Rebinder, E.E.Segalova va boshqalar, shuningdek, A.F.Polakning fikricha, ikki gidrat kristallga aylanishida tarkibiy tuzilma hosil bo'lishi ikki bosqichda kechadi. Birinchi bosqichda kristallovchi tarkibiy tuzilma sinchlari shakllanib, yangi hosila kristallchalari bilan kristallarning ehtimoliy o'sishi o'rtasida birikuv (kontakt) yuzaga keladi. Ikkinchi bosqichda esa yangi kristallanish birikuv vujudga kelmaydi, balki mavjud sinchlarning atrofi qoplanaveradi, ya'ni uni tashkil etuvchi kristallchalarning o'sishi kuzatiladi. Bunda ham tizim mustahkamligi ortadi, ham kristallarning muayyan yo'nalishda o'sishi natijasida vujudga keladigan ichki cho'zuvchi kuchlanishlar hosil bo'lishi hisobiga tarkibiy tuzilma mustahkamligi kamayishi mumkin. Qotishning natijaviy mustahkamligi ko'p jihatdan qotayotgan suspenziyaning suyuq fazasida to'yinish miqdori va kinetikasi bilan belgilanadi, bu esa birlamchi bog'lovchi moddaning eruvchanligiga va erishining umumiy tezligiga bog'liq. Kristallarning o'sishi uchun qanchalik qulay sharoit yaratilsa (to'yinish va reaksiya umumiy tezligi kam bo'lsa), tarkibiy tuzilma mustahkamligini pasaytiruvchi kuchlanishlar shu qadar ko'p bo'ladi. Aksincha, kristallchalarning yangi mo'rtaklari va ular o'rtasidagi tutashuvning hosil bo'lishi uchun qanchalik qulay sharoit vujudga kelsa (yuqori darajada to'yinish, erishning umumiy tezligi katta bo'lishi), kuchlanish shu qadar pasayadi. Biroq qotish tarkibiy tuzilmani tashkil etuvchi kristallchalarning juda maydaligi uning mustahkamligini susaytiradi. Mutaxassislarning fikricha, tuzilma mustahkamligining eng yuqori bo'lishiga erishish uchun gidratatsiya jarayoni optimal sharoitlarda o'tishi kerak. Bunday

sharoitlar past kuchlanishlarda yetarli kattalikdagi yangi hosila kristallchalari hosil bo'lishini ta'minlaydi, ayni vaqtda kristallanish tuzilmasining shakllanishi va rivojlanishi ro'y beradi. E.Stoklos olib borgan tadqiqotlarning ko'rsatishicha, qotish tarkibiy tuzilmalarining haqiqiy mustahkamligi, aytilganlardan tashqari, birikuv yerlarida uzun kristallchalarning bog'liqligi bilan ham belgilanadiki, bu bog'liqlik «shartli-koagulyatsion» deb ataladi. Bu bog'liqliklar koagulyatsion bog'liqliklarga nisbatan ancha mustahkam bo'ladi. Ular material quriganda namoyon bo'ladi. Biroq material namlanganda ularning mustahkamligi koagulyatsiya kontaktlarining mustahkamligi darajasiga qadar pasayadi, navbatdagi to'liq qurishi natijasida mustahkamlik yana tiklanishi mumkin.

Shunday qilib, tarkibiy tuzilmaning mustahkamligi to'yingan eritmalardan iborat gidrat birikmalarining kristallanishi bilan ta'minlanadi. A. A. Baykovning fikricha, yuqorida aytilganidek, qotayotgan tizim mustahkamligi yangi hosila zarralarining qayta kristallanishi hisobiga ortadi. Mayda kristallchalarning aynan kimyoviy va modifikatsiya tarkibiga ega bo'lgan yirik kristallchalarga nisbatan yuqori darajada eruvchanligi qayta kristallanish imkonini beradi. Bu o'rinda tarkibi bir xil bo'lgan kristallar yiriklashadi, vaholanki, kristallanish kristallar kimyoviy tarkibining yoki tarkibiy tuzilishining o'zgarishiga bog'liq. Qayta kristallanish termodinamik jihatdan muqarrar jarayondir, chunki mayda kristallchalar ortiqcha erkin sirt energiyasiga (shunga muvofiq tarzda katta eruvchanlikka) ega, kristallar yiriklasha borgan sari bu energiya ham kamayadi. Qayta kristallanish va kristallarning yiriklashuvi odatda (jumladan, A.A.Baykov taxmin qilganidek), material mustahkamligining ortishiga emas, balki kamayishiga olib keladi, mayda kristall tarkibiy tuzilmaning mustahkamligi esa yuqori. Shunga muvofiq holda A.V.Voljenskiy yangi hosilalar tuzilmasini betonning fizik va fizik-mexanik xossalariga ta'siri haqidagi taxminini bayon qildi. Yangi hosilalar dispers zarrachalarning ahamiyati hamda ularning bog'lovchi qobiliyatini belgilovchi sirt energiyasi potentsiali haqidagi fikrlar shu taxminning asosini tashkil etdi. Urinish nuqtalari soni ko'p bo'lganda bog'lovchilik qobiliyati Van-der-Vaal's kuchlarining ishqalanishi, shuningdek, kimyoviy bog'lamlarning rivojlanishi tufayli yuzaga chiqadi. Shunday qilib, yangi hosilalar zarrachalarining maksimal solishtirma sirti tizimiga erishilganda eng yuqori mustahkamlik

ta'minlanadi. Biroq A.V.Voljenskiyning fikricha, yangi hosilalar zarrachalarining bog'lovchi qobiliyatga ega bo'lishiga faqat ularning dispersligi emas, balki kogeziya shakli hamda ularning o'ziga xos xossalari ta'sir ko'rsatishi kerak.

Gidrat yangi hosilalari zarralarining yuqori darajada dispersligi, ayniqsa, yuqori dispers zarrachalarning suv shimishiga — adsorbsiyasiga ancha moyilligi tufayli ularning qotgan tizimlarida sirg'anuvchanlikka, plastik deformatsiyasiga moyilligini oshiradi.

Umuman, A.V.Voljenskiy taxminiga ko'ra, sementlovchi moddalarning hosil bo'lish mexanizmida biror mustahkamlikka erishish quyidagicha namoyon bo'ladi. Bog'lovchi modda qotishining boshlang'ich bosqichida gellar xususiyatiga ega bo'lgan yuqori darajada dispers holdagi zarralar tarzida gidrat birikmalari hosil bo'ladi. Bunda tizim mustahkamligi birinchi navbatda yuqori dispers zarralar konsentratsiyasining ko'payishi hisobiga ortadi. Shu bilan bir vaqtda, ilgari hosil bo'lgan zarrachalarning yiriklashuv jarayoni, binobarin, ular solishtirma yuzasi va bog'lash qobiliyatining kamayish jarayoni ham sodir bo'ladi. Qotish vaqtida yangi hosilalar zarrachalarining umumiy yuzasi ma'lum darajagacha kattalashadi. Keyinchalik u barqarorlashish yoki ekran pardasi vujudga kelib, tizimda dastlabki tarkibiy qismlar miqdori kamayishi, shuningdek, qulay sharoitda zarrachalarning yiriklashish jarayoni davom etishi va bog'lovchi moddaning suv bilan ta'sirlashuvi to'xtashi natijasida reaksiya ham susayib ketishi mumkin. Bu jarayon tizimning mustahkamligiga salbiy ta'sir etadi, tizim mustahkamligi qotishning so'nggi bosqichida, yangi hosilalar zarrachalarining solishtirma yuzasi singari eng yuqori darajaga ko'tariladi. Uning boshlanishi ham bog'lovchi moddalarning hosilalari bilan, ham qotish sharoiti bilan belgilanadi.

Yangi hosilalar solishtirma yuzasining gips qotish jarayoniga ta'sirini bir qancha olimlar tekshirganlar. Chunonchi, Shvitte va Knauf yangi hosilalar solishtirma yuzasini BET (azot adsorbsiyasini o'lchash) usulida, yarim gidratning suv bilan ta'sirida o'lchaganlar. Bunda gips bilan suv o'rtasidagi oraliq reaksiya metanol namunasida ishlov berilib, belgilangan vaqtda to'xtatiladi. Ular olgan ma'lumotlarga ko'ra, gips namunasi solishtirma yuzasining maksimal kattaligi ($12-27 \text{ m}^2/\text{g}$) qorilgandan so'ng $3-8$ daqiqa o'tgach qayd qilindi. Taqriban 10 daqiqadan keyin namunalardan birida qariyb $7-7,5 \text{ m}^2/\text{g}$ darajada, boshqasida esa $6-7 \text{ m}^2/\text{g}$ darajada solishtirma yuza ko'rsatkichlari barqaror holga keldi.

Ushbu namunalarda birikkan gidrat suvi miqdorini aniqlash bo'yicha parallel olib borilgan tajribalarda uning miqdori eng yuqori darajaga yetguncha biror keskin sakrashsiz 8—15 daqiqa davomida tekis ko'payib borganligi aniqlandi.

Aniqlanishicha, yarim molekula suvli gips qotishi jarayonida hosilalar kristallari kattalashadi, bu esa ularning bog'lovchilik qobiliyatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Lekin qo'shimcha miqdorda yuqori dispers yangi hosilalar vujudga kelishi hisobiga mustahkamlik dastlab o'sishda davom etadi. Ammo ma'lum vaqtda kristallar o'sishining salbiy ta'siri gidratatsiya mahsulotining miqdoriy ko'payishidan ustunlik qila boshlaydi, shunda aloqalarning kamayishi hamda sirt energiyasi potensialining pasayishi natijasida tizimning mustahkamligi susayadi.

Demak, boshqa barcha teng sharoitlarda qotgan gipsning mustahkamligi yangi hosilalarning dispersligiga bog'liq ekan.

8. Gips bog'lovchilarining qotishiga qo'shilmalarning ta'siri

Qotish xususiyatiga ko'ra gips bog'lovchilari ikkiga bo'linadi: tez qotuvchi gips bog'lovchilari (qurilish, o'ta mustahkam, qolip va tibbiyot gipsleri); sekin qotuvchi (angidridli sement va yuqori darajada kuydirilgan gips) gips bog'lovchilari.

Gipsning tishlashish va qotish vaqtlari xomashyoning xossasi, uni tayyorlash sharoiti, saqlanish muddati va sharoitiga, qo'shiladigan suv miqdori (suv bilan gips nisbati — S/G), bog'lovchi modda va suvning harorati, aralashtirish sharoitlariga va ular tarkibida biror qo'shilmalarning borligiga bog'liq.

Tadqiqotchi Rolandning fikricha, gipsda uning eruvchanligini kuchaytirish yoki sekinlatish imkonini beradigan moddalarning borligi gidratatsiyaning tezlashishi yoki sekinlashishi uchun sharoit yaratadi. Uning ta'qidlashicha, gidratatsiya tezligi ham erigan modda tabiatiga, ham uning eritmadagi konsentratsiyasiga bog'liq. Gipsning (yarim gidratning) eruvchanligini kuchaytiruvchi moddalar — tezlatgichlar, eruvchanligini susaytiruvchi moddalar — sekinlatgichlar hisoblanadi.

Noorganik va organik birikmalar qo'shilmasining gips eruvchanligiga, tishlashish vaqti va qurilish gipsining mustahkamligiga ta'sirini o'rgangan Riddel ham shunday xulosaga kelgan. Masalan, NaCl tuzi yarim molekula suvli gips va ekstrix-gips gidratatsiyasi tezlatgichi bo'lib, angidridga ta'sir etmaydi. $CaCl_2$ esa yarim

molekula suvli gipsga ta'sir qilmaydi, lekin ekstrix-gips va angidrit gidratatsiyasini sekinlashtiradi. $MgCl_2$ tuzi yarim molekula suvli gipsning gidratatsiyasini tezlashtiradi, ekstrix-gips va angidritni sekinlashtiradi.

Shuni ta'kidlash kerakki, tishlashishni sekinlatgich va tezlatgichlar gips buyumlarining natijaviy mustahkamligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Biroq ayrim sirt-faol moddalardan o'rtacha miqdorda (0,1—0,3%) qo'shish buyumlar mustahkamligi faqat ularni yumshatuvchi omil sifatida va suv-gips nisbatining kamayishi hisobigagina emas, balki hosil bo'layotgan ikki gidrat kristallarining adsorbsion modifikatsiyasi hisobiga ham ortishiga imkon beradi. Shuningdek, sirt-faol qo'shilmalar yordamida, gipsning doimiy sarfi o'zgarmagan sharoitda beton aralashmasining harakatchanligini oshirishi mumkin.

So'nggi vaqtlarda qotish jarayonini vaqt davomida bir me'yorga solish uchun ba'zan sirt-faol moddalar va stabilizatorlar bilan birgalikda turli polimer moddalar ishlatilmoqda. Masalan, J.P.Dokukina yarim gidratning tishlashish tezligini sekinlashtirish uchun dikarbon kislotalar sopolimerlaridan foydalanishni tavsiya etdi. Ular sirt-faol modda bo'lib, faqat tishlashish vaqtini sekinlatibgina qolmay, balki polimerlangandan so'ng turli tarkibiy tuzilmalarning hosil bo'lishiga imkon beradi, bunday tuzilmalar qotayotgan gipsning fizik-mexanik xossalariga yaxshi ta'sir ko'rsatadi.

Ko'pgina qo'shilmalar, masalan, sulfit-spirt bardasi va, ayniqsa, natriy abiyetat havo tortuvchi moddalar hisoblanadi, bu moddalar betonga qo'shilganda beton aralashmasida bir tekis tarqalgan havo pufakchalari soni ortadi. Ana shunday qo'shilmalardan foydalanish betonning sovuqqa chidamliligini oshiradi. Shuni ham aytib o'tish muhimki, xamir elastik holatda bo'lgan va qattiq tuzilma sinchlari bo'lmagan dastlabki davrda asosan kontraktatsiya va sedimentatsiya, ya'ni cho'kish hisobiga betonning reaksiyaga kirishishi kuzatiladi. Hosil bo'layotgan ikki gidratning keyingi shiddatli kristallanish davrida qotayotgan tizim kengaya boshlaydi. Organik sekinlatgichlar, odatda, qotish vaqtida gipsning qisqarishiga olib keladi, qattiq tuzilmali sinchni erta hosil qiluvchi tezlatgichlar esa, aksincha, gipsning kengayishiga sharoit yaratadi.

Gipsga qo'shilma sifatida sekinlatgich va tezlatgichlardan foydalanish tarkibiy qismlardan har birining xossalaridan foydalanishga imkon beradi. Shunday qilib, qo'shilmalarning ta'sir qilish xususiyatini bilgan holda qotayotgan gipsning hajmiy defor-

matsiyasi miqdorini kerakli yo'nalishda me'yorga solib turish mumkin.

Gipsning tishlashish tezligini kamaytirish va buyumlar mustahkamligini oshirish uchun Shasseven suv-gips xamiri haroratini 80°C dan yuqori issiqlikda saqlab turishni tavsiya etadi, bunda u yarim gidrat bilan to'yingan va ikki gidratga nisbatan o'ta to'yingan eritmada harorat qancha yuqori bo'lsa, undagi gips shunchalik uzoq vaqt kristallanmay turishiga asoslangan. Yarim gidrat bilan to'yingan eritma haroratning pasayishi gipsning kristallanishini tezlashtiradi. Shassevenning ko'rsatishicha, eritmada 80°C haroratda ikki gidratning kristallanish tezligi 16°C haroratdagiga nisbatan 30 marta kam. $70\text{--}88^{\circ}\text{C}$ dan yuqori haroratgacha qizdirilgan gips aralashmasi bir necha soat davomida harakatchan bo'lib turaveradi (agar harorat kerakli rejimda saqlab turilsa). Bunda gips sovitilganda mustahkamlik kamaymay, normal tishlashish kuzatiladi. Shasseven o'tkazgan tajribalarning natijalari amaliy ahamiyatga ega, chunki bunda qorilgan yoki qoliplovchi agregatda turgan gipsning tishlashishini ma'lum vaqt kechiktirish hamda ko'plab miqdorda gips va gips-beton aralashmalari tayyorlash imkoni tug'iladi. Bundan tashqari, qorishma tayyorlashda suvni kam ishlatish mumkin bo'ladi, natijada buyumlarning mustahkamligi ortadi.

Gipsning qotish jarayonida uning hajmi taxminan 1 % kengayadi. Bu esa gipsdan me'morchilik buyumlari tayyorlashda, yoriqlarni berkitishda va boshqa maqsadlarda foydalanishga qulaylik yaratadi. Standartda ko'rsatilishicha, qurilish gipsi tishlashishining boshlanishi 4 daqiqadan keyin, oxiri esa 6 daqiqadan 30 daqiqagacha davom etishi kerak. Demak, qurilish gipsi tez tishlashadigan va tez qotadigan bog'lovchi moddadir. Bu hol bir qancha noqulayliklarga sabab bo'ladi, chunki qorilgan gipsni tishlashib qolmasdan ilgari ishlatish lozim. Agar tishlashish jarayoni buzilsa, hosil bo'layotgan kristall o'simtalari parchalanib ketadi va mustahkamligi keskin kamayadi. Shu sababli gipsni tishlashgunga qadar ishlatib tugatish yoki oz-oz miqdorda qorish yoxud gipsga tishlashish jarayonini susaytiruvchi moddalar qo'shish zarur.

Gipsning tishlashish vaqtini uzaytirish uchun unga maxsus susaytirgichlar qo'shiladi. Kolloid eritma hosil qiluvchi, yarim suvli gipsning (zichligi $2500\text{--}2800\text{ kg/m}^3$, uyum tarzidagi hajmiy massasi $800\text{--}1100\text{ kg/m}^3$, zichlashtirilgan holdagi hajmiy massasi $1250\text{--}1450\text{ kg/m}^3$) erish tezligini susaytiruvchi va natijada ikki molekula suvli gipsning kristallanishini kechiktiruvchi materiallarga

suyak elimi, kozein, jelatin, gliserin, magniy, kalsiy tuzlari misol bo'ladi. Gipsning tishlashish vaqtini uzaytirish uchun 60°C gacha isitilgan suv ham ishlatish mumkin.

Zavodlarda gipsdan binokorlik buyumlari tayyorlash va ularni sovuqda qotirish uchun qurilish gipsining tishlashishini tezlashtirish talab etiladi. Buning uchun qurilish gipsiga ikki suvli gips, osh tuzi, kaliy sulfat, sulfat kislota, ishqorlar, kremniy-floridli kaliy va boshqa bir qancha moddalar qo'shiladi.

Qurilish fosfogipsi havoda qotadigan bog'lovchi modda bo'lib, suv ichida quriladigan inshootlarda undan foydalanib bo'lmaydi, chunki bunda qotish vaqtida hosil bo'ladigan ikki suvli gips erib, kristall o'simtalari parchalanib ketadi va mustahkamligi keskin kamayadi.

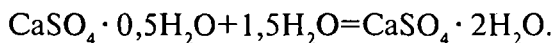
Gips qayta quritilganda uning mustahkamligi yana tiklanadi. Gipsdan tayyorlangan mahsulotning suvga bu qadar chidamsiz bo'lishining asosiy sababi shundaki, suv pardalarining qotgan gipsdagi kristall tuzilmalari ayrim elementlarni ajratib, parchalovchi ta'sir ko'rsatadi. Gipsdan tayyorlangan mahsulot yog'ingarchilik va namlikdan saqlansa, u uzoqqa chidaydi. Nam muhitda tayyorlangan gipsli buyumlar o'z mustahkamligini 50% gacha kamaytiradi. Suvda chidamlilik xususiyatini oshirish uchun gipsdan tayyorlangan buyum va qismlar suv ta'sir etmaydigan moddalar bilan shimdiriladi, ularning sirti bo'yaladi yoki gipsga so'nmagan ohak, sement, toshqol va tosh uni, kul yoki tuyilgan domna toshqoli kabi moddalar qo'shiladi.

Qurilish gipsi ko'proq tuyilsa, juda mayin va tez tishlashuvchi qolipbop gips hosil bo'ladi.

Qurilish gipsi o'z sifatiga ko'ra ikki navga bo'linadi. Gipsni cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi 40x40x160 mm o'lchamli qolipga quyib tayyorlangan namunalarda aniqlanadi. Standart talablarini qanoatlantiradigan gips qorishmasini tayyorlash uchun suv miqdoriga katta ahamiyat berish kerak.

1-nav qurilish gipsini suv bilan qorishtirilganda 1,5 soat vaqt o'tgach, siqilishdagi mustahkamlik chegarasi kamida 4,5 MPa, 2-nav gipsniki esa 3,5 MPa bo'lishi kerak.

Gipsning qotishi. Gipsning qotish jarayoni uning gidratatsiyalanishi bilan boshlanadi, ya'ni bunda yarim molekula suvli gips qaytadan kristall holatdagi ikki molekula suvli gipsga aylanadi:



Aslida gipsning qotishi uchun kam suv talab qilinsa-da, gips qorishmasini ishlatish qulay bo'lishi uchun ko'proq suv solinadi.

Buyumning mustahkamligini oshirish uchun undagi ortiqcha suv quritish yo'li bilan yo'qotiladi.

Akademik A.A.Baykovning nazariyasi bo'yicha, gips qotayotganda asosan, quyidagi fizik-kimyoviy jarayonlar ro'y beradi. Yarim molekula suvli gips suvda qisman erib, ikki molekula suvli qiyin eruvchan gips hosil qiladi. Gips zarrachalari gel deb ataluvchi yelimsimon holatga aylanadi, bu esa gipsning, gidratatsiyalanishi deb ataladi. Natijada kolloid holatdagi juda mayda zarrachalardan tashkil topgan gips xamiri hosil bo'ladi va u tezda kristallana boshlaydi. Ikki suvli gips zarrachalarida o'sayotgan ignasimon kristallar o'zaro zichlashadi va mustahkam tutashgan kristallga aylanadi. Kolloid eritma hosil bo'lishi va bu eritmaning kristallanish jarayoni, yarim molekula suvli gipsning ikki molekula suvli gipsga to'la aylanishiga qadar davom etadi. Buyum quritilganda undagi eritma hoida qolgan yarim suvli gips kolloid xamirga aylanadi so'ng ikki molekula suvli gips kristallari ajralib chiqadi, buning hisobiga buyumning mustahkamligi yanada ortadi. Shuning uchun, gipsdan ishlangan buyumlar harorati 70°C gacha bo'lgan maxsus quritish bo'lmalarida quritiladi.

Qurilish gipsidan asosan suvoq ishlari uchun ohak-gips qorishmasi tayyorlashda va binokorlik detallari ishlab chiqarishda foydalaniladi.

Shuni aytib o'tish muhimki, qurilish gipsiga hech qanday qo'shimcha aralashtirmay, o'zini sof holda ishlatish mumkin, chunki u quriganda yorilib ketmaydi. Ohak-gips suvoq qorishmalarida bir hajm gipsga 1—5 hajm ohak qo'shiladi, natijada qorishmaning tishlashishi sekinlashib, elastikligi ortadi.

Bog'lovchi moddani tejash va ohakning darz ketishini yo'qotish uchun gips va ohak aralashmasiga 1—3 hajm qum yoki uning o'rnini bosadigan boshqa modda (toshqol, pemza, yog'och qipig'i va qirindi singari narsalar) qo'shiladi. Suvoq qorishmasi tayyorlashda qurilish gipsiga ohak qo'shmasa ham bo'ladi, biroq bunda tishlashishni susaytiruvchi biror qo'shimcha modda aralashtirish kerak.

Ohak-gips qorishmalari ohak qorishmasidan tez qotishi va ancha mustahkamligi bilan, gips qorishmasidan esa elastikligi hamda sekin tishlashishi bilan farq qiladi. Gips qorishmasini tayyorlashda gil ham ishlatiladi.

Yuqorida aytib o'tilganidek, suvoqchilikda ohak va suvoq gipsidan iborat binokorlik qorishmalari ishlatiladi. Ohak, odatda ohak xamiri ko'rinishida ishlatiladi, buning uchun u so'ndiriladi. Ohakni so'ndirish

ekzotermik jarayon bo'lib, bunda ma'lum miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Gipsni kuydirish esa endotermik jarayon bo'lib, bunda suv ajralib chiqadi va issiqlik yutiladi. Mak-Enelli gipsdan chiqadigan namdan ohakni gidratatsiyalashda, ohak gidratatsiyasi issiqligidan esa gipsni kuydirishda juda o'rinli foydalangan.

Qurilish gipsidan turli gips va gips-beton mahsulotlari tayyorlanadi, bular quruq suvoq, devor plitalari va panellar, qavatlar orasiga qo'yiladigan detallar, arxitektura-binokorlik mahsulotlari, ventilyatsiya qutilari, termoizolyatsiya plitalari va boshqalardir.

Qurilish gipsining rangi oq bo'lgani uchun u sun'iy marmar va ba'zi bir bo'yoqlar hamda bo'r tayyorlashda ham keng qo'llanilmoqda, kulolchilikda gipsdan qoliplar tayyorlanadi. Shuningdek, ko'zgu va optik shishalar ishlab chiqarishda ham gips ishlatiladi. Gips asbest va boshqa materiallar bilan aralashma holida issiqlikni o'tkazmaydigan buyumlar tayyorlashda keng qo'llaniladi.

Bundan tashqari, qurilish gipsi bino devorlarining ichki tomonini suvashda, naqqoshlikda va bezak buyumlar tayyorlashda keng ishlatiladi. Gips o'tga chidamli bo'lganligi uchun undan binoni shamollatuvchi qurilmalar, lift kataklari va boshqalar tayyorlanadi.

Gipsni tashish va saqlash. Gipsli bog'lovchilarni tashish va saqlashda ularga nam ta'sir etmasligi kerak. Ochiq joyda gipsni bir oydan ortiq saqlash mumkin emas. Aks holda, uning mustahkamligi 20% gacha kamayadi. Gips saqlaydigan omborlarning pollari yog'ochdan qurilgan bo'lishi kerak.

Yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan gips. Ikki molekula suvli tabiiy gipstoshni 750—800°C haroratda pishirgandan so'ng tuyiladi va unga natriy sulfat, alyuminiy va boshqa tuzlar qo'shib, yuqori mustahkam gips olinadi. Bunday gips sekin qotuvchi, ammo siqilishdagi mustahkamligi 30 MPa gacha, rangi esa oq bo'ladi.

Yuqori mustahkam gips olishning ikkinchi usuli ham bor: gipstoshni yuqori bosimli (0,13—0,2 MPa) bug'da 125°C haroratda pishirib, yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan gips olinadi.

Prof. B.G.Skramtayev va G.G.Bulichevlarning bu usuli bo'yicha gipstosh germetik yopiq qozonga solinadi va to'yingan bug' yordamida 0,13 MPa bosim ostida pishiriladi, hamda kukun qilib tuyiladi. Olingan gipsni qotirish uchun suv miqdori 60% emas, balki, 40—50% bo'ladi. Bunday gipsning 7 kundan keyingi mustahkamligi 15—40 MPa ga yetadi.

Yuqori mustahkam gips juda muhim inshootlar qurishda, shuningdek, metallurgiya sanoatida qoliplar tayyorlashda ishlatiladi.

Angidrit sement. Tabiiy gipstoshni yoki angidritni 600—750°C da pishirib, so'ng tuyib, havoda qotadigan bog'lovchi modda — angidrit sement olinadi. Sement faolligini oshirish maqsadida unga katalizator sifatidagi qo'shilmalardan ohak, pishirilgan dolomit, domna toshqoli va yonuvchi slanes kuli qo'shiladi. Bu sementni akademik P.P.Budnikov ixtiro etgan.

Angidrit sement sekin tishlashuvchi bog'lovchidir. Tishlashish-ning boshlanishi 1—1,5 soatdan keyin boshlanadi, oxiri esa, 24 soatgacha davom etadi, u gipsga nisbatan suvga chidamlidir. Siqilishga mustahkamligi bo'yicha 50, 100, 150 va 200 markalarga bo'linadi. Zichligi 2800—2900 kg/m³, uyum tarzidagi hajmiy massasi 850—1100 kg/m³, zichlantirilgandagi hajmiy massasi 1200—1500 kg/m³.

Kam kuydiriladigan gipsli bog'lovchi moddalardan farqli ravishda angidritli sementning hajmi qotayotganda kengaymaydi, gidravlik xususiyatlariga ega emas, nam havo muhitida juda tez qotadi. Namlikda dastlabki qotishdan keyin, quruq muhitda yana mustahkamlanaveradi. Qotgan angidrit sement suvda uzoq vaqt turib qolsa, mustahkamlik darajasi pasayadi, keyin quruqlik sharoitida uning mustahkamligi yana ortaveradi. Agarda angidrit sementga faollashtiruvchi modda sifatida domna toshqoli qo'shilsa, uning suvga chidamliligi ortadi.

Binokorlik qorishmalari angidrit sementdan tayyorlangan bo'lsa, 15 martagacha muzlab erigan holda ham sezilarli darajada buzilmaydi. Uyning choksiz to'shalmasi, linoleum osti to'shalmasi, turli hil suvoq va oraliq qorishmalar, organik, anorganik to'ldirgichli yengil betonlar, og'ir betonlar ishlab chiqarish, shuningdek, sun'iy marmar tayyorlashda angidrit sementdan foydalaniladi. Angidrit sementdan ishlangan konstruksiya va buyumlarni havo namligi 60—70% dan yuqori bo'lgan yerlarda ishlatib bo'lmaydi.

Angidrit sement qorishma sifatida g'isht terishda, suvoqchilikda, izolyatsiya materiallari ishlab chiqarishda va beton sifatida esa inshootlarning suv ta'sir etmaydigan qismlarini qurishda ishlatiladi.

Pardozbop gips (sement). Zararli aralashmalardan tozalangan gipstoshni 550—700°C da pishirib, keyin tuyish jarayonida unga alyuminiyli achchiqtosh qo'shib, pardozbop gips (sement) olinadi. Pardozbop gips oq rangli bo'lib, uning nur qaytarish koeffitsiyenti 90% dan kam bo'lmasligi kerak. Tishlashish 1 soatdan keyin boshlanadi va 12 soatgacha davom etadi. U 100 dan 400 gacha bo'lgan markalarda chiqariladi. Qurilishda pardozbop qorishma

sifatida sun'iy marmar toshlari, me'morchilik va bezak buyumlari tayyorlashda foydalaniladi.

Yuqori haroratda pishirilib ($800-1100^{\circ}\text{C}$) mayda tuyilgan tabiiy gipstosh yoki angidrit tuyilgan bog'lovchilar jumlasiga kiradi. Gipstoshni pishirish jarayonida $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ o'z tarkibidagi barcha suvni yo'qotib, undagi CaSO_4 qisman parchalanadi va gipsda faol CaO hosil bo'ladi. Bu esa bog'lovchiga katalizatorlarsiz qotish xususiyatini beradi.

Yuqori haroratda pishirilgan gips 100, 150 va 200 markalarda chiqariladi. Uning solishtirma massasi $2,8-2,9 \text{ g/sm}^3$, hajmiy massasi $900-1100 \text{ kg/m}^3$. Bu gips sekin tishlashuvchan bo'lib, boshqa gipslarga nisbatan suvga chidamlidir.

Qurilishda g'isht terish, suvoqchilik, beton buyumlari hamda sun'iy marmar toshlari tayyorlashda ishlatiladi.

Gipsli bog'lovchi moddalardan O'zbekistonda keng foydalanish arxeologlarning ko'rsatishicha, VII—X va X—XIII asrlarga to'g'ri keladi. Bu davrda gips asosan g'isht terishda, san'at koshonalarini yaratishda, ganch va alebastr toshlariga o'yib gullar solishda ko'p ishlatilgan. Ma'lumki, gips havoda qotadigan bog'lovchidir. Shunga ko'ra odamlar gipsli bog'lovchilarni ob-havo, suv — nam ta'siriga chidamliligini va mustahkamligini oshirish maqsadida juda ko'p turli faol qo'shilmalar qo'shib tajribalar o'tkazilgan. Masalan, gips qorishmasining plastikligi, yopishuvchanligi, shuningdek, buyumning chidamliligi, mustahkamligini oshirish maqsadida maxsus o'simlik yelimi ishlatilgan. Gipsning ob-havo ta'siriga chidamliligini oshirish maqsadida esa qorishmaga o'simlik kuli, tuyilgan pista ko'mir, g'isht kukuni, ohak va boshqalar qo'shib, devorlar qurishda, suvoqchilik va me'morchilikda ishlatilgan.

O'lkamiz yuqori sifatli gips bog'lovchilari ishlab chiqaruvchi xomashyo zaxiralari juda boy. Respublika tumanlarida ikki suvli tabiiy gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) va ganch, shuningdek, tabiiy angidrit CaSO_4 zaxiralari juda ko'p tarqalgan. Ganch bilan arziq o'zining mineralogik tarkibiga ko'ra, sog' tuproqning ikki suvli tabiiy gips aralashishidan tashkil topgan bir-biriga o'xshash jinsdir. Ularning farqi shundaki, ganch tabiatda tosh holatida, arziq esa tuproq holatida uchraydi.

Hozir respublikamizda umumiy hajmi 12 mln tonnaga yaqin 25 xil gipsbop xomashyo zaxiralari topilgan. Bu gipsbop xomashyo o'zining mineralogik tarkibiga ko'ra kimyoviy toza tabiiy gipstoshga yaqin. Kimyoviy toza gipsda SaO miqdori 32,56% va

SO_3 miqdori 46,51% bo'lsa, Farg'ona, So'x, Quvasoy, Sho'rsuv, Qamishboshi kabi tumanlardan olinadigan tabiiy gipsda o'rta hisobda SaO ning miqdori 32,9%, SO_3 ning miqdori esa 45,2% ni tashkil etadi.

O'zbekistonda ishlatiladigan barcha gipsli bog'lovchilarning 60—70% ini qurilish gipsi tashkil etadi. Respublikada ishlatiladigan ko'pgina qurilish gipsleri tez qotuvchan. Tishlashishining boshlanishi 4—5 daqiqa, oxiri esa 7—8 daqiqaga boradi.

Ma'lumki, yirik o'lchamdagi gips-beton buyumlarni tayyorlashda qorishmaning tishlashishini sekinlashtirish katta ahamiyatga ega. Shu maqsadda qorishma tayyorlanayotganda unga 0,25% miqdorda suyak yelimi qo'shiladi. Natijada qorishmaning tishlashishi, o'rta hisobda 5—6 marta sekinlashadi, plastikligi ortadi, buyum mustahkamligi esa 20—24% gacha ortadi. Gipsdan ishlangan namunaning suv shimuvchanligi 26% bo'lsa, suyak yelimi qo'shilgandan so'ng bu ko'rsatkich 6—9% ga kamayadi.

O'rta Osiyoda ko'p tarqalgan ganch havoda qotadigan bog'lovchi modda bo'lib, u oddiy qurilish gipsidan tarkibidagi tuproqning ko'pligi (20—40%) bilan farq qiladi. Ganch ham qurilish gipsi singari 170—180°C haroratda pishirib olinadi, ya'ni undagi ikki molekula suvli gips yarim molekulali holga keltiriladi. Ganchning sifati, asosan, undagi yarim molekulali gipsning yoki, boshqacha aytganda, xomashyo tarkibidagi ikki molekulali gipsning miqdoriga bog'liq. Bunda gipsning miqdori qanchalik ortsa, ganchning sifati shuncha yuqori bo'ladi. Hozir respublikamizda to'rtta korxona ganch ishlab chiqarmoqda.

Tabiiy angidrit sement. Respublikada yuqori sifatli tabiiy angidrit zaxiralarini juda ko'p tarqalganligi havoda qotadigan bog'lovchi angidrit sementini ko'p miqdorda (pishirilgan va pishirilmagan xillari) ishlab chiqarish imkonini beradi.

Xomashyo tarkibida faol moddalarning ko'p bo'lishi uni umuman pishirmay, faqat mexanik yo'l bilan qayta ishlab mustahkamligi talab qilingan ko'rsatkichli bog'lovchi modda olish mumkinligi aniqlandi. Angidrit sementning mustahkamligi qurilish gipsi mustahkamligiga nisbatan yuqori. Bu sementga ohak kukuni, portlandsement va shu kabi faol moddalar qo'shilsa, uning siqilishidagi mustahkamligi 19,8—20,5 MPa gacha yetadi.

Pishirmay tayyorlanadigan, shuningdek, talab qilingan mustahkamlikka ega bo'lgan angidrit sementni ko'plab ishlab chiqarish iqtisodiy jihatdan katta ahamiyatga ega.

9. O'ta yuqori haroratda kuydiriladigan gips (ekstrix-gips)

Ikki molekula suvli gips yoki angidritni 800—1000°C haroratda kuydirib olingan mahsulot tuyilsa, ekstrik gips hosil bo'ladi.

O'ta yuqori haroratda kuydirilgan gipsning angidrit sementdan farqi shundaki, u katalizatorsiz ham qotayeradi. Chunki gips ko'rsatilgan haroratlarda kuydirilganda CaSO_4 qisman parchalanadi, ya'ni SaO erkin holatda yoki $m\text{CaSO}_4 \cdot n\text{CaO}$ ko'rinishida kalsiy sulfatning asosiy birikmalari tarzida ajralib chiqadi. Xuddi ana shu birikmalar katalizatorlar hisoblanadi. Ular ishqoriy muhitni vujudga keltiradi. Natijada juda katta haroratda kuydirilgan gipsning eruvchanligi yanada oshadi va shu bilan ikki molekula suvli gipsning hosil bo'lish jarayoni tezlashadi. Ikki molekula suvli gips kristallarining hosil bo'lishi esa angidrit sement qotayotgan vaqtdagidek asosiy qotish jarayoni hisoblanadi.

1. Tayyorlash texnologiyasi.

O'ta yuqori haroratda kuydirilgan gips texnologiyasi dcyarli angidrit sement texnologiyasiga o'xshaydi, biroq unga nisbatan soddaroqdir, chunki unga katalizator qo'shilmaydi. Asosiy ishlab chiqarish operatsiyalariga gipstoshni maydalash, kuydirish va kuydirilgan mahsulotni kukun holigacha (asosan zo'ldirli tegirmonlarda) tuyish asosiy ishlab chiqarish jarayonlaridan hisoblanadi.

Angidrit sement, asosan, nim gaz o'txonali shaxta pechlarda kuydiriladi. Bunday hollarda kalsiy sulfidi hosil bo'lmisligi uchun pechda oksidlantirish muhiti yaratmoq lozim. Chunki bog'lovchi tarkibida 0,1% dan ziyodroq kalsiy sulfidi bo'lsa, qotayotganida bog'lovchi hajman notekis o'zgaradi va mahsulotning mustahkamligi pasayadi. Shaxta pechlarda kuydirish uchun shartli yoqilg'idan tayyor mahsulot og'irligining 10—15% miqdorida sarflanadi.

Kuydirish rejimi va ishlanayotgan bog'lovchining xossalari ko'p jihatdan xomashyo tarkibiga bog'liq. Gipstoshda dolomit va ohaktosh qo'shilmalarning bo'lishi kuydirish jarayonida erkin kalsiy va magniy oksidlarining hosil bo'lishiga olib keladi. Ularning miqdori 5—7% bo'lsa, foydali hisoblanadi.

Kuydirish vaqtida kalsiy sulfati va kalsiy karbonatlari tarkibida qum tuproq, gil tuproq va temir oksidlari kabi aralashmalar bo'lgan, ana shu qo'shilmalar bilan o'zaro ta'sir etishganida birlamchi kalsiy silikatlar, alyuminatlari va ferritlari hosil bo'ladi. Ular kalsiy sulfatning parchalanish haroratini pasaytiradi.

2. Xossalari va ishlatilishi.

O'ta yuqori haroratda kuydirilgan gips texnik shart-sharoitlari (TU) ga ko'ra uch xil, ya'ni 100, 150 va 200 markada chiqariladi. Bu markalar qumsiz plastik xamir (1:0) dan ishlangan 28 kunlik namunalarning eng kam mustahkamligiga qarab aniqlanadi.

O'ta yuqori haroratda kuydirilgan gips qurilishbop gipsga qaraganda ancha mustahkam bo'ladi. Bunga asosiy sabab shuki, qorish uchun ozgina suv qo'shiladi (me'yoriy quyuyq xamir hosil qilish uchun 25—35% suv quyiladi) va juda mayda tuyiladi. Gipsni shibbalab qoliplash uning shibbalamasdan qoliplashga qaraganda 25% mustahkamroq bo'lishini ta'minlaydi.

Gipsning mayda tuyilgani 1 sm² yuzasida 100 ta ko'zi bor elakda ko'pi bilan 2% va 900 ta ko'zi bor elakda ko'pi bilan 10% qoldiq qolganiga qarab aniqlanadi.

O'ta yuqori haroratda kuydirilgan gips qotayotganda qurilishbop gipsga qaraganda ozgina bo'lsa ham hajman kichrayadi. Bunday gipsdan ishlangan buyumlar qurilishbop gipsdan tayyorlangan buyumlarga qaraganda suvga va sovuqqa ancha chidamli bo'ladi.

O'ta yuqori haroratda kuydirilgan, gips ishqalanishga katta qarshilik ko'rsatadi. Shu jihatdan boshqa xil gipslardan farq qiladi. Uning ishqalanishga qarshiligi, masalan, polga ishlatiladigan sopol plitalarnikidan uch marta katta bo'ladi.

Angidrit sement qaysi sohalarda ishlatilsa, o'ta yuqori haroratda kuydirilgan gips ham ana shu maqsadlarda ishlatiladi. Bundan tashqari, undan choksiz pollar qurishda, deraza tagi taxtalari, zinalar va manzarali plitalar tayyorlashda foydalansa ham bo'ladi.

III bob. Fosfogipsning fizik-kimyoviy xossalari, undan qurilish materiallari sanoatida foydalanish imkoniyatlari

10. Fosfogipsning tarkibi, tuzilishi va xossalarini fizik-kimyoviy tadqiq etish

Turli konlardagi fosfor rudalari o'zlarining mineralogik tuzilishiga hamda aralashmalar va miqdoriga qarab fizik va kimyoviy xossalari bo'yicha bir-biridan farq qiladi hamda ikki asosiy turga — apatit va fosforit kabi fosfor rudalariga bo'linadi.

Apatit rudalari asosan kalsiy-ftorapatit $3\text{Ca}(\text{PO}_4)\text{CaF}_2$, shuningdek, gidrosilapatit $3\text{Ca}(\text{PO}_4)\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan tarkib topgandir. Apatitdan tashqari, ularning tarkibida nefelin $(\text{Na},\text{K})\text{AlSi}_3\text{O}_8$, SiO_2 aralashmalari, egirin $\text{NaFe}(\text{SiO}_3)_2$, titanomagnetit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{FeTiO}_3\text{TiO}_2$, ilmenit FeTiO_3 , sfen CaTiSiO_5 , dala shpatlari va boshqalar bor. Fosforitlar uchun mayda kristalli tuzilma, yuqori disperslik va zarrachalar g'ovakligi xosdir.

Qorotov fosfor rudalarining modda tarkibi va tuzilishi xilma-xildir. Fosfat-karbonat, fosfat-kremniyli fosfor rudalari keng tarqalgan bo'lib, ular yagona fosforitli muhitda mavjuddir. Ular mineralogik jihatdan juda xilma-xil bo'lib, asosan kremnezem (qumtuproq) fosfati, alyumosilikatlar va temirli minerallar aralashmalari bo'lgan karbonatlardan tarkib topgan. Qorotov fosforitining kimyoviy tarkibi magniy miqdorining ko'pligi bilan ajralib turadi.

Fosfor kislotasi — murakkab konsentratsiyalangan, fosfor o'g'itlar va boshqa fosforli birikmalarni ishlab chiqarishda asosiy yarim mahsulotdir. Uni olishning eng ko'p tarqalgan usuli — oltingugurtni kislota bilan ajratib olinadigan (ekstraksiya) usul bo'lib, bunda tabiiy fosfatlarga oltingugurt kislotasi ta'sir ettirilib, parchalanadi va fosfor kislotasi eritmasidan hosil bo'ladigan qattiq holatdagi kalsiy sulfat ajratib olinadi.

Ekstraksiyaning texnologik ko'rsatkichlariga asosan haroratga va fosfat kislotasi konsentratsiyasiga qarab kalsiy sulfatning turli kristallgidratlari: digidrat, nimgidrat va angidrit cho'kindiga tushishi mumkin. Shunga muvofiq ravishda, fosfat kislotasi ishlab chiqa-

rishning digidrat, nimgidrat va angidrit usullari farqlanadi. Ularning har birining mohiyati fosfat yetarli darajada to'la parchalanishi, olinadigan pulpaning ajratilishi va cho'kindidan fosfat kislotasini yuvib olishdan iborat.

Qorator fosforitlari dengiz suvidan oqib chiqib, cho'kish natijasida hosil bo'lgan va tarkibida kalsiy fosfatdan tashqari, glaukonit, limonit, kalsit, dolomit, magniyli silikatlar, alyumosilikatlar, kaolin, dala shpatlari, kvars, granit va organik moddalar mavjud bo'lgan cho'kindi jinslardir. Fosforitlarning petrografik tahlili shuni ko'rsatadiki, bu jinslarning katta qismi mayda kristalli mo'rt (amorf) fosfatlardan tashkil topgan bo'lib, tarkibida bir oz aralashmalar ham mavjuddir.

Qorator fosforitlari kimyoviy tarkibi quruq modda tarzida % hisobida quyidagicha.

Erimaydigan qoldiq — 10—18%

P_2O_5 — 24—26;

Fe_2O_5 — 1,3;

CaO — 35—42;

Al_2O_3 — 1,3;

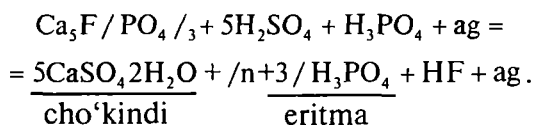
MgO — 0,5—50;

F — 2,1—2,8;

CO_2 — 3,1.

Olmalik «Ammofos» ishlab chiqarish birlashmasida fosfor kislota Qorator fosforit uniga oltingugurt kislota ta'sir ettirilishi natijasida parchalanishi va kalsiy sulfatning digidrat ko'rinishida cho'kish usuli bilan ajratib olinadi. Oltingugurt kislota, fosforit uni bilan aralashtirilganda fosfor kislota hosil bo'ladi va kalsiy sulfat digidrat cho'kindisiga tushadi (pulpa-suspenziya).

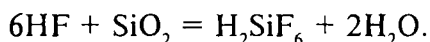
Fosforit unining parchalanishi quyidagi tenglama bo'yicha boradi:



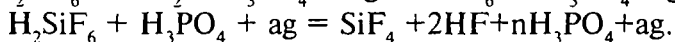
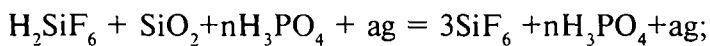
Cho'kindi asosan ikki molekulali suvli kalsiy sulfat ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) dan iborat bo'lib, parchalanmay qolgan fosfat, nordon fosfor tuzlar va silikatlar aralashmasidan tarkib topgan. Aralashmalarining miqdoriy tarkibi dastlabki xomashyoning mineralogik tarkibi, ishlab chiqarishning qay darajada yo'lga qo'yilganligi va asbob-uskunalarining sozligi, texnologiya intizomiga

rioya etilishi va hokazolarga bog'liqdir. Silikatlar kislota ta'sirida oson parchalanib, eritmaga Na, K, Al ionlari va kremniy kislotasini ajratib chiqaradi.

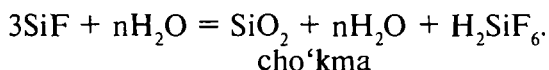
Kremniy kislota ftorli vodorod bilan o'zaro reaksiyaga kirishadi:



Ftor kislota eritmasi ustida H_2SiF_6 bug'larning qayishqoqligi, harorat va H_3PO_4 konsentratsiyasining ko'tarilishi bilan ortib boradi. Buning natijasida fosfat kislota ishlab chiqarishning turli sharoitlarida fosfatlar parchalanayotganida ajralib chiqayotgan ftorli gazlar miqdori bir xil bo'lmaydi:



Fosfor kislota ishlab chiqarish sharoitlarida SiF_4 HF ga nisbatan katta qayishqoqlikka ega, shu sababli chiqayotgan ftorli kremniy kislota cho'kindisi va gazlarda H_2SiF_6 eritmasi hosil bo'ladi:



Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, fosfogipsdagi ftor tarkibi 0,1—0,4% dan oshmaydi. Fosfogipsning namligi karusel vakuum-filtrning ish sifatiga bog'liq bo'lib, 30% dan 40% gacha o'zgarib turadi.

Nam fosfogipsning hajm og'irligi yumshoq holatda 0,531 dan 0,581 t/m³ gacha o'zgarib turadi va o'rtacha 0,556 t/m³ ni tashkil etadi.

Doimiy og'irlikkacha quritilgan fosfogipsniki yumshoq holatda hajmiy massasi — 0,508 dan 0,526 t/m³ gacha, o'rtachasi — 0,517 t/m³ gacha. Olmaliq «Ammofos» ishlab chiqarish birlashmasining fosfogipsi tashqi ko'rinishi bo'yicha ipaksimon tovlanib turadigan kul rang, oson guvalanuvchi materialdir. Uning o'ziga xos hidi bor, tuzilishi yumshoq, teksturasi tartibsiz, tarkibiy tuzilishi bitta mineraldan iborat, salgina namroq material orasi yumshoq massadan tarkib topgan guvalalardan iborat. Quritilgan holatda u mayda dispers kukundir. 3-jadvalda fosfogipsning donadorlik o'lchov tarkibi berilgan.

Elakdan o'tkazish tahlili ma'lumotlari bo'yicha fosfogipsning eng ko'p fraksiyasi 1,6—0,4 va 0,16—0,1 mm o'lchamdagi

zarrachalardan iborat. Fraksiya tarkibida 50 mk dan kam bo'lganlari 2—3% ni tashkil etadi. Tabiiy sharoitlarda quritilgan fosfogipsning solishtirma og'irligi tabiiy ikki molekulali suvli gipsnikiga o'xshaydi, ya'ni 2,34—2,36 g/sm³. Havo o'tkazish usuli bilan aniqlangan solishtirma yuzasi 3100—3500 sm²/g oralig'ida o'zgarib turadi.

Olmaliq «Ammofos» ishlab chiqarish birlashmasi fosfogipsidan sement sanoatida foydalanish maqsadida tadqiqot uchun turli joylardan oltita fosfogips sinov namunalari tanlab olindi. Turlicha usullar bilan fosfogipsning tarkibi, tuzilishi va xossalari har tomonlama o'rganildi.

3-jadval.

Fosfogipsning granulometrik (donadorlik o'lchovi) tarkibi
(M.A. Ahmedov ma'lumotlariga ko'ra).

Elaklar tavsifi		Elakdagi qoldiq, %				Voskre-sensk fosfogipsi
		Olmaliq fosfogipsi				
Elak (to'rlar №	G'ovak elak ko'zlari soni*	Sinov namunasi № 1	Sinov namunasi № 2	Sinov namunasi №3	O'rtacha	O'rtacha
2,5	11,2	5,56	5,15	6,04	5,58	0,23
1,6	23,8	8,85	9,11	8,92	8,96	1,19
0,4	331	37,66	36,50	37,36	36,17	1,68
0315	494	2,06	2,10	1,92	2,03	1,68
016	1480	9,96	9,85	9,05	9,62	9,81
01	3400	28,10	28,01	27,73	27,94	—
0063	8270	5,40	5,95	6,03	5,79	37,73
005	13900	1,25	2,00	1,73	1,66	5,75
Elakdan o'tkazildi, g/sm²	13900	1,16	1,33	1,22	1,23	42,58
	Jami	100,0	100,0	100,0	100,	100,

* Elakning 1 sm² to'rdagi ko'zlar soni.

Tanlab olingan namunalar namligini yo'qotish uchun uch sutka davomida eksikatorida konsentrlangan oltingugurt kislota ustida tutib turildi. Keyin ular yaxshilab maydalanib, kimyoviy, rentgenografik, petrografik va termografik tahlil qilindi.

Fosfogipsning kimyoviy tarkibi (4-jadval) doimiy bo‘lib, asosan ikki molekullari suvli gips bilan kremnezem (qumtuproq) aralashmasi hamda oz miqdordagi P_2O_5 , R_2O_3 dan tarkib topgan. Gigroskopik namligi 30,87—33,05 %, gidrat suvi 18,1—19,8% oralig‘ida o‘zgarib turdi. Ikki molekullari suvli gipsning hisoblangan miqdori 88—95%.

Sement qotish jarayonida, ayniqsa, dastlabki bosqichida suvda eriydigan P_2O_5 ning ahamiyati katta. Ma’lumotlar shuni ko‘rsatayotiki, sementga fosfogips bilan qo‘shiladigan suvda eriydigan P_2O_5 ning tarkibi 0,1 foizdan oshmasligi kerak ekan.

Olmalik «Ammofos» ishlab chiqarish birlashmasining fosfogipsidagi suvda eruvchan P_2O_5 miqdori 0,36—0,95% o‘rtasida. Ikki molekullari suvli gips (3—7%) o‘rniga fosfogipsdan tishlashish muddatlari rostlagichi sifatida foydalanilganda sementdagi suvda eruvchan P_2O_5 miqdori 0,011—0,066% ni tashkil etadi.

4-jadval.

Fosfogips turlicha sinov namunalari
kimyoviy tahlili (% hisobida).

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	P_2O_5	Na_2O	K_2O	QKY ¹ 550°C	Suvda eriydi- gan P_2O_5	Jami
Olmalik kimyo zavodi											
10,12	0,68	0,83	34,78	kuch-siz	41,24	1,33	0,40	0,33	7,85	0,48	97,56
13,75	0,58	0,68	31,33	kuch-siz	44,43	2,00	0,25	0,14	6,50	0,95	99,56
10,17	0,84	0,30	33,16	0,44	46,24	1,84	0,15	0,17	6,85	0,62	100,16
10,39	0,75	0,60	33,66	0,20	48,19	1,04	0,15	0,17	5,00	0,36	100,15
8,50	0,96	0,64	31,89	0,51	44,32	2,23	0,16	0,12	10,47	0,52	99,80
10,16	1,05	kuch-siz	32,44	kuch-siz	45,28	1,19	0,21	0,24	6,25	0,53	97,54
Voskresensk kimyo zavodi											
0,23	0,31	0,21	31,35	0,28	45,34	1,50	0,14	0,03	19,50	0,48	98,98

¹ Q.K.Y. qizdirib kuydirish yo‘qotmasi.

Olingan rentgenogrammlar tahlili ma’lumotlariga qarab turli vaqtlarda har xil joylardan olingan barcha fosfogips sinov namunalari kristall tarkibiy tuzilmasi bir-biriga yaqinligini ko‘rish mumkin. Rentgenogrammlarda kvartslar asosan ikki molekullari suvli gips va aralashmalarning asosiy massasini tashkil etishi kuzatildi.

Fosfogips qizdirilgan vaqtda kristallanish suvini yo'qota boshlaydi. 150°C darajadagi haroratda qizdirilganda ikki molekulali suvli gipsning difraksion maksimumlari jadalligi kamayadi, nim suvli kalsiy sulfatga javob beradigan yangi chiziqlar: 5,96; 2,97; 2,78; 1,83; 1,65; A paydo bo'ladi. 200°C dagi haroratda qizdirilganda fosfogips tarkibidagi ikki molekulali suvli gips nim suvliga va qisman angidritga aylanadi.

2500 va undan yuqori harorat ikki molekulali suvli gips chiziqlari jadalligi nihoyatda kamayadi. Harorat 400°C gacha ko'tarilganda angidritning yanada jadalroq chiziqlari paydo bo'ladi, 1250°C gacha va undan yuqori darajaga ko'tarilganida esa kvars chiziqlari yo'qoladi, bu SiO_2 ning SaO bilan o'zaro ta'sir etib, kalsiy silikati hosil bo'lganidan dalolat beradi. Harorat 130°C va 1400°C gacha ko'tarilganida angidritdan tashqari $2,68 \text{ \AA}$ chizig'i kuzatiladi, u qattiq silikofosfat kalsiy eritmasiga to'g'ri keladi.

Fosfogipsning differensial termik tahlili (D.T.T.)da aniqlanishicha, egri chiziqlari $100\text{--}180^{\circ}\text{C}$, oralig'ida paydo bo'ladigan ikki molekulali suvli gipsning yorqin namoyon bo'ladigan degidratatsiyasi ikki endotermik effektiga ega. Fosfogipsning birinchi endotermik effekti boshlanishi gipsnikidan (110°C haroratda) farqli ravishda 100°C haroratda paydo bo'ladi. Faol degidratatsiya nisbatan past haroratda yuzaga keladi. Birinchi endotermik effekt boshlanishi haroratining pasayishi, ehtimol, fosfogips tarkibidagi aralashmalar bilan bog'liqdir. Ular mexanik qo'shimchalar sifatida berilishi, shuningdek, kalsiy sulfat kristall panjarasiga kirishi (masalan: $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) yoki muayyan xossalarga ega bo'lgan mustaqil tizim (sistema) lar hosil qilishi mumkin. Ayni shu kalsiy sulfatning ikki o'rin olgan qattiq eritmaları fosfogipsning o'ziga xos xossalarini belgilab berayotgan bo'lishini inkor etib bo'lmaydi, bu xususan, uning degidratatsiyasi harorati pasayishida namoyon bo'lyapti. Fosfogipsda mavjud bo'lgan suvda eriydigan fosfatlar ham sezilarli darajada uning degidratatsiyasi haroratini tushiradi. Katta bo'lmagan endotermik effektlar maksimum $540\text{--}550^{\circ}\text{C}$ haroratda kvars borligidan dalolat beradi. Harorat $670\text{--}780^{\circ}\text{C}$ bo'lganida fosfogips tarkibida mavjud bo'lgan karbonatlar dissosiasiya reaksiyasiga uchraydi, natijada endoeffektlar hosil bo'ladi. $985\text{--}1100^{\circ}\text{C}$ haroratdagi ekzoeffektlar fosfogips tarkibida zarur miqdordagi CaO aralashmasi sifatida mavjud bo'lgan kvarsning reaksiyaga kirishuvi natijasida ikki kalsiyli silikat hosil bo'lishi bilan bog'liqdir. $1150\text{--}1160^{\circ}\text{C}$ haroratda endoeffektlar

kalsiy sulfat dissotsiatsiyasiga to'g'ri keladi va 1215°C da angidrit polimorf o'zgarishlari yuz beradi.

Fosfogipsning petrografik tadqiqotlari uning asosan tablet-kasimon va prizma, gabitus shakllaridagi gips kristallchalaridan iborat ekanligini ko'rsatdi. Ularning o'lchamlari 0,1—0,5 mm oralig'ida o'zgarib turadi, 0,1—0,4 mm lilari ko'p uchraydi.

Kristallari rangsiz, suvdek tiniq, mayda xol-xol chang zarrachalari bor. Ayrim kristallarda mayda xolsimon gips zarrachalari borligi ham kuzatiladi. Mineral yumshoq bo'lib, oson eziladi. Nur sindirish ko'rsatkichlari: $N_g=1,527$; $N_p=1,524$; $N_g-N_p=0,003$. Kamonsimon qo'shaloq shakldagilari ko'p uchraydi.

Sinov namunasida gipsdan tashqari, nur sindirish ko'rsatkichi $> 1,620$ ga teng bo'lgan ko'rsatkichli rangsiz, epidot guruhiga mansub bo'lishi mumkin bo'lgan donachalar va yaxshi yoritilmaydigan, 0,15 mm o'lchamdagi gil bo'lakchalar bor.

Suvda erimaydigan qoldiqning kimyoviy tarkibini aniqlash uchun fosfogipsga 2 NH_4Cl bilan ishlov berildi. Bunda u 9,2% ni tashkil etib, asosan (95,50%) kremnezemdan iborat bo'ldi.

Oksidlar ichida R_2O_3 ko'p uchraydi.

5-jadval.

Fosfogipsning kimyoviy tarkibi (% hisobida).

Sinov namunasi	Olmalik fosfogipsi	Voskresensk fosfogipsi
QKY	0,08	3,55
SiO_2	95,50	33,18
Al_2O_3	1,54	0,64
Fe_2O_3	1,52	23,80
CaO	0,28	8,56
MgO	—	0,24
SO_3	0,12	3,50
TiO_2	—	22,20
Na_2O	0,22	3,72
K_2O	0,76	0,14
	100,02	99,53

Rentgenografik tahlil asosiy aralashmani ham ko'rsatdi: a-kvars; $d=4,24$; 3,34; 2,44; 2,28; 2,22; 1,97; 1,82 Å va hokazo.

Olmalıq fosfogipsining erimaydigan qoldig'ini petrografik tahlil qilish natijasida uning 93—97 foizini kvars tashkil etishi aniqlandi. Kvarsning 50% dan ortiq qismini ehtimol, tarkibida temir bo'lgan ruda aralashmalari tashkil etsa kerak, ruda (balki, limonit) qo'shilmalari miqdori 3—7%; gematitning ayrim kristallari uchraydi. Shunday qilib, kimyoviy-tahlil, rentgenografik, petrografik va differensial-termik tahlil usullari bilan o'tkazilgan tadqiqotlar asosida Olmalıq fosfogipsining asosiy mineral tarkibi ikki molekullari suvli gipsdan (88—95%) iborat ekanligi aniqlandi. U Voskresensk kimyo zavodi (Rossiya) fosfogipsiga nisbatan ancha dag'al dispersli bo'lib, ifloslangandir. Olmalıq fosfogipsining asosiy aralashmasi — kvars (7—13%), Voskresensk zavodi fosfogipsida esa temir va alyuminiy aralashmalari bor. Suvda eriydigan fosfor birikmalari Olmalıq fosfogipsida ko'proq (0,65%), Voskresensknikida esa nisbatan kam (0,48%).

Xibin koni apatitlarini qayta ishlash vaqtida olingan fosfogips asosan Rossiya kimyo zavodlarida qayta ishlanadi. Shu jumladan, Voskresensk kimyo zavodi ko'p miqdorda apatitlarni ishlatadi.

Voskresensk kimyo zavodi fosfogipsi o'zining kimyoviy mineralogik tarkibi, dispersligi jihatidan Olmalıq «Ammofos» ishlab chiqarish birlashmasi fosfogipsidan farqlanib, Xibin koni apatitlariga oltingugurt kislota bilan ishlov berish natijasida hosil bo'lgan chiqindilardan iboratdir. Kola yarim orolining apatit rudalari asosan kalsiyftorapatit $3\text{Ca}_3/\text{PO}_4/\cdot \text{CaF}_2$, oz miqdordagi gidrosilapatit $3\text{Ca}_3/\text{PO}_4/\cdot \text{Ca}/\text{OH}/_2$ va boshqa izomorf o'rin almashgan shakllardan iborat. Apatit rudasida mineral aralashmalardan nefelin (Na , K) $\text{AlSiO}_4\cdot\text{SiO}_2$, egirin $\text{NaFe}/\text{SiO}_3/$, titanomagnetit $\text{Fe}_3\text{O}_4\cdot\text{FeTiO}_2\cdot\text{TiO}_2$, ilmenit FeTiO_3 , cfen CaTiSiO_5 , dala shpatlari bor.

Xibin apatitlarining kimyoviy tarkibi Qorator fosforitlaridan keskin farq qiladi va quruq modda hisobida tarkibi quyidagicha, % hisobida: erimaydigan qoldiq — 02—15; MgO — 0,1—0,2; F — 2,8—3,1; P_2O_5 — 39—40; Fe_2O_3 — 0,1—0,3; Al_2O_3 — 0,5—0,9.

Voskresensk zavodi fosfogipsi yuqori dispersli ikki molekullari suvli kalsiy sulfatdan (98—99%) hamda fosfor va ftor birikmalari aralashmasidan iborat. Undagi aralashmalar miqdori Olmalıq fosfogipsinikidan ancha kam. Bular asosan parchalanmagan apatitning yashil-ko'k kuchsiz pleoxroirlovchi donachalaridan iborat.

Tashqi ko'rinishi jihatidan Voskresensk fosfogipsi oqish-kulrang uvalanuvchi material. Zichlanmagan holatdagi uyum hajm massasi

- 0,45; zichlangani — 0,83 t/m³. Suv o'tkazuvchanlik usuli bilan aniqlangan solishtirma yuzasi (PSX asbobida) 3800 sm²/g ga teng. Solishtirma og'irligi 2,35—2,40 g/sm³.

Voskresensk zavodi fosfogipsining donadorlik tarkibi Olmaliqnikidan o'zining yuqori dispersligi bilan ajralib turadi. (50 mkdan kam fraksiyasi — 42,80%, Olmaliqniki — 2—3%). Donachalar tarkibidagi eng ko'p (80-85%) fraksiyasi 100 mk dan kam. Erimaydigan qoldiq tarkibida SiO₂, bir yarim oksidlar va ishqorlar — oz miqdorda CaO va SiO₂ bo'lib, ular asosiy qismini tashkil etadi va ularning nisbati gipsnikiga yaqin — 97—98%.

Shunday qilib, Voskresensk fosfogipsi Olmaliq fosfogipsiga qaraganda nisbatan tozaroq ekan.

URS — 50 IM qurilmasida o'tkazilgan rentgenostruktur tahlil kimyoviy tahlil ma'lumotlarini to'liq tasdiqlaydi. Rentgenogrammalarda asosan ikki molekulali suvli gipsning tekisliklararo chiziqlari bor, boshqa minerallarga tegishli chiziqlar esa yo'q.

Voskresensk fosfogipsi termogrammasi ham gips termogrammasidan farq qilmaydi; birinchi endotermik effekti 110°C haroratda paydo bo'ladi, 130°C haroratda maksimum darajaga yetadi, bu gipsning tabiiy turlariga xosdir.

Ikkinchi endotermik effekt 155—170°C harorat oralig'ida paydo bo'ladi va degidratatsiya natijasida yarim gidrat yarim molekulali suvini yo'qotishidan darak beradi. Dastlabki xomashyo kabi Voskresensk fosfogipsidan hosil bo'lgan yarimgidrat 170°C Olmaliq fosfogipsi yarimgidrati esa 175—180°C — haroratda suvini yo'qotadi.

Voskresensk fosfogipsining petrografik sinov namunasi druzalar (1,0 mm gacha), tabletkasimon va prizma shaklidagi kristallchalar o'simtalaridan (0,2 mm gacha) iborat. Kristallchalari rangsiz, suvdek tiniq yoki tarqoq holdagi mayda chang zarrachalari hamda sirtidagi surtmalar hisobiga nim qo'ngir rangda. Optik konstantalari (Ng — 1,530; Np — 1,520; Ng—Np=0,010; Ng=45—48°) kalsiy sulfatning digidrati uchun xosdir.

Deyarli hamma kristallchalar tarkibida ko'p sonli holsimon mineral zarrachalar bor. Rangsiz, nim yashil-ko'k, 0,01 mm o'lchamdagi dumaloq yoki cho'zinchoq shakldagi donachalar ko'zga tashlanadi. Ularning nur sindirish ko'rsatkichi — 1,600—1,605 izotrop. Bundan tashqari, taxminan shuncha miqdordagi mayda (0,005—0,01mm), kub singoniyali izotrop hosilalar ko'rinishidagi xollanmalar bor. Nur sindirish ko'rsatkichi 1,450 ga yaqin, ehtimol, Na₇/PO₄/F · 19H₂O bo'lsa kerak. Voskresensk fosfogipsining

erimaydigan qoldigi tahlili shuni ko'rsatadiki, uning asosiy tarkibi SiO_2 , FeO_3 va TiO_2 bo'lib, Olmaliq fosfogipsining 96% erimaydigan qoldig'i tarkibi SiO_2 dan iborat.

Petrografik tahlil natijasida shu narsa aniqlandiki, erimaydigan qoldiq tarkibida tahminan 60% avgit (yuqori qo'sh nur sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan yashil-ko'k kristallar), 10—15% epidot (kristallari kulrang, nim yashil-ko'k, yuqori qo'sh nur sindirish ko'rsatkichiga ega, kesishgan nikollari kamalaksimon), soizit (kristallari kulrang yoki rangsiz bo'lib, qo'sh nur sindirish ko'rsatkichi past) va 15% ruda minerallari bor. Erimaydigan qoldiqning rentgenografik tahlili petrografik tadqiqot natijalarini tasdiqlaydi.

11. Fosfogipsdan xalq xo'jaligining turli sohalarida foydalanish imkoniyatlari

Turli sanoat chiqindilaridan samarali va tejamli foydalanish iqtisodiy va ijtimoiy ahamiyatga molik vazifadir. Hozirgi kunda fosfogipsdan foydalanish yoki uni qayta ishlash masalasi yangi qurilajak va mavjud kimyo zavodlarini ishlatishga to'siq bo'lib qolmoqda.

Xomashyoni kompleks qayta ishlash borasida anchagina muvaffaqiyatlarga erishilgan bo'lsa-da, fosfogipsdan foydalanish muammosi avvalgidek dolzarb bo'lib qolmoqda. Jahonda bir necha 100 mln tonnalab to'planib qolgan fosfogipsni mutlaqo keraksiz, ishlatib bo'lmaydigan narsa deb hisoblash o'rinsiz bo'lishi barchaga ravshan. Buning ustiga asosiy mahsulot bilan birgalikda ko'plab fosfogips chiqindisi olinishi hali uzoq davom etadi, binobarin, fosfogipsdan foydalanish ilmiy xodimlar, muhandislar va iqtisodichilardan katta e'tibor talab qiladi.

Asosiy ishlab chiqarilayotgan mahsulot bilan birgalikda vujudga keladigan fosfogips miqdori qayta ishlanayotgan har tonna fosforit yoki apatitga nisbatan 1,4 tonnadan 1,6 tonnani tashkil etadi. Boshqacha qilib aytganda, fosfat xomashyosini qayta ishlaydigan zavod bir vagon fosforit yoki apatit olib, zavod hududidan fosfogips tarzida 1,5 vagon fosfogips chiqarib tashlashi kerak, uni olib borish va saqlash ko'plab mablag' sarflashni taqozo etadi.

Bundan tashqari, sanitariya talablarini qondirish, suvning tozaligini kuzatib turish va tirik mavjudotlar hayotini muhofaza qilish, ya'ni chiqindi suvlarni yig'ib, ana shu suyuq muhit tarkibidagi fosfogips, ftor birikmalari, yuvilmay qolgan sulfat kislota, fosfor kislotalarini zararsizlantirish qo'shimcha mablag' sarflashni talab qiladi.

Fosfogipsdagi gips kristallari bir xil bo'lmaydi, ba'zi birlarining panjaralarida SO_4^{2-} ioni SiO_4^{2-} va PO_4^{3-} ionlariga, kalsiy ioni esa Al^{3+} , Fe^{3+} va siyrak yer elementlariga almashgan bo'ladi. Shuning uchun bunday sun'iy gips fosfogips deb ataladi. Bu holat oddiy texnologiya asosida fosfogipsdan olinadigan gips, bog'lovchi moddalarning xossasini yomonlashtiradi. Biroq quyida sanab o'tiladigan maxsus ishlab chiqilgan usullar asosida suvsizlantirish yo'li bilan fosfogipsdan sifati eng yaxshi tabiiy xomashyodan hosil qilinadiganidan qolishmaydigan tayyor bog'lovchi modda olish mumkin. Bu usullar jumlasiga quyidagilar kiradi:

1. Suvda yuvish orqali P_2O_5 ning eriydigan shaklini yo'qotish.
2. Erkin fosfor kislotani ohak bilan neytrallash.
3. Ftor yoki xlor apatit tarzida H_3PO_4 ni cho'ktirish uchun ohak sutiga ftor yoki xlor qo'shib fosfogipsga ishlov berish.

4. Fosfogipsga 120—150 darajali haroratda termik ishlov berish, keyin sulfat kislota va fosfor kislotalar aralashmasida suvsizlantirish. Mazkur aralashmada H_2CO_4 konsentratsiyasi 0,5% ortadi, og'irlik massasi nisbati H_3PO_4 H_2CO_4 birdan kam. Natijada hosil bo'lgan mahsulotda fosfor kislota miqdori 0,3 foizgacha, CaF_2 miqdori esa 0,02 foizgacha kamayadi. Shu yo'sinda olingan gips tabiiy gips xossalariiga yaqinlashadi.

5. Birmuncha qoldiq kislotali va qo'shimchalari bo'lgan fosfogipsda gips pH ini 7 dan oshirish uchun etarli miqdordagi ohak yoki kalsiy gidrooksidi qo'shiladi. Keyin pH ni 7 ga qadar kamaytirish uchun kuydirib, alyuminiy sulfat bilan ishlov beriladi.

6. Fosfogipsga issiqlik ta'sirida ishlov beriladi. Natijada kalsiy sulfat oraliq shaklga o'tadi. Issiqlik ta'sirida ishlov berilgan mahsulot tarkibida yo ohak, yo ohakli sement, yo uch valentli temir sulfati, yoki ularning aralashmasi bo'lgan suv bilan aralashtiriladi. Shundan keyin kalsiy sulfat ikki suvli bo'lguniga qadar gidratlantiriladi, aralashmalar esa suvda erimaydigan shaklga kiradi. Yana issiqlik ta'sirida ishlov berilsa, yarim suvli kalsiy sulfat hosil bo'ladi.

7. Fosfogipsni 60—90°C bir yoki bosqichli gidroseparatsiya jarayoni yordamida tozalash oqibatida sof $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kristallari vujudga keladi.

Yuqorida sanab o'tilgan usullardan biri yordamida fosfogipsga ishlov berilganidan keyin binokorlik gipsi va o'ta mustahkam gips, ohak gipsli bog'lovchi modda, fosfoangidrit sement va boshqalar singari havoda qotadigan bog'lovchi materiallar hosil bo'ladi.

Bundan tashqari, ishlov berilgan fosfogipsdan sifatli tabiiy ikki suvli gips o'rnida ham foydalansa bo'ladi.

12. Fosfogipsdan havoda qotadigan materiallar olish

Yuqorida aytib o'tilganidek, zamonaviy usullardan foydalanib, tabiiy gipsdan olingan barcha turdagi havoda qotadigan bog'lovchi materiallar qayta ishlangan fosfogipsdan tayyorlanishi mumkin.

Havoda qotadigan bog'lovchi materiallar olish uchun fosfogipsni qayta ishlash xususidagi ilk bor laboratoriya tadqiqotlari 1933—1935- yillarda o'tkazilgan. O'sha paytda P.P.Budnikov, M.I.Gershman va S.M.Royak kabi tadqiqotchilar qurilish gipsi hosil qilishgandi-yu, ammo ular ikki sababga binoan bunday gipsni sanoat miqyosida ishlab chiqarish maqsadga muvofiq emas, degan fikrga kelgandilar: ularning fikricha, birinchidan, fosfogipsda mavjud bo'lgan fosfat kislotasi tayyor mahsulotni tishlab qolish muddatini qisqartiradi, ikkinchidan, qurilish fosfogipsining mexanik xususiyatlari g'oyat past darajada bo'lib, u faqat qurilish gipsiga qo'shimcha sifatidagina qo'llanishi mumkin.

Mazkur tadqiqotlar fosfogipsning ekstraksiya jarayonida kristallanishining optimal sharoitlari hali ham hal qilinmagan va fosfogipsdan suvda eruvchan fosfat kislotasini yuvib chiqarish jarayoni ancha murakkab bo'lgan vaqtda, ya'ni sulfat kislotasi bilan fosforitlarning parchalanish jarayonini o'rganishning dastlabki davrida olingan fosfogips namunalarida o'tkazilgan edi.

Ma'lumki, qurilish gipsiga fosfat kislotasi tarzida 0,63 foiz P_2O_5 qo'shilsa, bog'lovchi modda qotayotganida uning mustahkamligi cho'zilishi va siqilishiga bo'lgan chegarasini muvofiq tarzda 23 dan 15 gacha va 10 dan 3,3 MPa gacha kamaytiradi. Bu hol fosfogipsdan uning tarkibidagi kuydirilguniga qadar suvda eriydigan fosfat kislotaning ko'p qismini yo'qotish kerakligidan dalolat beradi. Amerika patentlarida ko'rsatilishicha, hatto suvda eriydigan P_2O_5 ning 0,1%i ham tayyor mahsulot mustahkamligini ancha kamaytiradi, ko'p miqdordagi fosfat kislotasi esa gidratlanishda kristallanish jarayonini shu qadar buzadiki, natijada kuydirilgan gips yaroqsiz bo'lib qoladi.

O'g'itlar va insektifungitsidlar ilmiy tadqiqot institutida (Rossiyada) ekstraksiya jarayonini o'zlashtirish hamda yaxshi kristall tarkibiy tuzilmali fosfogips olish mobaynida fosfat kislotani yo'qotishning ikki oddiy usuli sinab ko'rildi:

- a) fosfogipsni to'g'ridan-to'g'ri suv bilan yuvish;
- b) suvda eriydigan kislotani ohak suti bilan neytrallash.

Muayyan miqdordagi havoda quritilgan fosfogips uy haroratidagi suvga solingandan keyin filtrlanib yuvilgach, fosfogips suvda eriydigan

fosfat kislotadan osongina xalos bo'lad. Agar fosfogips tarkibida 2% P_2O_5 bo'lsa, uni yuvib tozalash uchun bir kilogramm havoda quritilgan fosfogipsga 2—2,2 litr suv kifoya qiladi.

Suvda eriydigan P_2O_5 ni ohak suti bilan neytrallashda fosfogips pulpasiga hisob-kitob asosida tarkibida 10% $Ca(OH)_2$ bo'lgan ohak suti qo'shiladi, keyin pulpa 2 soat mobaynida qorishtiriladi. Neytrallash reaksiyasining tugashi fenoltalein bo'yicha kuzatilib turiladi.

Fosfogips suvda eriydigan P_2O_5 dan yuvib tozalangandan so'ng undan fosfogipsli bog'lovchi olish mumkin. Ana shunday bog'lovchi moddaning sifati mexanik mustahkamligi hamda tishlashish muddatlari bo'yicha standart talablariga muvofiq keladi.

Fosfogipsdan angidrit sement olish. Bundan ellik besh yil muqaddam kimyogar olim P.P. Budnikov oz miqdordagi ish-qorlar, kislotalar, o'rta va nordon tuzlar erimaydigan angidritning gidratlanishiga imkon berishini ko'rsatib o'tgan edi.

Angidrit sementi asosan suvsiz kalsiy sulfatdan tarkib topgan, tabiiy yoki sintetik gipsni 600—700 daraja haroratda kuydirib olinadigan va keyin boshqa turli qo'shilmalar — katalizatorlar bilan birgalikda kukun holigacha maydalangan mahsulotdir. Ko'shilmalar sifatida ohak, har xil sulfatlar, kuydirilgan dolomit, asosiy maydalangan domna toshqoli va boshqa bir qancha materiallar ishlatiladi.

Fosfogipsdan angidrit sement olish borasida R.E. Simonskaya, P.F. Gordashevskiy va V.I. Berezovskiy (Rossiya)lar maxsus tadqiqotlar o'tkazishgan. Ular bog'lovchi modda qotishida katalizatorlar sifatida natriy sulfat va natriy biosulfat, fosfogips singari moddalardan foydalanishgan.

Odatda angidrit sementga faollashtiruvchi moddalar angidritni maydalash vaqtida qo'shiladi, shu moddalardan suvda yaxshi eriydiganlarini angidrit sementini suvda qorish vaqtida aralashtirish mumkin. Mazkur bog'lovchi modda qotishi qo'shgidrat hosil bo'lishi tufayli ro'y beradi. Angidrit sementining suvga bo'lgan talabi va suv singdirish qobiliyati asosan uning qay darajada maydalanganligiga bog'liq, me'yoridagidek quyuq bo'lgan qorishma hosil qilish uchun odatda 30—35% suv qo'shiladi.

Kam kuydiriladigan gipsli bog'lovchi moddalardan farqli o'laroq, angidrit sementi qotayotganda hajman kengaymaydi.

Mazkur sement gidravlik xususiyatlarga ega emas. U nam havo muhitida g'oyat jadal sur'atda qotadi. Namlik muhitda dastlabki qotishdan keyin quruq muhitda ham tobora mustahkamlanaveradi.

Qotgan bog'lovchi modda suvda uzoq vaqt turib qolsa, uning mustahkamlik darajasi pasayadi, keyin quruqlik sharoitida angidrit sementining mustahkamligi yana ortaveradi. Bordi-yu angidrit sementiga faollashtiruvchi modda sifatida domna toshqoli qo'shilsa, uning suvga chidamliligi ortadi.

Binokorlik qorishmalari angidrit sementidan tayyorlangan bo'lsa, 15 martagacha muzlab-eriganda ham sezilarli darajada buzilmaydi. Uyning choksiz tushalmasi, linoleum osti tushalmasi hosil qilish, turli xil suvoq va oraliq qorishmalar, organik va noorganik to'ldirgichli yengil betonlar, og'ir betonlar ishlab chiqarish, shuningdek, sun'iy marmar tayyorlashda angidrit sementidan foydalaniladi. Angidrit sementidan ishlangan konstruksiya va buyumlarni havo namligi 60—70 foizdan yuqori bo'lgan yerlarda qo'llab bo'lmaydi.

Ohak-fosfogips bog'lovchi materiallar. 1940-yili tadqiqotchilar Mak-Enelli tomonidan tavsiflangan usul — kuydirmay turib gips va ohakdan bog'lovchi moddalar olish usulini qo'lladilar.

Umuman olganda, suvoqchilikda ohak va suvoq gipsidan iborat binokorlik qorishmalari ishlatiladi. Ohak, odatda, ohak xamir tarzida qo'llaniladi, buning uchun u so'ndiriladi. Ohakni so'ndirish ekzotermik jarayon bo'lib, bunda muayyan darajada issiqlik ajralib chiqadi. Gipsni kuydirish esa endotermik jarayon bo'lib, bunda suv ajralib chiqadi va issiqlik yutiladi. Mak-Enelli gipsdan chiqadigan nam ohakni gidratatsiyalashda, ohak gidratastiyasi issiqligidan esa gipsni kuydirishda juda o'rinli foydalangan.

Tadqiqotchi R.E.Simonovskaya mazkur usul bo'yicha fosfogips va so'ndirilmagan ohakdan suvoq qorishmasi olishga muvaffaq bo'ldi. Bundan ikki turdagi fosfogips — tarkibida 0,4 va 0,2 foiz suvda eruvchan P_2O_5 bo'lgan va umumiy namligi 45 foizni tashkil etadigan yuvilgan hamda yuvilmagan fosfogips qo'llaniladi. Tajriba davomida fosfogips so'ndirilmagan ohakni birga qo'shib aralashtirish va kukunlash yo'li bilan maqbul sifatga ega bo'lgan suvoq qorishmasi hosil qilish mumkinligi aniqlandi. Ochiq havoda yetti kun saqlangandan keyin bu qorishmaning cho'zilish mustahkamligining chegaraviy ko'rsatkichi 0,6—0,7 MPa ni tashkil etdi.

Fosfogips suvoq qorishmasining tarkibiy qismlaridan biri sifatida ishlatilganda, undan fosfor kislotani yuvib chiqarib tashlashga hojat qolmaydi. Fosfogipsda gidroskopik namning kamayishi tayyor mahsulot mustahkamligining ortishiga imkon beradi.

Suvoq uchun ishlatiladigan aralashma tayyorlash qurilmali agregatlarda fosfogips bilan ohakni bir vaqtda qorishtirish va

kukunlashdan iborat. Asos qilib olingan materiallarning xususiyatlariga ko'ra, gips-ohak bog'lovchi moddalarning nisbiy miqdori 50—70 foiz fosfogips va 30—50 foiz ohakdan iborat. Hosil bo'lgan mahsulotni ma'lum vaqtgacha barcha jarayonlar to'la kechib bo'lishi uchun tindirib qo'yish lozim.

Ammo fosfogipsdan havoda qotadigan bog'lovchi materiallar olish imkoniyatlari kengligiga qaramay, ularning qo'llanish ko'lami cheklangan. Havoda qotadigan bog'lovchi materiallar va ulardan tayyorlangan mahsulotlar qurilishda faqat ichki pardoqlash ishlarida qo'llaniladi, shuning uchun fosfogipsni qayta ishlashning yuqorida sanab o'tilgan usuli juda katta miqdordagi fosfogipsdan to'la foydalanishni ta'minlay olmaydi.

13. Fosfogips bog'lovchi moddasini olish texnologiyasini tadqiq etish va ishlab chiqish

Tadqiqot o'tkazish uchun Olmaliq «Ammofos» ishlab chiqarish birlashmasi va Voskresensk kimyo kombinatlaridan quyidagi kimyoviy tarkibdagi fosfogips sinov namunalari olindi (6-jadval).

6-jadval.

Sinov uchun olingan fosfogipslarning kimyoviy tarkibi (% hisobida).

Oksidlar	Voskresensk fosfogipsi	Olmaliq fosfogipsi
H ₂ O (400°C)	20,0	17,9
SiO ₂	0,9	9,7
Al ₂ O ₃	0,8	0,2
Fe ₂ O ₃	0,08	0,12
CaO	31,7	29,5
MgO	0,18	kuchsiz
SO ₃	45,1	40,5
Na ₂ O	0,1	0,24
K ₂ O	0,08	0,12
P ₂ O ₅ umum	1,27	2,10
P3Э	0,73	0,13
CaSO ₄ ·H ₂ O	96,96	87,07
	100,84	100,07

Namunalarni kimyoviy tahlil qilish natijalarini solishtirib ko'rib, shuni qayd etish mumkinki, Olmaliq fosfogipsi o'z tarkibida SiO₂,

P_2O_5 va ishqoriy moddalarning ko'pligi hamda SO_3 , $CaSO_4$ va nodir yer elementlarining kamligi bilan Voskresensk fosfogipsidan farq qiladi. Optimal (eng maqbul) shakldagi kalsiy sulfat nimgidrat kristallarini olish uchun Voskresensk kimyo kombinati fosfogipsi pulpasiga gidrotermal ishlov berishdan oldin sulfanol NP—3 va ayrim eruvchan anorganik birikmalar kabi nimgidrat kristallanish boshqargichlari (NKB) rostlagichlar kiritiladi.

Olmalıq «Ammofos» ishlab chiqarish birlashmasi fosfogipsi kimyoviy, rentgenostrukturaviy va petrografik usullar bilan tahlil qilindi. P_2O_5 , shu jumladan, suvda eriydigan fosfor oksidi ko'pligi fosfogips vodorod ko'rsatkichi qiymatining past bo'lishiga ($pH=0,7$) sabab bo'ldi.

Fosfogipsga laboratoriya sharoitlarida nafaqat tabiiy holatda avtoklavda gidrotermal ishlov berildi, balki kislota bilan turlicha darajada $pH=1,5$ va $4,5$ gacha yuvildi, chunki nordon muhitda ishlov beriladigan fosfogips uchun optimal (eng maqbul) nordonlik ayni mana shu kattalikni tashkil etishi shart.

Fosfogipsni kristallanish boshqargich (rostlagich)larisiz suvli muhitda suvsizlantirish α — nimgidratning ignasimon kristallari hosil bo'lishiga olib keladi, bu ko'p suv talab qiladigan bog'lovchi moddalar uchun maqbul emas, ba'zan esa massa aralashtirib bo'lmaydigan holatga kelib qolgani sababli umuman jarayonni amalga oshirib bo'lmaydi.

Biroq laboratoriyada o'tkazilgan tajribalar jarayonning o'zi-dayoq davriy ravishda ta'sir ko'rsatiladigan avtoklavda xomashyo suvsizlantirilgan vaqtda fosforitli fosfogipsga nimgidrat kristallanish boshqargichlari (NKB)ni kiritishning hojati yo'qligi aniqlandi, chunki ularsiz ham kerakli o'lchamdagi kalsiy sulfat nimgidrat kristallari hosil bo'lar ekan. Bu — faol kremniy II oksidi va natriy birikmalarining katta miqdorda (9,7%) bo'lishi bilan izohlanadi, demak, fosfogipsda α - nimgidrat kristallarini boshqarish uchun qulay shart-sharoitlar yarata oladigan aralashmalar bor ekan.

Laboratoriya sharoitlarida fosfat kislotasini turli darajada yuvish orqali olingan bog'lovchi moddalarni sinash natijalari fosfor, fluor va hokazo eruvchan birikmalar fosfogipsni yuvish zarur ekanligini ko'rsatadi (7-jadval).

Bu holda pulpada $pH=\text{fosfogips s:q}=1, 1,5$ dan ortiq bo'lganida — markasi (rusumi) 200 bo'lgan texnik gips, $pH=4,5$ bo'lganida esa undan ham ko'proq $M=300$ texnik gips olinishi mumkin.

Yuvilmagan va yuvilgan fosfogipsning qurilish-texnik xususiyatlari.

Tavsifi (xususiyatlari)	Yuvilmasdan pH=0,7	pH=1,5 gacha yuvilganida	pH=4,5 gacha yuvilganida
1	2	3	4
Suvga talabchanligi, %	30	31	33
Tishlashish muddatlari: soat, daqiqa boshlanishi tugashi	13—10 22—30	9—20 14—50	5—50 8—20
Suvga talabchanligi, %	30	31	33
Egilishga mustahkamligi: MPa 1,5 soatdan keyin 1 sutkadan keyin quritilganlari	1,1 2,3 3,7	2,4 3,4 4,8	3,7 4,8 6,9
Siqishga chidamliligi: MPa 1,5 soatdan keyin 1 sutkadan keyin quritilganlari	2,3 4,4 9,8	3,6 7,4 21,0	6,9 12,0 32,0

Bog'lovchi moddalarni faollashtirish va granulometrik tarkibini yaxshilash uchun ular tajribada sinashdan oldin titratish tegir-monchasida maqbul solishtirma yuza 3,5—4 sm²/gr hosil bo'lgunicha maydalangan. Laboratoriyada va sanoat korxonalarida o'tkazilgan tajriba tadqiqotlari Olmaliq fosfogipsidan mustahkamligi yuqori darajada bo'lgan bog'lovchi moddalar, ya'ni pishiq, mustahkam gips olish mumkinligini ko'rsatdi.

Sulfat kalsiy nimgidrat kristallanishini, qo'shimcha NKB ni kiritmay turib, fosfogips tarkibida mavjud bo'lgan aralashmalar hisobiga amalga oshirish mumkinligi aniqlandi. Hosil qilingan bog'lovchi modda tarkibida nodir yer elementlari kam bo'lgani va fosfatlarning nordon filtr bilan birga ketgani uchun uning tishlashish muddatlari ancha qisqa bo'ladi. Fosforit fosfogipsidan olingan bog'lovchi modda gips tarkibli chiqindilardan gipsli bog'lovchi moddalar uchun qo'yiladigan TU 21—31—75 talablariga javob beradi.

Sulfat kalsiy α -nimgidratining tajriba o'tkazish uchun mo'ljallangan namunalari kimyoviy va rentgenografik tadqiqotlardan, shuningdek, kimyoviy tarkibi quyidagilardan iborat (foiz hisobida):

Q.K.Y.=6,64;	$\text{Fe}_2\text{O}_3=0,40$;	$\text{Na}_2\text{O}=0,03$;
$\text{SiO}_2=6,46$;	$\text{CaO}=35,44$;	$\text{K}_2\text{O}=0,07$;
$\text{Al}_2\text{O}_3=0,32$;	$\text{SO}_4=49,56$;	$\text{P}_2\text{O}_5=1,72 = 100,64$.

Kalsiy sulfat α -nimgidrat rentgenogrammasida nimsuvli gipsning 5,98; 3,44; 2,99; 2,79; 2,12; 1,84; 1,68 Å ga teng masofa d oralig'ida bo'lgan tekisliklar o'rtasida juda katta chiziqlari hamda kvarsning d -3,33 va 2,45 Å o'ziga xos chiziqlari bor. Quyida yarim sanoat qurilmasida hosil qilingan α -nimgidratning sinov natijalari ko'rsatkichlari keltirilgan: suv talabchanligi — 31%, tishlashish muddati (boshlanishi) — 10 daq., (oxiri) — 15 daq., egilishga chidamliligi 1,5 soatdan keyin 2,6; 1 sutkadan keyin — 3,9; quritilganlariniki — 5,1 MPa siqilishga chidamliligi 1,5 soatdan keyin 4,7; 1 sutkadan keyin — 8,9; quritilganlari — 28,0 MPa.

Shunday qilib, tadqiqot va yarim sanoat sinov natijalari Olmaliq fosfogipsidan markasi (rusumi) 200 va 300 bo'lgan yuqori darajali mustahkam gips bog'lovchi moddalari olish mumkinligini tasdiqladi.

Fosfogipsli havoda qotadigan bog'lovchi modda - angidrit sement ishlab chiqarish uchun tekshirib ko'rildi. Angidrit sementning asosiy tarkibiy qismi suvsiz kalsiy sulfat (CaSO_4) dan iborat bo'lib, tabiiy gipstoshini $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 600—750°C haroratda kuydirish yo'li bilan olinadi. Angidrit sement ishlab chiqarish uchun tarkibida gips bo'lgan turli kimyoviy chiqindilardan foydalanish mumkin.

Biz quyidagi kimyoviy tarkibli fosfogipsdan unga ishlov bermasdan foydalandik:

Q.K.Y.=20,90;	$\text{Fe}_2\text{O}_3=0,53$;	$\text{Na}_2\text{O}=0,15$;	$\text{MgO}=0,12$.
$\text{SiO}_2=9,00$;	$\text{CaO}=27,60$;	$\text{K}_2\text{O}=0,17$;	
$\text{Al}_2\text{O}_3=0,32$;	$\text{SO}_4=39,70$;	$\text{P}_2\text{O}_5=1,72$;	

Kuydirish jarayonini mufel pechkasida 600—750°C daraja haroratda har 50°C dan keyin 2 va 4 soat tutib turib bajardik. Kuydirilgan mahsulotlar kimyoviy tahlil qilindi, ularning natijalari kuydirilgan mahsulotlar kimyoviy tarkibida sezilarli farqlarni ko'rsatmadi.

Rentgenogrammalarda tekisliklararo masofalari $d=3,49$; 2,83; 2,45; 2,32; 2,19; 2,08; 1,86; 1,74; 1,64 Å takrorlanadigan angidritning kuchli chiziqlari bor.

Fizik-mexanik sinovlardan o'tkazish uchun kuydirilgan materiallar 008 raqamli elakda 8—10% qoldiq qolgunicha elandi.

Suv bilan bog'lovchi nisbati normal quyuqlashishga muvofiq ravishda shakllantirish uchun qabul qilindi. Qotish katalizatorlari sifatida ohak (1—5%), CuSO_4 (0,8%) mis ishlab chiqarish korxonasining chiqindisi sishtof (10% gacha), domna toshqoli (10% gacha) Na_2SO_4 (0,6%)+ CuSO_4 (0,8%), nordon, neytral va reaktiv glinozem (1,5%) olindi.

8-jadval.

Namunalar mustahkamligining (MPa) harorat ($^{\circ}\text{C}$) o'zgarishiga qarab farqlanishi.

Katalizator, %	600		650		700		750	
	egl-ga	siq-ga	egl-ga	siq-ga	egl-ga	siq-ga	egl-ga	siq-ga
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$0,6\text{Na}_2\text{SO}_4+0,8\text{CuSO}_4$	0	2,3	2,5	8,6	1,5	2,9	0,9	4,8
Nordon glinozem	0,7	8	2,7	8,8	1,5	5,1	0,9	3,5
Neytral glinozem	0,7	4	2,1	2,2	1,6	5,7	1,1	4,5
Ohak — 1,0	0	0	0,6	2,5	0	0	0,5	2,1
Ohak — 2,0	1	3,9	2,7	11	1,8	6,7	1,3	6,1
Ohak — 3,0	2,1	7,4	3,0	11,6	1,7	6,5	2,0	8,8
Ohak — 4,0	2,4	7,7	2,8	11,5	1,0	2,8	2,2	8,9
Ohak — 5,0	4,1	13,1	4,6	17,5	2,0	7,3	2,1	7,6

Fosfoangidritli bog'lovchi asosida 1:3 bog'lovchi: qum massasi tarkibli qorishma bo'yicha standart $4\times 4\times 16$ sm tayoqcha namunalari yetti sutkadan so'ng sinaladi. Tishlashish muddatlari standart talablariga to'la javob berishi aniqlandi.

Katalizator qo'shimchasiz 600—700 $^{\circ}\text{C}$ haroratda turli muddatda kuydirilganda fosfogips hech qanday mustahkamlik bermadi. CuSO_4 katalizatori qo'shimchasi qo'shilgan namunalarni qoliplardan ajratib olib bo'lmas edi, chunki mis sulfati qolip moylari bilan reaksiyaga kirishib ketgan edi.

Sishtof, domna toshqoli, reaktiv glinozem qo'shilganda namunalar mustahkamligini yo'qotib, sochilib ketar edi. 2 dan 5% ohak katalizatori 650 $^{\circ}\text{C}$ haroratda kuydirilgan fosfogipsga

qo'shilganda hosil bo'lgan bog'lovchi eng yaxshi fizik-mexanik tavsiflarga ega bo'ldi. Ushbu ma'lumotlar 8-jadvalda keltirilgan.

Shunday qilib, yuqori haroratda kuydirilgan angidritli bog'lovchi olish uchun o'tkazilgan tadqiqotlar, tabiiy angidritdan olingan angidrit sementidan mustahkamligi bo'yicha qolishmaydigan bog'lovchi olish imkoniyati borligini ko'rsatdi.

14. Magnezial bog'lovchilar

Magniy xlorid ($MgCl_2$) ning suvli eritmalariga qoriladigan va mayda tuyilgan kaustik magnezit yoki kaustik dolomit kukunlaridan iborat havoda qotadigan bog'lovchi moddalar magnezial bog'lovchi materiallar deb ham ataladi.

Kaustik magnezit kukuni bilan magniy xlorid eritmasining havoda tez qotadigan xamirsimon aralashmasi ba'zan Sorel sementi deb (ixtirochining nomi bilan) ataladi.

Kaustik magnezit va magnezial sementning kimyoviy tarkibi tufayli organik to'ldirgich (yog'och qipig'i, qirindi-tarashasi va boshqa)larning birikishi — yopishishi uchun qulay sharoitlar tug'ildi. Ular magnezial bog'lovchilar muhitida chirimaydi va parchalanmaydi. Magnezial bog'lovchilar bilan asbest va boshqa tolasimon to'ldirgichlar ishlatish ham ancha foydali.

Kaustik magnezit tabiiy magnezitni $750-850^{\circ}C$ haroratda kuydirib, so'ngra pishgan mahsulotni kukunsimon holga keltguncha tuyish yo'li bilan olinadi.

Magnezit magniy karbonat ($MgCO_3$) tuzidan iborat bo'lib, tabiatda ikki xil, ya'ni amorf va kristall ko'rinishda uchraydi.

Kristall magnezit (tarkibidagi qo'shilmalarga qarab) kul rang, oq, ba'zan sarig' va hatto jigar rang tusda aniq kristall tuzilishda va shishadek shaffof bo'ladi. Unda $CaCO_3$ va $FeCO_3$ ko'rinishlardagi qo'shilmalar bor. Ammo sof holda ham uchraydi.

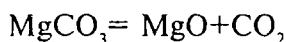
Magnezitning kimyoviy tarkibi quyidagicha: 47,82% MgO va 52,18% CO_2 .

Kaustik dolomit tabiiy dolomit ($MgCO_3 \cdot CaCO_3$) ni kuydirish natijasida olinadi. U kalsiy va magniyning qo'sh tuzidan iborat bo'lib, quyidagi kimyoviy tarkibga ega: 54,2% $CaCO_3$ va 45,8% $MgCO_3$.

Kaustik magnezit ishlab chiqarish tayyorlash jarayonlari (xomashyoni qazib olish, saralash, maydalash) va asosiy jarayonlar (kuydirish hamda tuyish)dan iborat.

Xomashyo ishlab chiqarish chizmasiga qarab maydalanadi. Masalan, shaxta pechlar uchun yirik, aylanma pechlar uchun maydaroq material zarur.

Magnezitni kuydirish uchun pechlarning hamma turidan (xumdondan tortib maxsus konstruksiyadagi mexanik pechlargacha) foydalanish mumkin, ammo ko'pincha o'txonasi tashqariga joylangan shaxta pechlarda kuydiriladi. Kuydirilayotganda magnezit parchalanadi va quyidagi reaksiya bo'yicha magniy oksidi bilan angidrit gaziga ajraladi:



Magniy karbonatning parchalanish reaksiyasi endotermik reaksiya hisoblanadi, ya'ni bu reaksiya sodir bo'lishi uchun talaygina miqdorda issiqlik (1kg MgCO_3 ga 344 kkal) sarflash talab qilinadi. Magniy karbonat 500°C da parchalana boshlaydi deb qabul qilsa bo'ladi, lekin $600\text{--}650^\circ\text{C}$ da talabdagidek tez o'tadi. Zavod sharoitlarida magnezit nisbatan ancha yuqori, taxminan 800°C , aylanma pechlarda esa 1000°C gacha haroratda kuydiriladi.

Magniy karbonatning parchalanish reaksiyasi umuman qaytarma reaksiyadir. Reaksiya talabdagidek yo'nalishda bo'lishi uchun uning mahsulotlaridan biri, ya'ni CO_2 tabiiy yoki su'niy yo'l bilan chiqarib tashlanadi, shuningdek, kuydirish harorati nazariy zarur harorat darajasidan oshiriladi. Biroq o'ta yuqori haroratdan foyda yo'q, chunki bunda MgO ning bog'lovchilik xossalari yomonlashadi.

Magnezitni 1300°C dan ortiq haroratda kuydirish natijasida «o'ta pishgan» magnezit hosil bo'ladi. Bunday magnezitni tuyganda u bog'lovchi modda bo'lmay qoladi, balki o'tga chidamli magnezit buyumlar ishlab chiqarish uchun xomashyo sifatida ishlatishga yaraydi, xolos.

Demak, CO_2 batamom ajralib chiqqanida kuydirish harorati (ruxsat etiladigan chegaralarda) qanchalik past bo'lsa, kaustik magnezit shunchalik sifatli chiqadi.

Kaustik magnezit qanchalik sifatli pishirilganini uning solishtirma og'irligiga qarab aniqlash mumkin. Standartga qaraganda solishtirma og'irligi $3,1\text{--}3,4\text{ g/sm}^2$ bo'lishi kerak. Kuydirilmagan magnezitning solishtirma og'irligi o'rtacha hisobda—3, «o'ta kuydirilgani» niki esa — $3,7\text{ g/sm}^3$. Shuning uchun ham chala kuydirilganda magnezitning solishtirma og'irligi 3,1 dan past, o'ta pishirganda $3,4\text{ g/sm}^2$ dan ortiq bo'ladi.

Dolomitlar keskin o'zgaruvchan tarkibli birikmalardir. Shuning uchun ham kaustik dolomit ishlab chiqarayotganda tabiiy dolomit kimyoviy tarkibini bilishga katta e'tibor berilishi lozim. Buning uchun konda uning o'rtacha namunalarini tanlab olib, kimyoviy tahlil qilib ko'rish zarur.

Tabiiy dolomitni taxminan 650—750°C da (chala) kuydirganda kaustik dolomit hosil bo'ladi.

Kaustik magnezit ishlab chiqarayotgandagidek dolomit shaxta va aylanma pechlarda chala kuydirilishi mumkin.

Dolomitni chala kuydirganda $MgCO_3$ dekarbonlashadi (parchalanadi) va MgO ga aylanadi. $CaCO_3$ ning ko'p qismi parchalanmay qoladi, chunki uning dissotsiatsiya haroratidan yuqori chala kuydirish natijasida tarkibida magniy oksidi, ohaktosh va ozgina miqdorda ohak bo'lgan mahsulot hosil bo'ladi.

Harorat 800—1000°C gacha ko'tarilganda kuydirilgan mahsulot tarkibida anchagina miqdorda so'na oladigan kalsiy oksidi bor dolomit ohak vujudga keladi. Harorat 1300°C dan yuqori bo'lsa, «o'ta pishgan» dolomit hosil bo'ladi. Bu ham «o'ta pishgan» magnezit singari o'tga chidamli buyumlar ishlab chiqarishda ishlatiladi.

Qoritqilar. Magnezial bog'lovchi moddalar uchun magniy xloridning suvli eritmalari, shuningdek, magniy sulfati, temir sulfatlarining eritmalari va boshqa tuzlar qoritqi bo'lishi mumkin. Kaustik magnezitni suv bilan qorilganda qotgan sement tosh nisbatan unchalik mustahkam bo'lmaydi. Holbuki uni xlorid yoki magniy sulfati bilan qorganda nihoyatda mustahkam sementtosh hosil bo'ladi.

Tarkibida magniy xlorid suvli eritmasi bo'lgan ko'llar sanoat miqyosida magniy tuzlar qazib olish manbalari hisoblanadi.

Magniy xlorid ma'lum miqdordagi suvli eritma holida qoritqi sifatida ishlatiladi. Odatda solishtirma og'irligi 1,09—1,26 g/sm³ gacha bo'ladi.

Magnezial sement komponentlarining o'rtacha ulushi faol magniy oksidi (kaustik magnezit umumiy og'irligining taxminan 85% ini tashkil etadi) va qattiq (quyuq) olti molekula suvli magniy xloridga hisoblaganda (og'irligi jihatidan) 67—62 % MgO va 33—38 % $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ dan iborat bo'ladi.

Sulfat kislotani magniy oksidi bilan neytrallab, magniy sulfati olish mumkin.

Magniy sulfatidan foydalanayotganda quyidagicha ulushlanadi: suvsizlantirilgan MgSO_4 ga hisoblanganda 80—84% magniy oksidi va 20—16% magniy sulfati. MgSO_4 li qorishmadan tayyorlangan sementtosh MgCl_2 li qorishmadan ishlanganga qaraganda unchalik mustahkam bo'lmaydi. Biroq magniy sulfatli qorishmadan tayyorlangan sementtoshning gidroskopikligi magniy xloridli qorishmadan ishlangan sementtoshnikidan ancha past bo'ladi.

Tayyor buyumlarning gidroskopikligini kamaytirish va ularning suvga chidamliligini oshirish maqsadida kaustik magnezitga qoritqi sifatida birgina o'zi yoki magniy xloridi bilan birgalikda temir kuporosi ishlatiladi. Temir kuporosini qo'shish magnezial sementning tishlashishini tezlashtiradi va buyumlarda dog'larni kamaytiradi.

Xossalari va ishlatilishi. Kaustik magnezit, shuningdek, kaustik dolomitning qotish jarayonini, A.A. Baykov nazariyasiga ko'ra, uch davrga ajratish mumkin.

Birinchisi magniy oksidning gidratatsiyalanishi bilan xarakterlanadi. Bu jarayon davomida qo'shaloq birikma $\text{MgO} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ hosil bo'ladi (qoritqi sifatida MgCl_2 olingan bo'lsa). Gidratatsiya va qo'shaloq tuzning hosil bo'lish reaksiyalari deyarli qorib bo'lgandan keyinroq boshlanadi.

Ikkinchi davr tishlashish yoki kolloidlanishi. Reaksiyalar natijasida hosil bo'lgan birikmalar o'ta to'yingan eritma hosil qiladi va gel (iviq) shaklida ajralib chiqadi; tishlashishi tez boshlanib, tez tugaydi, qotgan massaning kolloid holati esa uzoq vaqt davom etadi.

Uchinchi davrda kolloid massa yaxna holatida qayta kristallashish yo'li bilan kristall o'simtga aylanadi. Kristallar hosil bo'lsa-da, ular juda ham kichik, kolloid o'lchamlarga yaqin bo'ladi.

Magnezit xomashyoni 800—850°C haroratda kuydirib, so'ngra maydalab tayyorlanadigan kaustik magnezitning solishtirma og'irligi, standartga ko'ra, 3,1—3,45 g/sm³, hajm og'irligi — 0,65 dan 0,85 t/m³ gacha bo'lishi kerak. 21 sonli elakda ko'pi bilan 5% material qolishi, 0085 sonli elakdan materialning kamida 75% i o'tishi kerak.

Kaustik magnezitning kimyoviy tarkibini quyidagi ma'lumotlardan bilib olish mumkin (9-jadval).

Kaustik magnezit tishlashishi kamida 20 daqiqadan keyin boshlanib, kechi bilan 6 soatda (qorgan vaqtdan hisoblaganda) tugashi kerak. Kaustik magnezitni normal sharoitlarda sinayotganda hajman bir tekis o'zgaradigan bo'lishi zarur.

Bir sutkadan so'ng cho'zilgandagi mustahkamlik chegarasi kamida 1,5 MPa bo'lishi kerak (tuzli eritmada qorilgan kaustik magnezit bilan yog'och qipiqdari aralashmasini sinayotganda; qipiqsiz tayyorlansa, bir sutkadan so'ng cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi 5,0—10,0 MPa ga, siqilishdagisi esa 30,0—40,0 MPa ga yetadi).

9-jadval.

Kaustik magnezitning kimyoviy tarkibi.

Komponentlarning nomi	Magnezit tarkibida og'irlik bo'yicha, % hisobida	
	2-sinf	3-sinf
Magniy oksidi, (MgO) kamida	83	75
Kalsiy oksidi, (CaO) ko'pi bilan	2,5	4,5
Xlorid kislotada erimaydigan qoldiq, ko'pi bilan	2,5	4
Bir yarim miqdorli oksidlar $Al_2O_3 + Fe_2O_3$	normalanmaydi	
110°C dagi namligi, ko'pi bilan	1,5	1,5

Dolomit xomashyoni magniy karbonat dissotsiatsiyasi haroratidan yuqori, biroq kalsiy karbonatnikidan kam (700°C ga yaqin) haroratda chala kuydirilib tayyorlanadigan nimpishiq dolomitning solishtirma og'irligi 2,87—2,85 g/sm³ atrofida, hajm og'irligi esa 1,08 dan 1,11 t/m³ gacha bo'lishi kerak.

Nimpishiq dolomit kaustik magnezitga nisbatan qo'yiladigan talablarga mos darajada mayda tuyilgan bo'lishi kerak.

Kaustik magnezit namunalarning cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi (3,7 va 28 sutka tutilgan) kamida 1,0, 1,6 va 2,5 MPa bo'lishi lozim. Namunalar og'irligi bo'yicha 9 qism kaustik magnezit va 1 qism qipiq aralashmasidan yasaladi.

Magnezial bog'lovchi choksiz ksilolit pol qurishda ishlatiladi. Bunday pollarda asosiy to'ldirgich sifatida yog'och qipiqdaridan foydalaniladi. Ksilolit pollar gigiyena talablariga mosligi va ko'pga chidashi bilan farq qiladi. Issiqni kam o'tkazuvchanligi jihatidan eman parketga o'xshaydi. Ksilolit pol ko'pchilik foydalanadigan joylar (vokzal, klub, magazin, kasalxona va boshqalar)da, turar joy binolarining yordamchi xonalari (yo'lak, oshxona, zinapoya maydonchalari va hokazolar)da, shuningdek, rejimi quruq fabrika va zavod binolarida quriladi.

Yog'och maydasi (qipiq, yog'och uni) va magnezial sementdan polga ishlatiladigan presslangan plitalar yasaladi.

Magnezial bog'lovchilar xonalarning ichini suvashda ham ishlatiladi. Bunday hollarda to'ldirgich sifatida odatdagi daryo yoki soy qumini ishlatish mumkin. Bunday suvoq nihoyatda mustahkam bo'ladi. Bundan tashqari ana shunday suvoqda sement kam sarf bo'ladi va binoni tezroq foydalanishga topshirish imkoni tug'iladi.

Har xil qurilish detallari (deraza peshtaxtalari, zinapoyalar, yaxlit tom, tomga yopadigan plitalar va boshqalar), fibrolit plitalar va issiq o'tkazmaydigan turli materiallar ishlashda ham ana shu bog'lovchilardan foydalaniladi.

IV bob. Ohak texnologiyasi

15. Havoda qotadigan ohak

Havoda qotadigan ohak deb, tarkibida 8% gacha gil qo'shilmalar bo'lgan va erib yopishib qolmaydigan qilib bir me'yorda kuydirilgan ohaktoshlarni mayda tuyish natijasida hosil bo'ladigan havoda qotuvchan bog'lovchi moddalarga aytiladi.

Hali tuyilmagan kuydirish mahsuloti so'ndirilmagan kesak ohak (qaynama) deb ataladi. U shu holicha bog'lovchi modda hisoblanmaydi va uni qorishma hamda beton tayyorlashda ishlatib bo'lmaydi. Bog'lovchi modda bo'lishi uchun kesak-ohak mayda tuyilishi zarur.

Kesak-ohakni maydalashning ikki usuli qo'llaniladi:

- mexanik usul — zo'ldirli yoki boshqa tegirmonlarda tuyiladi;
- so'ndirish usuli — ohak bo'laklariga suv bilan ta'sir qilinadi; shunda ohak o'z-o'zidan mayda zarrachalarga parchalanadi (dispergiranadi).

Kesak-ohak qanday usulda maydalanganiga qarab, havoda qotadigan tovar ohakning quyidagi turlari bo'ladi:

- kesak-ohak (qaynama)ni mexanik usulda maydalab tayyorlanadigan so'ndirilmagan tuyilgan ohak. U tarkiban asosan kalsiy oksididan tashkil topgan bo'ladi;

- kesak-ohak (qaynama)ni ma'lum miqdordagi suv bilan (kukunsimon holatga kelgunicha) so'ndirib tayyorlanadigan so'ndirilgan gidrat ohak (pushonka-kukun). Kimyoviy tarkibi jihatidan u kalsiy gidrati $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan iborat bo'ladi;

- kesak-ohak (qaynama)ni ortiqcha suv bilan so'ndirish natijasida hosil bo'ladigan mahsulot — ohak xamiri; ohak xamiri asosan gidrat oksidi va suvdan iborat bo'ladi.

Kesak-ohakni so'ndirib yoki tuyib maydalash jarayoniga faol yoki gidravlik mineral qo'shilmalar (domna va yoqilg'i shlaklari, kul, vulkan kuli, pemza, tuf, kvars qum, semyanka, trepel va gips tosh) qo'shish mumkin. Ohakka qancha mineral qo'shilma qo'shish

mumkinligi ohakning faolligi ($\%CaO + \%MgO$) bilan aniqlanadi. Ammo 12-jadvalda ko'rsatilgan miqdordan kam bo'lmashligi kerak.

Ohak ishlab chiqarish uchun ohaktoshlardan foydalaniladi. Ohaktoshlarda kalsiy karbonatdan tashqari ozmi-ko'pmi magniy karbonat ham bo'ladi. Kuydirilayotganda karbonat tuzlari qattiq CaO va MgO oksidlari hamda gazsimon mahsulot — CO_2 ga dissotsiatsiyalanadi. Gazsimon mahsulot chiqarib tashlanadi, qolgan qattiq oksidlar esa havoda qotadigan so'ndirilmagan ohak tarkibiga kiradi. Havoda qotadigan ohak qancha magniy oksidi borligiga qarab oz magnezialli (5% gacha magniy oksidi bor), magnezialli (5 dan 20% gacha magniy oksidi bor) va dolomitli (20 dan 41% gacha magniy oksidi bor) ohaklarga bo'linadi.

Ohakda magniy oksidi va gil-aralashmalar bo'lishi uning xossalariga, jumladan, so'nish tezligiga¹ katta ta'sir qiladi. Havoda qotadigan ohak so'nish jarayonining davom etish muddatiga qarab ikkiga bo'linadi: tez so'nuvchan ohak 20 daqiqa ichida so'nadi va asta so'nuvchan ohak — 20 daqiqadan ortiq muddatda so'nadi.

Qaynama-ohakni so'ndirayotganda ohak xamiri harorati har xil bo'lishi mumkin. Shuning uchun ham havoda qotadigan ohak ko'rsatkichiga qarab shartli ravishda ikkiga bo'linadi: past ekzotermik ohak (so'ndirilayotgan vaqtdagi eng yuqori harorati $70^{\circ}C$ dan past) va yuksak ekzotermik ohak (so'ndirilayotgan vaqtdagi eng yuqori harorati $70^{\circ}C$ dan ortiq).

16. So'ndirilmagan kesak-ohak

So'ndirilmagan kesak-ohak ishlab chiqarish texnologik jarayoni, keltirilgan chizmadan ko'rinib turibdiki, asosan ohaktosh qazib olish, uni tayyorlash va kuydirishdan iborat.

1. Xomashyo materiallari va ularni tayyorlash.

So'ndirilmagan kesak-ohak ishlab chiqarish uchun tarkibida kalsiy karbonat ko'p bo'lgan tog' jinslari (ohaktoshlar)dan foydalaniladi.

Ohaktoshlar cho'kindi tog' jinslari bo'lib, kimyoviy tarkibi va fizikaviy xossalari jihatidan xilma-xil turlarga bo'linadi. Biroq uning asosiy qismi kalsiy karbonatdan iborat.

Boshqa moddalar (magniy karbonat, gil va har xil oksidlar)

¹ Standart laboratoriya sinovi vaqtidagi so'nish tezligi deganda kesak-ohakni suv bilan qorgan vaqtdan xamiri eng yuqori haroratgacha qiziguniga qadar o'tgan davr tushuniladi.

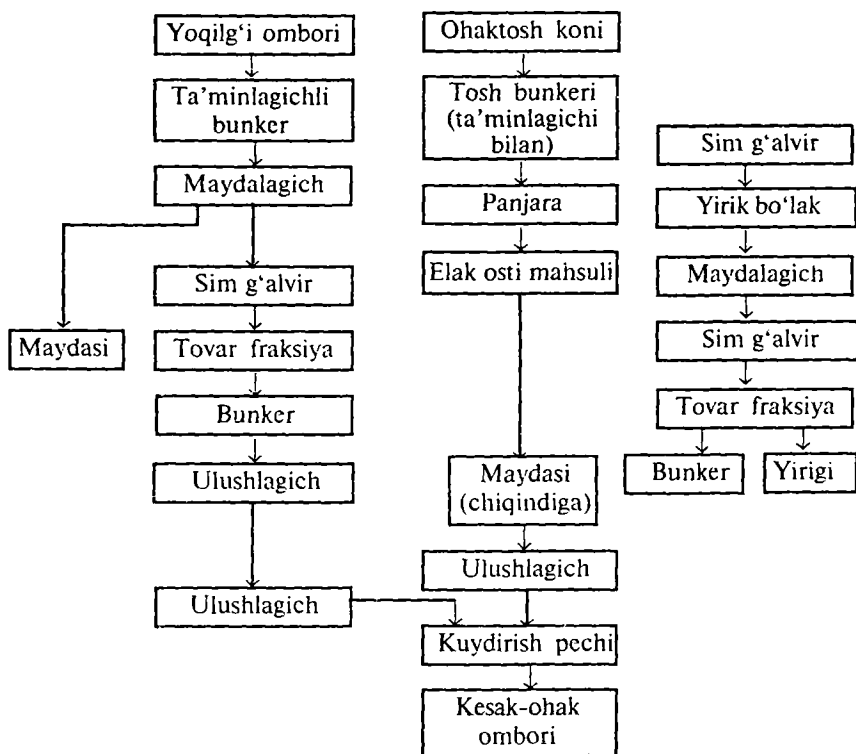
bo'lishiga sabab shuki, ohaktoshlar cho'kindi holda hosil bo'ladi; karbonatlar cho'kkanida bu moddalar ham cho'kkan.

Aralashmalarning miqdoriga qarab ohaktoshlarning rangi oq rangdan qora ranggacha boradi. Bitum va ko'mir moddalar qo'shilgan bo'lsa, ohaktosh qoramtir bo'ladi. Sarig', qo'ng'ir, kulrang tusda bo'lishi ohaktoshdagi temir va marganes aralashmalari ta'siridan; kimyoviy jihatdan sof kalsiy karbonat oppoq bo'ladi.

Odatda ohaktoshlarga gil aralashmalari qo'shilgan bo'ladi. Shunga ko'ra, ohaktoshning quyidagi turlari uchraydi: sof ohaktosh (tarkibida 5% gacha gil aralashmalari bor): mergel (gil)li ohaktosh (tarkibida 5% dan 10% gacha gil zarrachalari bor); ohak-karbonat mergel (tarkibida 10% dan 30% gacha gil zarrachalari bor) va mergel (tarkibida 30% dan 50% gacha gil zarrachalari bor) ohaktoshlar.

Keltirilgan tasnifdan ko'rinib turibdiki, havoda qotadigan ohak ishlab chiqarish uchun faqat sof ohaktosh va qisman mergelli (gil) ohaktoshnigina ishlatish kerak.

So'ndirilmagan kesak-ohak ishlab chiqarish texnologiyasi chizmasi.



Havoda qotadigan ohak xossalariga katta ta'sir etadigan ikkinchi modda magniy karbonatdir. Karbonatli tog' jinslari tarkibida qancha MgCO_3 borligiga qarab, salgina dolomitlashgan ohaktosh (tarkibida 5—10% MgCO_3 bor), ohaktosh dolomit (tarkibida 20—40% MgCO_3 bor) va dolomit (tarkibida 40—46% MgCO_3 bor)ga bo'linadi.

Havoda qotadigan ohak ishlab chiqarish uchun dolomitlashgan ohaktoshlarning hamma turlari ishlatilishi mumkin. Ularni kuydirganda tegishli o'z magnezialli va dolomitli ohak hosil bo'ladi.

Havoda qotadigan ohak ishlash uchun qo'llaniladigan karbonatli tog' jinslarining hammasi standart bo'yicha uch, ya'ni A, B va D sinfga bo'linadi. Bunday bo'lishi uchun tog' jinslari tarkibida qancha karbonat, magniy karbonat va gil aralashma (SiO_2 , Al_2O_3 va Fe_2O_3 oksidlari) borligi asos qilib olingan. Quyida (10-jadval) ohaktoshning har sinfga nisbatan qo'yiladigan talablar keltirilgan.

10-jadval.

Havoda qotadigan ohak ishlab chiqarish uchun ishlatiladigan ohaktoshlarning kimyoviy tarkibi.

Ohaktoshlar sinfi	Tarkibi, % hisobida		
	CaCO_3	MgCO_3 , ko'pi bilan	Gil aralashmalar, ko'pi bilan
A	95	2,5	2
B	82	10	8
D	50	40	8

Ohaktoshlar tarkibiy tuzilishi jihatidan zich, bo'sh va g'ovak bo'lishi mumkin. Shuning uchun ham ohaktoshlar quyidagi turlarga bo'linadi:

— donador-kristall yoki marmar (mayda kristall tarkibiy tuzilishga ega) ohaktosh;

— zich-kristall tarkibiy tuzilishga ega ohaktosh;

— zoldirchalar to'plamidan iborat oolit ohaktosh;

— ohaktosh tuf (g'ovak ohaktosh);

— o'lgan jonli organizmlar kosasidan iborat ohaktosh — chig'anoq;

— yumshoq-bo'sh tog' jinsi — bo'r.

Shaxta pechlarda kuydirib, havoda qotadigan ohak ishlab chiqarish uchun tarkibiy tuzilishi zich hamma ohaktoshlardan foydalansa bo'ladi.

Ohaktosh qazib olish. Ohaktosh konlari ko'p hollarda yer yuzasida bo'ladi. Ohaktosh ochiq usulda qazib olinadi: avval portlatiladi, keyin portlatilgan tog' jinslari bir cho'michli ekskavatorlar yordamida transportga yuklanadi. Ohaktoshlarning yirik xarsanglari pnevmatik yoki elektr bolg'alar bilan maydalanadi. Ba'zan kichkina zaryadlar yordamida takror portlatib maydalanadi.

Ohaktoshlar temir yo'l yoki tosh yo'lda qatnaydigan transport vositasida yoki kon yaqinida, ya'ni 1 kg masofada bo'lsa, transportyorlar yordamida tashiladi. Transportyor yordamida tashish eng qulay, unumli va kam mehnatli usuldir. Kon 3 km masofada bo'lganda ohaktoshlarni yukini o'zi ag'daradigan mashinalarda (samosvallarda) tashigan foydali, mazkur mashinalar yaxshi ishlashi uchun usti pishiq ravon yo'llar kerak. Kon 3 km dan ortiq masofada bo'lganida temiryo'ldan foydalanilgani ma'qul.

Xomashyoni qazib olishni tashkil qilayotganda ohaktosh cho'kindi sifatida hosil bo'lganiga ahamiyat berish kerak. Chunki ohaktoshlarning kimyoviy va mineralogik tarkibi kon sathi va uning qalinligi (quvvati) bo'yicha ancha farq qiladi. Ohaktosh qatlamida linzasimon uyum yoki qatlam holida gil uchrashi ham mumkin. Havoda qotadigan ohak ishlash uchun qo'llaniladigan ohaktosh tarkibida aralashma ko'p bo'lsa, uni ishlatib bo'lmaydi. Shuning uchun kondan ohaktosh qazib ola boshlashdan oldin uning hamma qismini puxta tekshirib chiqish kerak.

Ohaktosh yerda sifati jihatidan qanchalik bir xilligiga qarab yoppasiga yoki tanlab-tanlab qaziladi. Ohaktosh sifati jihatidan ayrim joylarda bir xil bo'lgani yoki salgina farq qilgandagina yalpi (yoppasiga) qaziladi. Sifati keskin farq qilsa, tanlab-tanlab qaziladi. Bunday qazishda ohakning tannarxi oshadi, shu bilan birga sifati ishonchli bo'lmay qoladi. Gap shundaki, qazish vaqtida ohaktoshning sifati yoki sifatsizligini rang va qattiqligiga qarab aniqlash mumkin. Buning uchun katta tajriba kerak. Shuning uchun ham ohaktosh to'plangan joylar sifati jihatidan bir-biridan keskin farq qilsa, ohak zavodi ko'rsatkichlariga ega bo'lgan yaxshiroq kon qidirish kerak bo'ladi.

Ohaktoshni kuydirishga tayyorlash. Ohaktosh bo'laklarining iloji boricha bir xil o'lchamda bo'lishi ohakning sifatli kuydirilishini ta'minlaydigan muhim shartlarning biridir. Bu shartga shu sababdan rioya qilinishi kerakki, birinchidan, kuydirish muddati ohaktoshlarning o'lchamiga bog'liq, ikkinchidan, bir xil o'lchamdagi

ohaktosh bo'laklari nisbatan ancha katta bo'shliq hosil qiladi, shu bilan shaxta pechlarda gazlarga kam qarshilik ko'rsatiladi. Yirik va mayda ohaktosh bo'laklari aralashiga kuydirilsa, ohakning bir qismi chala, bir qismi esa o'ta pishib ketadi.

Buning sababi shundaki, pechga o'lchami har xil ohaktosh solinganda yirik bo'laklari og'ir bo'lganligidan pechning chekkasida hamda mayda bo'laklar esa o'rtasi (markazi)da to'planib qoladi. Ohaktosh bo'laklari qanchalik kichik bo'lsa, shunchalik shixta gazlarning o'tishiga ko'proq qarshilik ko'rsatadi. Tutun-gazlar va yoqilg'ining yonishi hamda ohakning sovishi uchun zarur bo'lgan havo qarshiligi kamroq joylardan o'tadi. Natijada pech markazida shixta yetarli darajada pishmaydi va yoqilg'ining talaygina qismi yonmay qolishi mumkin.

Ohaktoshlar kuydirish uchun saralash vaqtidayoq tegishlicha tayyorlana boshlanadi. Odatda saralash paytida ohaktoshlar maydalanadi. Chunki ohaktosh bo'laklari ko'pincha juda katta, ya'ni 50—60 sm gacha va undan ham katta o'lchamlarda bo'ladi.

Ohaktoshni qanchalik katta-kichik o'lchamda maydalash kerakligi odatda ishlatiladigan pech turiga bog'liq bo'ladi. Shaxta pechda kuydirilganda ko'ndalangiga 20—40, 40—80 va 80—120 mm keladigan ohaktoshlar alohida-alohida pishadi. 80—120 mm bo'laklar faqatgina shu vaqtgacha ishlatib kelinayotgan pechlarda kuydiriladi. Chunki ohaktosh bo'laklari katta bo'lgani uchun ularni uzoq vaqt kuydirishga to'g'ri keladi. Yangi pechlar qurayotganda esa 20—40 va 40—80 mm o'lchamdagi ohaktoshlardan foydalanish zarur. Aylanma pechlarda kuydirilayotganda 5—20 va 20—40 mm o'lchamdagi ohaktoshlar ishlatiladi.

Maydalash jarayoni yopiq yoki ochiq sikl bo'yicha olib borilishi mumkin. Ochiq sikl bo'yicha ishlatilayotganda, material maydalagich apparatidan faqat bir marta o'tkaziladi. Yopiq sikl bo'yicha ishlayotganda esa yirik bo'laklar yana qaytadan maydalanadi. Ochiq sikl bo'yicha ishlayotganda maydalangan mahsulot har xil, ya'ni chang-kukundan tortib maydalagich chiqish teshigining eni baravari keladigan o'lchamdagi parchalardan iborat bo'ladi. Bunday mahsulotdagi tovar-fraksiya unchalik ko'p bo'lmaydi, odatda 50% dan kamrog'ini tashkil etadi, qolgan qismi esa chiqindiga chiqib ketadigan mayda-chuydalardan iborat bo'ladi. Maydalashning yopiq sikli nisbatan ko'proq — 60—70% tovarli fraksiya olishga imkon beradi. Shuning uchun ham bir xil fraksiya kattalikdagi mahsulot olish uchun maydalashning ana shu usuli qo'llaniladi.

Maydalash-saralash qurilmasi quyidagicha ishlaydi. Kondan tashib keltirilgan ohaktosh qabul qiluvchi bunkerga solinadi, u yerdan plastinka ta'minlagich yordamida bir tekisda panjara to'rga uzatib turiladi. To'r panjaralari orasidan o'tmagan yirik bo'laklar maydalagichga, maydalari esa saralagich sim g'alvirga yuboriladi. Maydalagichda maydalangan mahsulot ham ana shu sim g'alvirga tushadi. Saralagich sim g'alvir odatda bir necha elakdan iborat bo'ladi. Elaklarning soni bo'lak o'lchamlari soniga bog'liq. Yuqorigi elakdan o'tmagan yirik ohaktosh bo'laklari yana maydalashga yuboriladi, har qaysi elakdan ushlanib qolgan mayda bo'laklari esa saralagich sim g'alvir ostiga o'rnatilgan bunkerning tegishli bo'limlariga to'kiladi.

Ohaktosh bo'laklarining o'lchamlari va fraksiyaning talab qilinayotgan yirikligiga qarab bir yoki ikki pog'onali maydalash chizmasi qo'llaniladi. Bir pog'onali chizma bo'yicha maydalayotganda material bitta maydalagichda maydalanadi. Ikki pog'onali esa ketma-ketiga ikki maydalagichdan o'tadi: birinchisining chiqish teshigi katta, ikkinchisniki kichik bo'ladi. Maydalangan mahsulot shu orada yana bir bor saralanishi ham mumkin.

Qanday tipdagi maydalash apparatini tanlash xomashyo turiga bog'liq. Misol uchun, zich ohaktoshlar jag'li maydalagichlarda maydalanadi. Bo'sh karbonat jinslar, asosan, bo'rni maydalashda ularni ishlatib bo'lmaydi. Chunki maydalagichlarga yopishib qolishi mumkin. Shuning uchun tishli valslar ishlatiladi.

Zich ohaktoshlar SM—11A va SM-16 A markali maydalagichlarda yaxshi maydalanadi (11-jadval).

11-jadval.

Jag'li maydalagichlarning texnik tavsifi.

Ko'rsatkichlarning nomi	Maydalagich turi	
	SM-11 A	SM-16 A
Solish teshigining o'lchami, mm	400x600	600x900
Solinayotgan material bo'laklarining ruxsat etiladigan eng katta o'lchamlari, mm	350	500
Chiqish teshigining eni, mm	60 gacha	150 gacha
Ishlab chiqish unumi, m ³ /soat	12—15	70
Elektrodvigatelning belgilangan quvvati, kv	23,5	80

Maydalangan mahsulotda o'lchami har xil donalardan taxminan qancha bo'lishini (maydalagich chiqish teshigining eniga qarab) 12-jadvalda keltirilgan ma'lumotlardan bilish mumkin.

12-jadval.

Jag'li maydalagichda maydalangan mahsulotning dona tarkibi.

Donalarning o'lchami, mm	Donalarning foiz hisobidagi miqdori (maydalagich chiqish teshigining eni quyidagicha bo'lganida, mm)	
	60	100
0—5	5	3
5—20	17	11
20—40	30	16
40—80	48	46
80—120	—	24

Ko'rinib turibdiki, chiqish teshigi tovar fraksiyasining eng katta o'lchamidan kattaroq maydalagich ishlatish hamda yopiq chizma bo'yicha maydalash maqsadga muvofiqdir. Bu holda maydachuyda chiqindi kam bo'ladi. Misol uchun 40—80 mm o'lchamda maydalash uchun chiqish teshigi 60 mm maydalagich ishlatish kerak bo'lsa, unda maydalangan mahsulotda 48% tovar fraksiya, chiqish teshigi 100 mm bo'lsa, taxminan $46+24 \cdot 0,46=57\%$ tovar fraksiya hosil bo'ladi. Chunki 80 mm dan yirik bo'laklarni ikkinchi marta maydalash 9% ga yaqin tovar mahsulot beradi.

Maydalangan ohaktoshni elash uchun har xil saralagich sim g'alvir, shu jumladan, uch elakli eksentrik saralagich ishlatiladi (13-jadval).

13-jadval.

Ohaktoshlarni elash uchun ishlatiladigan saralagich sim g'alvirning texnik tavsifi.

Ko'rsatkichlar nomi	Sarialagich turi	
	SM-96	SM-61
Elako'lchamlari, mm	750x2000	1230x3050
Elaklar soni, dona	3	3
Elak teshiklarining o'lchamlari, mm	60x60	32x32
Ishlab chiqarish unumi, m ³ /soat	13-16	60
Elektro yuritgich quvvati, kv	3,2	7,8

Elak teshiklarining o'Ichamlari ohaktosh donalari qanday yiriklikda bo'lishi kerakligiga qarab tanlanadi. Tanlanayotganda shuni nazarda tutish kerakki, elak teshiklarining o'Ichami kichraysa, saralagich sim g'alvirning unumi ham keskin kamayadi. Elaklarni almashtirayotganda saralagich sim g'alvir talab qilgan darajada unumli ishlatiladigan bo'lishiga qarab tekshirilishi lozim.

Ohaktosh sifati belgilariga qarab saralanadi. Tarkibida ko'p gil yoki qum aralashma bo'lgan ohaktoshlarni ajratib tashlash kerak, aks holda, kuydirish haroratida bunday ohaktosh qisman erib yumshaydi va katta bo'lak-bo'lak bo'lib qotib qoladi yoki pech qoplamaga yopishib, shixtaning osilib qolishiga sababchi bo'ladi.

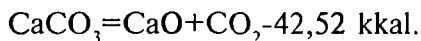
Ohaktoshlarni konning o'zida maydalab, elab, saralab olgan ma'qul. Shunda uni tashish arzonga tushadi, ohaktosh chiqindilarini to'kish joylari osongina topiladi.

Pech tinimsiz ishlashi uchun pech sexdagi sarflash bunkerlarida pechning butun bir yoki ikki smena davomida (maydalagich-saralagich, uskunaning ishlash rejimiga qarab) to'xtovsiz ishlab turishi uchun yetarli miqdorda mayda ohak zaxirasi saqlanadi. Zavod xomashyo bazasi yaqinida bo'lsa, omborda uch kunlik xomashyo zaxirasi turishi kerak. Zavod tashib keltiriladigan xomashyo hisobiga ishlasa, bir oylik ohaktosh zaxira saqlanadigan ombor quriladi.

Omborlarga tashish ishlarini qo'lda bajarish o'rniqa mexanizmlar vositasida bajarish imkonini beradigan tuzilmalar o'rnatiladi.

2. Ohaktoshni kuydirish.

Ohaktoshni kuydirayotganda sodir bo'ladigan jarayonlar. Ohaktoshga yuksak harorat ta'sir qildirilganda kalsiy karbonat quyidagi formula bo'yicha parchalanadi:



Magniy karbonati ham shu tariqa parchalanadi (II bobga qarang).

Keltirilgan tenglama shuni ko'rsatadiki, 1 gramm molekula kalsiy karbonat parchalanishi uchun 42,52 kkal issiqlik, 1 kg

CaCO_3 parchalanishi uchun esa $\frac{42,52 \cdot 1000}{100} = 425,2$ kkal issiqlik sarf qilinadi. Bu yerda: 100— CaCO_3 ning gramm hisobidagi molekulyar og'irligi.

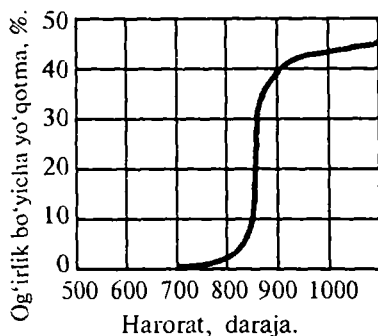
Kalsiy karbonatning parchalanishi nazariy jihatidan 600°C da boshlanadi, biroq 850°C gacha nihoyatda sust o'tadi. Harorat yanada

ortishi bilan parchalanish jarayoni keskin tezlashadi (bu 1-rasmdan yaqqol ko'rinib turibdi); harorat 850°C dan 900°C gacha ko'tarilganida CaCO_3 amalda to'la parchalanib bo'ladi. Bu ma'lumotlar laboratoriyada o'tkazilgan tadqiqotlar uchun xos. Amalda esa kuydirish harorati birmuncha yuqori $1000\text{--}1100^{\circ}\text{C}$ gacha olinadi (kuydirish jarayonini tezlashtirish maqsadida). CaCO_3 ning parchalanish reaksiyasi qaytar reaksiya-dir. Reaksiya CaO dan hosil bo'lgan mahsulotlar CO_2 bilan ta'sir etishib, yana CaCO_3 ga aylanishi mumkin. Kalsiy oksidi tez hosil bo'lishi uchun parchalanishning gazsimon mahsulotlarini darhol chiqarib tashlash kerak. Buning uchun, oldin eslatib o'tganimizdek, pechga tortuvchi mo'ri quriladi.

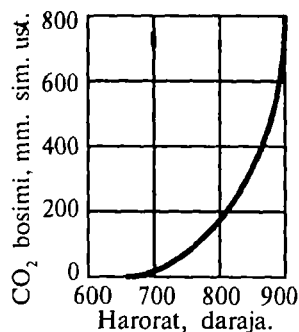
Kalsiy karbonatning parchalanishidan hosil bo'lgan karbonat angidrit gazining parchalanish tarangligi (parsial bosimi) harorat oshishi bilan keskin kuchayadi va 900°C d atmosfera bosimidan ortadi (2-rasm).

Demak, tez kuydirishning asosiy sharti yuksak harorat hosil qilish va kuydirilayotgan material massasidan CO_2 gazining uzluksiz ajralib chiqishi (ya'ni, pechda havoning ancha siyraklanishi)ni ta'minlashdan iborat.

Kuydirilayotganda ohaktosh muhim o'zgarishlarga uchraydi: karbonat angidrit ajralib chiqishi natijasida og'irligi kamayadi; kimyoviy sof kalsiy karbonatda 56% CaO va 44% CO_2 bo'ladi, u esa kuydirish davomida ajralib chiqadi. Og'irligining kamayishi kuydirilayotgan material tashqi o'lchamlarining kichrayishiga olib kelmaydi. Normal kuydirilgan ohaktosh bo'lagi hajman ko'pi bilan 20% kichrayadi. Og'irligining kamayishi hajman kamayishiga to'g'ri kelmasligi shuni ko'rsatadiki, kuydirilgandan keyin ohak g'ovak materialga aylanib qoladi.



1-rasm. Kalsiy karbonat parchalanishining tezligi.



2-rasm. CO_2 ning kalsiy karbonat ustidagi parsial bosimi.

Ohakning g'ovakligi uni so'ndirish jarayoniga yaxshi ta'sir qiladi: donalarning ichki qatlamlariga suv bemalol kirib boradi. Shuning uchun ham iloji boricha g'ovak ohak olishga, ya'ni kuydirilayotganda karbonat angidrit batamom ajralib chiqadigan bo'lishiga intilish kerak.

Qanchalik g'ovak bo'lishi kuydirish haroratiga ham bog'liqdir. Harorat ko'tarilgan sari kuydirilgan materialning bir qismi zichlanadi; kovaklari torayadi, natijada ohakni so'ndirish sharoitlari yomonlashadi. «O'ta kuygan» deb ataluvchi bunday ohak juda sust so'nadi. Bundan tashqari, qotib qolgan qurilish qorishmasida ham so'nish jarayoni ro'y berishi mumkin. Bu esa mexanik zo'riqishlarning paydo bo'lishiga va ayrim hollarda materialning buzilishiga olib kelishi mumkin. Demak, kalsiy karbonatning batamom parchalanishini ta'minlaydigan eng kam haroratda kuydirilgan ohak eng yaxshi mahsulot hisoblanadi.

Kuydirish harorati ohaktoshda gil aralashmalari va magniy karbonat bor-yo'qligiga qarab tanlanadi. Ohak ko'pincha gil aralashmalar tarkibida bo'ladigan nordon oksidlar SiO_2 , Al_2O_3 va Fe_2O_3 bilan reaksiyaga kirishganda kalsiy silikati, alyuminati va ferriti tipidagi murakkab birikmalar hosil bo'ladi. Bu birikmalar so'nmaydi va so'ndirilgan ohakni tayyorlash vaqtida yirik donalar ko'rinishida uchraydigan chiqindi hisoblanadi. Ohaktosh tarkibida gil aralashma juda ko'p bo'lib, ular ohaktoshda tekis joylashmagan hollarda ham ohaktosh o'ta kuyishi mumkin. CaO bilan kislota oksidlari o'rtasidagi reaksiya tezligi esa harorat ko'tarilishi bilan ortadi. Shuning uchun ham gil aralashmalari ko'p bo'lgan ohaktosh sof ohaktoshga qaraganda ancha past haroratda kuydirilishi kerak. $900\text{--}1000^\circ\text{C}$ xuddi ana shunday haroratdir.

Magniy karbonat borligi ham kuydirish haroratini tanlashga ta'sir qiladi. Chunki harorat $600\text{--}700^\circ\text{C}$ dan ortishi tufayli hosil bo'lgan magneziya o'zining bog'lovchilik xossalari va so'nuvchanlik qobiliyatini yo'qota boradi. Shu sababli tarkibida ko'p miqdorda magniy karbonat bo'lgan ohaktoshlarni iloji boricha past haroratda kuydirish kerak bo'ladi.

Kuydirish muddatining o'zi ko'p jihatdan kuydirilayotgan mahsulot bo'laklarining o'lchamiga bog'liq. Bu bog'liqlik (3-rasm) eng kam o'lchamdagi bo'laklar ishlatish qulayligini ko'rsatadi. Shunda kuydirish tezligi va pechning ishlab chiqarish unumi ancha oshadi. Chunki mayda bo'laklar butun qalinligi baravar CaCO_3 ning parchalanish haroratigacha tez qiziydi. Yirik bo'lakni qizdirish

uchun ko'p vaqt talab qilinadi. Chunki bu vaqtda markaziy qismni bevosita yuqori harorat ta'siriga uchrayotgan chekka qismidan ajratib turgan material qatlami qalinlashadi.

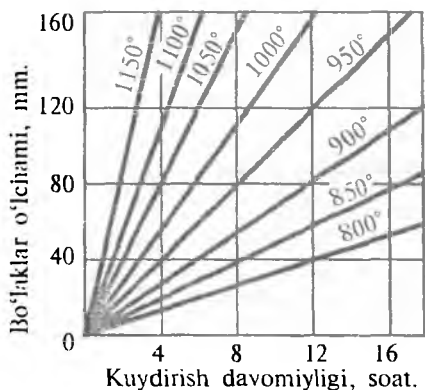
Yirik bo'laklarni ishlatish yana shuning uchun maqsadga muvofiq emaski, bunday holalarda material o'ta yoki chala pishishi mumkin. Bunda kuydirish jarayonini tezlashtirish uchun haroratini ko'tarishga to'g'ri keladi. Natijada tashqi qavatlar o'ta kuyadi, ichki qismlarida esa kalsiy karbonat

to'la parchalanmay, ya'ni chala kuyadi, boshqacha aytganda, ballast bo'ladi. Bunday ohak past sifatli bo'ladi: sekin so'nadi, tarkibida so'nmagan donalar ko'p bo'ladi.

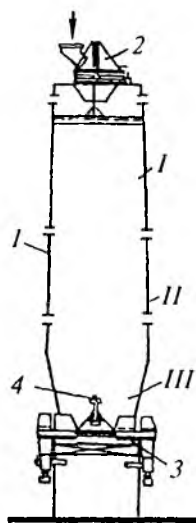
Ohak kuydirish pechlari. Ohaktoshlarni har xil tizimdagi pechlarda, ya'ni xumdon, halqasimon, shaxta va aylanma pechlarda kuydirish mumkin. Hozirgi vaqtda ohaktoshlarni muallaq holatda yoki qaynoq qatlam holida kuydirish agregatlarini o'zlashtirish borasida katta ishlar olib borilmoqda.

Xumdon va halqasimon pechlar kam unumli, sermehnat va yoqilg'i ko'p sarf bo'ladigan pechlardir. Shuning uchun ham bunday pechlardan ishlab chiqarish hajmi kichik zavodlarga foydalaniladi. Pechlarda yirikligi 300 mm gacha ohaktosh bo'laklari ishlatiladi, material solish va uni olish ishlarini mexanizatsiyalashtirib bo'lmaydi. Mana shularning hammasi bu pechlarning ishlatilish sifatiga yomon ta'sir qiladi. Yangi qurilayotgan zavodlarda bunday pechlar ishlatilmaydi.

Shaxta pechlar. Shaxta pechning (4-rasm) ishlash tarzi quyidagilardan iborat. Xomashyo materiallar solish mexanizmi (2) yordamida pech (1) shaxtasiga bir xil miqdorda ketma-ket



3-rasm. Ohaktoshni kuydirish muddatining harorat va bo'laklari o'lchamiga bog'liqligi.



4-rasm. Shaxta pech tasviri.

yoki vaqti-vaqti bilan solib turiladi. Pishgan materiallar shaxta ostidan maxsus bo'shatish mexanizmi (3) bilan ketma-ket bo'shatib olinaveradi. Material shaxta ostidan taroq (4) orqali keladigan havo bilan sovitiladi. Kuydiriladigan material shaxtada yuqoridan pastga, havo harakatiga qarama-qarshi yo'nalishda tinimsiz suratda surilib turadi: avvalo qizitish zonasi (I) ga o'tadi, bu yerda kuydirish zonasidan kelayotgan qizigan gazlar ta'sirida quriydi, kuydirish haroratiga qadar qiziydi va undagi organik aralashmalar kuyib ketadi; kuydirish zonasi (II) ga keladi; bu yerda kalsiy karbonat parchalanish mahsulotlari chiqarib tashlanadi; keyin sovitish zonasi (III) ga o'tadi; bu yerda kuydirganda qizib ketgan material pechga yuborilayotgan sovuq havoda soviydi.

Issiq gazlar va materialning qarama-qarshi yo'nalishda harakat qilishi chiqib ketayotgan gazlar issig'idan hozirgina solingan xomashyoni isitish uchun, kuydirilgan material issig'idan esa kuydirish zonasiga kelayotgan havoni isitish uchun foydalanish imkonini beradi. Bunda shaxta pechlarda mahsulotni kuydirishga kam yoqilg'i sarflanadi.

Materialni pechning kuydirish kanali uzra surilishi uchun ham juda oz energiya sarflanadi (material o'z og'irligi ta'sirida surila boradi), pechga material solish va uni olish ishlarini to'la mexanizatsiyalashga imkon tug'iladi. Mana shularning hammasi shaxta pechlar qimmatini oshiradi.

Pechdagi gazsimon mahsulotlarni chiqarib yuborish va shaxtada havo hamda gaz bimalol harakat qila olishi uchun mo'ri yordamida zarur siyraklanish («dam») hosil qilinadi. Siyraklanish darajasi material dona tarkibiga va bo'laklarining qanchalik yirikligiga bog'liq. Bo'laklari mayda yoki yirik bo'laklar bilan birga, maydasi ham bo'lgani taqdirda siyraklanish darajasi ortadi. Siyraklanish darajasi odatda 60—200 mm suv ustuni o'lchamga to'g'ri keladi.

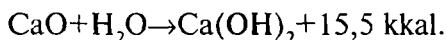
Pechda havo siyraklangani sababli tashqaridan havo so'rilishi hisobiga yoki shaxtaning ostki qismiga o'rnatiladigan havo ventilyatori yordamida sun'iy yo'l bilan uzatilishi mumkin. Havo 300—600 mm suv ustunigacha bosim ostida uzatiladi. Sun'iy dam berayotganda gazlarning harakat tezligi oshadi, gazlar bilan kuydirilayotgan material o'rtasidagi issiqlik almashuvi yaxshilanadi, natijada pech unumi oshadi.

Havo shaxtaning ostidan bevosita olish tuzilmasi tagiga yuboriladi.

17. So'ndirilgan ohak

Ohakni so'ndirish jarayonlari. Ohakni so'ndirishdan maqsad — tuyilgan ohak olishdir. Mayda ohakning, ya'ni yarim tayyor mahsulot hisoblanadigan kesakning qaynama-ohakdan farqi shuki, u bog'lovchi sifatida ishlatilishi mumkin. Qaynama-ohak suv ta'sir qilganda o'z-o'zidan parchalanib, kukunga aylanadi.

Nihoyatda mayda mahsulot olish uchun juda oz energiya sarf qilinishi va so'ndirish qurilmasi oddiy bo'lgani uchun ohak maydalashning bir necha ming yillardan beri ma'lum bo'lgan bu usuli keng qo'llanib kelinmoqda. Qancha suv quyilganiga qarab ohakni juda mayda quruq kukun va ohak-xamir holatida so'ndirish usullari bor. Ohakni so'ndirish jarayoni quyidagi reaksiya natijasida sodir bo'ladi:



O'ngdan chapga yo'nalgan chiziqli reaksiya qaytar reaksiya ekanligini ko'rsatadi, ya'ni tegishli sharoitlarda avvaliga hosil bo'lgan kalsiy oksidi gidrati Ca(OH)_2 ning kalsiy oksidi (CaO) va suv (H_2O) ga parchalanishi mumkin. Ohakni so'ndirayotganda juda ko'p, ya'ni 1 gramm-molekula ohakka 15,5 kkal yoki 1 kg dan 277 kkal issiq ajraladi. So'ndirilayotgan mahsulot harorati ko'tarilib ketishi natijasida Ca(OH)_2 parchalanishi mumkin. Lekin 547°C haroratda, ya'ni suv bug'larining Ca(OH)_2 ustidagi parsial bosimi atmosfera bosim bilan tenglashganidagina batamom parchalanadi. Parchalanish ancha past, qariyb 300°C haroratda ham sezilarli bo'lishi mumkin.

Muhit yetarli darajada ancha nam bo'lsa va harorat ko'tarilishiga yo'l qo'yilmasa, jarayon talab qilingan yo'nalishda o'tadi va qaytar reaksiya bo'lmaydi. Ohakni so'ndirayotganda ana shu narsa hisobga olinadi.

Kesak-ohak so'ndirish vaqtida hosil bo'ladigan suv bug'larining dispersirlash, ya'ni parchalab bo'lib yuborish ta'siri natijasida zarrachalarining o'rtacha o'lchami 0,01 mm dan oshmaydigan nihoyatda mayda kukunga aylanadi. Ohak zarrachalarining ich-ichiga kirib ketgan nam CaO bilan o'zaro kimyoviy ta'sir etishuvida ajralib chiqqan issiqlik suvni bug'ga aylantiradi. Bug' hajmi suyuq faza hajmiga qaraganda keskin kengayishi natijasida ohak zarrachalarida ichki cho'zuvchi zo'riqishlar paydo bo'ladi va ohak

maydalanadi. Natijada so'ndirish mahsuloti (kukun ohak) yanada g'ovaklashadi va uning tashqi hajmi so'ndirilmagan ohak hajmiga nisbatan kengayadi. Hajmining taxminan 2—3,5 baravar kengayishi ohak sifatiga bog'liq bo'ladi (1-nav oz magnezialli ohak hajmi hammadan ko'p kengayadi).

Ohakni kukun ohak, ya'ni po'k mayda zarrachali quruq kukun holigacha so'ndirayotganda, nazariy jihatdan hisoblaganda so'ndirilmagan ohak og'irligining 32,1% gacha suv talab qiladi. Biroq suv juda ko'p bug'lanishini hisobga olib, uning miqdori ohak tarkibidagi kalsiy oksid miqdoriga qarab 2—2,5 baravar ko'paytiriladi, ya'ni o'rtacha hisobda qaynama-ohak og'irligining 60—75% gacha suv qo'shiladi. Tarkibida kalsiy oksidi ko'p bo'lgan ohaklarga magnezial, yo dolomit ohaklarga nisbatan ko'p suv talab qilinadi.

Ortiqcha suv ohakni so'ndirayotganda ajralib chiqqan issiq ta'siridan bug'lanib ketadi. Natijada so'ndirilgan mahsulot quruq kukundan iborat bo'lib qoladi.

Ohakni ohak xamiri holatiga qadar so'ndirish uchun kukun ohak holigacha so'ndirayotgandagiga qaraganda ancha ko'p suv solinadi. Bu holda ham suv miqdori ohak tarkibida CaO va magniy oksidi bilan gil aralashmalardan qancha borligiga bog'liq. Ammo o'rtacha hisobda 1 og'irlik qism qaynamaga 2—3 og'irlik qism suv sarflanadi.

Ohakni so'ndirish tezligi va natijalari esa uning kimyoviy tarkibi, kuydirish harorati va rejimiga, ohak qancha saqlangani va so'ndirish uchun qancha suv solinganiga bog'liq bo'ladi.

Havoda qotadigan ohakning asosiy qismini kalsiy oksidi tashkil qiladi. Biroq yuqorida aytib o'tilganidek, ohakda CaO dan tashqari ozmi-ko'pmi magniy oksidi va gil aralashmalar bo'ladi. Ularning bir qismi CaO bilan kimyoviy birikma tarzida birikishi mumkin, qolgan qismi esa erkin holda qoladi. MgO va gil aralashmalar borligi sababli so'nish jarayoni sustlashadi va so'ndirilgan ohak sifati yomonlashadi. Ulardan qancha borligiga qarab, kuchli ekzotermiyaga ega bo'lgan, tez so'nadigan va plastik, mayda dispers (ushlab ko'rganda yog'li) xamir hosil qiladigan ohak yoki so'ndirganda kam issiq chiqaradigan, sust so'nadigan va so'nish mahsulotida parchalanmagan yirik zarrachalar ko'p uchraydigan shirasiz ohak hosil qilinishi mumkin. Shuni nazarda tutish kerakki, qurilishbop qorishmalar tayyorlayotganda shirali ohak shirasiziga qaraganda kam talab qilinadi.

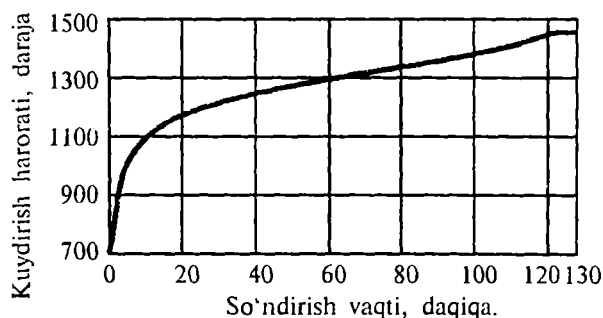
Magniy oksidi 5% dan ortiq bo'lsa, ohak sezilarli darajada shirasizlanib qoladi. 3—4% dan ortiq gil aralashma bo'lsa, ohak odatda ancha shirasizlanadi. Ohak magniy oksidi tufayli shirasizlanishiga sabab shuki, MgO sekin so'nadigan modda, kuydirish harorati oshishi bilan uning so'nish jarayoni yanada sekinlashadi.

Bug' bosim ortishi bilan magniy oksidining so'nish jarayoni keskin kuchayishi aniqlangan. Shu tariqa, so'ndirishning avtoklav (14 ati gacha bug' bosimida) usuli paydo bo'ldi. Bu usul MgO dan ko'p bo'lgan taqdirda ham nihoyatda sifatli mahsulot olishga imkon beradi.

Ohakning so'nish tezligi suv haroratiga ham bog'liq. Chunki sovuq suv ishlatganda issiqning anchagina qismi ohak bo'laklarini maydalab yuboradigan bug'ning hosil bo'lishi uchun emas, balki suvni isitishga sarf bo'ladi. Bug' hosil bo'lish jarayoni sekinlashsa, hosil bo'lgan kalsiy gidrat oksidining ohakning gidratlanmagan zarrachalari yuzasida qatlamlanib qolishini keltirib chiqaradi. Shunda suvning yangi zarrachalar yuzasiga o'tishi qiyinlashadi. Natijada so'ndirish jarayoni sekinlashadi. Ohak aralashtirib turilganda, bu jarayon unchalik kuchli bo'lmaydi, chunki bu holda $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pardasi buziladi va suv yangi zarrachalarga bimalol o'tib kelaveradi.

Amalda so'ndirish jarayonini tezlatish uchun 40—50°C gacha isitilgan suv ishlatiladi va ohak yaxshilab aralashtirib turiladi. Suvga ba'zi xlorli tuzlar, ya'ni CaCl_2 , NaCl solinganda ham so'nish jarayoni sezilarli darajada tezlashadi. Chunki tuzlar ta'sirida ohak ancha eruvchan bo'lib qoladi. Sulfat kislotasi yoki uning tuzlari qo'shilsa, so'nish jarayoni

sekinlashadi: ohak bilan reaksiyaga kirishib, qiyin eruvchan kalsiy sulfatini hosil qiladi. Ohak zarrachalari ustida kalsiy sulfatining paydo bo'lishi suvning zarracha ichiga kirishiga to'sqinlik qiladi.



5-rasm. Ohak so'ndirish muddatining ohaktoshni kuydirish haroratiga bog'liqligi.

5-rasmda ko‘rinib turibdiki, kuydirish harorati qanchalik yuqori bo‘lsa, ohak shunchalik sekin so‘nadi. Sababi shuki, kuydirish haroratini oshirganda kuydirilgan ohaktosh zichlashib, g‘ovakligi kamayib, ular torayadi: bunday sharoitlarda suv yaxshi o‘ta olmaydi va so‘nish jarayoni sekinlashadi.

Ohak uzoq vaqt saqlanganida uning so‘nuvchanligi sustlashadi. Chunki ohak havodagi nam va karbonat angidritni o‘ziga tortib oladi, zarrachalari yuzasida suvning o‘tishiga to‘sqinlik qiladigan va uncha-munchaga erimaydigan kalsiy karbonat hosil bo‘ladi. Hozirgina kuydirilgan ohak juda tez so‘nadi va undan boshqa sharoitlarda ancha shirali ohak xamiri hosil bo‘ladi.

So‘ndirish uchun qancha suv olingani so‘nish jarayoni tezligiga va so‘ndirilgan ohak sifatiga katta ta‘sir qiladi. Suv keragidan ko‘p bo‘lsa, (xamir holatigacha so‘ndirishda) suvi kam vaqtdagi (kukun ohak holigacha so‘ndirish)ga qaraganda birmuncha dispers ohak hosil bo‘ladi. Suv yetishmasligi natijasida ohak «kuyishi», ya‘ni hozirgina kuydirilgan zarrachalar yuzasida qalin $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pardasi hosil bo‘lishi mumkin. Pardadagi suv unga tegib turgan kalsiy oksidi qatlamlarining parchalanishiga sarf bo‘lib, parda yanada qalinlashadi.

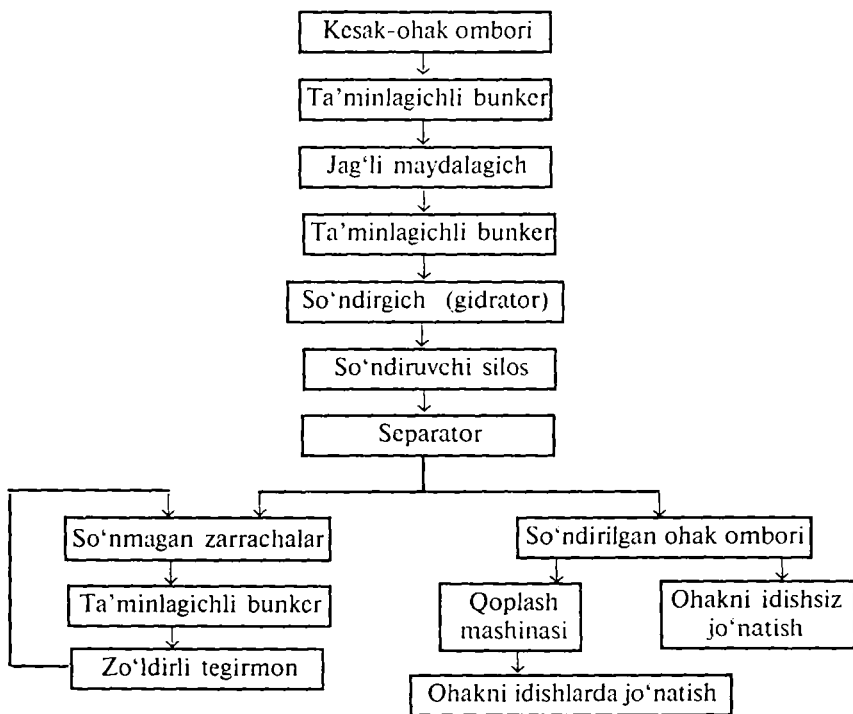
Ohak zarrachalarining mayda-yirikligi ham unga sezilarli darajada ta‘sir qiladi: qanchalik mayda bo‘lsa, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ zarrachalari shunchalik tez va to‘la hosil qiladi. Shuning uchun ham kesak-ohak avvaliga 5—10 mm o‘lchamda maydalaniladi. Misol uchun, silikat avtoklav buyumlar ishlab chiqarayotganda maydalab, kukunsimon holatida so‘ndiriladi.

18. Gidrat-kukun ohak

Ohak qurilish maydonlari sharoitida ishlatilayotganda, u oz-ozdan qo‘lda so‘ndiriladi. Bu holda qaynama 20 sm gacha qalinlikda yoyiladi va har qaysi yoymaga suv sepiladi. 1—1,5 m balandlikdagi ohak uyumiga kamida 10 mm qalinlikda qum sepiladi (suv bug‘lanmasligi uchun) va mayin kukun hosil bo‘lgunicha shu holda qoldiriladi. So‘nmagan zarrachalarni ajratib tashlash uchun kukun ishlatishdan oldin elanadi. So‘nmagan zarrachalar ikkinchi marta uzoqroq so‘ndirib ko‘riladi yoki chiqindiga tashlanadi.

Qo‘lda so‘ndirganda undan sifati past ohak chiqadi, chiqindi ko‘p bo‘ladi. Shuning uchun ham qurilish buyumlari ishlab chiqarish uchun zarur ohak mexanizatsiyalashgan usulda so‘ndiriladi.

Kukun-ohak tayyorlash texnologik chizmasi.



Ombordan kesak qaynama-ohak maydalash uchun yuboriladi va 5—10 mm o'lchamda maydalanadi. Qanchalik maydalanishi ohak tarkibidagi MgO miqdoriga bog'liq. Magnezial va dolomit ohak 3—5 mm o'lchamda maydalaniladi.

Zich ohaktoshlarni kuydirish natijasida hosil bo'lgan ohak jag'li maydalagichlarda, nisbatan bo'sh ohak valli maydalagichlarda maydalanadi. Bolg'achali maydalagichlar ishlatsa ham bo'ladi.

Maydalangan mahsulotlar vaqti-vaqti bilan yoki uzluksiz ishlaydigan gidratorlarga yuboriladi: birinchisiga ma'lum miqdorda ohak solinib, so'ndirilgan ohak ham peshma-pesh olib turiladi.

Vaqti-vaqti bilan ishlaydigan gidratorda ohakni batamom so'ndirib bo'lmaydi. Shuning uchun silosga yuborib, 1—2 sutka ushlab turiladi. Siloslardan ohak ta'minlagich yordamida peshma-pesh olib turiladi. Silosga qancha ohak solinishi zavodning ishlab chiqarish unumiga va ohakni so'ndirish vaqtiga bog'liq. Kukun-ohak siloslardan so'nmagan zarrachalarini ajratib tashlash uchun separatorga yuboriladi.

Uzluksiz ishlaydigan parrakli gidratorda oz magnezialli ohak batamom so'nadi, separatsiyagacha silosda tutib turilmaydi. Biroq magnezial va dolomit ohakni bu gidratorda ham batamom so'ndirib bo'lmaydi. Buning uchun bir oz silosda so'ndirish kerak bo'ladi.

Separatoridan ohak mayda kukun tayyor mahsulot omboriga yuboriladi, yirik so'nmagan donalari esa bir yoki ikki bo'lmali zo'ldirli tegirmonda mexanik usulda maydalanadi va ikkinchi bor so'ndirish uchun yana silosga solinadi. Quyida (14-jadval) ayrim separatorlar ishini ta'riflaydigan ma'lumotlar keltirilgan.

14-jadval.

Havo separatorlarining texnik tavsifi.

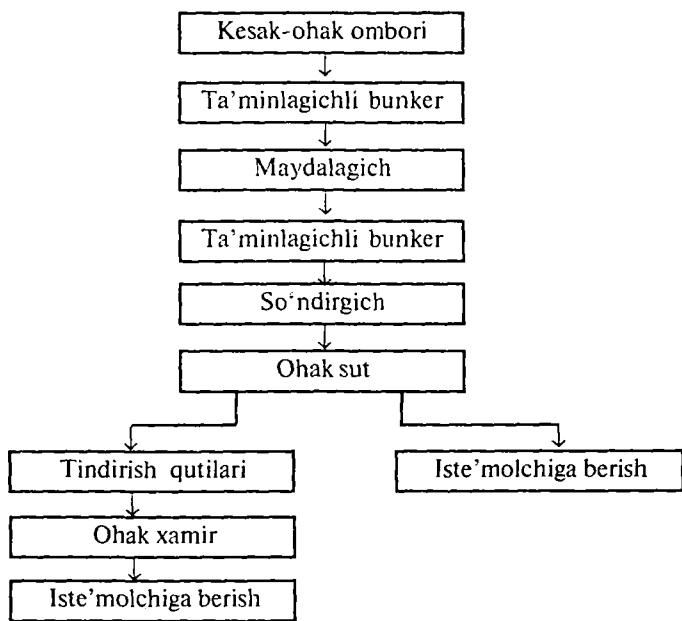
Ko'rsatkichlar nomi	Separator tipi			
	379	268	2701	2702
G'ilof diametri, mm	1800	2500	2800	3700
Vertikal valning aylanishlar soni	375	350	310	240
Elektr dvigatelining zarur quvvati, kVt	4	5,3	7,6	11
Ish unumi (mayda tuyilish darajasi 0085 raqamli elakda qolgan qoldiqqa qarab aniqlanadi), m/soat				
15—18%	2,5—3	10—12	18—20	32—35
8—10%	2—2,5	8—10	12—15	21—26
3—5%	1,5—2	6—8	10—12	18—21
1—2%	0,75—1	3—4	5—6	9—11
0—0,5%	0,4—0,6	1,8—2,4	3—4	5—7

So'ndirilgan kukun-ohak iste'molchilarga qog'oz qoplarda yoki idishsiz konteynerlarda yoki maxsus jihozlangan transportda yuboriladi.

19. Ohak xamiri

Ohak xamirini tayyorlash uchun ohak qo'lda yoki mexanizat-siyalashgan usulda so'ndirilishi mumkin. Qurilish maydonlarida oz-ozdan ohak kam ishlatilishi kerak bo'lgan vaqtlarda birinchi usuldan foydalaniladi. Buning uchun ohak qoriladigan qutiga solinadi. Qutida kesak-ohak mo'l suv ta'siridan sutga aylanadi. So'ngra tinishi va suvsizlantirish uchun chuqurligi 1,5—2 m bo'lgan qoruvchi o'raga quyiladi. O'ra yog'och taxta yoki boshqa material bilan o'ralgan bo'ladi. Shuning uchun ham suv yerga shimiladi.

Qurilishbop qorishma zavodda ishlanadigan hollarda ohak mexanizatsiyalashgan usulda quyidagi texnologik chizma bo'yicha ohak xamiriga aylantiriladi:

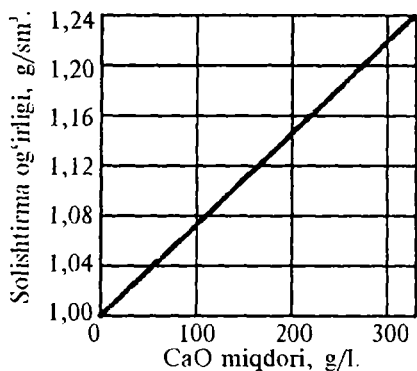


O'raga solingan ohakning ostki qatlamlarida so'nmagan yirik donalari ko'p bo'ladi. Binobarin, qorishmaga ostki qatlamdagi ohakni solishdan avval so'nmagan donalarni batamom ajratib tashlash kerak. Hozirda ohak ayrim hollardagina qo'lda so'ndiriladi. Oz bo'lsa ham, ohak xamiri mexanizatsiyalashtirilgan zavodlardan markazlashgan tartibda olib kelinadi.

5—10 mm o'lchamda bir sidra maydalab olingan kesak ohak so'ndirgichga solinadi va sut holigacha so'ndiriladi, so'ngra maxsus qutilarda talabdagidek xamir hosil bo'lgunicha suvsizlantiriladi.

Gidrotator ishlayotganda CaO kamaygani yoki ko'payganini bilib borish uchun ohak suti solishtirma og'irligini tekshirib turish kerak (6-rasm).

Ohak suti xamir holigacha suvsizlantirilishi uchun sig'imi 100 m³ va bundan ortiq filtrli idishlar ishlatiladi. Filtr diametri 50—60 mm li quvurdan iborat, quvurning boshidan oxirigacha qum bilan to'lg'azilgan teshikchalari bo'ladi. Ortiqcha suv teshikchalardan idish baravari quvurga qumdan singib oqib tushadi,



6-rasm. Solishtirma og'irligi har xil ohak sutidagi CaO miqdori.

ohak donalari qumda ushlanib qoladi. Suv yig'gichga tushadi.

Idishlardagi ohak xamiri titratmanasoslar bilan bo'shatib olinadi. Ohak xamiri vibratsiya ta'sirida oquvchan massaga aylanadi. Shuning uchun ham uni nasoslar bilan boshqa joyga haydash mumkin. Sokin holatida quyuuq massaning o'zginasidir¹.

So'ndirilgan ohak qorishma zavodlarida xamir va sut holida ishlatilishi mumkin. Sut holida ishlatiladigan ohak suti suvsizlantirilmaydi va to'g'ridan-to'g'ri qorishma qorgichga uzatiladi.

20. So'ndirilmagan tuyilgan ohak

So'ndirilmagan tuyilgan ohak ishlatayotganda so'n-magan zarrachalar holidagi chiqindi bo'lmaydi (oddiy usulda so'ndirilganda 20% va bundan ortiq so'n-magan zarracha qoladi). Kalsiy silikatlar va alyuminatlari esa mayda tuyilgan holda bo'ladi. Bu hatto ohak sifatini ancha yaxshilaydi va uning suvga chidamliligini oshiradi.

Kesak ohak ombordan maydalashga uzatiladi va tegirmonda yaxshi tuyilishi uchun 15—20 mm o'lchamda maydalanadi.

Tuyadigan agregatlar sifatida bir bo'lmali shar tegirmonlar SM—15 va SM—174 hamda ikki bo'lmali SM—14 tipidagi tegirmon ishlatiladi. Ayrim hollarda A va B tipidagi aerobil tegirmon ishlatilishi mumkin (15-jadval).

Ohakni nihoyatda mayin maydalash uchun vibratsion tegirmonlar ishlatiladi. Kesak ohakda o'ta kuygan donalar juda ko'p (3—5% dan ortiq) bo'lganida, ana shunday maydalanadi. Ohakni vibratsion tegirmonga solishdan oldin ko'pi bilan 2 mm o'lchamgacha shar yoki bolg'achali tegirmonlarda maydalab olinadi.

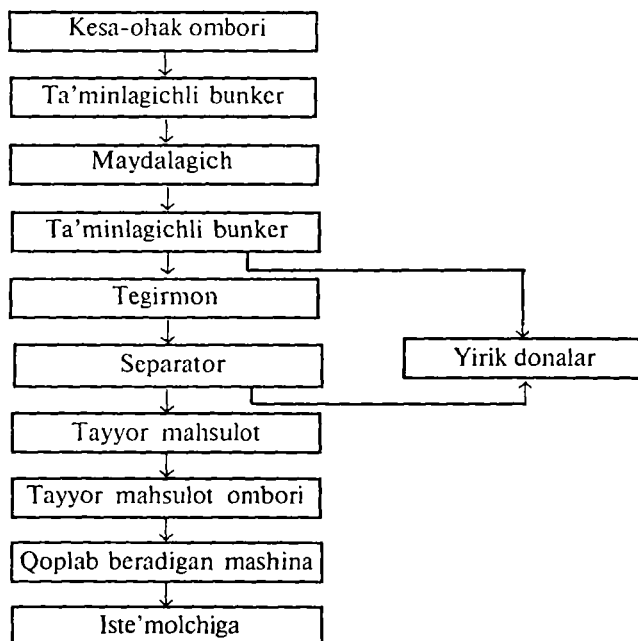
¹ Kolloid tizimlarning silkitganda, urganda yoki qimirlatib turganda suyultirgan va sokin holatida quyuladigan xossalari tiksotrop xossalari, tizimlari esa tiksotrop tizimlar deb ataladi.

Tegirmonlarning texnik tavsifi.

Ko'rsatkichlar nomi	Zo'ldirli tegirmon			Aerobil tegirmon	
	SM-15	SM-174	SM-14	A	B
Barabanning ichki diametri, mm	900	1500	1500	—	—
Barabanning ish uzunligi, mm	1800	1500	5700	—	—
Ish unumi (maydaligi 009 raqamli elakda 15% qoldiq qolishiga qarab aniqlanadi) m/soat					
Ohak bo'yicha	0,8	2	5,1	2,3	4,6
Ohaktosh bo'yicha	0,7—1	1,6—2,4	1—6	1,8—2,8	3,6—5,6
Donador domna shlaki bo'yicha	0,5	1,1	2,8	1,3	2,6
Elektr dvigatelining quvvati, kVt	19,7	55	130	50	90

Yopiq siklda tuyilib, maydalangan mahsulot separatorda elanadi. Yirik donalari separatorda qaytadan maydalashga, maydasi esa tayyor mahsulot omboriga yuboriladi. Shuni nazarda tutish kerakki, so'ndirilmagan tuyilgan ohak ishlab chiqarish uchun ko'p, ya'ni 1t ohakka 30—40 kVt-soat va bundan ham ortiq elektr energiyasi sarflanadi. Holbuki, so'ndirilgan ohak ishlab chiqarish uchun atigi 4—5 kVt-soat elektr energiya talab qilinadi.

So'nmagan tuyilgan ohak quyidagi chizma bo'yicha ishlanadi:



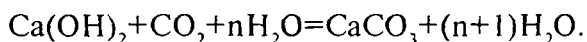
So'ndirilmagan tuyilgan ohak iste'molchilarga berk metall konteynerlarda yoki bitumlashtirilgan qog'oz qoplarda jo'natiladi. Chunki tuyilgan qaynama-ohak havodagi nam ta'siridan tezda so'nishi mumkin, shu bilan kesaklashib, hajman kengayib ketadi va idishni yorib yuboradi. Bunday ohak bevaqt parchalanishi sababli kuydirilgandan keyin 30 sutkadan ortiq ushlab turilmasligi kerak. Bitumlashtirilgan qog'oz qoplarda kam magnezialli ohak 10 sutka, dolomit ohak 20 sutkadan ortiq turmasligi zarur.

21. Havoda qotadigan ohakning qotishi, xossalari va ishlatilishi

Ohak qotayotganida ro'y beradigan jarayonlar. Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, so'ndirilgan ohak qotayotganida qurilishbop qorishma tarkibiga kiradigan ohak xamirining plastik holatidan qattiq (xamir, toshdek qotadigan) holatga o'tishi faqatgina tegishli quruq havo sharoitida ro'y beradi.

Ohak xamiri bir qancha omillar, chunonchi, suvning bug'lanishi va kalsiy gidroksidining kristallanishi natijasida qotadi. Nami qochishi bilan kalsiy gidroksidining mayda zarrachalari o'zaro yaqinlashadi va qo'shilib, kristallar hosil qiladi. Suvi bug'langan sayin kristallar tobora ko'paya boradi, keyin ular o'zaro chatishib, ohak xamiri massasiga sanchilgan mustahkam kristall o'simtga aylanadi.

Karbonlashish ham ohak xamirining mustahkamlanishiga yordam beradi: ohak nam bo'lsa, havodagi karbonat angidritni o'ziga tortadi va quyidagi reaksiya bo'yicha kalsiy karbonatga aylanadi:



Ohak qorishmalar odatda unchalik chuqur karbonlashmaydi: bir necha oyda ko'pi bilan 5—7 mm ga boradi. Bunga sabab, ohak xamiri yuzasida hosil bo'ladigan CaCO_3 pardasi karbonat angidrit gazining kalsiy gidroksidiga singib borishiga ko'proq to'sqinlik qila boshlaydi. Shuni nazarda tutib, xulosa qilish mumkinki, karbonlashish ohak xamiri qota boshlaganda qurish jarayoni mustahkamligiga kam ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun ham ohak xamiridan ishlangan buyumlarning qotishi uchun qulay ochiq-

quruq havo sharoitlarini yaratib berish (buning uchun musbat harorat va atrofdagi muhit sal nam bo'lishi) kerak.

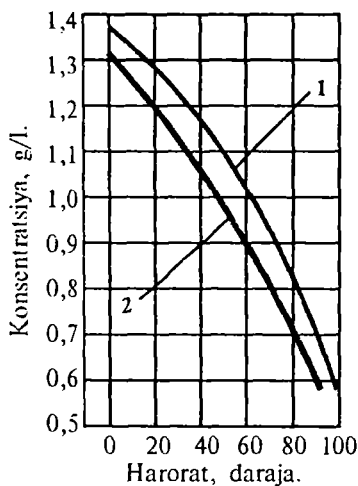
Ohak qorishma yuzasida kalsiy karbonat angidrit pardasi hosil bo'ladi, bunda buyumlarning suvga chidamliligi yanada oshadi. Kalsiy gidroksidi suvda juda yaxshi (1 litrda 1,3 grammgacha) eriydi (holbuki, kalsiy karbonat angidritining eruvchanligi bundan 40 baravar kam, ya'ni 1 litr suvda ko'pi bilan 0,03 g eriydi).

So'ndirilmagan tuyilgan ohak so'ndirilgan ohakka nisbatan birmuncha boshqacha tartibda qotadi. Uning kukuni suvda qorilganida nisbatan tez quyuqlashib, tez qotadigan plastik ohak xamiri hosil bo'ladi. Bu jarayonlar fizik-kimyoviy tabiati bilan gidravlik va gips bog'lovchi moddalar qotayotganda ro'y beradigan jarayonlarga o'xshab ketadi. Akademik A.A. Baykov (Rossiya) ta'limotiga ko'ra, bu jarayonlar quyidagi chizma bo'yicha davom etadi: erish — kolloidlanishi — kristallanishi.

Kalsiy oksidiga suv tegishi bilan eriydi va to'yingan eritma hosil qiladi. Shu birlan birga, CaO ham gidratatsiyalanadi. To'yingan CaO eritmasi Ca(OH)_2 ga nisbatan darhol o'ta to'yinib qoladi, chunki CaO ga nisbatan Ca(OH)_2 kam eruvchan. Ana shunday o'ta to'yingan eritmadan CaO ning to'yingan eritmaga mos konsentratsiyasi hosil bo'lgunicha qattiq modda ajralib chiqa boshlaydi.

Kalsiy gidroksidi to'yingan eritmadan mayda-mayda kolloid zarrachalar ko'rinishida ajralib chiqadi. Bu zarrachalar plastik xossalar tufayli aralashma zarrachalari orasidagi ishqalanishni kamaytirib, ohak xamiri (yoki qorishmabop aralashma) ning nihoyatda plastik bo'lib qolishiga yordam beradi.

Ohakning gidratlanuvchi yangi zarrachalari suvni shimib olishi va xamir haroratining ko'tarilishi natijasida tezda o'ta to'yingan eritma hosil bo'ladi. Harorat oshishi bilan ohakning eruvchanligi kamayadi (7-rasm). Holbuki, ko'pgina boshqa



7-rasm. Ca(OH)_2 va CaO larning haroratga qarab eruvchanligi:

1— CaO ; 2— Ca(OH)_2 .

bog'lovchi moddalarning eruvchanligi esa, aksincha, ortadi. Ohak xamiri CaO gidratatsiyalanayotganida ajralib chiqadigan issiq hisobiga qiziydi. Gidratatsiyalanayotgan ohak zarrachalari suvni shimishi aralashmaning tezda va tobora ko'proq zichlashishiga yordam beradi. So'ndirilgan ohak qotayotganda bunday bo'lmaydi. Chunki uning xamiri nihoyatda sersuv bo'ladi. Undagi suv esa faqat bug'lanish hisobigagina ajralib chiqadi.

Shunday qilib, so'ndirilmagan tuyilgan ohak xossalari tufayli qorishma tezda suvsizlanadi, ya'ni qotadi.

Keyinchalik so'ndirilmagan tuyilgan ohakning qotish jarayoni so'ndirilgan ohakning qotish jarayonidek davom eta beradi.

Shuni ta'kidlash kerakki, so'ndirilmagan tuyilgan ohakdan foydalanayotganda suv-ohak nisbati, ya'ni ohak yoki qorishma tayyorlash uchun olingan ohak og'irligiga nisbatan foiz hisobida (yoki ulushda) qancha suv quyilishi alohida ahamiyatga egadir. Qancha suv solinishi aniq belgilab olingandagina tuyilgan qaynama gidratatsion qotishining ijobiy xossalariidan yaxshi foydalanish mumkin. Ohak xamiri hosil qilish uchun yetarli suv quyilsa, qorishma tez suvsizlanmaydi va u qotmaydi. CaO gidratatsiyalanishi uchun zarur miqdordan 1,5—2 baravar (misol uchun, ohak og'irligidan 60—70%) ko'p suv solinsa, ohak xamiri judayam qizib va obdan bug'lana boshlaydi; ajralib chiqayotgan bug' jadal zichlashayotgan aralashmani buzadi.

Tajriba shuni ko'rsatdiki, suv ohak nisbati 100—150% atrofida bo'lganda gidratatsion qotish eng yuksak samara bilan namoyon bo'ladi (ohak sifatiga qarab). Magnezial va dolomitli ohak yoki tarkibida gil aralashmalari ko'pi bilan 3% bo'lgan ohaktoshlardan olingan ohak kam, shiralisi esa ko'p miqdorda suv talab qiladi. Birinchisining miqdori 100% atrofida bo'lsa, ikkinchisniki 150% dir.

Ohakning fizik-mexanik xossalari. Havoda qotadigan ohak ma'lum sifat ko'rsatkichlari bilan tavsiflanadi. Ana shu ko'rsatkichlariga ko'ra uchga bo'linadi (16-jadval).

1 kg kesak (so'ndirilmagan) ohak xamirning chiqishi deyiladi. Bu ishlab chiqarishda ohakning eng muhim xarakteristikasi hisoblanadi. Ohak xamiri qorishmada bog'lovchilik vazifasini o'taydi. U qum zarralarini sun'iy tosh qilib biriktiradi va qorishmabop aralashmaning ko'ngildagidek yoyiluvchan bo'lishini

ta'minlaydi. Boshqa bir xil sharoitlarda qorishmaning yoyiluvchanligi qorishma tarkibidagi ohak miqdoriga bog'liq bo'ladi. Demak, ohak xamiri qanchalik ko'p hosil bo'lsa, shunchalik kam qaynama-ohak talab qiladi.

16-jadval.

Havoda qotadigan qurilishbop ohakka nisbatan texnik talablar
(standart bo'yicha).

Ko'rsatkichlar nomi	Navi		
	1	2	3
A. So'ndirilmagan kesak yoki tuyilgan ohak: quruq moddaga hisoblaganda. Faol $\text{CaO} + \text{MgO}$ miqdori, %.			
a) qo'shilmasiz so'ndirilmagan ohakda, kamida;	85	70	60
b) qo'shilmali so'ndirilmagan ohakda, kamida.	64	52	—
Kesak ohakda so'ndirilmagan donalar miqdori, % ko'pi bilan.	10	20	25
B. Kukun holigacha so'ndirilgan gidrat ohak: Quruq moddaga hisoblaganda faol $\text{CaO} + \text{MgO}$ miqdori, %.			
a) qo'shilmasiz gidrat ohakda, kamida;	67	55	50
b) qo'shilmali gidrat ohakda, kamida.	50	40	30
Gidrat ohakning namligi, % (nam moddaga hisoblaganda), ko'pi bilan.	5	5	5
To'yish darajasi, %.			
063 raqamli elakdagi qoldiq, ko'pi bilan.	2	2	2
009 raqamli elakdagi qoldiq, ko'pi bilan.	10	10	10

Ohak xamirining ko'p-oz bo'lishi faol $\text{CaO} + \text{MgO}$, so'nagan donalar va kalsiy oksididan qancha borligiga bog'liq. Tarkibida CaOOZ bo'lgan magnezial va dolomit ohakdan oz magnezialli (tarkibida CaO ko'p) ohakka qaraganda kam ohak xamir hosil bo'ladi. Ohak xamirdan qancha hosil bo'lishi asosan zarrachalarning so'ndirgandan keyingi dispers — maydalik darajasiga bog'liq. Kalsiy oksidi mayda zarrachalargacha juda tez so'nadi. Holbuki, MgO va o'ta kuygan zarralar unchalik tez so'nmaydi. Kalsiy oksidining gil-aralashmalari bilan o'zaro ta'siridan hosil bo'lgan mahsulotlar esa yo butunlay so'nmaydi, yoki juda sekin so'nadi.

Ohakning shirali yoki shirasiz bo'lishi ham zarrachalarning maydalik darajasiga qarab aniqlanadi. Shirali ohak asosan o'lchamlari jihatidan kolloidlarga yaqin juda mayda Ca(OH)_2 zarrachalaridan tashkil topgan bo'lib, tarkibida so'nagan

donalar kam. Shirasiz ohak ancha dag'al so'nadi, so'nganda talaygina donalari parchalanmay qoladi.

1 kg kesak qaynama-ohakdan olinadigan ohak xamir hajmi, xamir tayyorlashning texnologik usullariga ham bog'liq. Bevosita kesak ohakni mo'l suv quyib so'ndirish yoki kukun-ohakka ko'ngildagidek xamir hosil bo'lgunicha suv quyib turish yo'li bilan ohak xamir olish mumkin. Tarkibi jihatidan ikkalasi ham bir xil bo'ladi. Biroq odatda kesak ohakni so'ndirganda kukun-ohakni so'ndirgandagiga qaraganda ancha ko'p ohak xamir hosil bo'ladi. Boshqa bir xil sharoitlarda bu hajmlar nisbati 5:3 bo'ladi. Gap shundaki, mo'l suv bilan so'ndirganda zarrachalarning maydalanish darajasi xiyla yuqori bo'ladi. Chunonchi, kukun-ohak zarrasining o'rtacha o'lchami 6—10 mk bo'lsa, sut holatigacha so'ndirilganda 1 mk bo'ladi. Oz suv quyganda, aftidan, so'ndirish mahsuloti bir oz kuydirib yuborilsa kerak¹.

Kesak qaynama-ohak bo'laklarining o'lchami ko'pincha ohak xamir miqdori (shuningdek, so'nish tezligi)ga katta ta'sir qiladi. Qaynama donalari ancha mayda bo'lsa, so'ndirganda nisbatan dispers mahsulot hosil bo'ladi va bu jarayon tezlashadi. Donalarining o'lchamlari 10 mm gacha bo'lgan so'ndirilmagan ohakdan ko'proq va yuqori sifatli ohak xamiri chiqadi.

Ohakning plastikliigi. Ohak qorishmabop aralashmalarni nihoyatda plastik (birikuvchan va yoyiluvchan) qiladi. Bu uning eng muhim xossalariidan biridir.

Ohak xamirining nihoyatda plastik bo'lishiga sabab shuki, ohak donalari o'z yuzasida suv qatlamini adsorbsion ushlab turadi. Shu sababli donachalar gidrodinamik moylanadi va ular o'rtasidagi ishqalanish kamayadi. Donalar qanchalik mayda bo'lsa, ularning solishtirma sirti shunchalik katta, bog'lovchilik xususiyati esa shuncha plastik bo'ladi. Ohak xamirining bu xossalari undan plastifikator sifatida foydalanishga imkon beradi. Binobarin, qorishma tayyorlash uchun ishlatiladigan sement tejaladi.

Aralash qorishmalarda portlandsementga qo'shiladigan ohakning ruxsat etiladigan miqdori har xil bo'lishi mumkin.

¹ Lekin, ohak kukun holigacha yaxshi so'ndirilgan va sof so'ndirilgan ohak bir necha kun suvda bo'lsa, deyarli kesak-ohak ishlatgandagicha ohak xamir olinishi mumkin.

Masalan, quruq sharoitlarda foydalanayotganda I va II sinf binolari uchun qo'shilma va sementning eng ko'p vazn nisbati 3:1 gacha bo'lishi mumkin [$\text{Ca}(\text{OH})_2$ ga nisbatan hisoblaganda]. III sinf binolari uchun zarur markadagi qorishmaga yetarli miqdordagina bo'ladi. Nam sharoitlarda bino qurayotganda ohak-sement nisbati binolarning sinfiga qarab 0,6:1 va 0,75:1 dan oshmasligi kerak. Ohak miqdorini ham ana shundan oshirmaslik kerak. Aks holda, beton konstruksiyasining suvga chidamliligi va barqarorligiga putur yetkaziladi.

Ohakning cho'kishi. Ohak qotayotganda anchagina suvi yo'qoladi, natijada ohak zarrachalari orasidagi suv kamayadi, zarrachalar bir-biriga yaqinlashadi va qotayotgan ohak xamiri cho'kadi.

Suv mahsulot kesimi bo'yicha bir xilda bug'lanmaydi. Yuza qatlamlari tezroq quriydi va cho'kish hodisalari tufayli, ichki, hali namiqmagan o'zagini siqa boshlaydi. Oqibatda buyumning yuza qatlamlarida ichki cho'zuvchi zo'riqishlar paydo bo'ladi va buyum darz ketadi.

Kamroq cho'kishi va darz ketmasligi uchun ohak xamiri «sof» holda ishlatilmaydi. Ohak xamiri mineral to'ldirgichlar bilan birgalikda qorishma va beton tariqasida ishlatiladi. To'ldirgichlar aralashmada cho'kishiga to'sqinlik qiladigan mustahkam skelet hosil qiladi. Shirali ohak cho'kuvchanroq bo'ladi. Shuning uchun to'ldirgichlar bilan iloji boricha yaxshiroq suvultirilishi zarur.

To'ldirgich ishlatish ham texnik, iqtisodiy ahamiyatga egadir. Bunda ohak tejaladi, qorishma va beton tannarxi arzonlashadi.

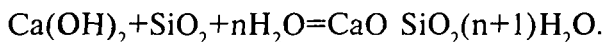
Qorishmaga qancha ohak sarflash ko'p jihatdan to'ldirgichlarning dona tarkibiga, ya'ni donalarning yirikligi va ular orasidagi bo'shliqlar hajmiga bog'liq. Qorishmada ohakning roli qum zarralari orasidagi hamma bo'shliqlarni to'ldirish va ularni yupqa xamir qatlami bilan qamrab olishdan iborat. Keragidan ortiqcha ohak solinsa, cho'kish darzlari hosil bo'lishi mumkin, ohak kam solinsa, qorishma yaxshi yoyilmaydi va unchalik mustahkam bo'lmaydi.

To'ldirgichlarning kavaklanuvchanligi undagi yirik va mayda donalar nisbati bilan aniqlanadi. Optimal tarkibdagi qum zarralari orasidagi kavaklar ohak zarralaridan bir necha bor katta bo'ladi. Shuning uchun ham qulay joylanuvchan qorishma ishlash uchun

ko'p ohak sarflanadi. Ohak sarfini kamaytirish maqsadida to'ldiruvchi qo'shilmalar solinadi. Ohak zarralariga qaraganda kam dispers bo'lganligi uchun qo'shilmalar to'ldirgich orasidagi yirik kavaklarni to'ldiradi.

Ayniqsa tuyilgan ohaktosh bu jihatdan yaxshi natija beradi. U ohak bilan reaksiyaga kirishib, CaCO_3 , Ca(OH)_2 , $n\text{H}_2\text{O}$ kompleks birikma hosil qiladi va shu bilan qorishma mustahkamligining kamayishiga yo'l qo'ymaydi. Ohaktosh bo'lsa qotayotgan mahsulotda CaCO_3 kristallarining hosil bo'lishi jarayonini tezlashtiradi: CaCO_3 ning mayda zarrachalari kristallanish markazlari kurtaklari hisoblanadi. Ohak bilan ohaktosh aralashmasini mayda tuyish mahsuloti karbonat ohak deb ataladi. Unda CaCO_3 vaznan 40—60% bo'lishi mumkin. Qancha bo'lishi kerakligi karbonat ohakda faol $\text{CaO} + \text{MgO}$ dan, quruq moddaga hisoblaganda kamida 30% bo'lishi lozim, degan shartga asosan belgilanadi. Standart mayda tuyish darajasi va so'nish tezligi bo'yicha oddiy ohakka nisbatan qanday talablarni qo'ysa, karbonat ohakka nisbatan ham xuddi ana shunday talablarni qo'yadi.

Ohakning to'ldirgichlarga yopishishi. Kalsiy gidrat oksidining zarrachalari to'ldirgichlar yuzasida yetarlicha darajada mustahkam tura oladi. Ohak qorishma ko'pincha birikish yuzasidan emas, balki bevosita qotgan ohak xamiridan yemiriladi. Karbonatlashish va Ca(OH) ning to'ldirgichlar bilan kimyoviy ta'sir etishuvi hisobiga yanada yaxshiroq yopishadi. Ohak bilan to'ldirgichlar tarkibidagi qumtuproqning quyidagi chizma bo'yicha o'zaro ta'sir etishishi ana shunday reaksiyalardan hisoblanadi:



Reaksiya natijasida suvga chidamli va mustahkam kalsiy gidrosilikati hosil bo'ladi.

Odatdagi sharoitlarda Ca(OH)_2 kremniy oksidi bilan juda sust reaksiyaga kirishadi. Harorat oshishi bilan (ayni vaqtda nam muhit sharoitlari tug'dirib berilsa) gidrosilikat hosil bo'lish jarayoni ancha tezlashadi. Yuksak haroratning ohak bilan qum kremniy oksidi orasidagi reaksiyaga ta'siridan silikat buyumlar ishlab chiqarishda foydalaniladi. Silikat buyumlar avtoklavlarda 8 atm bosim va 174°C to'yingan suv bug'ida bug'lanadi.

Ohakning to'ldirgichlar bilan birikish darajasi qum zarrachalarining yuzasi qanaqa ekanligiga ham bog'liq bo'ladi. Yuzasi silliq, yumaloqroq qum zarrachalariga qaraganda yuzasi g'adur-budur zarrachalar mustahkam yopishadi. Shuni nazarda tutib, silikat buyumlar ishlab chiqarishda qum dezintegratorlarda maydalanadi, dag'allashtiriladi. Yuzasini g'adir-budur qilishdan tashqarifaolligi kamroq, yuza pardasi shilib tashlanib, ohakka nisbatan faolroq qatlamlari yalang'ochlanadi.

So'ndirilmagan tuyilgan ohak tayyorlash uchun xomashyo tariqasida tarkibida 8 dan 20% gacha gil bo'lgan gil-ohaktoshlar ham ishlatilishi mumkin. Bu ohaktoshlar gidravlik ohak tayyorlashda qo'llaniladi. Tuyilgan so'ndirilmagan ohak navidan qat'iy nazar, uning sifati qo'shimcha ravishda mayda tuyilish darajasi bilan xarakterlanadi. Tuyilgan so'ndirilmagan ohak kukuni, standartga ko'ra elanganda 063 raqamli (teshigi 0,63 mm) elakda ko'pi bilan 2%, 009 raqamli (teshigi 0,09 mm) elakda ko'pi bilan 10% qoldiq qolishi kerak. Shuningdek, so'nmagan ohakning 0,2—0,3 mm dan yirik donalari qotgan ohak qorishmalarining darz ketishiga sababchi bo'lishi mumkin, deb hisoblaydilar. Shuning uchun ham tuyilgan so'ndirilmagan ohakda ana shunday o'lchamdagi donalar bo'lmasligi kerak.

Qorishmaning mustahkamligi. Tuyilgan so'ndirilmagan ohak mustahkamlik ko'rsatkichlari bo'yicha 4, 10, 25 va 50 markalarga bo'linadi. Bunda «Normal» (donalari standart tarkibli) qum qo'shib 1:3 nisbatda tayyorlangan plastik qorishmadan ishlangan va 28 sutka sinalgan namunalar mustahkamlik chegarasiga muvofiq asos qilib olingan.

Tuyilgan so'ndirilmagan ohakdan tayyorlangan qorishmalar havoda qotadigan so'ndirilgan ohakdan tayyorlangan qorishmaga qaraganda mustahkamroq va suvga chidamliroq bo'ladi. Bunga sabab shuki, so'ndirilmagan tuyilgan ohak kam suv bilan qoriladi: bunda ortiqcha quyiladigan suv miqdori (kimyoviy reaksiya uchun kerak bo'ladigan suvdan ortig'i) kamayadi, bu esa ancha zich va mustahkam qorishma tayyorlashga imkon beradi. Suvning CaO bilan kimyoviy reaksiyaga kirishish uchun yutilishi ham suyuq fazaning kamayishiga olib keladi. Holbuki, so'ndirilgan ohak ishlatganda ana shunday imkon bo'lmaydi; so'ndirilgan ohakning hamma zarralari gidratlardan iborat bo'lib, ular suvni kimyoviy yo'l bilan yuta olmaydi.

Ohak qotayotganida hajman tekis o'zgarishi. Tuyilgan so'ndirilmagan ohakka nisbatan qo'yiladigan texnik talabga ko'ra, ohak qotayotganida hajman tekis o'zgaradigan bo'lishi kerak. Tuyilgan qaynama-ohakni qorish uchun qancha suv yetarli bo'lishini aniqlash (xamir normal quyuq bo'lishi) uchun suv-ohak nisbati har xil ohak xamirdan shisha ustida diametri 7—8 mm o'rtasida, qalinligi 1 sm ga yaqin kulchalar tayyorlanadi. Bir sutkadan keyin kulchalar tashqi tomondan bir karra tekshirib ko'riladi. Ohak xamiri kulchalar darz ketmaydigan miqdorda optimal suv quyib tayyorlangandagina normal quyuq bo'ladi. Shunda kulchalar hajman tekis o'zgargan bo'ladi.

Hajmning tekis o'zgarish sharoitlari so'ndirilgan ohakka qaraganda ancha yuqori texnik xossalarga ega bo'lgan bu ohakdan keng foydalanish mumkin.

Ohak hajmining notekis o'zgarishi bir qator omillarga bog'liq. Masalan, kuydirish rejimi buzilsa, uning ayrim donalari notekis so'nadi: o'ta pishgan zarralar yaxshi kuyganlariga qaraganda sust so'nadi. O'ta pishgan donalari me'yorida pishgan qismlarining tez so'nishi va kristallanishi natijasida qotib bo'lgan xamirda so'nish davom etaveradi, natijada darz-yoriqlar hosil bo'ladi.

Notekis kuydirishning zararli ta'sirini ohakni yanada mayda tuyish bilan kamaytirish mumkin: o'ta pishgan juda mayda zarrachalar hajmi mutloq kam kengayadi va undagi ichki cho'ziluvchanlik ham kuchsizroq bo'ladi. Bunday hollarda ohakni vibro tuyish usuli tavsiya qilinadi.

Sifatli kuydirilgan ohak hajmining notekis o'zgarishiga kalsiy oksidining Ca(OH)_2 ga aylanishi va qayta kristallanishi ham sababchi bo'lishi mumkin. CaO tez gidratlanishi va talaygina issiq ajralib chiqishi natijasida ana shunday o'zgarish sodir bo'ladi. Buning oldini olish uchun iloji boricha issiqni chetlatish kerak. Shuning uchun ham qishki sharoitlarda tuyilgan so'ndirilmagan ohak ishlatish ancha sifatli qorishmalar tayyorlashga imkon beradi. Qayta kristallanish qotayotgan tizimiga zararli ta'sir qilmasligi uchun materialning ortiqcha kengayishiga yo'l qo'ymaydigan qoliplar ishlatiladi.

Ohakning gidratlanishini sekinlashtiradigan qo'shilmalar qo'shish yaxshi natijalar beradi. CaO suv bilan bir tekisda reaksiyaga kirishadi, sodir bo'layotgan jarayonlar bir me'yorda rivojlana

boradi. Sulfit-spirt barda (vazn bo'yicha) 0,15—0,3 miqdorda qo'shiladi va sulfatlar (gips, magniy sulfati va boshqalar) ana shunday qo'shimchalardan hisoblanadi. Sulfatlar ohak og'irligining 3—5% gacha miqdorida alohida yoki barda bilan birga qo'shiladi.

Shuni ham aytib o'tish kerakki, qotayotganda talaygina issiq ajralib chiqishi faqat salbiy hodisagina bo'lib qolmay, so'ndirilmagan ohakdan tayyorlangan qorishmalar qishda ishlatilayotganda yaxshi foyda berishi mumkin. Chunki qorishma tez muzlab qolmaydi. Bunday qorishmalar, yuqorida aytib o'tilganidek, ohak nihoyatda ekzotermik bo'lgani (ko'p issiq chiqarishi) sababli tezroq quriydi.

Ohak qorishmalar va betonlarning ko'pga chidashi. Sun'iy tosh materiallarining yemirilishiga ko'pincha muhit salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Ohak qorishmalar havo ta'siriga yaxshi chidaydigan materiallardan hisoblanadi. Quruq-havo rejimida qorishmalarining mustahkamlanishi uchun qulay sharoitlar tug'iladi. Chunki bu holda ohak xamirining nomi qochishi, shuningdek, karbonlash jarayoni rivojlanishi natijasida ohak xamiri mustahkamlana boshlaydi.

Nam sharoitlarda ohak qorishmalar nomi qadi, natijada mustahkamligi bo'shashadi yoki butunlay buziladi.

Batamom qotgan ohak qorishmalar nisbatan sovuqqa ancha chidamli bo'ladi. Ohak qorishma bilan suvalgan bino oldining uzoq vaqt yaxshi saqlanishi bunga yaqqol dalil bo'la oladi. Ohak qorishmalarining suv va sovuq ta'siriga chidamliligi ularning suv muzlaganda muz hajmi kengayganida ham buzilmaydigan tarkibiy tuzilmasiga bog'liq.

Havoda qotadigan ohak ishlatiladigan sohalar. Eng muhim bog'lovchi moddalardan hisoblanmish havoda qotadigan ohakning yuqorida ko'rsatib o'tilgan xossalari amalda uni qanday sohada ishlatish kerakligini belgilab beradi.

Havoda qotadigan ohak asosan quyidagi sohalarda ishlatiladi:

- quruq-havo sharoitlarida yerda bino qurish uchun zarur qurilishbop qorishmalar tayyorlashda;

- xuddi shunday maqsadda ishlatiladigan suvoqbop qorishmalar tayyorlashda;

- gidravlik bog'lovchi, ya'ni ohak-toshqol va ohak-pussolan sementlar tayyorlashda;

- gips-ohak bog'lovchilar (birga tuyilgan) tayyorlashda;
- silikat (avtoklav) buyumlar ishlashda;
- tashqi havosi past sharoitlarda to'ldirma devor qurayotganda ishlatiladigan toshqol betonda (tuyilgan so'ndirilgan ohak);
- quriq-havo sharoitlarida ishlatiladigan konstruksiyalar uchun past markali beton tayyorlashda;
- yengil beton tosh (sement yoki qo'shilmalar bilan aralashtirib) ishlashda;
- tuzli eritmalar bilan qorib (so'ndirilgan dolomit ohak) issiqni izolyatsiyalaydigan va boshqa materiallarni tayyorlashda.

Rangli ohak aralashmalar tayyorlash. Havoda qotadigan ohak ishlab chiqarishni tashkil etayotganda uning mahalliy bog'lovchi modda ekanligi nazarda tutiladi. Kerak bo'ladigan xomashyo materiallar va yoqilg'i deyarli hamma yerda topiladi. Uni tayyorlash uchun unchalik murakkab bo'lmagan uskunalar va ozgina mablag' talab qilinadi. Ana shu sabablarga ko'ra, ohak nisbatan qimmatga tushmaydi. Mexanizatsiyalashgan va quvvati katta (yiliga 100 ming tonnadan ortiq ohak ishlaydigan) korxonalarda esa zavod tannarxi yanada kamayadi.

Havoda qotadigan ohak ishlab chiqarishni yanada rivojlantirish shuning uchun ham maqsadga muvofiq va zarurki, uning asosida mustahkam va yaxshi qurilish buyumlari ishlanishi mumkin, ularni tayyorlash iqtisodiy jihatdan ancha foydali, qimmat turadigan boshqa bog'lovchi moddalar o'rnida ishlatsa ham bo'ladi.

I bob. Gidravlik ohak va romansement

1. Gidravlik ohak

Odatda tarkibida 6% dan 20% gacha gil aralashma bo'ladigan mergel ohaktoshlarni eritib, bir-biriga yopishib qolmaydigan darajada kuydirib, keyin mayda tuyganda hosil bo'ladigan bog'lovchi moddaga gidravlik ohak deyiladi.

Gidravlik ohak tuyilgan so'ndirilmagan («tuyilgan so'ndirilmagan ohak») va kukun holigacha so'ndirilgan (mayda tuyilgan so'nmagan zarrachalar aralashmasi bilan) ohak holida ishlab chiqariladi.

Qotish tezligi va mexanik jihatdan qanchalik mustahkamlanishiga qarab, gidravlik ohak ikkiga bo'linadi: kuchli gidravlik ohak va kuchsiz gidravlik ohak.

Ohakning gidravlik darajasi gidravlik (asosiy) modul (m) miqdori bilan aniqlanadi. Gidravlik modul ohak (xomashyo) tarkibidagi kalsiy oksidi va kislota oksidlari (yig'indisi)ning miqdor nisbati bilan ifodalanadi:

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

Ohakda faqat havoda qotadigan CaO qanchalik ko'p, ya'ni asosiy modul qanchalik katta bo'lsa, uning gidravlik xossalari shunchalik past bo'ladi, chunki CaO ko'p bo'lsa, ana shunday xossalarga ega bo'lgan boshqa moddalar (kalsiy silikat, alyuminat va ferritlar) kam bo'ladi. Masalan, gidravlik ohak gidravlik modulining miqdori, 1,7—9 ga teng. Gidravlik moduli 1,7—4,5 ga teng bo'lgan ohak kuchli gidravlik ohak, moduli 4,5—9 gacha bo'lgan ohak kuchsiz gidravlik ohak hisoblanadi. Gidravlik modul 9 dan ortiq bo'lsa, ohak amalda gidravlik xossalarga ega bo'lmaydi va u havoda qotadigan ohak hisoblanadi.

Ikki kalsiyli silikat ($2CaO \cdot SiO_2$), ikki kalsiyli ferrit ($2CaO \cdot FeO_2$) va bir kalsiyli alyuminat ($CaO \cdot Al_2O_3$) kuydiri-

layotganda hosil bo'ladigan va kuydirish mahsulotini gidravlik xossalari qiladigan birikmalardan hisoblanadi. CaO ning SiO_2 , Al_2O_3 va Fe_2O_3 larni ko'rsatilgan birikmalar tarzida bog'lay oladigan eng ko'p miqdori 1,7—1,8 og'irlik qismini tashkil qiladi. Gidravlik ohakning asosiy moduli odatda bir oz yuqori — 9 gacha, ko'pincha 3—5 bo'ladi, ya'ni gidravlik ohakda CaO ning 9 og'irlik qismiga 1 og'irlik qism kislota oksidlari to'g'ri keladi. Shunday qilib, gidravlik ohak tarkibida, gidravlik birikmalar — kalsiy silikatlar, alyuminatlar va ferritlar bilan birgalikda ozmi-ko'pmi erkin CaO ham bo'lishi mumkin. Shunga ko'ra, gidravlik ohak ishlab chiqarish xususiyatlari, uning xossalari va ishlatilish sohalari ham har xil.

Texnologik chizma. Mergel ohaktosh portlash yo'li bilan qazib olinadi va maydalanib, saralanadi, keyin kuydiriladi.

Ohak kuydiruvchi agregat sifatida shaxta yoki aylanma pechlardan foydalaniladi. Shaxta pechlarda kamida 20—40 mm o'lchamda, aylanma pechlarda esa 15—20 mm o'lchamdagi ohaktosh kuydiriladi.

Mergel ohaktoshlarni kuydirayotganda kalsiy oksidi hosil bo'ladi. U gil aralashmalar tarkibidagi kislota oksidlari bilan o'zaro birikadi. Shunda kalsiy silikatlari, alyuminatlari va ferritlari hosil bo'ladi. Aytib o'tilgan o'zaro birikish suyuq fazada emas, qattiq fazalarda sodir bo'ladi. Shuning uchun ham kuydirilgan material kesaklanib qolmaydi.

Gidravlik ohakni kuydirish harorati amalda 800—900°C dan 1000°C gacha bo'ladi. 1100°C dan yuqori haroratda mahsulot so'nish qobiliyatini yo'qotadi.

Gidravlik ohak ishlab chiqarishda dolomitlashmagan va dolomitlashgan ohaktoshlar qo'llaniladi. Dolomitlashgan ohaktoshlardagi MgCO_3 miqdori 20% gacha boradi. Bunday ohaktoshlarni kuydirayotganda talaygina magniy oksidi hosil bo'ladi. Magniy oksidi esa kuydirish harorati 800—900°C dan ortishi bilan suvga nisbatan faolligini tobora kamaytira boradi. Bunda magneziya sekin so'nadi va qotib qolgan betonda ham so'nishni davom ettirishi va oqibatda beton yorilib ketishi mumkin. Shuning uchun ham dolomitlashgan mergel ohaktoshlarni yuqorida ko'rsatilgani kabi 800—900°C dan oshmaydigan haroratda shaxta pech yoki aylanma pechlarda kuydirish kerak.

Shaxta pech turida ishlatiladigan ohaktoshlar kimyoviy tarkibiga qarab tanlanadi. Ohaktoshlar dolomitlashmagan bo'lsa, xomashyo bilan yoqilg'l aralash solinadigan pechlar ishlatiladi. Dolomit-

lashgan ohaktoshlar esa yoqilg'i batamom yongandan keyin o'txonasi tashqariga chiqarilgan pechlarda yoki ancha tejamli nim gaz pechlarda kuydirilgani ma'qul. Aks holda, magniy oksidi kuyib ketadi.

Tuyilgan so'ndirilmagan ohak olishda dolomitlashmagan ohaktoshlarni xomashyo bilan yoqilg'i aralash solingan pechlarda kuydirilgani yaxshi. Chunki mayda tuyilgan holdagi yoqilg'i kuli ohakning gidravlik xossalarini oshiradi.

Aylanma pechlar ishlab chiqarishning bu sohasida kam ishlatiladi. Chunki yoqilg'i sifatida ko'mir changini ishlatishga, ko'mir chang tayyorlashni tashkil etish uchun ko'p mablag' sarflashga, shuningdek, kuydirish uchun ancha ko'p, ya'ni shaxta pechlarida kuydirilayotgan vaqtidagi 12—15% o'miga ohak og'iriligiga nisbatan 20% gacha shartli yoqilg'i sarflashga to'g'ri keladi. Shunga qaramasdan, boshqa bir qator ko'rsatkichlari, jumladan, sermehnatliligi jihatidan shaxta pechlarga qaraganda ancha tejamli kalta aylanma pechlar ishlatiladi.

Gidravlik ohak kuydirishda shaxta va aylanma pechlarning ish unumi, taxminan, havoda qotadigan ohakni kuydirish pechlarining ish unumidek bo'ladi.

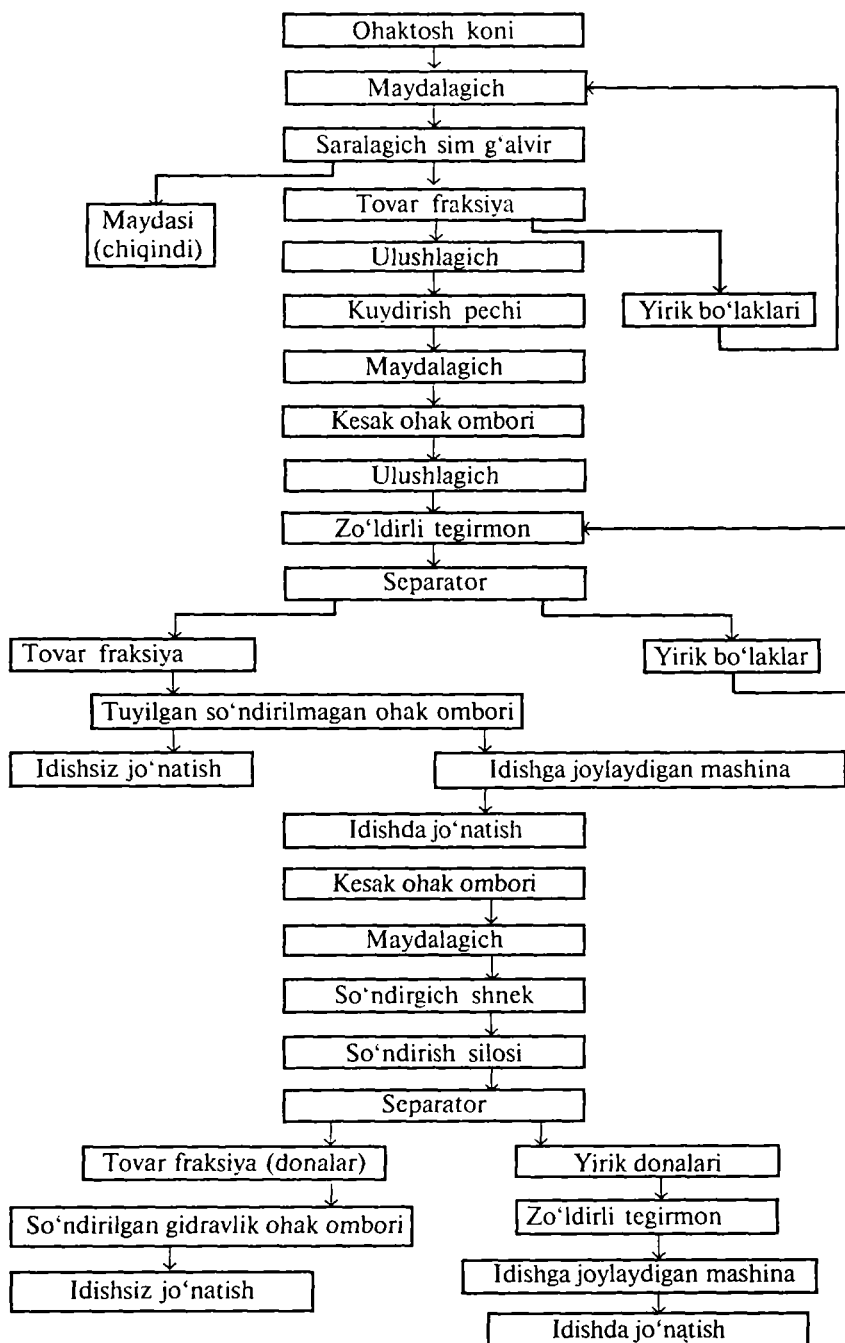
So'ndirilmagan tuyilgan gidravlik ohak ishlab chiqarayotganda texnologik operatsiyalar qanday tartibda davom etishi 107-betdagi chizmadan ko'rinib turibdi.

Pechdan olinayotgan kuydirish mahsuloti (so'ndirilmagan gidravlik kesak ohak deb yuritiladi) hali bog'lovchi material hisoblanmaydi va qorishma hamda beton ishlashida undan foydalanib bo'lmaydi. Bog'lovchi modda hosil qilish uchun so'ndirilmagan kesak ohak bo'laklari mayda tuyilishi kerak.

Gidravlik kesak ohak ikki usulda, ya'ni mexanik yo'l bilan, zo'ldirli tegirmonlarda so'ndirish yo'li bilan tuyilishi mumkin. Birinchi usulda tuyganda so'ndirilmagan tuyilgan gidravlik ohak (u qo'llanib kelinayotgan standart bo'yicha tuyilgan so'ndirilmagan ohak deyiladi), ikkinchi usulda tuyganda esa kukun holigacha so'ndirilgan gidravlik ohak olinadi.

10—20 mm gacha bir sidra maydalab olingan kuydirilgan kesak ohak shar tegirmonlarining sarflash bunkeriga uzatiladi. Bunkerdan ta'minlagich yordamida shar tegirmoniga keragicha solib turiladi. Maydalangan mahsulot yirik donalarini ayirib tashlash uchun separatorga yuboriladi. Yirik donalari qayta tuyishga, mayda donalari esa tayyor mahsulot omboriga yuboriladi.

So'ndirilmay tuyilgan gidravlik ohakni so'ndirish.



Tuyilgan so'ndirilmagan gidravlik ohak germetik berk metall konteynerlarda yoki bitumlashtirilgan qog'oz qoplarda tashiladi. Idishsiz jo'natishda esa maxsus jihozlangan sement tashigich mashinalardan foydalaniladi.

Kukun holigacha so'ndirilgan gidravlik ohak tayyorlash texnologiyasidan ko'rinib turibdiki, yuqorida bayon etilgan texnologiyadan tubdan farq qiladi.

Gidravlik ohak ham havoda qotadigan ohak singari qimmatli xossaga ega: unga suv ta'sir qilganida, nihoyatda mayda kukunga aylanib ketadi. Biroq gidravlik ohak tarkibiga kirgan erkin kalsiy oksidigina so'nish qobiliyatiga ega bo'ladi. Uning gil oksidlari bilan o'zaro ta'sir etishish mahsulotlari, ya'ni kalsiy silikatlar, alyuminatlari va ferritlari so'nish qobiliyatiga ega bo'lmaydi. So'ndirilayotganda ular nisbatan yirik va amalda suvga nisbatan mo'rt, so'nmagan zarralar holida qoladi. Ayni vaqtda xuddi ana shu birikmalar mayda tuyilganida ohakka gidravlik xossalar beradi. Shuni nazarda tutib, so'nmagan donalari elanadi, shar tegirmonlarida maydalanadi. So'ngra so'ndirilmagan ohak kukuni bilan aralashtiriladi. Bu usulda ishlab chiqarish jarayoni quyidagi tartibda o'tadi.

Kuydirilgan kesak ohak dastlab 10—20 mm gacha o'lchamda maydalanadi. Kesak ohak maydalashdan oldin bir necha kun (3—5) omborda ushlab turilgani ma'qul. Shunda u havodagi nam ta'siridan qisman so'nadi, natijada navbatdagi texnologik jarayonlarni bajarish osonlashadi.

Maydalangan mahsulot so'ndirgich apparatga yuboriladi. Shu maqsadda odatdagi so'ndirgich shnek qo'llaniladi. So'ndirgich shnekka suv yuborib turiladi. Ohakni kukun holigacha so'ndirish uchun zarur bo'lgan suv miqdori ohakdagi erkin CaO miqdoriga bog'liq. Kalsiy oksidi ohak og'irligining 15—25 foiz miqdorida bo'lishi kerak. Suv minimal nam so'ndirilgan mahsulot hosil bo'ladigan miqdorda quyilishi zarur. Aks holda gidravlik birikmalar ortiqcha quyilgan suv bilan barvaqt o'zaro ta'sir etishib, qisman gidratatsiyalanadi, natijada sifati pasayadi.

So'ndirgich shnekda ohak batamom so'nmaydi. Ohak undan so'ndirgich siloslarga yuboriladi va bu yerda batamom so'ndiriladi. Gidravlik ohak sekin so'nadigan modda bo'lgani uchun ko'pincha 10—15 kungacha siloslarda saqlanadi. Issiq suvni ishlatish so'ndirish jarayonini ancha yaxshilaydi. Shu maqsadda so'ndirgich shnekda ohak bug' bilan namlanadi. Silosdagi massaning isishiga ohak

gidratatsiyalanayotgan vaqtda ajralib chiqadigan issiq ham yaxshi yordam beradi.

So'ndirilgan ohak silosdan bir oz so'nmgan yirik donalar aralashgan kukun holida chiqadi. So'nmgan donalarini ajratib olish uchun ohak separatorga yuboriladi. 0,2—0,25 mm o'lchamdagi mayda tovar fraksiya omborga, yirik so'nmgan donalari esa shar tegirmonlarga yuboriladi. Shar tegirmonda maydalanadi, so'ngra yana so'ndirgich silosga olib kelinadi.

Mazkur texnologiya bo'yicha bir yo'la ikki xil mahsulot, ya'ni kuchli gidravlik ohak va kuchsiz gidravlik ohak olish mumkin. Tarkibida talaygina gidravlik birikmalar bo'lgan, so'nmgan mayda tuyilgan donalari butun ohak massasiga aralashtirib yuborilmasdan, tayyor mahsulot sifatida ishlatilsa, bu kuchli gidravlik ohak hisoblanadi. Separatordan olingan mayda fraksiyada gidravlik birikmalar nisbatan kam bo'ladi va bu xossalari jihatidan kuchsiz gidravlik ohak hisoblanadi. Tarkibida gil aralashmalar ko'p (gidravlik moduli ko'pi bilan 4—5 ga teng) ohaktoshlardan foydalanayotganda bir yo'la ikki xil ohak ishlab chiqariladi.

Ohakning qotishi, xossalari va ishlatilishi. Gidravlik ohak tarkibidagi kalsiy oksidi aslida havoda qotadigan ohakning o'zginasi. Shuning uchun ham ana shu komponent qotayotganida sodir bo'ladigan jarayonlar havoda qotadigan ohak qotayotganda ro'y beradigan jarayonlarga o'xshaydi. Suv bo'lganida kalsiy oksidi Ca(OH)_2 gacha gidratlanadi. Ohak xamiridagi suvning bug'lanishi Ca(OH)_2 ning kristallanishiga va qorishma yoki betonning sekin-asta mustahkamlanishiga yordam beradi. Ca(OH)_2 karbonlanishi natijasida yanada mustahkamlana beradi. Qorishma yuzasida kalsiy karbonatning hosil bo'lishi ohak buyumlar mustahkamligi va suvga chidamliligini birmuncha oshiradi.

Ohakning ikkinchi komponenti — gidravlik moddalar (kalsiy silikatlar, alyuminatlari va ferritlari) o'zgacha qotadi (bu haqda V bobda batafsil to'xtab o'tildi). Kalsiy silikat, alyuminat va ferritlar suv bilan o'zaro ta'sir etishganida tegishli moddalarning gidratlarini hosil qilgan holda gidratatsiyalanadi: $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ va $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Gidratlar kolloid, yopishoq ko'rinishda va shu bilan birga plastik massa holida hosil bo'ladi. Ohak xamir suvi bug'lanadi yoki gidratatsiyalanadigan moddalar shimganida kolloid massalar koagulyatsiyalanadi (zichlanadi). Kolloid massalarning yanada mustahkamlanishi ularning kristallanishiga bog'liq.

Gidravlik ohak qotayotganda avvalo havoda qotish, so'ngra gidravlik qotish jarayonlari ro'y beradi. Shu sababli, gidravlik ohak qotishi uchun avvaliga quruq havo sharoitlari, so'ngra (kalsiy silikatlar, alyuminatlari va ferritlari gidratatsiyalanishi uchun) nam sharoitlar yaratish talab qilinadi. Ohak tarkibida gidravlik moddalar qanchalik ko'p bo'lsa, qotishining birinchi davri (quruq havo sharoitlarida) shunchalik qisqa bo'ladi.

Gidravlik moddalarning gidratatsiyalanishi va shunga yarasha qotishi uzoq vaqt davom etishi mumkin. Biroq buning uchun nam sharoit kerak bo'ladi. Shuning uchun ham nam sharoit gidravlik ohak asosida tayyorlangan qorishmalar (betonlar)ning yanada yaxshiroq qotishida juda qulaydir.

Gidravlik ohak xossalari mustahkamligi, hajman tekis o'zgarishi va mayda tuyish darajasi bilan xarakterlanadi.

Gidravlik ohakning mustahkamligi taxminan quyidagi ko'rsatkichlar bilan xarakterlanadi (17-jadval).

Og'riligi¹ bo'yicha 1:3 tarkibda tayyorlangan qattiq qorishmadan shibbalab yasalgan, qirrasi 7,07 sm kublar va sakkizliklar ko'rinishidagi namunalar sinaladi.

17-jadvalda ko'rinib turibdiki, kuchli va kuchsiz gidravlik ohaklar me'yorida qotishi uchun turli sharoitlar talab qilinadi. Kuchsiz gidravlik ohakni suvga solguncha 21 sutka, kuchli gidravlik ohakni esa atigi 7 sutka havoda saqlash kerak.

17-jadval.

Gidravlik ohakning mexanik mustahkamligi.

Ohak turlari	Saqlash shartlari		Siqilishga mustahkamlik chegarasi ² , MPa	Cho‘zilishga mustahkamlik chegarasi, MPa
	Nam havoda	Suvda		
	Necha sutka			
Kuchsiz gidravlik	21	7	0,6	0,2
	21	35	0,8	0,33
Kuchli gidravlik	7	21	2,0	0,5
	7	49	3,0 ³	0,7

¹ 91-79-59 Davlat standartlarida 28 sutkada har xil sharoitda (7 sutka nam havoda va 21 sutka suvda) saqlangan namunalarining siqilishiga mustahkamlik chegarasi kamida 2,0 MPa bo'lishi talab qilinadi.

² Qurilish normalari va qoidolari (1-qism, Gosstroyizdat, 1955) 28 sutkaligida siqilishga mustahkamlik chegarasi 5,0 MPa gacha bo'lgan gidravlik ohak ishlab chiqarish ham ko'zda tutilgan.

Gidravlik ohakning qotayotganda hajman qanchalik tekis o'zgarishi ohak xamiridan tayyorlangan kulcha namunalarni sinash yo'li bilan aniqlangan. Nam havo sharoitlarida 7 sutka saqlangandan so'ng namunalar suvga solib qo'yiladi. Suvda 10 sutka saqlanganidan keyin kulchalar darz ketmasa va qiyshaymasa, gidravlik ohak sinovdan yaxshi o'tgan hisoblanadi. Aks holda uni ishlatish mumkin emas, chunki ana shunday ohakdan tayyorlangan qorishma qotganidan keyin ham buzilishi mumkin.

So'nimgan yirik ohak donalari hajman notekis o'zgaradi. Chunki ularda erkin CaO , shuningdek, o'ta pishgan magniy oksidi (dolomitlashgan ohaktosh ishlatganda) bo'ladi.

Maydaligi. Gidravlik ohak qanchalik mayda tuyilgani (105—110°C haroratda quritilgan gidravlik ohak kukuni) kvadrat teshigining bir tarafi 0,09 mm bo'lgan 009 raqamli elakda elash bilan tekshirib ko'riladi. Elaganda og'irligi bo'yicha 10% dan ortiq qoldiq qolmasligi kerak.

Ishlatish sohalari. Gidravlik ohak havoda qotadigan ohak qatori ishlatiladi. Lekin undan ancha mustahkam va suvga chidamli qorishma hamda beton ishlanadi. Gidravlik ohak havoda qotadigan ohakdan shu jihatdan katta farq qiladiki, u suvda ham qota oladi. Shuning uchun ham u tobora keng qo'llanib kelinmoqda. Binolarning nam sharoitlarda ishlatiladigan qismlari, ya'ni asosi, poydevori, shuningdek, sug'orish kanallari va unchalik katta bo'lmagan boshqa gidrotexnik inshootlarni qurishda ana shu ohakdan foydalanilmoqda.

Gidravlik ohak asosan quruq va nam sharoitlarda ishlatiladigan bino devorini qurish va suvashda ko'p ishlatiladi. Past marka beton va bir qator ohak-toshqol, ohak-pussolan, ya'ni sement ishlab chiqarishda ham ishlatishga ruxsat etiladi.

Yig'ma beton buyumlari ishlab chiqarishda gidravlik ohakdan kam qavatli binolarda ishlatiladigan devorbop materiallarni qo'llashda foydalaniladi.

2. Romansement

Ohaktosh yoki magnezial mergellarning erib, bir-biriga yopishib qolmaydigan darajada pishganini mayda tuyish natijasida hosil bo'lgan mahsulot romansement deyiladi. Bunday bog'lovchi ishlab chiqarish uchun ohaktosh va gilning sun'iy aralashmasidan

foydalansa ham bo'ladi. Tishlashish muddatini keragicha o'zgartirish uchun romansementga 5% gacha gips, shuningdek, 15% gacha (og'irligi bo'yicha) gidravlik qo'shilmalar qo'shib tuyishga ruxsat etiladi. Shunda sementning suvga chidamliligi yanada oshadi (yoki iqtisodiy jihatdan foydalibroq bo'ladi).

Kalsiy karbonat va gilning tabiiy aralashmasidan iborat bo'lgan mergellarda gildan 25—60% gacha bo'lishi mumkin. Romansement ishlab chiqarish uchun esa tarkibidagi gil aralashma 25—30% gacha boradigan mergellar ishlatgani yaxshi.

Gidravlik ohak ishlab chiqarish uchun 20% gacha gil bo'lgan ohaktoshlar ishlatilishini, hosil bo'lgan mahsulotning gidravlik moduli esa 1,7—9 ga teng ekanligini eslasak, u holda romansementning gidravlik moduli 1,7 dan kam bo'lmaydi. Darhaqiqat, u odatda 1,1—1,7 atrofida bo'ladi. Demak, gil aralashmalar kuydirish vaqtida hosil bo'lgan SiO_2 , Al_2O_3 va Fe_2O_3 ni batamom kalsiy silikatlariga, alyuminatlariga va ferritlariga bog'lay oladigan miqdordan ortiqroq bo'ladi. Gidravlik modul 1,3 yoki undan kam bo'lganida gil aralashmalar ohak bilan bog'lanmagan, erkin holicha qoladi.

Shunday qilib, gidravlik ohakdan farqli o'laroq romansementda erkin CaO bo'lmashligi kerak. Romansementdagi butun ohak gidravlik qota oladigan moddalar, ya'ni kalsiy silikatlar ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), kalsiy alyuminatlar ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ va $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$) va kalsiy ferritlar ($2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) holida bog'langan.

Erkin kalsiy oksidi yo'qligi va tarkibida talaygina gidravlik moddalar mavjudligi jihatidan romansement gidravlik ohakdan tubdan farq qiladi: romansement so'nmaydi, lekin undan ishlangan qorishma va betonlar ancha mustahkam, suvga chidamli bo'ladi.

Romansement ishlab chiqarish texnologiyasi. Romansement ishlab chiqarish uchun xomashyo sifatida mergellerdan tashqari ohaktoshlar bilan gilning sun'iy aralashmalaridan ham foydalanish mumkin. Shu bilan texnologik jarayon ham tegishli o'zgaradi.

Mergellardan foydalanganda romansement ishlab chiqarish ko'p jihatdan so'ndirilmagan tuyilgan gidravlik ohak tayyorlashga o'xshaydi.

Shaxta pechlar ishlatilayotganda 40 dan 120 mm gacha o'lchamda, aylanma pechlar ishlatilayotganda 15 dan 20 mm gacha o'lchamda bir sidra maydalab olingan mergel kuydiriladi. Kuydirish harorati mergel turiga bog'liq. Ohaktosh mergel ishlatilayotgan

bo'lsa, 1100°C haroratda, magnezial, ya'ni magniy karbonat ko'p mergel ishlatilayotgan bo'lsa, magneziyani kuydirib yubormaslik uchun past, taxminan 900°C haroratda kuydiriladi; romansementda o'ta kuygan MgO bo'lishi gidravlik ohakdagiga qaraganda juda xavflidir. Gidravlik ohak bir sidra so'ndirib olinishi tufayli MgO ning zararli ta'siri (hajman notekis o'zgarishi) birmuncha kamayadi.

Mergellardan foydalanayotganda gil aralashmalarning qanchalik tekis joylashgani va nechog'li dispersligi katta ahamiyatga ega. Ohaktoshda gil yirik aralashmalar yoki mayda-mayda zarrachalar holida bo'lishi mumkin. Mayda-mayda zarrachalar holida bo'lsa, gil ohaktoshda tekis joylashadi. Gil yirik kesak holida bo'lsa, romansementning sifati pasayadi. U vaqtda ohak bilan gil faqat kesaklar yuzasidagina o'zaro ta'sir etishishadi. Shunda, hatto gidravlik moduli ancha past bo'lsa ham romansementda talaygina miqdorda erkin ohak qolishi mumkin. U keyinchalik sement qotayotganda hajman notekis o'zgarishiga sabab bo'lishi mumkin. Gilning bir qismi esa ballast holida qola beradi. Shuning uchun ham mergel sifatini aniqlayotganda undagi gil zarrachalar yig'indisi (gidravlik modul miqdori)nigina emas, shu bilan birga disperslik darajasini ham hisobga olish kerak bo'ladi.

Mergelni kuydirish uchun aylanma va shaxta pechlardan foydalaniladi. Ohaktosh mergellari kuydirilayotganda xomashyo bilan yoqilg'i aralash solinadigan shaxta pechlar ishlatish maqsadga muvofiq bo'ladi. Magnezial mergellar qo'llanilayotganda o'txonasi tashqariga chiqarilgan shaxta pechlardan foydalanish kerak bo'ladi. Chunki bunday pechlarda kuydirishning belgilangan rejimiga aniq rioya qilish va past haroratda kuydirish mumkin bo'ladi.

Har qanday mergelni ko'ydirishda ishlatish mumkin bo'lgan aylanma pechlar, yuqorida ko'rsatib o'tilgan sabablarga qo'ra, ya'ni yoqilg'i ko'p sarf bo'lishi, uni qurish uchun katta mablag' talab qilinishi sababli, romansement ishlab chiqarishda unchalik ko'p qo'llanmaydi.

Romansementni xomashyo bilan yoqilg'i aralash solinadigan shaxta pechlarda kuydirish uchun shartli yoqilg'i taxminan kuydirilgan mahsulot og'irligining 12—14% miqdorida, o'txonasi tashqariga chiqarilgan pechlarda 14—16%, aylanma pechlarda esa 16—20% va bundan ortiq sarflanadi.

Kuydirilgan mergelni tuyishdan oldin ma'lum vaqt (3—5 kun) omborda saqlab turgan ma'qul. Shu vaqt ichida erkin ohak havo

nami ta'sirida qisman so'nishi mumkin. Shu bilan romansementning sifati yaxshilanibgina qolmasdan, uni tuyish ham osonlashadi. So'ndirilayotgan vaqtda ohakning hajman kengayishi natijasida kuydirilgan mergel bir oz yumshaydi.

Romansementni maydalash uchun shar tegirmon ishlatiladi. Gips yoki gidravlik qo'shilmalardan foydalanayotganda ular kuydirilgan mergel bilan birgalikda maydalanadi. Shunda bir xil jinsli mahsulot hosil bo'ladi.

Tuyishdan oldin qo'shilmalar quritish barabanlarida quritiladi: gipsning namligi 10% gacha, gidravlik qo'shilmalar 2% gacha bo'ladi.

Romansement ikki xil yo'l bilan, ya'ni maydalangan materialni elamasdan (ochiq sikl) va elab (yopiq sikl) tuyiladi. Elaganda yirik donalari ajralib chiqadi va qayta tuyishga yuboriladi. Shu bilan mahsulotning sifati ancha yaxshilanadi, tuyuvchi agregatlarning ish unumi esa oshadi; elash separatorlarda amalga oshiriladi.

Romansement ishlab chiqarish uchun ohaktosh bilan gilning sun'iy aralashmasidan foydalanayotganda ular xomashyoda tekis joylashishi uchun zo'ldirli tegirmonlarda gil bilan ohaktosh birga tuyiladi.

Xomashyo aralashmasi shaxta yoki aylanma pechlarda kuydirilishi mumkin. Xomashyo bilan yoqilg'i aralash solinadigan shaxta pechlarda kuydirilsa ham bo'ladi, ammo yoqilg'ini aralashmada qumaloq donalar tayyorlashdan oldin bevosita xomashyo aralashmasining o'ziga qo'shgan yaxshi. Shunda kuydirish sharoitlari yaxshilanadi.

Aylanma pechlarda ham xomashyo aralashma qumaloq holida kuydiriladi. Lekin birmuncha kichik, ya'ni 20—30 mm gacha o'lchamda bo'ladi. Yoqilg'i ularda presslanmaydi, balki changhavo aralashmasi holicha bevosita pechga uzatiladi. Kuydirilgan mahsulot shar tegirmonlarda gips va gidravlik qo'shilmalar bilan yoki ularsiz tuyiladi.

Ko'rinib turibdiki, sun'iy yo'l bilan tuzilgan aralashmadan romansement ishlash texnologiyasi tabiiy mergellardan ishlashga qaraganda birmuncha murakkab. Bundan tashqari, xuddi ana shuncha mablag' sarflash va ana shu uskunalarning o'zidan foydalanish bilan nisbatan ancha sifatli bog'lovchi olish mumkin. Bu usul asosan mahalliy yoqilg'i (o'tin, torf, past kaloriyali ko'mir va slanes) dan foydalanilgan taqdirdagina o'zini oqlaydi.

Romansementning qotishi, xossalari va ishlatilishi. Gidravlik ohak tarkibidagi gidravlik komponentlar qotayotganda qanday jarayonlar ro'y bersa, romansement qotayotganda ham ana shunday jarayonlar sodir bo'ladi. Romansement kukuni suv bilan qorilganda kalsiy silikatlar, alyuminatlari va feritlari gidratlanadi va kalsiy gidrosilikatlar, gidroalyuminatlar va gidroferitlar hosil qiladi. Gidratlar juda ham mayda kolloid zarrachalar ko'rinishida ajralib chiqadi va yopishqoq, yoyiluvchan massa hosil qiladi. Ular sement zarralari orasidagi ishqalanishni kamaytiradi va shu bilan sement xamirini plastik qiladi. Ma'lum vaqtdan keyin xamir mustahkamlana boshlaydi, quyuqlashadi, tishlashish jarayoni rivojlanadi. Sement xamiri erkin suvni yo'qotishi bilan koagulyatsiyalanishi (zichlashishi) tufayli mustahkamlanadi.

Sement xamiri yanada zichlashganidan keyin butunlay noplastik bo'lib qoladi va berilgan shaklni saqlaydigan qattiq jismga aylanadi. Biroq hali unchalik mustahkam bo'lmaydi (sement xamirining bunday holatiga tishlashishning oxiri deyiladi). Kolloid massalar yanada mustahkamlanishi va qisman kristallanishi natijasida sementtosh metindek mustahkam bo'lib qoladi.

Gidravlik qo'shilmalar va gips bo'lsa, qo'shimcha jarayonlar paydo bo'ladi. Gips portlandsementda qanday rol o'ynasa, bu yerda ham ana shunday rol o'ynaydi, ya'ni u tishlashish jarayonini sekinlashtiruvchilik vazifasini o'taydi. Gips sementning asosiy komponenti, ya'ni nisbatan oson eriydigan kalsiy alyuminatlari bilan o'zaro ta'sir etishadi va ularni qiyin eriydigan moddalarga aylantiradi, natijada tishlashish jarayoni sekinlashadi.

Gipsdan qancha qo'shish kerakligi romansement tarkibidagi alyuminatlar miqdoriga bog'liq: odatda 5% dan oshmaydi. Ba'zan sement mustahkamligini oshirish maqsadida gipsdan ko'proq qo'shiladi. Qancha qo'shish kerakligi laboratoriyalarda o'tkazilgan sinovlarga asoslanib belgilanishi kerak.

Gidravlik qo'shilmalarga kelganda, romansementda ma'lum miqdorda erkin ohak bo'lgani yoki ana shu erkin ohak u qotayotgan vaqtida oz miqdorda ajralib chiqadigan hollarda gidravlik qo'shilmalarning ohak qotishidagi roli namoyon bo'la boshlaydi. Gidravlik qo'shilmaning qum tuprog'i (SiO_2) suvda ohak bilan o'zaro ta'sir etishadi va kalsiy gidrosilikatlari ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) ni hosil qiladi.

Romansementning mustahkamligi. Romansement sekin qotadigan, mustahkamligi nisbatan past (28 kunlik) markali

bog'lovchi modda hisoblanadi. Bu uning tarkibidan ma'lum: asosan sekin qotadigan mineral-ikki kalsiy silikatdan iborat (ammo uzoq saqlagan ikki kalsiy silikat ancha mustahkam bo'lishi mumkin). Romansement avvaliga juda sekin qotishi sababli undan tayyorlangan betonlarni qotishning dastlabki 5—7 sutkasida bevosita suv ta'siriga uchratib bo'lmaydi.

Biroq quruq havo ham, qotish ham uning mustahkamligiga yomon ta'sir qiladi: suv haddan tashqari ko'p bug'lansa, gidratatsiya jarayonlari sekinlashadi yoki butunlay to'xtaydi. Romansementning dastlabki davrda (7 kungacha) qotishi uchun eng qulay sharoit nam havo sharoitidir.

Romansementning qotishi va uning mustahkamlanishiga atrofda muhit harorati ham ta'sir ko'rsatadi. Haroratning oshishi juda yaxshi, pasayishi esa salbiy rol o'ynaydi. 5—10°C haroratda romansement qotishdan butunlay to'xtaydi.

Romansement 1:3 tarkibli qattiq qorishmadan ishlangan va 28 kunligida siqilishdagi mustahkamlik chegarasiga qarab (standartga ko'ra) uch, ya'ni 25, 50 va 100-markalarga bo'linadi. 7 kunlik namunalarning siqilishdagi va cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi quyidagicha bo'lishi kerak (18-jadval).

18-jadval.

Romansementning mexanik mustahkamligi.

Sement markasi	Mustahkamlik chegarasi, MPa	
	Siqilishda	Cho'zilishda
25	1,0	0,3
50	2,5	0,5
100	5,0	0,8

Romansementning mayda tuyilishi. Romansement iloji boricha mayda tuyilishi kerak, chunki qanchalik mayda bo'lsa, shunchalik mustahkam chiqadi. Standartda romansementning maydalik darajasi quyidagicha belgilangan: 021 raqamli elakda ko'pi bilan 5% va 009 raqamli elakda ko'pi bilan 25% (og'irlik hisobida) qoldiq qolishi kerak. Lekin bu dag'al tuyish hisoblanadi. Yanada maydaroq, masalan, 009 raqamli elakda 10—15% qoldiq qoladigan qilib tuyilsa, sement markasini 1,5—2 baravar oshirish mumkin bo'ladi. To'g'ri, bir qator hollarda sementni yanada maydalash iqtisodiy

jihatdan maqsadga muvofiq bo'lmaydi, chunki maydalash uchun energiyaning sarfi juda oshib ketadi.

Romansementning tishlashish muddatlari. Romansement suv bilan qorilgandan kamida 15 daqiqa o'tgandan keyin tishlasha boshlaydi, kechi bilan 24 soatda butunlay tishlashib bo'lishi kerak.

Romansement qotayotganida hajman qanchalik tekis o'zgarishi bo'yicha sinab ko'rilishi lozim. Sement xamirdan standartga ko'ra asosan kulcha holida yasalgan namunalari sinaladi. Nam havo sharoitida 7 kun saqlangandan so'ng namunalar qaynaganida va suv bug'ida ham yorilmasligi zarur.

Romansementning ishlatilishi. Romansement yer usti va ostida zo'riqishi kam konstruksiyalar uchun beton ishlash va devor qurish hamda suvash ishlarida ishlatiladi. Romansementni suv ta'sirida ishlaydigan konstruksiyalar qurishda ham ishlatishga ruxsat etiladi. Ammo buning uchun dastlabki 7 kunligida suv ta'siridan saqlash kerak bo'ladi.

Romansement unchalik mustahkam bo'lmagani uchun temir-beton konstruksiyalarida ishlatilmaydi.

Yig'ma qurilishda romansementdan II va III klass binolari uchun devorbop beton toshlar tayyorlashda foydalanish mumkin.

Romansement asosan mahalliy qurilishlarga mo'ljallangan. U gidravlik bog'lovchi moddalar nomenklaturasini kengaytirishga yordam beradi va bir qator beton konstruksiyalar ishlab chiqarishda portlandsement o'rnida ishlatiladi.

II b o b. Portlandsement

3. Tarkibi va sinflanishi

Erib qovushib qolguncha kuydirilgan klinkerni gips, ba'zi hollarda esa maxsus qo'shimchalar bilan birgalikda tuyishdan hosil bo'lgan gidravlik bog'lovchi modda portlandsement deb ataladi. Kuydirish mahsulotida kalsiy silikatlar ko'p bo'ladi (70—80%). Qisman erish natijasida qovushib qotib qolgan mayda-yirik tosh bo'laklar klinker deyiladi. Portlandsementni klinker tarkibiga mos keladigan mahsulotning xomashyo aralashmasini to'la eritish yo'li bilan ham olish mumkin.

26798.0-26798.2-85 Davlat standartlariga ko'ra portlandsement xossalarini o'zgartirib turish, shuningdek, uning tannarxini kamaytirish maqsadida klinkerga faol (gidravlik) va inert mineral qo'shimchalar qo'shishga ruxsat etiladi. Inert qo'shimchalar (ohaktosh, dolomit, kvars qum va boshqalar) miqdori 10% dan, faol (trepel, diatomit, trass va boshqalar) qo'shimchalar miqdori esa 15% dan oshmasligi kerak. Biroq gidravlik qo'shimchalar 20% va undan ortiq bo'lishi ham mumkin. U holda maydalangan mahsulot nima qo'shilganiga qarab nomlanadi. Ya'ni, qo'shilma sifatida donador domna toshqoli ishlatilsa, *toshqolportlandsement* deb, tabiiy gidravlik qo'shilmalar ishlatilsa, *pussolanportlandsement* deb ataladi.

Klinkerni tuyayotganda unga odatda ko'pi bilan 3% gips (sulfat kislota angidridiga aylantirib hisoblaganda) qo'shiladi. Bu bilan sementning tishlashish muddati uzaytiriladi. Bu esa uning xossalariga yaxshi ta'sir qiladi.

Shunday qilib, portlandsement klinker, gidravlik (yoki inert) qo'shilma va gips aralashmasidan iborat. Bundan tashqari uning tarkibida oz miqdorda — 1 % gacha boshqa moddalar, masalan, sement sifatini buzmaydigan, ammo uning yaxshiroq maydalinishiga yordam beradigan intensifikatorlar (qurum, ko'mir) ham bo'lishi mumkin. Zamonaviy qurilishda portlandsement va uning

turlari asosiy material bo'lib hisoblanadi, undan turli bino va inshootlarni qurish uchun zarur bo'lgan beton va temir-beton konstruksiyalar yasalamoqda.

Sement sifati borgan sari yaxshilanmoqda, uning mustahkamlik ko'rsatkichlari ortmoqda. Portlandsementning o'rtacha markasi 500 dan (GOST 310—85) ortib ketdi, sement turlari ham ko'paymoqda, bir qator maxsus sementlar chiqarilmoqda.

4. Klinkerning kimyoviy hamda mineralogik tarkibi

Shuni nazarda tutish kerakki, hamma qo'shilmalar portlandsement xossalarini qisman o'zgartiradi. Uning asosiy sifat ko'rsatkichlari (mustahkamligi, chidamliligi, mustahkamlanish tezligi) asosan klinker sifatiga bog'liq. Portlandsement klinkerining odatda qovushib pishgan holdagi o'lchamlari 10—20 mm dan 50—60 mm gacha mayda va yirik donalar (kesak yoki bo'laklar) ko'rinishida olinadi.

Qovushib pishgan klinker o'zining mikrostrukturasiga ko'ra murakkab zarrachasimon turli kristallar va qisman shishasimon mahsulotlar aralashmasidan iborat. Klinker sifati asosiy oksidlar miqdori (kimyoviy tarkibi bo'yicha), mineralogik tarkibi va asosiy oksidlarning o'zaro nisbatiga qarab baholanadi.

Klinkerning kimyoviy tarkibi. Klinkerning kimyoviy tarkibi katta chegarada o'zgarib turadi. Portlandsement klinker ishlab chiqarish uchun xomashyo materiallari sifatida gil va ohaktosh jinslar ishlatiladi. Gil jinslar turli moddalar (minerallar)dan tashkil topgan. Ularda asosan 3 ta oksid — SiO_2 , Al_2O_3 va Fe_2O_3 bor. Ohaktoshlar 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.

Klinker tarkibida bu asosiy oksidlar bilan bir qatorda, sement sifatiga ma'lum darajada ta'sir ko'rsatuvchi oksidlar ham bo'lishi mumkin. Bular odatda magniy oksid (MgO), ishqorlar (Na_2O va K_2O), titan ikki oksid (TiO_2), fosfor angidrid (P_2O_5) va sulfat kislota angidridi (SO_3) dir. Portlandsement tarkibidagi asosiy va qo'shimcha oksidlar miqdori quyidagicha bo'ladi:

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 va Cr_2O_3 —0,2—0,5%; P_2O_5 —0,1—0,3%.

Klinkerning kimyoviy tarkibi 5382—65 sonli Davlat standartida berilgan usul bilan aniqlanadi.

1500°C haroratda kuydirilgan erkin magniy oksid suv ta'sirida so'nish qobiliyatini yuqotmasa ham juda sust so'nadi. Uning so'nish jarayoni qotib qolgan sementtoshda ham davom etishi mumkin. Natijada qorishma va beton yoriladi. Bunday xavfli holning (sement hajmining notekis o'zgarishi) oldini olish uchun portlandsement tarkibidagi erkin magniy oksid miqdori standart tomonidan chegaralanadi va 4,5% dan oshmasligi zarur¹.

Portlandsementda kaliy va natriy oksidlar bo'lmasa yaxshi, chunki ular portlandsementning tishlashish muddatiga ta'sir qiladi. Bundan tashqari, ishqorlar betonda to'ldirgichlar bilan (to'ldirgich tarkibida amorf qumtuproq bo'lsa) o'zaro kimyoviy ta'sir etishishi mumkin. Natijada qotgan betonning darz ketishiga sababchi bo'ladigan natriy va kaliy silikatlar hosil bo'ladi. Bu reaksiya atrof-muhit yetarlicha nam bo'lsa juda tez ketadi. Shu sababli gidrotexnik betonlar uchun sement va to'ldirgichlar tanlanayotganda sementda qancha ishqor borligi hisobga olinishi lozim, to'ldirgichlar va amorf qumtuproq (opal, kremniy, slanes va boshqalar)dan qancha borligi aniqlanadi. Bundan tashqari, portlandsementda ko'p miqdorda ishqoriy metall oksidlar bo'lsa, beton yuzasida sho'r dog'lar hosil bo'lishi mumkin.

Standartga ko'ra, portlandsement tarkibida ishqor istalgan miqdorda bo'lishi mumkin, ammo gidrotexnik betonlar uchun 0,6% dan, yer usti konstruksiyalarini qurishda ishlatiladigan qorishma va betonlar uchun esa 1% dan ortiq ishqori bo'lgan portlandsement ishlatish tavsiya etilmaydi. Sementda 4% gacha titan ikki oksid bo'lsa, u sement sifatiga yomon ta'sir qilmaydi. Ammo TiO_2 juda ko'payib ketsa, sementning mustahkamlik ko'rsatkichlari pasayadi.

Fosfor angidrid 1,5—2% dan ortsa, portlandsementning qotish jarayoni sekinlashadi (sulfat kislota angidridi portlandsement texnik xossalriga qanday ta'sir qilishi haqida quyida gapiriladi).

Klinkerning mineralogik tarkibi. Yuqorida ko'rsatib o'tilgan to'rtta oksid (CaO , SiO_2 , Al_2O_3 va Fe_2O_3) portlandsement klinkerida

¹ Ayrim zavodlarda ishlab chiqarilayotgan portlandsement tarkibida magniy oksidining miqdori 6% gacha ruxsat etiladi. Ammo bunday portlandsement avtoklavda 2,0 MPa bug' bosimi ostida qotayotgandagi hajmiy tekis o'zgarishi albatta sinab ko'rilishi lozim.

birikib, kalsiy silikat, kalsiy alyuminat va kalsiy alyumoferritlarini hosil qiladi. Sement klinkerining shlifi mikroskop orqali ko'rilganda u asosan kristallik tarkibli kalsiy silikatlardan iboratligi bilinadi. Kalsiy silikatlar oraiig'ida shishasimon amorf oraliq moddalar deb ataluvchi alyuminat va alyumoferritlar joylashadi. Portlandsement xossalari ana shu minerallar miqdoriga bog'liq.

Portlandsement klinkerning asosiy minerallari quyidagilar:

uch kalsiy silikat (alit) — $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ yoki C_3S ;

ikki kalsiy silikat (belit) — $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ yoki C_2S ;

uch kalsiy alyuminat — $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ yoki C_3A ;

to'rt kalsiy alyumoferrit (selit) — $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ yoki C_4AF .

Normal tarkibli portlandsement klinkerida asosiy mineralarning foiz miqdori quyidagicha bo'lishi mumkin:

C_2S —45—60%; C_3S —15—37%; C_3A —7—15%; C_4AF —10—18%.

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 portlandsement xossalariga magniy oksidga qaraganda salbiy ta'sir ko'rsatadi, ya'ni u hajm jihatidan juda notekis o'zgaradi. Erkin CaO sementtoshni buzib yubormasligi uchun klinkerni tuyishdan oldin erkin CaO havodagi nam ta'siridan so'nib ulguradigan qilib, ma'lum vaqt omborlarda yetiltiriladi. Shunda klinker birmuncha yumshaydi va uni tuyish osonlashadi. Hozirgi vaqtda ishlab chiqarishni avtomatlashtirish munosabati bilan klinker yetiltirib o'tirilmaydi, ishlab chiqarish ancha mukammal tashkil etiladi. Portlandsementning asosiy texnik xossalari klinker tarkibida muhim minerallardan necha foiz borligiga bog'liq. Shuning uchun klinkerning mineralogik tarkibiga qarab, portlandsement quyidagi turlarga bo'linadi:

— alit portlandsement, undagi uch kalsiy silikat 60 % dan ortiq, $\text{C}_3\text{S}:\text{C}_2\text{S}$ nisbat esa 4 dan katta;

— belit portlandsement tarkibida 37% dan ortiq ikki kalsiy silikat bor, $\text{C}_3\text{S}:\text{C}_2\text{S}$ nisbat 1 dan kam;

— alyuminat portlandsement, tarkibida uch kalsiy alyuminat 15 % dan ortiq. C_3A miqdoriga qarab sementlar oz alyuminatli (C_3A dan 5% gacha), o'rtacha alyuminatli (5—9% C_3A) va ko'p alyuminatli (C_3A 9% dan ortiq) sementlarga bo'linadi;

— alyumoferrit (selit) portlandsement, tarkibidagi to'rt kalsiy alyumoferrit 18 % dan ortiq.

Klinker tarkibida ba'zan bir yo'la ikki xil mineral miqdori ko'p bo'lishi mumkin. Bunday portlandsement qo'sh nom bilan ataladi: alit-alyuminat, alit-belit yoki belit-selit.

Har bir klinker uchun mineralogik xossalar, beton ishlatiladigan sharoitlarga qarab tegishli mineralogik tarkibli sement tanlanadi.

Alit — portlandsementning yuqori mustahkamligi, tez qotuvchanligi va boshqa qator xossalarini ta'minlovchi klinkerining muhim silikat mineralidir. 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 deb hisoblanadi. C_3S tarkibida bu moddalarning miqdori kam bo'lishiga (2—4%) qaramay, ular C_3S ning tarkibiy tuzilishi va xossalariga ma'lum darajada ta'sir ko'rsatadi.

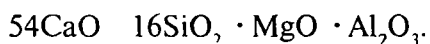
Shunday qilib, laboratoriya sharoitida toza kimyoviy komponentlardan tayyorlangan uch kalsiy silikat bilan sanoat miqyosida yoki laboratoriya sharoitida tabiiy xomashyolardan hosil bo'lgan sement klinkeridagi alit farqini albatta bilish kerak. C_3S uchta polimorf modifikatsiyalarda uchraydi. Toza C_3S odatda tiriklin formasida kristallanadi, qo'shimchalar esa uni monoklin, ba'zan tiriklin tarkibiy tuzilishga (sementlarda) o'tkazadi.

Alit kristallar odatda oltiyoqlik yoki to'g'riburchak shaklda bo'ladi. Uning zichligi $3,15 \text{ g/sm}^3$. Toza C_3S 1200—1250°C dan 1900—2070°C gacha harorat oralig'ida barqaror bo'ladi. Bu haroratdan pastda C_3S — C_2S va CaO ga parchalanadi. 2070°C dan yuqorida esa C_3S eriydi. Pastki issiqlik chegarasi amaliy ahamiyatga ega, chunki klinker sanoat pechida sovish zonasiga o'tib soviyotganda bir oz vaqt 1200—1250°C chegarada turib qoladi, bu esa C_3S ning parchalanishiga olib keladi va klinker sifatini yomonlashtiradi. Odatdagi haroratlarda o'ta sovish sababli klinker parchalanmaydi.

Portlandsementning mustahkamligiga va boshqa xossalariga klinkerdagi alit kristallarining shakli (o'lchami, klinker bo'ylab turli o'lchamdagi kristallarning taqsimlanishi, kristallanish darajasi va boshqalar) ham ancha ta'sir ko'rsatadi. Petrografik taxlillarning ko'rsatishicha, 600—700 markadagi portlandsementni tayyorlash uchun klinker tarkibidagi turli o'lchamli alit kristallarning orasida asosan o'lchami 3—20 mkm yiriklikdagi kristallar ko'proq bo'lishi

kerak. Bundan tashqari, kristallar to'g'ri prizmatik yoki geksagonal shaklda bo'lishi ma'qul (Yu.M.Butt, V.V.Timashev).

Xomashyo tarkibidagi mavjud yoki maxsus xomashyo aralashmasiga kiritiladigan FeO , MgO , CaSO_4 , CaF_2 , P_2O_5 , TiO_2 , Cr_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 kabi qo'shilmalar portlandsement mustahkamligiga ijobiy ta'sir etishi aniqlangan. Kuydiriladigan xomashyo aralashmalari tarkibida 0,1—0,5% miqdorda yuqorida aytilgan qo'shilmalarning bo'lishi alitning kristallanishiga legirlovchi modda sifatida ta'sir ko'rsatadi, bu esa sementlarning faolligini oshirishga imkon tug'diradi. Ammo bu qo'shilmalarning ta'sir qilish mexanizmi yaxshi aniqlanmagan. M.M.Sichev, Yu.M.Butt, V.T.Timashevlarning taxminicha, bunday moddalar sement klinkerini pishirishda alit kristallarining juda qulay struktura va o'lchamlarda hosil bo'lishiga imkon berib, boshqa kam mustahkamlik beradigan minerallarni hosil qilmaydi. Portlandsement klinkerida hosil bo'ladigan alit tarkibini quyidagi formula bilan ifodalash mumkin:



Belit-portlandsement klinkerining ikkinchi asosiy mineralaridan biridir. U alitdan dastlabki kunlarda sekin qotishi bilan farqlanadi. Uning asosiy mustahkamligi bir yil atrofida to'planadi. Bu mustahkamlik alitning mustahkamligiga yaqin.

Ikki kalsiy silikat, alit singari kam miqdordagi qo'shimchalar (1—3%) bilan qattiq eritma hosil qilib belitga aylanadi. Bunday qo'shimchalarga Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 va boshqalar kiradi. Ikki kalsiy silikatning to'rtta polimorf shakli borligi aniqlangan: bular $\beta - \text{C}_2\text{S}$; $\alpha - \text{C}_2\text{S}$; $\alpha^1 - \text{C}_2\text{S}$; $\gamma - \text{C}_2\text{S}$. N.A.Toropov fikricha, ikki kalsiy silikatning yana beshinchi polimorf formasi $\beta^1 - \text{C}_2\text{S}$ ham bor.

Erish harorati 2130—1425°C chegarada $\alpha -$ modifikatsiya barqaror bo'ladi, bu haroratlardan pastda $\alpha^1 -$ shaklga o'tadi. Sanoat klinkerlarida $\alpha -$ modifikatsiyani barqarorlashtirish qiyin bo'lgani uchun u kam uchraydi, $\alpha^1 - \text{C}_2\text{S}$ 1425—830°C haroratda barqaror. Bundan past haroratda, sekin sovitish sharoitida toza $\alpha^1 - \text{C}_2\text{S}$ turi past haroratda barqaror bo'lgan $\gamma - \text{C}_2\text{S}$ shaklga o'tadi. $\alpha^1 - \text{C}_2\text{S}$ tez sovitilganda 670 °C gacha hamma haroratda barqaror bo'lmagan va $\gamma - \text{C}_2\text{S}$ ga aylanishga moyil bo'lgan $\beta - \text{C}_2\text{S}$ shaklga o'tadi. Ammo bu jarayonning ketishiga $\beta - \text{C}_2\text{S}$ kristall

turiga kam miqdorda (1—3%) kirib qolgan qo'shimchalar xalaqit beradi. Barqarorlashtiruvchi qo'shimchalar rolini Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , Na_2O , K_2O va Cr_2O_3 hamda boshqalar bajaradi. Shu bilan birga, $\beta - C_2S$ ning barqarorligini oshiruvchi faktor bo'lib, uni oddiy (xona) haroratigacha sovitish uchun xizmat qiladi.

Shunday qilib, C_3S va C_2S lar oddiy haroratda termodinamik nuqtai nazardan barqaror bo'lmagan birikmalardir. N.A.Toropov, M.M.Sichev va boshqalarning fikricha, bu moddalarning suv bilan reaksiyaga kirishish faolligiga ham shu sabab bo'ladi.

$\beta - C_2S$ shaklining $\gamma - C_2S$ ga aylanishida umumiy hajmi 10 % ga ortadi. Shuning uchun material donalarining yorilishi va kukunga aylanishi kuzatiladi, $\gamma - C_2S$ 100°C gacha haroratda deyarli suv bilan reaksiyaga kirishmaydi. Shuning uchun u bog'lovchilik xususiyatlarini namoyon qilmaydi. Faqat nam issiq sharoitda ishlov berilganda (avtoklavlarda) u bog'lovchilik xususiyatlarini namoyon qiladi. $\beta - C_2S$ ning zichligi 3,28 ga teng, $\gamma - C_2S$ niki esa 2,97 g/sm³ bo'ladi.

Belitning gidravlik faolligi, alit kabi kristallarning tuzilishi, kristallarning o'lchami, zichligi, yoriqlar va qo'shimchalarning strukturasiga (kirib qolganligiga) bog'liq. Tojdor chetli dumaloq zich strukturali o'rtacha o'lchamlari 20—50 mkm bo'lgan belitli selitlar yuqori mustahkamlikka ega. Kristallarning tez parchalanishi tufayli katta sathni hosil qiluvchi tizimlar sementlarning gidravlik faolligini oshiradi.

Oraliq modda. Yuqori harorat ta'sirida erigan holdagi alyuminat, alyumoferritlar va boshqa ikkinchi darajali minerallar oraliq modda tarkibiga kiradi.

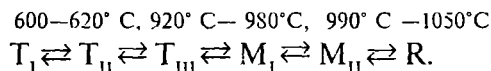
To'yinish koeffitsiyenti (TK) yuqori bo'lmagan va odatdagi qum tuproq modulli klinkerlarda kalsiy alyuminatlarning $C_{12}A_7$ (C_5A_3) va C_3A shakli uchraydi. TK yuqori bo'lgan klinkerlarda esa alyumoferritlar bilan birga faqat C_3S hosil bo'ladi. Klinkerning alyumoferritli qismi o'zgaruvchan tarkibga ega bo'lib, C_2F , $C_{12}A_7$ (C_5A_3) va erkin CaO dan iborat qattiq eritma holida bo'ladi.

Kalsiy alyumoferritlarning qattiq eritmasida quyidagi birikmalar aniqlangan: C_8A_3F ; C_6A_2F ; C_4AF ; C_8AF_2 va C_2F .

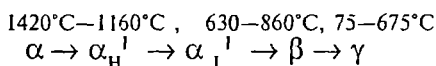
Klinkerlarda ko'p uchraydigan C_4AF moddasi qattiq eritmalardagi qator birikmalarning oraliq moddasi hisoblanadi.

Klinkerlarda kam miqdorda kristallik va amorf birikmalar ham uchraydi, bular MgO , ishqorlar va boshqa moddalar bo'lib, ularning iloji boricha bo'lmagan ma'qul.

$\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ tizimida faza muvozanatlarini tekshirish davom etmoqda. Bu tizimida barcha turdagi sement tarkiblari joylashgan, unda yangi kimyoviy birikmalar yo'q, lekin ma'lum minerallarning harorat pasayishi jarayonidagi polimorfizmiga doir anchagina yangi ma'lumotlar aniqlandi. Uch kalsiyli silikat quyidagicha polimorf qatoriga ega:



Klinker aliti esa $M_I, M_{II} \rightarrow R$, ya'ni ancha qisqa tuzilishga ega; ikki kalsiyli silikat:



Klinker beliti esa: $\alpha \rightarrow \alpha_{LN}^I \rightarrow \beta$.

Sof C_3A va C_4AF da polimorf modifikatsiyalar aniqlanmagan. Klinker minerallari qattiq eritmalarini tekshirish ishlari kengaydi va chuqurlashdi: barqaror qattiq eritmalarining ($\text{KC}_{23}\text{S}_{12}$; C_7PS_2 ; $\text{C}_{54}\text{S}_{16}\text{AM}$; NC_8A_3) tarkiblari tasdiqlandi va ko'p sonli elementlarning erish chegaralari (aksariyati 0,4—6%) aniqlashtirildi. Ushbu masalada $\text{C}_3\text{A-Na}_2\text{O}$ kub C_3A (1,9 % ga qadar Na_2O) $\rightarrow$ aralash kristallar C_3A (kub+ortorombik) (1,9—3,7 % Na_2O) $\rightarrow$ ortorombik C_3A (3,7—4,6% Na_2O) $\rightarrow$ monoklin C_3A (4,6—5,7% Na_2O) $\rightarrow$ NC_8A_3 (9% Na_2O) tizimida C_3A polimorfizmi belgilanganligi o'ziga xos ma'lumot bo'ldi.

Qabul qilingan belgilar: T_I, T_{II}, T_{III} — C_3S ning bir, ikki, uch tipli tiriklinli modifikatsiyasi; M_I, M_{II} — C_3S ning birinchi va ikkinchi tipli monoklin modifikatsiyasi; R — C_3S ning romboedrik modifikatsiyasi; (α_H^I — C_3S ning yuqori haroratli α^I shakli; α_L^I — C_2S ning past haroratli α^I shakli).

So'nggi vaqtlarda xomashyo aralashmalarini klinkerga aylanishining umumiy kimyoviy jarayonida qat'iy ravishda past haroratli (eritmalar hosil bo'lishiga qadar) va yuqori haroratli (eritmalar hosil bo'lgandan so'ng) bosqichlarga ajratilmoqda, chunki mineral hosil bo'lish jarayonlari ushbu bosqichlarda turlicha o'tadi.

Past haroratli pishirish bosqichida (1300°C gacha) xomashyodagi barcha dastlabki tarkibiy qismlar parchalanadi, bunda

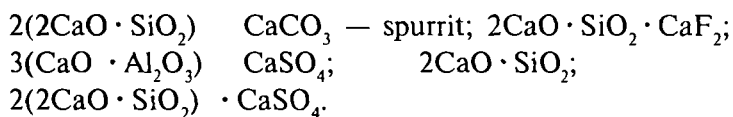
kristallar buzilib, minerallar «amorf»lanadi. Ko'pchilik gil minerallar «amorf holati»ning harorati 300—800°C ga teng.

Portlandsement xomashyo aralashmalarining reaksiyaga kirishish qobiliyatining eng muhim parametri qumtuproqli tarkibiy qismning (kvarsning) dispersligidir. I.V.Kravchenko ma'lumotlariga ko'ra, SiO_2 ning ustunlik qiluvchi ulushi $d < 15$ mkm shixta fraksiyasida bo'lishi kerak. Shixtaning umumiy solishtirma sathi taxminan 3000—4000 sm^2/g ga teng bo'lganda, gil va ohaktosh zarralari solishtirma sathlarining optimal nisbati 1,4—1,6 bo'ladi.

Reaksiyaga moyil CaCO_3 da va uning donalarida CA, 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 keyingina jarayonning kechishi yanada tezlashadi, ya'ni CaCO_3 ning parchalanishi ikki bosqichda bo'lishi va u jarayonning kechishiga ijobiy ta'sir qilishi mumkin, chunki u CaO ning qayta kristallanishiga to'sqinlik qiladi, bu holda faolligi kam bo'lgan CaCO_3 ning bir bosqichda dissotsiatsiyanishi kuzatiladi. Kuydirilayotgan aralashmada dastlabki eritma 580—680°C haroratda hosil bo'ladi va qattiq fazali reaksiyalarning kechishini tezlashtiradi. Bunda ayrim minerallar hosil bo'lishi ikki bosqichda o'tishi mumkin (M.T.Vlasova, N.V.Vasilyeva, S.Xromi va boshqalarning fikricha).

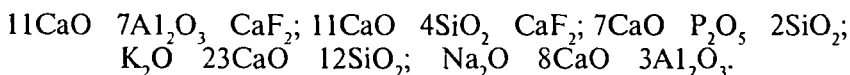
Masalan, yirik dispersli shixtalarda belit ikki bosqichda hosil bo'ladi: birinchisi 1115—1125°C haroratda kuzatilib, bunda SiO_2 donalarida C_2S dan iborat qobiq hosil bo'ladi; ikkinchisi 1150—1165°C haroratda ro'y beradi, bunda ana shu qobiqlar buzilib, C_2S ning yangi kristallari hosil bo'ladi. Belit kristallari to'plangan zonalarda oraliq eritmalarning ikki turi: C_2S dan iborat qobiq bilan SiO_2 donalari o'rtasida (nordon eritma) hamda CaO va C_2S donalari tutashgan yerda (asosiy, ya'ni ishqoriy eritma) hosil bo'ladi.

Aralashmalar ishtirokidagi past haroratda quyidagi oraliq birimlar hosil bo'ladi:



Bir qancha xromato-xromitlar va kalsiy fosfatlar, shuningdek, CaCO_3 ning ishqor sulfatlari bilan aloqasi tufayli ikkilamchi tuzlar

hosil bo'lad. Oraliq birikmalardan tashqari, past haroratlarda barqaror birikmalar ham hosil bo'lad, ular keyinchalik klinker tarkibida qoladi, ya'ni:



Tarkibi murakkab bo'lgan oraliq birikmalarning hosil bo'lishi CaCO_3 va SiO_2 ning o'zaro ta'sirlashish haroratini $38-80^\circ\text{C}$ ga pasaytirib yuboradi.

Yuqori haroratli bosqichda (1300°C dan yuqori) nordon va asosiy ishqoriy eritmalar qo'shilib ketadi, biroq klinker donalarining qizib zich yopishgan ayrim qismlarida tarkibi bo'yicha farqlanadigan eritma tomchilari mavjud bo'lishi ehtimol (kinetik mikrokvatsiya). C_2S va CaO dan iborat qobiqlar oralig'idagi eritmada Ca^{2+} ionlarining asosan $[\text{SiO}_4]$ ionlarga diffuziyalanishi yo'li bilan C_3S kristallari hosil bo'la boshlaydi. Agar C_3S kristallar o'sgan zonaga Ca^{2+} kira olmasa, bunda nordon eritma C_3S kristallarini C_2S va CaO ga qadar parchalab yemirishi mumkin (bu jarayon ba'zan aylanma pechlarning qovushib pishish zonasidagi klinkerida kuzatiladi). Klinker zonalarida 1450°C haroratda hosil bo'lgan eritma quyidagicha xossalarga ega: qovushoqligi $0,1-0,3 \text{ Pa}\cdot\text{s}$, sirt tarangligi $350-480 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$. U holda kalsiy ionlarining diffuziya koeffitsiyenti $D\text{Ca}^{2+}-(5,3-8,6) \cdot 10^{-5}$, temirniki $D\text{Fe}^{2+}-(5,7-14,2) \cdot 10^{-6}$, alyuminiyniki $D\text{Al}^{3+}-(2,3-7,1) \cdot 10^{-6}$ va kremniyniki $D\text{Si}^{4+}-(4,7-15,8) \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{s}$.

Ko'rsatib o'tilgan miqdorlarning o'zgarib turishiga Na, K, Cr, P, F aralashmalari sababchidir. CaO donalarining 1450°C haroratdagi eritmada erish tezligi $(16-8) \cdot 10^{-6}$; C_2S donalarining erish tezligi esa $(2-3) \cdot 10^{-6} \text{ sm/s}$, ya'ni CaO ning erish tezligi C_2S ning erish tezligidan 3—4 marta ko'p. Biroq bu jarayonda eritmani mikrokvatsiyaga 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, manganesning ko'proq miqdori (1% dan ortiqroq) muayyan sharoitlarda klinker hosil bo'lish jarayoniga yaxshi ta'sir ko'rsatadi. Klinker minerallari kristallarining nuqsonlari ko'proq: tuzilmaning blokliligi — $0,1-0,5 \text{ mkm}$, dislokatsiyalar zichligi $(0,5-5) \cdot 10^8-10^9 \text{ sm}^2$. Bunda alit kristallari maydaroq bloklardan

tashkil topadi va nuqsonlari ham ko'p bo'ladi. Aralashmalar ishtirokida (qattiq eritmalarda) kristallarning nuqsonlari ortadi.

Sovish jarayonida C_3S , C_3A , C_2S parchalanishi mumkin, parchalanishning qanday kechishi bir qancha omillarga bog'liq: sovish tezligi, aralashmalarining turi va miqdori, gaz atmosferasining xususiyati va boshqalar. Eritma shisha sifatida qotayotganda hajman kichrayadi. Mg, F, Cr ishtirokida esa kristallanish jarayonining kechishi tufayli turli harorat oraliqlarida belgini o'zgartiruvchi deformatsiya kuzatiladi ($1350-1100^{\circ}C$ haroratda hajm kichrayadi, $1100-900^{\circ}C$ haroratda hajm kengayadi). C_3S , C_3A va C_4AF minerallarining $25-600^{\circ}C$ haroratda chiziqli termik kengayish koeffitsiyenti $(10-13) \cdot 10^{-6}$. C_2S termik kengayishining chiziqli koeffitsiyenti $19,5 \cdot 10^{-6}$ darajaga teng, ya'ni C_2S ning termik kengayish koeffitsiyenti boshqa mineral kristallarnikiga nisbatan taxminan ikki marta katta bo'ladi, binobarin, bu hol klinker donalarida fizik kuchlanishlarga sabab bo'lishi mumkin.

Aylanma pechlarda gaz atmosferasining qaytarilish xarakteri tufayli klinkerni kuydirish jarayoni osonlashadi.

5. Klinker tavsifi

Sement klinkeri sifati quyidagilar bilan ifodalanishi mumkin:

1. Alohida oksidlarning miqdori (kimyoviy tarkibi).
2. Asosiy oksidlar miqdorining nisbatini ifodalovchi modullar qiymati.
3. Asosiy minerallarning miqdori. Klinkerga oksidlarning o'zaro nisbati va klinker minerallarining miqdori bilan tavsif beriladi.

Demak, portlandsement sifatini har qaysi klinker mineralining foiz miqdoriga qarab aniqlash mumkin. Klinkerning mineralogik tarkibini aniqlashning ikki usuli bor: bevosita petrografik yoki rentgenografik tahlil usuli yoxud bevosita hisoblab aniqlash usuli. Klinker mineralogik tarkibi zavodlarda ko'pincha hisoblab aniqlanadi (asosiy oksidlarning foiz nisbati orqali). Muhim oksidlarning foiz nisbati ikki xil modul (silikat va qumtuproq) hamda to'yinish koeffitsiyenti bilan ifodalanadi. Bu modullar va koeffitsiyent miqdori xomashyo aralashmasi uchun ham, klinker uchun ham amalda bir xil bo'ladi. Bu esa muhim amaliy ahamiyatga ega, chunki xomashyoning kimyoviy tarkibini tegishlicha tanlash bilan klinker mineralogik tarkibini o'zgartirib turish mumkin.

Silikat modul. Silikat modul (n) qumtuproq modul deb ham

ataladi. Bu modul reaksiyaga kirishgan kremniy ikki oksid miqdori-ning alyuminiy va temir oksidlari miqdoriga foiz hisobidagi nisbatini ko'rsatadi:

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

Avvallari klinker tarkibini ifodalash uchun faqat gidravlik (boshqacha asosli) moduldan foydalanilgan. Bu modul birikkan kalsiy oksid miqdorini kislota oksidlar miqdoriga nisbatini ifodalaydi.

$$BM = \frac{CaO\text{ umum} - CaO\text{ erkin}}{SiO_2\text{ umum} - SiO_2\text{ erkin} - Al_2O_3 - Fe_2O_3}.$$

Zamonaviy sement klinkerlarining bosh moduli BM-1,7—2,4. Biroq gidravlik modul klinker sifatini xarakterlash uchun yetarli emas edi. Shuning uchun yana ikkita modul: silikat (qumtuproq) va giltuproq (alyuminat)lar kiritildi.

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

Xomashyo aralashmasi tarkibidagi kremniy ikki oksid ohak bilan hamma vaqt C_3S va C_2S holda birikvermaydi, shu tufayli birikkan qumtuproq miqdori kremniy ikki oksidining umumiy miqdori SiO_2 umumiy va erkin holda qolgan SiO_2 erkin miqdori ayirmasi bilan ifodalanishi mumkin. Shuning uchun silikat modul quyidagicha yoziladi:

$$n = \frac{\%SiO_2\text{umum} - SiO_2\text{erkin}}{\%Al_2O_3 - \%Fe_2O_3}.$$

n sementdagi silikat minerallari eruvchan minerallar (klinkerning alyumoferrit, alyuminat qismlari) o'rtasidagi nisbatni aniqlaydi.

Oddiy portlandsementlar uchun silikat modul qiymati 1,7—3,5; sulfatga chidamli portlandsement uchun esa 1,7—4.

Giltuproq (alyuminat) modul ρ alyuminiy oksid miqdorining temir oksid miqdoriga nisbatini ifodalaydi:

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

p klinkerdagi uch kalsiy alyuminatning temir oksid bor birikmalarga nisbatini ifodalaydi.

Giltuproq modul qiymati oddiy portlandsementlar uchun 1—3. Silikat modul katta qiymatga ega bo'lganda ham xomashyo aralashmasini qovushtirib pishirish qiyinlashadi. Hosil bo'lgan sement sekin tishlashadi va sekin qotadi, biroq keyinchalik uning mustahkamligi yuqori bo'ladi. Alyuminat moduli kichik qiymatga ega bo'lganda portlandsementlar minerallashgan tuzlar ta'siriga chidamli bo'ladi.

p katta qiymatga ega bo'lganda esa sementlar tez tishlashadi va qotadi, ammo oxirgi mustahkamlik ko'rsatkichi past bo'ladi.

Silikat modul katta bo'lsa, klinkerda C_3A va C_4AF kam, ammo C_3S va C_2S ko'p, giltuproq modul katta bo'lsa, klinkerda C_3A juda ko'p, biroq C_4AF kam bo'ladi.

To'yinish ko'effitsiyenti (TK). Olimlardan V.A.Kind va V.N.Yunglar tomonidan aniqlangan to'yinish ko'effitsiyenti portlandsement klinker mineralogik tarkibining eng muhim tavsifidir. Klinker minerallar orasida uch kalsiy silikat eng muhim mineral hisoblanadi, portlandsement xossalari ko'p jihatdan ana shu silikatning foiz miqdoriga bog'liq. Shu bilan birga, klinker tarkibidan uch kalsiy silikat olish texnologik jihatdan juda murakkab. Qolgan uch tur silikat osongina hosil bo'ladi.

Shu narsa ma'lumki, ohak keragidan ko'p bo'lsa, C_2S , S_3A va C_4AF ning hosil bo'lish jarayoni (shuningdek, CaO bilan SO_2 o'zaro ta'sir etishi tufayli $CaSO_4$ ning ham) uch kalsiy silikat faqat ancha yuqori ($1300^\circ C$ dan ko'p) haroratda va kuydirilayotgan aralashmada suyuq faza bo'lgandagina ikki kalsiy silikatning ohak bilan to'yinishi hisobiga hosil bo'ladi.

Shunday qilib, portlandsement klinker ishlab chiqarishda $2CaO \cdot SiO_2$ ni $3CaO \cdot SiO_2$ ga aylantirish va klinkerda kerakli miqdorda $3CaO \cdot SiO_2$ hosil qilish kerak. Ammo klinkerda erkin ohak qolmasligi kerak, ya'ni CaO dan C_3S , C_3A va C_4AF hosil qilish uchun ular kerakli miqdorda bo'lishi lozim. Bu vazifa qanchalik aniq bajarilayotgani to'yinish ko'effitsiyentining (TK) qiymati orqali aniqlanadi.

Unda yutilgan (alyuminiy oksidning uch kalsiy alyuminatga, temir oksidning bir kalsiy ferritga va sulfat kislota angidridining kalsiy sulfatga aylanguncha to'yinishidan ortgan ohak) ohak miqdorining qumtuproq uch kalsiy silikatgacha ohakka to'yinishi uchun zarur bo'lgan ohak miqdoriga nisbati beriladi.

Klinker minerallari tarkibiga kiruvchi oksidlarning molekulyar og'irliklariga qarab qumtuproq $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ gacha, gil-tuproq $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ gacha, temir oksid $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ gacha va sulfat kislota anhidridi CaSO_4 gacha to'la to'yinishi uchun talab qilinadigan CaO miqdorini hisoblash mumkin (CaSO_4 ikkita, ya'ni CaO va SO_3 oksidlaridan iborat deb olinadi).

Uch kalsiy silikatda kalsiy oksidning og'irligi bo'yicha kremniy oksidga nisbati $\frac{3\text{CaO}}{\text{SiO}_2} = \frac{168}{60} = 2,8$ ga teng. Demak, $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ hosil bo'layotganda SiO_2 ning har bir og'irlik qismi 2,8 og'irlik qism CaO ni yutadi.

Xuddi shunday yo'l bilan Al_2O_3 ning bir og'irlik qismi ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ hosil bo'layotganda) 1,65 og'irlik qism CaO ni $\left(\frac{3\text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{168}{102} = 1,65 \right)$, bir og'irlik qism Fe_2O_3 esa ($\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ hosil bo'layotganda) 0,35 og'irlik qism CaO ni $\left(\frac{\text{CaO}}{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{56}{160} = 0,35 \right)$, bir og'irlik qism SO_3 (CaSO_4 hosil bo'layotganda) 0,7 og'irlik qism CaO $\left(\frac{\text{CaO}}{\text{SO}_3} = \frac{56}{80} = 0,7 \right)$ ni yutishini aniqlash mumkin.

Klinker minerallaridagi ohak va kislota oksidlarining og'irlik nisbatlari ma'lum bo'lsa, qancha CaO kerakligini kislota oksidlari orqali ifodalash mumkin. C_2S hosil bo'lishi uchun 2,8 SiO_2 va C_3A ga 1,65 Al_2O_3 ; CF ga 0,35 Fe_2O_3 va CaSO_4 ga 0,7 SO_3 talab qilinadi. Bu ma'lumotlardan foydalanib, to'yinish koeffitsiyenti formulasini quyidagicha yozish mumkin:

$$TK = \frac{(\text{CaO umum} - \text{CaO erkin}) - (1,65\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,35\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,7\text{SO}_3)}{2,8(\text{SiO umum} - \text{SiO}_2 \text{ erkin})}$$

Bu formula suratdagi Al_2O_3 , Fe_2O_3 va CO_3 lar C_3A ; CF va CaSO_4 gacha to'yingandan keyin qolgan ohak miqdorini, maxraji esa qumtuproqning C_2S gacha to'yinishi uchun zarur bo'lgan ohak miqdorini ifodalaydi. Surat bilan maxraj teng bo'lsa, to'yinish koeffitsiyenti 1 bo'ladi. Bunday klinker tarkibida ikki kalsiy silikat

bo'lmaydi. Qumtuproqning C_3S gacha to'la to'yinishini qiyinlashtiradigan bir qator texnologik omillar tufayli qiymati 1 ga teng bo'lgan to'yinish koeffitsiyentiga erishish amalda juda qiyin. Shuning uchun to'yinish koeffitsiyenti odatda 1 dan kichik bo'ladi. Oddiy portlandsement uchun $TK=0,80-0,95$. Demak, bunday portlandsement tarkibida C_3S dan tashqari ikki kalsiy silikat ham bor. To'yinish koeffitsiyenti qanchalik kichik bo'lsa, klinkerda C_2S shuncha ko'p, C_3S esa kam bo'ladi

Shunday qilib, to'yinish koeffitsiyenti va ikki modul qiymatlariga qarab portlandsement klinkerining sifati haqida fikr yuritish mumkin.

Portlandsement klinkerining mineralogik tarkibini aniqlash. Klinkerning mineralogik tarkibi kimyoviy tahlil ma'lumotlari va to'yinish koeffitsiyenti qiymati bo'yicha hisoblab aniqlanadi.

Kalsiy silikatlar C_3S va C_2S miqdorini hisoblashda silikatlarining asoslilik darajasi (AD) degan tushunchadan foydalaniladi. AD deganda, bir molekula SiO_2 ga to'g'ri keladigan CaO molekulalar soni tushuniladi. Masalan, C_2S ning asoslilik darajasi 2 ga, C_3S ning asoslilik darajasi esa 3 ga teng. Klinkerdagi silikatlarining asoslilik darajasi 3 ga teng bo'lsa, u holda hamma kremniy ikki oksid ohak bilan uch kalsiy silikat holida, AD 2 ga teng bo'lsa, ikki kalsiy silikat holida bog'langan bo'ladi. AD ning oraliq qiymatlari klinkerda C_3S dan tashqari C_2S ham borligini ko'rsatadi. Modomiki, to'yinish koeffitsiyenti 1 ga teng bo'lganda hamma kremniy ikki oksid ohak bilan C_3S holida bog'langan. TK 1 dan kichik bo'lsa, klinkerda C_2S bor bo'ladi, har qaysi portlandsement klinkeri uchun silikatlar asoslilik darajasini quyidagicha belgilash mumkin:

$$AD = 3TK.$$

Klinkerdagi uch kalsiy silikatning foiz miqdori qum-tuproq foiz miqdoriga qarab aniqlanadi. Chunki yuqorida aytilganidek, uch kalsiy silikatda har 1% SiO_2 ga 2,8% CaO to'g'ri keladi. Ular o'zaro ta'sirlashib, 3,8% C_3S ni hosil qiladi. U vaqtda klinkerdagi C_3S ning miqdorini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\%C_3S=3,8 \cdot SiO_2(AD-2)$$

yoki

$$\% C_3S=3,8SiO_2(3TK-2).$$

Formuladan ko‘rinib turibdiki, ayirma (3TK-2) l ga teng bo‘lsa (AD=3), klinkerning hamma qumtuprog‘i C_3S holida birikkan bo‘ladi.

C_2S ning miqdorini aniqlash uchun formula quyidagi ko‘rinishga keltiriladi:

$$\%C_2S = 2,87 \cdot SiO_2(3-AD)$$

yoki

$$\% C_2S = 2,87 \cdot SiO_2(3-3TK).$$

Chunki ikki kalsiy silikatda har l % SiO_2 ga 1,87 % CaO to‘g‘ri keladi. Ular o‘zaro ta’sirlashib, 2,87 % C_2S hosil qiladi.

Ikkinchi formula AD-3 (TK-1) bo‘lganda klinkerdagi C_2S miqdori nolga tengligini ko‘rsatadi.

Klinkerdagi giltuproq (Al_2O_3) C_3A va C_4AF holida bog‘langan bo‘ladi. C_4AF holda birikkan giltuproqning foiz miqdori har l % Fe_2O_3 ning 0,64% Al_2O_3 ni biriktirishiga qarab aniqlanishi mumkin:

$$\rho = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} = \frac{102}{160} = 0,64$$

Klinkerdagi qolgan giltuproq C_3A ni hosil qiladi. 1% ortib qolgan Al_2O_3 esa 1,65% CaO bilan o‘zaro ta’sir etishib, 2,65% C_3A ni beradi. Bu sharoitda uch kalsiy alyuminat miqdori quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\%C_3A = 2,65 (\%Al_2O_3 - 0,64Fe_2O_3).$$

Qavs ichidagi ayirma C_4AF hosil bo‘layotganda Fe_2O_3 yutgan giltuproq miqdorini ifodalaydi.

To‘rt kalsiy alyumoferrit ilgari qabul qilingan shartga ko‘ra ikki modda, ya’ni C_3A va CF dan iborat deb qaraladi. Har l % CaO 0,35% Fe_2O_3 bilan o‘zaro ta’sir etishib, 1,35% CF hosil qilishi hisobga olinsa, C_4AF ning miqdori quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\%C_4AF = 2,65 \cdot 0,64Fe_2O_3 - 1,35Fe_2O_3.$$

$2,65 \cdot 0,64 \cdot Fe_2O_3$ ko‘paytma C_4AF ning tarkibida C_3A holida birikkan giltuproq miqdorini ko‘rsatadi.

1% Fe_2O_3 ning 3,04% C_4AF hosil qilishi ham aniqlangan. U vaqtda C_4AF foiz miqdori oddiyoq formula bo'yicha hisoblanishi mumkin:

$$\% \text{C}_4\text{AF} = 3,04 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3.$$

Keltirilgan formulalardan foydalanib, klinkerning mineralogik tarkibini kimyoviy tahlil ma'lumotlari bo'yicha aniqlash mumkin. Formuladagi SiO_2 va CaO ning foiz miqdori ularning birikkan holdagi miqdoriga teng. Bu miqdor shu oksidlarning klinkerdagi umumiy miqdori bilan erkin holdagi miqdori ayirmasi tariqasida aniqlanadi.

6. Klinkerlarning sinflanishi va portlandsement turlari

S.D.Okorokov klinkerlardagi asosiy minerallar yig'indisini $\text{C}_3\text{S} + \text{C}_2\text{S} = 75\%$; $\text{C}_3\text{A} + \text{C}_4\text{AF} = 25\%$ deb qabul qilib, klinkerlarning quyidagicha sinflanishini taklif qildi (19-jadval).

Agar klinker birdaniga ko'p miqdorda silikatli minerallar yoki eruvchan minerallar yig'idisidan iborat bo'lsa, ular misol uchun alit-alyuminatli, belit-alyuminatli va hokazo deb ataladi yoki klinker mineralogik tarkibini o'zgartirib ular asosida turli qo'shilmalar bilan sement tayyorlansa, turli qurilish xossalariga ega bo'lgan gidravlik bog'lovchi moddalarni tayyorlash mumkin.

19-jadval.

Klinkerning mineralogik tarkibiga qarab nomlanishi.

Klinker	Taxminiy miqdor, %			
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
Alitli	60 ko'pi bilan	15 kamida	—	—
Normal (alit miqdoriga ko'ra)	60—37,5	15—37,5	—	—
Belitli	37,5 kamida	37,5 ko'pi bilan		
Aluminatli	—	—	15 ko'pi bilan	10 kamida
Normal (aluminatli miqdoriga ko'ra)	—	—	15—7	10—18
Selitli	—	—	7 kamida	18 ko'pi bilan

Hozirgi 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% C_3A bo'lgan sulfatga chidamli portlandsement.

6. O'rtacha ekzotermiyali portlandsement.

7. Oq va rangli portlandsementlar.

III bob. Portlandsement texnologiyasi

7. Xomashyo materiallari va yoqilg'i

Portlandsement klinkeri ishlab chiqarishda xomashyo sifatida tarkibida kalsiy karbonat ko'p bo'lgan karbonat jinslar va tarkibida kremniy oksid, alyuminiy oksid hamda temir oksid bo'lgan gillar, shuningdek, gil va kalsiy karbonatning tabiiy aralashmalari (mergellar) ishlatiladi. Keyingi yillarda portlandsement ishlab chiqarishda gilni butunlay ishlatmaslik yoki qisman ishlatish maqsadida, nordon va asosan domna toshqollaridan, nefelin chiqindilaridan foydalanilmoqda. Shuningdek, gips yoki angidritni gil bilan aralashtirib, portlandsement, sulfosement va SO_2 gazi olishning kompleks texnologiyasi ishlab chiqilgan. Bu texnologiya sulfat kislota kam ishlab chiqariladigan mamlakatlarda yo'lga qo'yilgan.

Nefelin shلامي chiqindi sifatida alyuminiy oksid ishlab chiqaruvchi sanoatda hosil bo'ladi. Uning tarkibida 25—30% SiO_2 ; 2—5% Al_2O_3 ; 3—5% Fe_2O_3 ; 50—58% CaO va 3—8% boshqa oksidlar, chunonchi, 1,5—3% ishqorlar bor. Tarkibida shuncha CaO bo'lgan materialga 15—20% ohaktosh qo'shib, portlandsement ishlab chiqarish uchun xomashyo aralashmasini tayyorlash mumkin.

Nefelin shلامي ishlatish pechlar unumdorligini 20—30% ga oshiradi va yoqilg'i sarfini 25% ga kamaytiradi.

40—50% gacha tarkibida kalsiy oksidi bo'lgan domna toshqollari ham portlandsement ishlab chiqarish uchun qimmatli xomashyo hisoblanadi. Hozircha ular ko'p miqdorda ishlatilmaydi, lekin ular asosida yirik portlandsement ishlab chiqarish korxonalarini tashkil qilish mumkin.

Gil suvda osongina ivib, bo'shashib ketadigan mayda dispers ikkilamchi tog' jinslaridan iborat. Ular bitta konning o'zida mineralogik va granulometrik (donadorlik) tarkibi jihatidan juda xilma-xil bo'lishi bilan farq qiladi. Ko'pincha gil tarkibida ko'p

miqdorda tog' jinslari, ularning siniq parchalari — shag'al, qum va tosh holiday dag'al qo'shilmalar bo'ladi. Shuning uchun ularni oldindan yaxshilab saralab olish zarur.

Gilning mineralogik tarkibi asosan suv, alyumosilikatlar va kvarsdan iborat. Gillarning kimyoviy tarkibida asosan uchta oksid bor: kremniy oksid (60—80%), alyuminiy oksid (5—20%) va temir oksid (3—15%). Gilda oz miqdorda karbonat tuzlari holida kalsiy va magniy oksidlari uchrashi mumkin. Lekin gillarning ba'zi turlarida kalsiy oksid 25% gacha, magniy esa 3% gacha bo'ladi (bularga slanes, lyosslar misol bo'ladi).

«Lyoss» so'zi xalqaro termin bo'lib, tuzilishi jihatidan fizik, mexanik, mineralogik va kimyoviy tarkibga ega. U yer yuzining ma'lum hududlarida vujudga kelgan, to'rtlamchi davrda paydo bo'lgan tog' jinsidir.

Geologlarning tekshirishicha, lyoss deb ataluvchi tog' jinslari sayyoramizda keng tarqalgan bo'lib, ular Yevropa, Osiyo va Amerika qit'alarida ko'plab uchraydi. Lyosslar o'ziga xos tog' jinsi hisoblanib, kimyoviy va fizikaviy xossalari bilan boshqa jinslardan farqlanib turadi (20-jadval).

Gillar tarkibida SO_3 , Na_2O , va K_2O kabi eruvchan tuzlar ham uchraydi. Bu esa maqsadga muvofiq emas, klinker ishlab chiqarish uchun foydalaniladigan gillarda bu tuzlarning miqdori iloji boricha kam bo'lishi kerak.

Kalsiy karbonat jinslar tabiatda ohaktosh, bo'r, ohaktosh-chig'anoq va marmar holida uchraydi. Karbonat jinslarining marmardan boshqa hamma turlari portlandsement ishlab chiqarishda ishlatiladi. Gillar singari ohaktosh va bo'rning ham cho'kindi jins bo'lgani uchun kimyoviy tarkibi va fizik xossalari juda xilma-xildir.

20-jadval.

Turli hududlardagi lyosslarning xossa va xususiyatlari
(M. Zokirov, H. Hasanova ma'lumotlari).

Aniqlash usullari	Miqdori					
	Lyoss jinslarining rayonlar bo'yicha tarqalishi					
	Toshkent	Samarqand	Toshkent oldi	Angren	Qarshi	Mirza-cho'l
1	2	3	4	5	6	7
I. Donadorlik tarkibli fraksiyalar (% hisobida)						
Qum	14,00	8,31	11,06	9,00	11,40	8,2
Chang	73,00	79,82	49,12	79,00	74,00	80,2
Gil	13,00	11,97	8,76	8,00	14,60	7,1

1	2	3	4	5	6	7
2. Mineral tarkibli (% hisobida) solishtirma og'irligi 2750 kg/m ³ bo'lganda						
Yengil fraksiya	87,00	88,61	93,74	95,70	98,00	94,26
Shu jumladan kvars	43,00	39,43	32,28	35,23	41,50	31,22
Dala shpati	22,00	25,96	22,58	37,53	30,70	24,64
Gil minerallari	22,00	23,22	28,88	22,94	15,80	29,38
3. Suvda eruvchan tuzlar miqdori, mg/ekv hisobida,						
HCO ₃	35,80	17,90	3,20	10,20	0,50	40,00
Cl	8,0	1,90	5,93	4,19	4,20	—
SO ₄	11,00	30,20	44,31	35,80	11,39	10,00
4. Kimyoviy tarkibiy miqdori (% hisobida)						
SiO ₂	33,20	52,60	59,27	49,00	57,01	56,00
Al ₂ O ₃	11,40	10,94	15,00	14,00	14,37	13,31
CaO	13,60	11,79	11,00	10,00	9,81	5,51
CO ₂	8,80	9,32	9,50	5,20	4,90	3,20
Fe ₂ O ₃	2,70	3,24	3,20	2,30	3,1	1,75
MgO	0,55	3,19	4,10	5,00	4,8	8,00
5. Karbonat tuzlarning miqdori (% hisobida)						
	28,50	20,70	26,20	22,30	21,00	26,80
6. Gumus miqdori (% hisobida)	—	0,23	0,28	0,33	0,83	0,30
7. Namligi (% hisobida)						
Hajmiy massa, kg/m ³	10,51	6,30	8,61	8,40	6,00	18,45
	1770	1420	1340	1470	1380	1550
8. G'ovakligi (% hisobida)						
	38,00	49,20	51,20	47,00	51,40	44,00

Kimyoviy sof kalsiy karbonat tarkibida 56% CaO va 44% CO₂ bo'ladi. Biroq, tabiatda faqat kalsiy karbonatdan iborat sof ohaktoshlar kam uchraydi. Portlandsement ishlab chiqarishda ishlatiladigan ohaktoshlar tarkibida CaO dan tashqari qumtuproq (8% gacha), giltuproq (2% gacha), temir oksidlar (1% gacha), magniy oksid (2% gacha) va SO₃ (1% gacha) bo'lishi mumkin.

Kalsiy karbonat jinslarning zichligi va mustahkamligi keskin o'zgarib turadi, ya'ni tabiatda kristall tuzilmali, juda zich ohaktoshlar va yumshoq, po'k jinslar (bo'r) ham uchraydi. Port-

landsement ishlab chiqarishning texnologik chizmasi tanlanayotganda turli kalsiy karbonat jinslarining fizik xossalari hisobga olinadi.

Mergellar gilsimon moddalar va juda mayda kalsiy karbonat zarrachalarining tabiiy aralashmasidan iborat cho'kindi tog' jinsi hisoblanadi. Mergellar borligiga qarab, mergel ohaktosh (90—95% CaCO_3), ohaktosh karbonat mergel (20—90% CaCO_3) va mergel (50—70% CaCO_3) ga bo'linadi. Taxminan 65% CaCO_3 va 25% gildan tashkil topgan mergellar juda qimmatbaho xomashyo hisoblanadi. Bunday mergel kuydirilgandan so'ng kimyoviy tarkibi bo'yicha klinkerga o'xshab ketadi. Shuning uchun uni ishlatish bilan portlandsement ishlab chiqarish yo'sini ancha soddalashadi. Tarkibidagi CaCO_3 miqdori bo'yicha sun'iy tayyorlangan xomashyo aralashmasiga mos keladigan mergellar sement sanoatida «natural» deb ataladi.

Mergellar ham kalsiy karbonat jinslar singari fizik xossalari bo'yicha bir-biridan keskin farq qilishi mumkin. Ba'zi mergellar zich tuzilmali va mustahkam bo'lsa, boshqalari bo'r singari yumshoq va po'k bo'ladi.

To'g'rilovchi qo'shilmalar. Ikki asosiy tarkibiy modda bo'lgan ohaktosh va gil nisbatini o'zgartirish bilan talab qilingan kimyoviy tarkibdagi klinker olish hamma vaqt qulay bo'lavermaydi. Shuning uchun ko'pincha uchinchi, ba'zan esa to'rtinchi komponent tarkibida klinker oksidlaridan birining miqdori ko'p bo'lgan to'g'rilovchi qo'shilmalar qo'shishga to'g'ri keladi.

Xomashyo aralashmasiga tarkibida SiO_2 qumtuprogi ko'p bo'lgan moddalar (trepel, opoka, diatomit) qo'shib ko'paytiriladi. Xomashyo aralashmasi tarkibida temir oksid yetishmasa, kolchedan kuyindi qo'shiladi. Sergil giltuproqlar qo'shish natijasida klinker tarkibidagi giltuproq ham ko'payadi. Respublikamizga kolchedan kuyindisi chet mamlakatlardan keltiriladi.

Karbonat jinslar, gil va to'g'rilovchi qo'shilmalar klinker ishlab chiqarish uchun zarur xomashyo hisoblanadi. Portlandsement tayyorlanayotganda esa, yuqorida aytib o'tilganidek, klinker gips va faol mineral (gidravlik) yoki inert qo'shilmalar bilan birga maydalab tuyiladi. Gips qo'shilmasi sifatida ikki molekula suvli gips — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ya'ni gipstosh ishlatiladi. Gipstosh qurilish gipsini tayyorlashda xomashyo hisoblanadi.

Yoqilg'i. Xomashyo materiallarini kuydirish uchun qattiq, suyuq va gazsimon yoqilg'i ishlatiladi. Suyuq va gazsimon yoqilg'i

eng yaxshi yoqilg'i hisoblanib, ularni yoqqanda kul hosil bo'lmaydi. Qattiq yoqilg'idan foydalanganda uning kuli klinker tarkibiga qo'shilib ketadi va u klinkerning faqatgina kimyoviy tarkibini o'zgartiribgina qolmay, balki klinker tarkibidagi magniy oksid va SO_3 miqdorini ham ko'paytirib yuboradi.

Shuning uchun xomashyo aralashmasini hisoblayotganda yoqilg'idan qancha kul hosil bo'lishi va kulning kimyoviy tarkibi hisobga olinishi kerak.

Gazsimon va suyuq yoqilg'i ishlatilsa ishlab chiqarish ancha soddalashadi, kuydirish rejimi, klinkerning sifat ko'rsatkichlari qat'iy barqarorlashadi. Qattiq yoqilg'i ishlatganda esa bunga erishish qiyin.

Aylanma pechlar bilan jihozlangan sement zavodlarida suyuq yoqilg'i sifatida $30-35^\circ\text{C}$ past haroratda qotib qoladigan serparafin mazut ishlatiladi. Mazut pechga 2,5 MPa gacha bosim ostida forsunkalar bilan purkab uzatiladi. Mazut suyuqligi unchalik qovushoq bo'lmagani uchun u forsunkada yaxshi purkaladi. Mazutning qovushqoqligini kamaytirish uchun $60-80^\circ\text{C}$ haroratgacha qizdiriladi.

Sement sanoatida gazsimon yoqilg'i sifatida tabiiy gaz ishlatiladi. Gazning issiqlik berish darajasi juda yuqori, uni istalgan joyga va pechga uzatish qiyin emas, gazsimon yoqilg'ini yoqishdan oldin unga biror ishlov berishning keragi yo'q, shuningdek, bu tur yoqilg'i arzon bo'lib, o'z sifatlariga ko'ra, tabiiy gaz sement sanoati uchun eng qulay yoqilg'i hisoblanadi. Tabiiy gaz ishlab chiqarish ko'payishi bilan ko'plab sement zavodlari ham gazsimon yoqilg'ida ishlashga o'tkazildi. Gazsimon yoqilg'ini ishlatish pechlar unumdorligini oshiradi, yoqilg'i sarfini 5 % gacha, elektr energiyasi sarfini esa 10 % gacha kamaytiradi, mehnat unumdorligini 7—10 % oshiradi. Biroq tabiiy gaz hamma yerda ham bo'lavermaydi, suyuq yoqilg'idan foydalanish esa qimmatga tushadi. Shuning uchun ko'pgina zavodlar qattiq yoqilg'ida ishlaydi.

Klinker kuydirilganda toshko'mir, antrasit, ko'ng'ir ko'mir va yoquvchi slanes ishlatiladi.

Qattiq yoqilg'i aylanma pechga kukun holida yuboriladi. Yoqilg'i kukun holiga kelguncha maydalanganda zarralarining yonish jarayoni tezlashadi va juda mayda dispers kul hosil bo'ladi. Zarralar yirik bo'lsa, yoqilg'i batamom yonib ulgurmaydi va qisman chala yongan holda klinker bilan chiqib ketadi. Natijada kuydirish harorati ham, pechning foydali ish ko'effitsiyenti ham pasayib ketadi.

Mayda dispers kul hosil qilish yana shuning uchun zarurki, kul qancha mayda bo'lsa, klinker uni batamom singdirib oladi va kul unda tekis joylashadi. Yoqilg'i 009 raqamli elakda 8—10% qoldiq qolguncha maydalab tuyilishi kerak.

Serkul yoqilg'i juda mayda tuyilishi zarur. Zavodga kelgan yoqilg'i ko'pincha ancha nam bo'ladi. Shuning uchun u bir marta quritib olinadi. Yoqilg'ini quritish tuyayotgan vaqtda yoki tuyishdan oldin bajariladi. Bir yo'la ham tuyib, ham quritish eng foydali va unumli usuldir.

8. Portlandsement ishlab chiqarish usullari

Portlandsement ishlab chiqarish ikki mustaqil jarayonga bo'linadi:

1. Klinker ishlab chiqarish (portlandsementning chala mahsulotini tayyorlash).

2. Klinkerni qo'shilmalar bilan birga tuyish (portlandsement olish).

Birinchi jarayon juda murakkab bo'lib, uning bajarilishi katta xarajatlar bilan bog'liq. Shuning uchun hamma vaqt portlandsement asosini tashkil etuvchi klinkerni tejash kerak. Chunki portlandsement ishlab chiqarish uchun sarflanadigan jami xarajatning ko'p qismi (70—80%) klinker qiymatini tashkil etadi.

Portlandsement klinkeri ishlab chiqarishda quyidagi asosiy texnologik jarayonlar bajariladi:

1. Ohaktosh va gil qazib olinadi.

2. Xomashyo materiallari tayyorlanadi va maydalanadi.

3. Yoqilg'i tayyorlanadi.

4. Xomashyo materiallari kuydiriladi.

Klinkerni tuyish va portlandsement ishlab chiqarishda esa asosan quyidagi texnologik jarayonlar mavjud:

1. Qo'shilmalar tayyorlanadi.

2. Klinker qo'shilmalar bilan birga tuyiladi.

3. Portlandsement omborga joylanadi.

Talab qilingan kimyoviy tarkibli bir jinsli xomashyo aralashmasini hosil qilish uchun uning tarkibiga kiradigan materiallarni tayyorlash kerak. Bunday aralashmani tayyorlash uchun uning tarkibiga kiradigan materiallar (ohaktosh, gil va to'g'rilovchi qo'shilmalar) ning hammasi mayda qilib tuyiladi va yaxshilab

aralashtiriladi. Aralashma tarkibiga kiradigan materiallar maydalab tuyilsa, xomashyo aralashmasi tarkibidagi oksidlar kuydirilayotganda o'zaro yaxshi ta'sirlashadi. Xomashyo iloji boricha maydalab tuyilsa, u kuydirilayotganda klinkerda ta'sir etishmay qolgan moddalar deyarli bo'lmaydi. Bu vaqtda hamma oksidlar minerallar holida bog'langan bo'ladi.

Mayda qilib tuyilgan materiallar quruqligicha yoki suvda yaxshilab aralashtirilishi mumkin. Xomashyo materiallari suv bilan tayyorlansa, portlandsement ishlab chiqarish «ho'l» usul deb, quruqligicha tayyorlansa, «quruq» usul deb ataladi. Qaysi usulni tanlash texnologik va texnik-iqtisodiy xarakterdagi bir qator omillarga bog'liq (chizmaga qarang).

Garchi texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlar jihatidan quruq usul afzalroq bo'lsa ham, hozirgi vaqtda qator mamlakatlarda, shuningdek, Rossiyada va AQSHda ho'l usul, quruq usul esa Yaponiya, Germaniya va Italiyada keng tarqalgan. Hozirgi kunda mamlakatimizda ham «quruq» usulni ko'proq qo'llashga moyillik salmoqli o'rin olmoqda.

9. Ohaktosh va gilni qazib olish, tashish hamda xomashyo aralashmasini tayyorlash

Ohaktosh bilan gil, odatda, sement zavodi yaqinidagi konlardan qazib olinadi. Ohaktosh portlatish yordamida qazib olinadi va vagonetkalar, platformalar yoki yukni o'zi ag'daradigan mashinalar samosvallarda tashiladi.

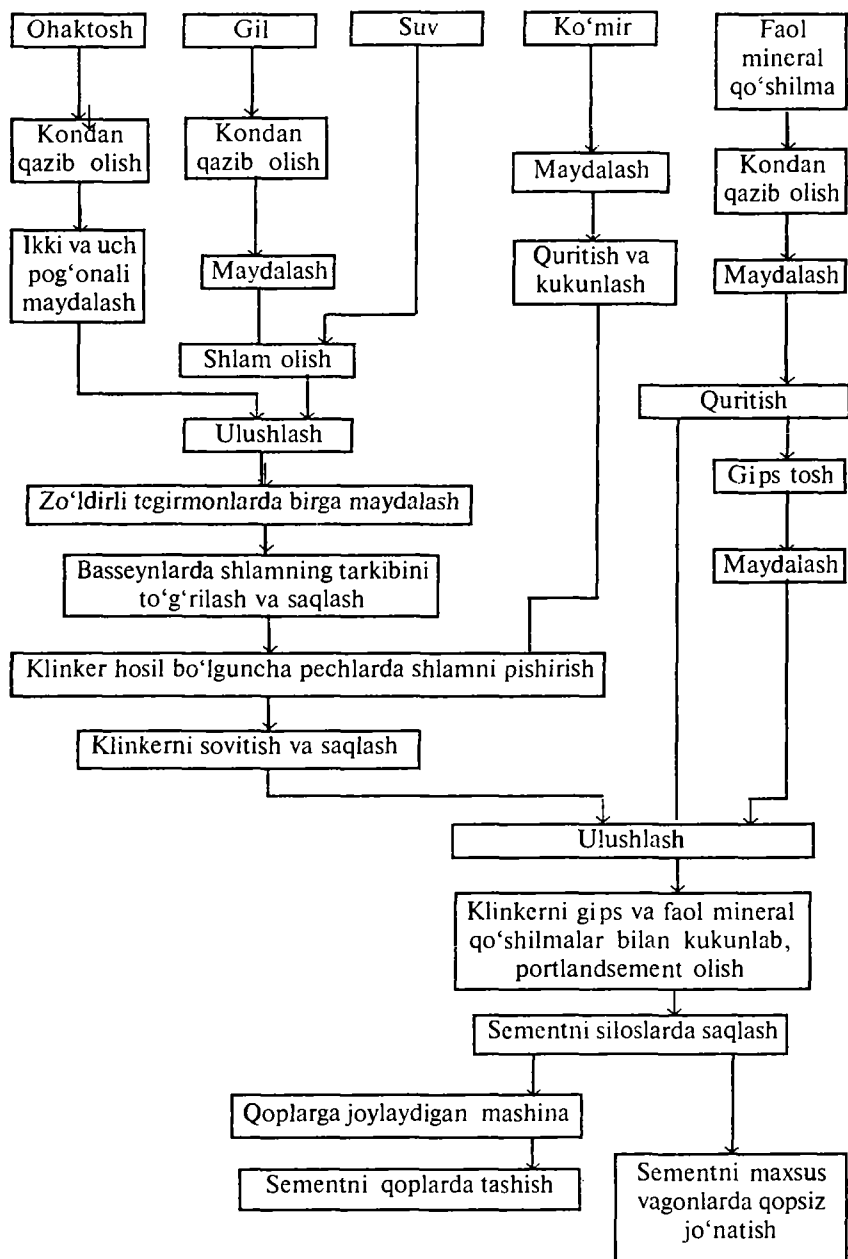
Gilni qazib olish uchun bir cho'michli (kamdan-kam hollarda ko'p cho'michli) ekskavatorlar ishlatiladi. Gil ham ohaktosh singari tashiladi. Ayrim vaqtlarda bu maqsadlar uchun gidrotransportdan foydalaniladi.

Yuqorida ko'rsatib o'tilgan transportlardan tashqari, mahalliy sharoitlarga qarab, lentali transportyorlar (kon 1 km gacha, ba'zan esa 5—8 km gacha uzoqda bo'lsa) yoki zavod bilan kon orasi past-baland bo'lsa, osma sim-arqon yo'llardan foydalansa ham bo'ladi.

Qazib olinadigan xomashyo narxi turli korxonalarda bir-biridan farq qiladi. Tashish xarajatlari esa xomashyo umumiy sarfining 60 % ini tashkil etadi.

Yog'ingarchilik va sovuq kunlari yoki uskuna va transport vositalari buzilgan vaqtlarda ish to'xtab qolmasligi uchun zavod

Ho'1 usul. Portlandsementni «ho'1» usul bo'yicha ishlab chiqarishda asosiy texnologik bosqichlarni bajarish tartibi.



hovlisida ohaktosh va gil zaxiralari bo'lishi kerak. Buning uchun qo'shimcha yuklash va tashish ishlarini bajarish lozim, bu esa iqlimi keskin o'zgaradigan sharoitlarda zavodning me'yoriy ish tartibini ta'minlaydi.

Ohaktosh kondan o'lchami 500—800 mm va undan katta xarsang bo'laklar tarzida olib kelinadi. Bitta apparatda ohaktoshni talab qilingan darajada maydalab tuyib bo'lmaydi. Shuning uchun u ikki-uch marta maydalanadi. Avvaliga ohaktoshning yirik bo'laklari 100—200 mm o'lchamda jag'li maydalagichlarda bir marta maydalanib olinadi. Xomashyo ikkinchi safar, odatda, bolg'achali va konus maydalagichlarda 10—30 mm o'lchamgacha, so'ng oxirgi marta suyuq loy bilan shar tegirmonlarda maydalanadi.

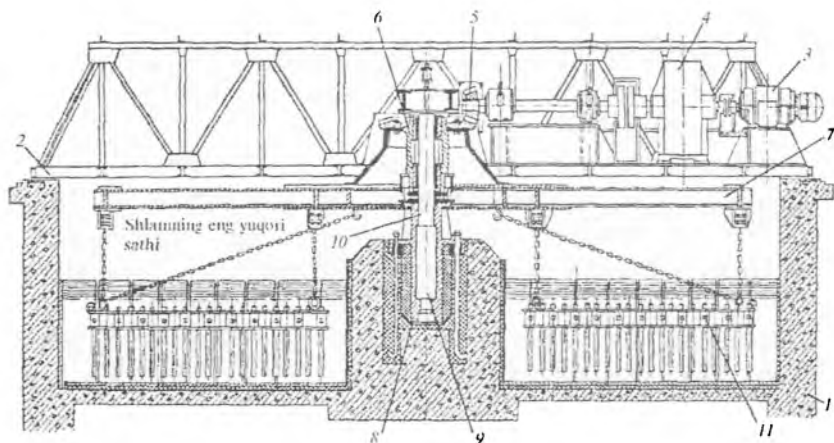
Bu xomashyo suvsiz maydalangandagiga nisbatan suvda yaxshi maydalanadi. Suvda maydalanganda materiallarning qattiqligi kamayadi. Ohaktosh tegirmonga avtomatik boshqariladigan va uzluksiz ishlaydigan tarozi yoki hajm dozalogichlar (ulushlagichlar) bilan uzatiladi. Bu maqsadlarda juda aniq ulushlaydigan hajm ulushlagichlar o'rnatiladi, chunki ohaktosh gil bilan birga tuyiladi. Shu sababli bu ikkisining nisbati aniq bo'lishi kerak.

Gil tegirmonga suyuq loy hoida uzatiladi. Ohaktosh bilan gil birga maydalanishi tufayli tarkibiga kiradigan materiallar juda yaxshi aralashadi. Xuddi shu maqsadda to'g'rilovchi qo'shilmalar ham tegirmonga uzatiladi (aralashma tarkibiga kirgan ikki asosiy materialning kimyoviy tarkibi talab qilingan tarkibli klinker olishni ta'minlay olmasligi ma'lum bo'lsa).

Gil chayqatgich temir-beton basseyndan iborat bo'lib, uning tubi va devorlariga cho'yan plitalar qoplanadi (8-rasm).

To'sinromga zanjirlarda po'lat xaskashlar erkin holda osib qo'yilgach, maydalagichlarda bir sidra maydalab olingan gil (xaskashlar aylanib turganda) oz-ozdan chayqatgichga uzatiladi. Gil bilan birga basseynga suv ham qo'shiladi. Elektr dvigatel vositasida harakatga keltirilgan xaskash panjalari ko'pi bilan 3—5 mm o'lchamda maydalangan gil kesaklarini suvda ivitadi. Shlam chiqib ketadigan darcha yirik loy bo'laklarni ushlab qoladigan panjara bilan berkitilgan. Suyuq loy nasoslar vositasida ta'minlagich idishlariga uzatiladi. U yerdan aralashma o'lchov idishlari orqali zo'ldir tegirmonlariga yuboriladi.

Loy tarkibidagi yirik qo'shilmalar basseyn tubiga cho'kadi va vaqti-vaqti bilan chiqarib tashlanadi.



8-rasm. Loychayqatgich.

1—temir-beton rezervuar; 2—privodli tuzilmasi bor ko'prik; 3—elektr yuritgich; 4—reduktor; 5—tishli uzatgich; 6—stakan; 7—traversa; 8—markaziy ustun; 9—stakan; 10—o'q; 11—almashtirib turiladigan po'lat tishli boronalar.

Suyuq loy tarkibidagi suv-shlam (suyuq ohaktosh va loy aralashmasi) ning namligi 34—45% ga yetganda ajratib olinadi. Gid chayqatgichlarda maydalanganda, toshsimon qo'shilmalar va qum loydan osongina ko'chib tushadi. Gilni maydalash jarayonini tezlatish va uning yaxshi o'tishi uchun issiq suv ishlatiladi.

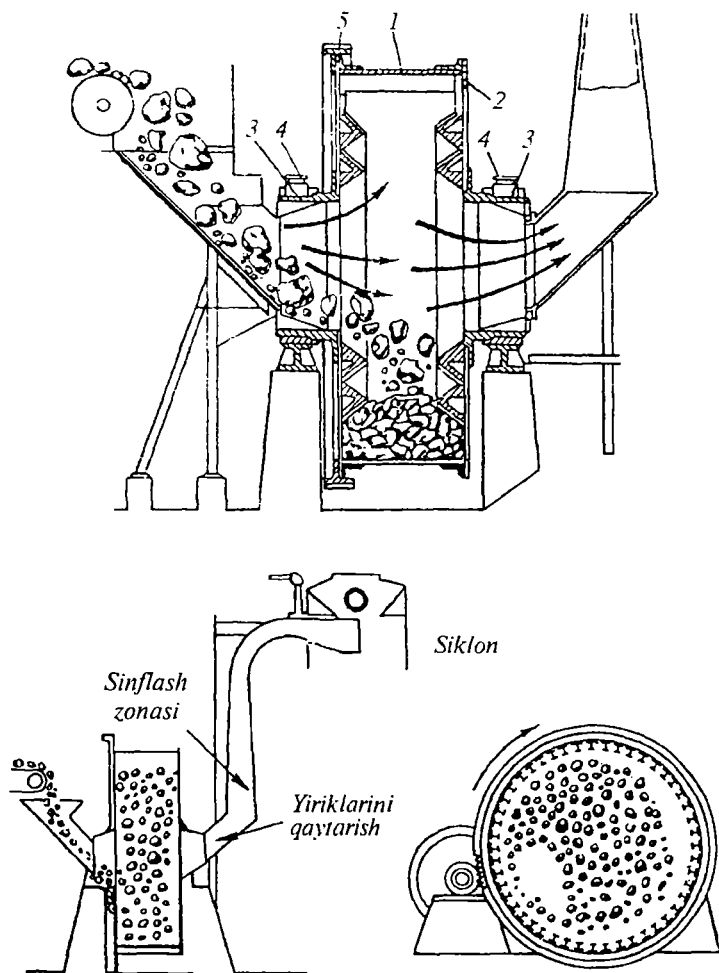
Loy (gil) chayqatgich basseynining diametri 8—12 m, unumdorligi esa 12—30 m³/soat. Elektr yuritgichning belgilangan quvvati 35—60 kVt.

Sement zavodlarida yumshoq xomashyolarni ishlatishga ko'p e'tibor beriladi yoki juda samarali bo'lgan rotorli tegirmonlardan ko'proq foydalaniladi.

Ho'l usul bo'yicha xomashyo aralashmasini tayyorlash yo'sinida xomashyo sifatida bitta qattiq komponent (ohaktosh) va ikkinchi yumshoq, suvda oson ivib ketadigan komponent (gil) ishlatiladi. Xomashyo sifatida yumshoq bo'r va tuproq ishlatilsa, ikkalasi ham chayqatgichda bir vaqtda maydalanadi. Hosil bo'lgan shlamning ivimagan kesaklarini ajratib olish uchun u elakdan o'tkaziladi va yana chayqatgichga solinadi. Yumshoq xomashyoda toshsimon qo'shilmalar bo'lsa, elak ustidagi mahsulot zo'ldirli tegirmonlarda maydalanib, so'ngra shlam bilan aralashtiriladi.

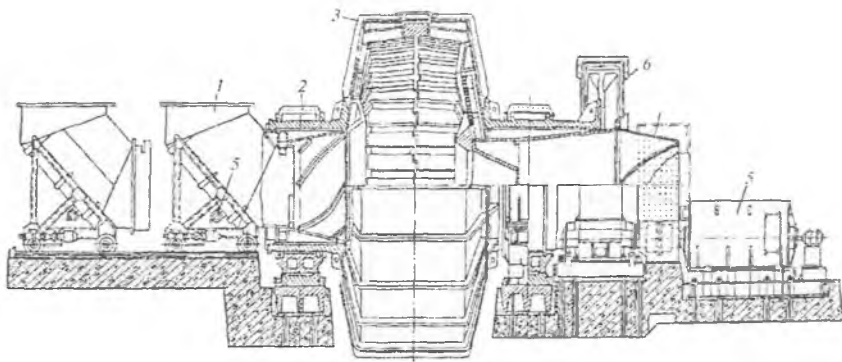
Shlam tayyorlashning uchinchi yo'sini ham bor: bunda xomashyo ikkita qattiq modda, ya'ni ohaktosh va zich gil mergeldan

iborat bo'lgan hollarda ishlatiladi. Bu yo'sin bo'yicha bir marta maydalab olingan ohaktosh va mergel yana bir bor zo'ldir tegirmonlarda maydalanadi. So'nggi vaqtlarda, o'z-o'zicha materiallarni maydalash prinsipiga asoslangan, juda katta diametrli aylanuvchi barabanda materiallarni suv ishtirokida kaskad ko'rinishida pastga tashlab yuboruvchi, ya'ni to'kuvchi tegirmonlar ishlatila boshlandi (9- va 10-rasmlar). «Gidrofol» deb ataluvchi bunday tegirmon Sizran og'ir mashinasozlik zavodida tayyorlangan.



9-rasm. Maydalovchi jisimsiz baraban tegirmon.

1—baraban; 2—qopqoq; 3—sapfa; 4—podshipniklar, 5—tojdor tishli g'ildirak.



10-rasm. «Ho'l» usulda o'z-o'zidan maydalovchi baraban tegirmon.

1—ta'minlagich; 2—vibrator; 3—baraban; 4—konussimon baraban saralagich;
5—elektr yuritgich; 6—tishli tojdor g'ildirak.

Diametri 7 m bo'lgan bu baraban bir daqiqada 13 marta aylanadi. Uning ichki qismi broneplitalar bilan qoplangan va materialni sochishga mo'ljallangan, bu broneplitalarga tokchalar ham o'rnatilgan. Baraban silindr qismining uzunligi 2,3 m. Solinadigan materialning yirikligi 0,35—0,8 m gacha (bo'r uchun 0,5—0,8 m; ohaktosh uchun 0,35—0,45 m).

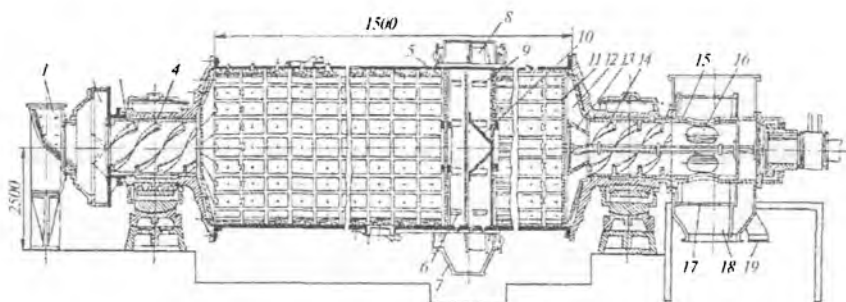
Bu tegirmon loy chayqatgich va zo'ldirli tegirmonlarga nisbatan ancha samarali (11- va 12-rasmlar). Uning ishlab chiqarish unumdorligi 400—500 t/soat. Harakatga keltiruvchi elektr dvigatelning quvvati 1600 kVt. Aralashma bu tegirmondan so'ng zo'ldirli tegirmonda mayin holga kelguncha maydalanadi.

Xomashyo aralashmasini tayyorlashga ohaktosh, gil va qo'shilmalarni maydalash, dozalash, birgalikda komponentlarni mayin qilib kukunlash va aralashtirish, hosil bo'lgan aralashma tarkibini to'g'rilash va uni saqlash kiradi.

Bir tonna portlandsement tayyorlash uchun 2,5—3 t xomashyo, ko'mir va klinker maydalash kerak. Shu ishlarni bajarishga sement ishlab chiqarish uchun sarflanadigan elektr energiyaning 60—80% sarf bo'ladi.

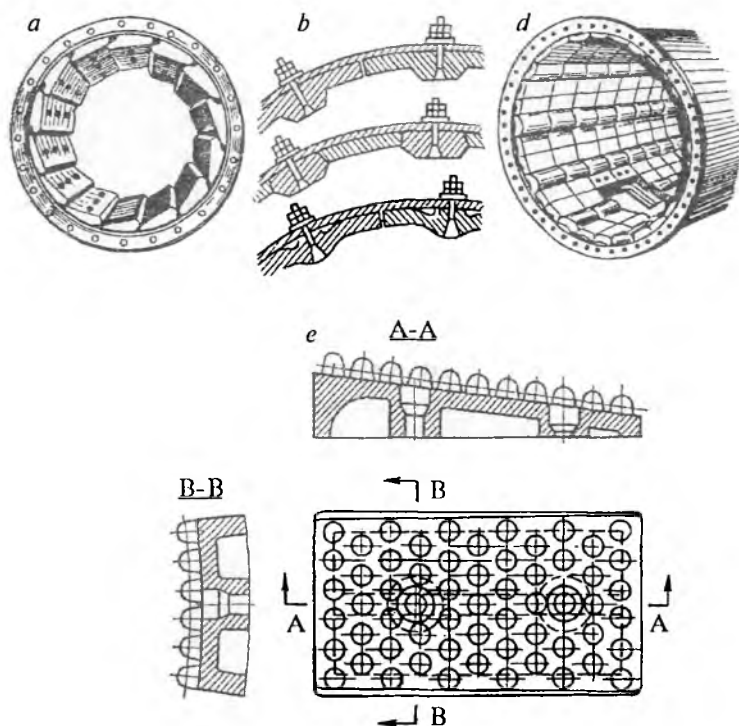
Xomashyo aralashmasi shlam-basseynlarda aralashtiriladi, tarkibi to'g'rilanadi va saqlanadi, lekin aralashtirilgan zahoti zarur kimyoviy tarkibli shlam olinmaydi.

Bir kon chegarasidagina emas, hatto butun qatlam balandligida ham ohaktosh va gil kimyoviy tarkib jihatdan bir-biridan ancha farq qilishi mumkin. Shuning uchun bir marta ulushlashning



11-rasm. Ikki kamerali quvursimon tegirmonning bo'ylama kesimi.

1—qabul qilgich voronka; 2—ta'minlagich; 3—quvurshnek; 4—qopqoq;
 5—bo'limlararo to'siq; 6—teshik (garcha); 7—yig'gich-g'ilof; 8—qabul qilgich
 patrubi; 9—kurakchalar; 10—konus; 11—to'r; 12—radial kurakchalar; 13—konus;
 14—ichi bo'sh sapfa; 15—bo'shatgich patrubi; 16—darcha; 17—elak;
 18—maydalangan jismlar uchun mo'ljallangan patrubi; 19—tayyor sement uchun
 mo'ljallangan patrubi.



12-rasm. Tegirmonning bronefuterovkali taxtalari.

a—zinapoyasimon; b—bolt bilan mahkamlanadigan taxtali; d—boltsiz
 mahkamlanadigan taxtali; e—zinasimon (poshnasimon) taxtali.

o'zidayoq xomashyo aralashmasini tashkil etuvchilarning zarur nisbatda bo'lishini ta'minlash qiyin. Shlamning kimyoviy tarkibi shlam-basseynlarda tegishlicha to'g'rilanadi. Keyin shlam siqilgan havo yordamida aralashtiriladi.

Shlam tarkibi quyidagi tartibda to'g'rilanadi. Zo'ldir tegirmonlardan shlam nasoslar bilan shlam-basseynlarning bittasiga haydaladi. Boshqa basseynga esa xuddi shunday yo'l bilan tayyorlangan 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 kerakligi belgilanadi. Shlam belgilangan nisbatda olingandan so'ng ikkala basseyndagi shlam nasos bilan uchinchi basseynga solinadi. Bu yerda yaxshilab aralashtirilgach, uning titri (CaCO_3 miqdori) aniqlanadi. Titri yo'l qo'yilgan miqdordan ko'pi bilan 0,1% farq qilgan shlam kuydirish uchun kerakli va qulay hisoblanadi.

Kuydirish pechi uzluksiz ishlashi uchun (xomashyo keragicha uzatilmay qolgan hollarda ham) shlam zaxirasi bo'lishi kerak.

Zavodlarda shlam saqlash uchun qo'llanilayotgan shlam-basseynlar konstruksiyasi jihatidan vertikal yoki gorizontal tipda bo'lishi mumkin. Vertikal tipdagi basseynlardan, odatda, shlamni to'g'rilash uchun foydalaniladi. Ularning hajmi 400—1000 m³ gacha yetadi. Bu basseynlarda aralashma pnevmatik yoki aralash pnevmomexanik usulda aralashtirilishi mumkin.

Zaxira shlamni saqlash uchun har birining sig'imi 8000 m³ gacha bo'lgan gorizontal shlam-basseynlar quriladi. Gorizontal shlam-basseyn yumaloq temir-beton sig'imdan iborat. Ularning diametri 25 m va undan ortiq bo'lishi ham mumkin. Eng yangi konstruksiyadagi bunday shlam-basseynlarda kranli aralashtirgichlar bor. Kranli aralashtirgichlar pnevmomexanik aralashtirish prinsipi bo'yicha ishlaydi.

Pnevmatik va mexanik usullardan bir vaqtning o'zida foydalanish bir jinsli shlam tayyorlashga imkon beradi. Yangi qurilgan zavodlarda, jumladan, Navoiy sement zavodida kukunlashtirilgan xomashyo tarkibidagi CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 oksidlari avtomatik rentgenospektrometr yordamida aniqlanib, bu tarkib har soatda tekshirib turiladi.

Tahlillarning natijalariga qarab hisoblash mashinalari xomashyolarning nisbatlarini qaytadan hisoblaydi, ulushlovchi mashi-

nalarga yangi ko'rsatkichlarni berib, xomashyo tegirmonlarining to'g'ri ta'minlanishi va belgilangan tarkibli shlam olishini ta'minlaydi.

Shlam sarfini shlam-basseynlardagi sath o'lgachich signali—zatori, shuningdek, kuzatib turuvchi elektrokontakt, membran, radioaktiv sath o'lgachichlar ko'rsatadi. Bu priborlardan eng aniq ishlaydigani radioaktiv cath indikatoridir. U radioaktiv izotopli (masalan, kobalt 60) quticha (konteyner) va radioaktiv nurlanishlar hisoblagichidan iborat. Konteyner va hisoblagich silosning qarama-qarshi devorlariga o'rnatiladi. Izotopdan chiqayotgan gamma nurlar silosdan o'tib, hisoblagichga tegadi. Silos bo'sh bo'lsa, nurlanishlar ko'p, silos to'la bo'lsa, kam bo'ladi.

Xomashyo aralashmasi (shlam)ni kuydirish. Shlam ho'l yoki quruq usulda tayyorlangan bo'lishidan qat'iy nazar, aylanma pechlarda kuydiriladi. Hozirgi aylanma pechlar po'lat taxtalardan yasalgan barabandan iborat. Metallni yuqori harorat ta'siridan saqlash va issiqlik kam isrof bo'lishi uchun pechning ichiga o'tga chidamli materiallar qoplanadi (futerovka qilinadi). Bu o'tga chidamli materiallar ishlash sharoitiga qarab tanlanadi. Qoplama sifatida A va B klassdagi shamot g'isht, gil-tuproq va magnezial o'tga chidamli g'isht ishlatiladi. Qoplama sifatida ancha arzon, o'tga chidamli beton ishlatish tajribasi ham bor. Ammo bu material hozircha faqat tajriba sifatida ishlatilmoqda.

Hozirgi kunda O'zbekiston zavodlarida klinkerning asosiy qismi 3x100, 4x150, 4,5x170, 5x60 va 7x90 m o'lchamli pechlarda ishlab chiqarilmoqda. Ularning bir sutkalik ish unumi 400, 800, 1200, hatto 1800 va 3000 tonnagacha bo'ladi. Solishtirma issiqlik sarfi 5000—6700 kJ/kg; har bir pech uchun solishtirma elektr energiyasi sarfi 25—26 kVt.soat/tonna klinkerni tashkil qiladi.

Pech uch xil tezlikda, ya'ni bir daqiqada 0,5; 0,75 va 1 marta aylanishi mumkin. Tezlikni elektr yuritgichning aylanishlar sonini ko'paytirish yo kamaytirish bilan o'zgartirish mumkin. Pech 4° gradus qiyalikda o'rnatiladi. U qiya o'rnatilgani uchun aylanganida material baraban ichida pastga surilib tushadi. Pechning ko'tarilgan qismi chang ushlagich kamerasiga kirib turadi. Tashqaridan havo kirmasligi uchun chang kamerasi bilan baraban orasidagi tirqish maxsus tuzilmalar bilan zichlanadi. Shlam cho'michli ta'minlagich yordamida bachokdan quvur orqali pechga oqib keladi.

Qarama-qarshi tomondan pechga ko'mir changi, chang-havo yoki gaz-havo aralashmasi bosim ostida purkalanadi. Ko'mir yoki

gaz qizib turgan bo'shliqqa tushib, pech boshidan taxminan 10 m masofada yonib ketadi. Hosil bo'lgan qizib ketgan tutun gazlarini pech oxiriga o'rnatilgan ventilyator barabani bilan surib tashlanadi. Kuydiriladigan material tutun gazlariga qarshi tomonga harakat qiladi. Qizib ketgan gazlar yaxshi qizimagan material bilan uchrashib, unga o'z issiqligini beradi va soviy boshlaydi. Natijada tashqi havo haroratidagi suyuq shlam asta-sekin erib, qovushib, pishish issiqligi (1450°C) gacha qiziydi. Qisman erib qovushib pishayotgan klinker, ayniqsa pechning aylanma harakati tufayli hosil bo'lgan klinkerning dumaloq donalari borgan sari zichlashib, yuqori qattqlikka ega bo'la boshlaydi. So'ngra shu usulda hosil bo'lgan klinkerning dumaloq donalari pech oxiridagi sovuq havo oqimiga duch kelib, unga o'z issig'ini beradi va qotib qoladi. Isigan havo keyin yoqilg'ining yonish zonasigakeladi, deyarli $1000-1100^{\circ}\text{C}$ gacha sovigani klinker esa pech barabanidagi teshikdan zanjirli rekuperatorning yoki panjarali sovitgichlarga to'kilib tushadi. Bu yerda klinker $50-100^{\circ}\text{C}$ gacha sovitilib, so'ngra omborga jo'natiladi.

Sovitgichlar bir necha xilda bo'lishi mumkin: jumladan, barabanli sovitgich (hozirgi kunda bunday sovitgichlar eskirib qolgan), rekuperatorli sovitgich, skrebkali va panjarali sovitgichlar. Hozirgi pechlarga rekuperatorli yoki panjarali sovitgichlar o'rnatilmoqda.

Rekuperatorli sovitgich bir necha po'lat barabanlardan iborat (uzunligi 150 m pechda 10 ta baraban bor). Bu barabanlar pechning sovuq tarafida pech aylanmasi bo'yicha simmetrik joylashgan. Barabanlar pech korpusiga mahkamlangan va biridan ikkinchisiga darcha ochilgan. Klinker pechdan ana shu darchalar orqali barabanga to'kilib tushadi. Barabanlarning ichki yuzasida shopiruvchi kurakchalar bor. Pech aylanayotganda kurakchalar klinkerni sidirib oladi; klinker yuqorigi holatga yetgach, kurakchalardan to'kilib tushadi, shu bilan barabanlar bo'yicha so'rilayotgan sovuq havoda soviydi. Barabanning klinker olinadigan qismida olish teshigi bor, baraban chetida esa bort yasalgan bo'lib, bort klinkerning olish teshigidan o'tishga yordam beradi.

Uzunligi 185 m va diametri 5 m bo'lgan pech yirik korxonalarda o'rnatish uchun qabul qilingan eng yangi konstruksiyadagi aylanma pechdir. Pechga gorizontaal panjara-to'rlari itarib beruvchi sovitgich o'rnatilgan. Panjara-to'r qo'zg'aladigan va qo'zg'alamaydigan paletlardan iborat. Qo'zg'aladigan paletlar qaytma-ilgarilama harakat qiladi. Shu harakat vaqtida klinker to'r ustidagi material

qatlami orasidan o'tayotgan havo bilan sovitiladi. Sovigan klinkerni maydalash uchun sovitgichga bolg'achali maydalagich o'rnatilgan.

Klinker iqlim sharoitlariga qarab ochiq va yopiq omborlarda saqlanadi. So'nggi yillarda klinkerni saqlash uchun siloslar ham ishlatilmoqda. Ularning sig'imi 3—5 sutkada ishlab chiqarilgan klinker hajmiga teng.

Klinker pech sovitgichidan kurakli transportyorlar yoki vagonetkalar orqali omborlarga jo'natiladi. Klinker omborlarida greyfer ko'priklarni bo'lib, ular faqat ombordagi yuk ortish, yuk tushirish va klinkerni tuyish bo'limining transport vositalariga uzatish ishlarini bajaribgina qolmasdan, ayni vaqtda klinkerga tashqaridagi havo yaxshiroq tegishi uchun uni aralashtirib ham turadi. Klinker omborlarining hajmi ancha katta bo'lib, ularga 30 t va undan ortiq klinker ketadi. Bunday omborlar asosan klinkerni yetiltirish uchun kerak. Omborlarda saqlash davomida klinkerdagi erkin ohak havo nomi ta'sirida so'nadi. Shu bilan klinker tarkibiy tuzilishi jihatidan kovak bo'lib qoladi va shuning uchun osongina tuyiladi. Ayrim vaqtlarda klinkerga suv ham sepib turiladi.

Yetiltirish muddati klinkerni kuydirish sifatiga bog'liq. Aylanma pechlarda olingan klinkerni, shuningdek, kuydirilgan klinkerlarni yetiltirmasa ham bo'ladi. Bu korxonani avtomatlashtirishda katta ahamiyatga ega.

Ish unumi hamda 1 kg klinkerni kuydirish uchun sarflanadigan issiqlik aylanma pechlar ishining asosiy ko'rsatkichlaridan biri hisoblanadi. Shuni aytib o'tish kerakki, portlandsement ishlab chiqarish ho'l usulining muhim kamchiligi ham bor. Shlam namini qochirish uchun anchagina (umumiy sarfning 30% gacha) yoqilg'i sarflash kerak. Shuning uchun pechning foydali ish koeffitsiyentini oshirish maqsadida iloji boricha nomi kam bo'lgan shlam ishlatish zarur.

Pechda issiqdan unumli foydalanish kerak. Buning uchun atrof-muhit bilan kuydirilayotgan material o'rtasida issiqlik almashuvini yaxshilash lozim.

Birinchi tadbirni, ya'ni shlam namini qochirishni uch usulda amalga oshirish mumkin: shlam suyultirgichlar ishlatiladi, ortiqcha suv mexanik usulda yo'qotiladi va shlam nomi bug'lantiriladi.

Shlam suyultirgich sifatida turli moddalar — soda, suyuq shisha, torf yoki qo'ng'ir ko'mirning sodali eritmasi, bitum va tog' mumi chiqindilaridan bo'lgan ishqoriy torf moddalari, uch polifosfat ($\text{Na}_2\text{P}_3\text{O}_{10}$) va boshqalar, ko'proq sulfid-spirt bardasi

ishlatiladi. Ozgina sulfit-spirt bardasi (quruq aralashma og'irligining 0,15—0,3%) qo'shganda ham shlamning oquvchanligi ancha ortadi. Bu esa shlamning ana shu oquvchanligini saqlagan holda namni 2—3% kamaytirishga imkon beradi. Natijada faqat yoqilg'i sarfi kamayib qolmasdan, pech unumdorligi ham ortadi. Chunki bu holda issiqlikning ko'p qismi klinkerni kuydirishga sarflanadi.

Ikkinchi va uchinchi usulda shlam nomi mexanik ravishda qochiriladi. Bunda qo'llaniladigan turli mexanizm va asboblarning tuzilishi hamda ishlashi maxsus kurslarda mustaqil o'rganiladi.

Materialning issiq havoga duch keladigan sathini kengaytirish bilan kuydirilayotgan material va gaz oqimi o'rtasidagi issiqlik almashuvini kuchaytirish mumkin. Buning uchun pechning sovuq tarafida 35—40 m (700—800) masofada zanjirlar osiladi. Shlam zanjir halqalarga yopishadi. Natijada osib qo'yilgan zanjir-to'r orasidan o'tayotgan gaz oqimiga tegadigan shlamning yuzasi keskin kengayadi. Bundan tashqari, pech aylanayotganda zanjirlar materialni yaxshilab aralashtiradi. Bu ham shlamga gazlarning yaxshi tegib o'tishini ta'minlaydi. Zanjir-to'rlar pechdan kam chang chiqishiga ham yordam beradi.

Zanjirlar bir uchidan yoki ikkala uchidan o'ram holida yoki bir uchidan to'p-to'p qilib osiladi. Zanjirlarni o'ram holida, shuningdek, murakkab shaklda osish ham yaxshi natija beradi. Uzun pechlarda zanjirlarning umumiy uzunligi 2000 m va undan ortiq bo'ladi, ularning yuzasi esa taxminan 1500 m². Zanjir to'r-parda issiqlikni 10—15% kam sarflaydi va pech unumdorligini shuncha miqdorga oshiradi.

Zanjir-to'r orqasiga (ancha yuqori harorat zonalarida) turli konstruksiyadagi issiqlik almashtirgich o'rnatish ham pechda issiqlik almashinuvini yaxshilaydi. Issiqlik almashtirgichning o'tga chidamli po'latdan ishlangan 10—12 ta seksiyasi bor. Seksiyalar pech bo'yi baravar joylashgan bo'lib, har bir seksiyada oltitadan tokcha bor. Pech aylanganda tokchalar materialni sidirib oladi va yuqoriga ko'tarib, to'kib yuboradi. Shunda material aralashadi va issiqlik almashinuvi yaxshilanadi.

Gaz oqimi harorati 1100—1200°C bo'lgan zonalarda sopol issiqlik almashtirgichlar o'rnatiladi. Ularning ham osilgan zanjirlar kabi effekti katta, ya'ni klinkerni kuydirish uchun 10—15% kam issiqlik sarflanadi va shunga mos holda pechning unumdorligi ham ortadi.

Pechni aralashma bilan ikki tomonlama ta'minlab turish usuli ham pech unumini oshirib, yoqilg'i sarfini kamaytiradi. Bu usulda

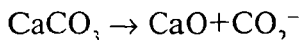
pechning sovuq tarafidan shlam uzatiladi, pechning bosh qismidan esa mayda tuyilgan quruq domna shlagi, TES kullari purkaladi. Pechni bu usulda ta'minlab turish yoqilg'i sarfini ancha kamaytirib, pechning unumdorligini 10—15% oshiradi.

10. Klinkerni aylanma pechlarda kuydirganda sodir bo'ladigan jarayonlar

Xomashyo aralashmasi aylanib turuvchi pechlarda kuydirilganda fizik va fizik-kimyoviy jarayonlar sodir bo'lishi natijasida qovushib pishgan, o'lchamlari 2—3 sm dan iborat donalar shaklidagi C_3S , C_2S , C_3A , S_4AF va shishasimon qismdan tarkib topgan klinker hosil bo'ladi.

Tashqi havo haroratidagi shlam pechga tushishi bilan u harorati 700—800°C gacha yetadigan chiqindi gazlarning keskin ta'siriga uchraydi. Bunday yuqori harorat ta'sirida shlam tezda 100°C gacha isiydi va shu vaqtda shlam tarkibidagi suv shiddat bilan bug'lanib boshlaydi. Keyin shlam asta-sekin quyuqlasha boshlaydi, uning tarkibidagi nam ancha kamaygandan so'ng yirik kesaklar ko'rinishiga keladi. Kesaklar keyinchalik mayda parchalarga bo'linib ketadi, chunki shlamning loy komponenti namni yo'qotgach, qovushqoqligi susayadi. Mexanik aralashtirilgan namning bug'lanish jarayoni (shlamning qurishi) taxminan 200°C haroratgacha davom etadi. Chunki mayda kovaklar va kapillyardagi nam sekin bug'lanadi. Bu jarayonlar xarakteriga qarab, pechning mazkur zonasi *quritish* zonasi (1) deb ataladi.

Material surila borib, yanada yuqori harorat zonasiga tushadi, shunda xomashyo aralashmasida kimyoviy jarayon rivojlanadi: 200—300°C dan ortiq haroratda organik aralashmalar yonib ketadi va kaolin hamda loy tarkibidagi boshqa suvli alyumosilikatlar degidratatsiyala boshlaydi. Loy minerallari tarkibidagi kimyoviy bog'langan suvni yo'qotishi (degidratatsiyalanishi) natijasida loy o'zining bog'lovchilik xususiyatini batamon yo'qotadi va shlam bo'laklari kukunga aylanib qoladi. Bu jarayon taxminan 600—700°C haroratgacha davom etadi. 200—700°C gacha harorat oralig'ida o'tayotgan jarayonlar mohiyati bo'yicha, pechning *degidratatsiya* zonasi deb yuritiladi. Harorat 800°C ga yetganda shlamning ohaktosh komponenti quyidagi reaksiya bo'yicha parchalanadi:



800°C haroratda kalsiy karbonatning ana shu parchalanish jarayoni juda sust o'tadi so'ngra harorat ortishi bilan keskin kuchayadi. Amalda CaCO_3 1000°C da tez va to'la parchalanadi.

Xomashyo aralashmasi 700—1000°C harorat zonasida bo'lishi natijasida kalsiy oksid hosil bo'ladi. Shuning uchun pechning bu zonasi *kalsiylashish* zonasida deb ataladi.

Bu zona ko'p davom etganiga qaramay unda material harorati nisbatan sekin ortadi. Bunga sabab, issiqlik asosan CaCO_3 ning parchalanishi uchun sarflanadi; 1kg CaCO_3 ni CaO va CO_2 ga parchalanishi uchun 1780 kJ issiqlik sarflash talab qilinadi.

Xomashyo aralashmasida kalsiy oksidning paydo bo'lishi va jarayondagi yuqori harorat gil tarkibidagi kremniy, alyuminiy va temir oksidlarning kalsiy oksid bilan o'zaro kimyoviy ta'sir etishiga olib keladi. Bu o'zaro ta'sir etishish qattiq holat (qattiq fazalar) da ro'y berishi mumkin. Yuqori harorat moddaning kristall turidagi atom va molekularlari shunday kuch bilan tebrana boshlaydiki, bunda ikkinchi modda atom va molekularlar bilan o'rin almashishi mumkin bo'lib qoladi. Shuning uchun moddalarning qattiq holatida reaksiyalar sodir bo'ladi. Bu reaksiyalar ikki modda yuzasida o'tadi. By esa nima uchun xomashyo komponentlarini juda maydalab tuyish va yaxshilab aralashtirish zarurligini ko'rsatadi.

680—1000°C haroratda oraliq birikma $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{CaCO}_3$ («spurrit» minerali) hosil bo'ladi. Uning parchalanishi past haroratda C_2S ning kristallanishiga imkon beradi. $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{CaCO}_3$ birikmasini Eytel, Kourtayl, Kryogar, Illner, Luginina kabilar sintez qilganlar. Xerr, Xennig, Sholse ko'p miqdorda spurritni MgCl_2 , FeCl_3 , KCl ishtirokida 750°C haroratda hosil bo'lishini aniqlashgan. Bu ko'rsatilgan moddalar reaksiyaning ketishiga katalitik ta'sir ko'rsatgan.

800°C dan yuqori haroratda spurrit parchalanadi va o'ta reaksiyaga kirishishga moyil C_2S ni hosil qiladi. Ishqor va fluor tuzlari spurrit hosil bo'lish jarayonini tezlatishi ham aniqlangan. Shu sharoitda xomashyo tarkibida $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2,5\text{CaCO}_3$ birikmasi borligi ham topilgan. Spurritning parchalanish harorati ko'p hollarda 840—920°C. Ularning minerali (C_2S) va CaO ga parchalanadi. Kurdovskiyning ko'rsatishicha, spurrit CaCO_3 ga nisbatan yuqori harorat ta'siriga chidamlidir. Bu esa o'z navbatida spurrit tarkibidagi CaCO_3 ning pech ichida parchalanishini kechiktiradi.

Qattiq fazalarda reaksiyalar $1000\text{--}1350^\circ\text{C}$ harorat oralig'ida ro'y beradi. Bu reaksiyalar ekzotermik reaksiyalardir. Shuning uchun pechning bu zonasi *ekzotermik zona* (IV) deb ataladi.

Kuydirilayotgan aralashma ekzotermik zonada bo'lishi natijasida $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ va $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ hosil bo'ladi. Ammo shu bilan hali normal portlandsement klinkeri hosil bo'lmaydi, chunki uning eng asosiy tarkibiy qismi — uch kalsiy silikat ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yo'q. Bu mineral pechning keyingi qismida (eng yuqori haroratlar zonasida) hosil bo'ladi. Bu zona *pishirish zonasi* (V) deb yuritiladi.

Qumtuproq qattiq holda ikki molekuladan ko'p ohakni biriktira olmaydi. Biroq suyuq qumtuproq ohakka nisbatan juda tez ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) to'yinadi. Demak, uch kalsiy silikat olish uchun ikki kalsiy silikat ohakni yutib, yuqori asosli $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ga aylanadigan darajada shixtani qizdirish kerak.

Ancha oson eriydigan minerallar C_3A va C_4AF pishirish zonasida eriydi. Hosil bo'lgan suyuq fazada C_3S erib, C_3S gacha to'yinadi. Uch kalsiy silikat eritmasida ikki kalsiy silikatga nisbatan ancha kam eriydi. Shuning uchun C_3S hosil bo'lishi bilan eritma bu mineralga o'ta to'yinib qoladi va uch kalsiy silikat eritmada mayda-mayda qattiq kristallar holida ajralib tushadi. Bu kristallar keyinchalik shu sharoitda o'z o'lchamini kattalashtira boradi.

C_3S ning erishi va ohakning yutilishi butun kuydirilayotgan aralashma massasida bo'lmay, balki uning ayrim ulushlarida o'tadi. Demak, ohak ikki kalsiy silikatni to'liq singdirib olishi uchun materiallarni ma'lum vaqtgacha pishirish harorati ($1350\text{--}1450^\circ\text{C}$) da tutib turish talab qilinadi. Materiallar bu zonada qancha ko'p tutib turilsa, ohak shuncha to'liq bog'lanadi, shu bilan birga C_3S kristallari ham yiriklashadi. Klinkerni pishirish haroratida kam vaqt ushlab turish tavsiya qilinadi, agar shunday qilinsa, portlandsementning (C_3S unda mayda kristallar ko'rinishida bo'ladi) fizik-mexanik ko'rsatkichlari yuqori bo'ladi.

Klinker hosil bo'lish jarayonini tezlashtirish, shuningdek, tarkibida C_3S ko'p bo'lgan klinkerlar tayyorlash uchun ba'zi moddalar (kalsiy fluorid CaF_2 , temir oksid va boshqalar) ishlatiladi. Bu moddalar silikat aralashmalarining erish haroratini pasaytiradi. Suyuq faza ancha barvaqt hosil bo'lsa, bu hol klinkerning hosil bo'lish jarayonini nisbatan yuqori haroratlar sohasiga suradi.

Klinker pishirish zonasidan sovitish zonasiga tushadi. Bu yerda klinker qarshisiga sovuq havo oqimi oqib keladi. Pishirish zonasida

ayrim vaqtlarda aralashmaning butun ohagi qumtuproqqa butunlay to'yinib ulgurmaydi. Bu jarayon aralashmada ohak va C_2S kamayishi sababli yanada sekinlashadi. Natijada to'yinish koeffitsiyenti yuqori bo'lgan klinkerlarda doim erkin ohak bo'ladi. Bunday klinkerlarda ohak C_3S holda iloji boricha ko'proq o'zlashtirib olinishi kerak. Klinker tarkibida erkin ohak 1—2% bo'lsa, portlandsement sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatmaydi. Biroq uning miqdori ko'p bo'lsa, portlandsement hajmining notekis o'zgarishiga sabab bo'ladi, shuning uchun klinker tarkibida ohakning ko'payishiga yo'l qo'yish mumkin emas.

Sovitish zonasida klinker 1000—1100°C haroratda chiqadi va uni butunlay sovitish uchun pech sovitgichiga yuboriladi. Sovitgichning qo'llanilishi katta iqtisodiy ahamiyatga ega. Klinker sovitilayotganda undan ajralib olinayotgan issiqlik yana pechga qaytariladi. Demak, klinker sovitgichlarda qanchalik yaxshi sovitilsa, yoqilg'idan foydalanish samarasi ham shunchalik yuqori bo'ladi va yoqilg'i kam sarflanadi. Sovitgich yaxshi ishlaganda, sovitilgan klinker harorati 50°C dan oshmasligi lozim.

Zamonaviy zavodlarda klinkerning pishish jarayoni avtomatik ravishda kuzatib turiladi. Bu esa klinker sifatini ancha yaxshilashga imkon beradi. Bundan tashqari, avtomatik kuzatish klinker hosil bo'lish jarayonlarini boshqarishga imkon yaratadi va texnologik rejimning buzilishiga yo'l qo'ymaydi. Natijada mehnat unumdorligi oshadi va mahsulot ishlab chiqarish ko'payadi. Bundan tashqari, klinkerni kuydirish sifatini avtomatik tekshirib, jarayonni kerak tomonga o'zgartirib turish shlam, yoqilg'i sarfini hamda pech barabanining aylanish tezligini, ya'ni materialning baraban bo'ylab harakat tezligini tegishli o'zgartirish yo'li bilan pechning har bir zonasida doim bir xil harorat va gaz rejimini saqlashga yordam beradi. Ayniqsa, tarkibida C_3S ko'p bo'lgan klinkerning hosil bo'lishini tezlashtirish uchun maxsus qo'shimchalar — mineralizatorlar (CaF_2 , Na_2SiF_6 yoki $MgSiF_6$, Fe_2O_3 , gips va fosfogips) qo'shiladi. Mineralizatorlar faqatgina pishirish harorati va erigan eritma qovushqoqligini kamaytirmay, C_2S va C_3S ning hosil bo'lishiga ham katalitik ta'sir ko'rsatib, ular kristallarining shakllanishini tezlashtiradi. Natijada harorat 100—150° C gacha pasayadi. Bundan tashqari, ftorid xomashyo tarkibidagi ishqoriy elementlarni tutun gazlari bilan uchirib yuborishga yordam beradi va uning klinker tarkibida qoladigan miqdorini ancha kamaytiradi. Bu masala ishqori ko'p bo'lgan xom ashyolardan klinker olishda

katta ahamiyatga ega. Ftoridning portlandsement tarkibida qolgan ishqorlarning tishlashish va qotish jarayonlariga salbiy ta'sir ko'rsatishi quyiyoqda ko'riladi.

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining Umumiy va noorganik kimyo institutida bajarilgan ishlar sulfat tuzlarining mineralizator sifatida portlandsement klinkerini olishda samarasi katta ekanligini ko'rsatdi. Bu tuzlar ftoridlar bilan birgalikda katta iqtisodiy foyda beradi.

Mineralizator ta'sirida kalsiy karbonat parchalanish — dissotsiatsiyasi harorati pasayadi, yuqori haroratda hosil bo'lgan suyuqlikning qovushqoqligi kamayadi va uning alit kristallanish jarayoniga ta'siri sezilarli darajada kuchayadi. Shuningdek, mineralizatorlar klinkerning tarkibiy qismlariga ham ta'sir qiladi: C_3A miqdori kamayib, $C_{12}A_7$ hosil bo'ladi va bunda CaO ajralib chiqishi hisobiga alitning miqdori ortadi.

Mamlakatimizda ilk bor Toshkentda yangi birikma $3(CaO \cdot 3Al_2O_3) \cdot CaSO_4$ yuqori haroratda hosil bo'luvchi kalsiy sulfoalyuminat (T.A.Ragozina) kashf etildi. U gips va fosfogips mineralizator tarzida qo'llanilganda oraliq mahsulot sifatida hosil bo'ladi. Bu tuz (gips) ishtirokida ancha past haroratda ham ko'p miqdorda hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan $3CaO \cdot 3Al_2O_3 \cdot CaSO_4$ — kompleks birikma esa C_3A ning yuzaga kelishiga halaqit beradi. Bunda ajralib chiqqan kalsiy oksid C_2S ning C_3S ga qadar to'yinishi uchun sarf bo'ladi, gipsli aralashmalarda mazkur moddaning ko'pligi shu bilan bog'liq.

Faol bo'lmagan C_3A o'rmini $3CaO \cdot 3Al_2O_3 \cdot CaSO_4$, ma'lum qism C_2C ning o'rmini C_3C egallaydi. Natijada sement faolligi ham ortadi.

S.D.Okorokov va S.L.Golinko-Volfsonlarning fikricha, ftoridli aralashmada gipsni mineralizator sifatida ishlatish yaxshi samara beradi. Shu sababli ular Al_2O_3 ning klinkerdagi bir og'irlik birligiga $CaSO_4$ va CaF_2 dan 0,7 og'irlik birligi qo'shishni tavsiya etdilar, bu esa kuydirish haroratini $50-70^\circ C$ ga kamaytirish hamda sementning mustahkamligini 30—40% va undan ko'pga oshirish, shuningdek, ishqorlarning zararli ta'sirini yo'qotish imkonini berdi.

Portlandsement xomashyo aralashmasini kuydirish jarayonida kimyoviy reaksiyalarni tezlashtirish uchun mineralizatorlar (katalizatorlar) va boshqa maxsus (legirlovchi) qo'shilmalar ishlatiladi. Ftor va kremniy-ftor tuzlari, gips, fosfogips va boshqalar mineralizatorlar qatoriga kiradi. Fosfor, xrom, titan oksidlari va

boshqalar ko'pincha xomashyo materiallari tarkibida bo'lib, ular tabiiy legirlovchi aralashmalar deb yuritiladi, bunday aralashmalar bilan xomashyo shixtalarini ham sun'iy boyitish mumkin.

Fosfogipsni ham mineralizator va legirlovchi modda deb hisoblash mumkin, chunki ularning tarkibida ftor hamda fosfor aralashmalari bor.

Legirlovchi qo'shilmalarning ta'siri sement sifatini yaxshilovchi klinker minerallarining kristallanish va tarkibining shakllanish jarayonlarida seziladi. Biroq xomashyo shixtalari tarkibidagi ularning zaruriy miqdori har bir zavodda tajriba asosida belgilanishi va muayyan darajada cheklanishi lozim.

Voskresenskda (Moskva viloyati) «Gigant» sement kombinati shlamidan klinker hosil bo'lish jarayoniga fosfogipsning ta'sirini o'rgangan V.D.Anikeyev va boshqalarning ma'lumotlariga ko'ra, shlamga 1100, 1200 va 1300°C haroratda turli miqdorda fosfogips aralashtirilsa, u klinker hosil bo'lish haroratini pasaytiradi va ohakning birikish tezligini oshiradi. Bu tadqiqotchilar kimyoviy va fizik-kimyoviy tahlil usullari bilan fosfogipsning gipsga nisbatan ancha faol ta'sir etishini ko'rsatdilar.

P.P. Budnikov bilan L.A. Kroychuklar ham fosfogipsning klinker hosil bo'lishi jarayonidagi minerallashtiruvchi rolini isbotlab berishdi, shuningdek, ularning fikricha bunda aylanuvchi pechlarning ichidagi o'tga chidamli qoplamada (futerovka) bir tekis suvoq qatlami hosil bo'lib, undagi klinker osongina maydalanadi, sement markasi esa «600» ga qadar ortadi.

Klinker suyuq fazasining tuzli eritma bilan almashtirilishi klinker hosil bo'lish jarayonini ancha tezlashtiruvchi omillardan biridir.

Toshkentdagi qurilish materiallari va loyihalash ilmiy-tadqiqot institutida kalsiy xlorid tuzli eritmasi ishtirokida klinker hosil bo'lish reaksiyalarining mexanizm va kinetikasi, shuningdek, past haroratda hosil qilingan klinker minerallarining tarkibiy tuzilishi va xususiyatlari borasida o'tkazilgan tadqiqotlarning davomi sifatida aylanuvchi pechlarda portlandsement xomashyo aralashmasini kalsiy xloridli tuzli eritmada kuydirish sharoitiga muvofiq termik parchalash yo'li bilan olingan klinkerni tuzsizlantirish jarayonini o'z ichiga oluvchi sement klinkeri hosil qilishning past haroratli texnologiyasi ishlab chiqildi. Bundan tashqari, bu tadqiqotlar asosida olingan klinkerning mineralogik tarkibini maqbullash, ishlab chiqarish sharoitlarida past harorat bilan klinker olish

imkonini aniqlash, shu klinker asosida sementning xususiyatlarini o'rganish va hosil bo'lgan sementning gidratatsiyalanish jarayonlarini hamda qurilish uchun xos xususiyatlarini belgilash mumkin bo'ldi. Portlandsement klinkerini pishirish harorat 300°C gacha pasaydi. Pechning ishlab chiqarish unumdorligi 50% oshdi. Pech futerovkasi ustida yaxshi barqaror qatlam hosil bo'ldi.

Portlandsementni quruq usulda ishlab chiqarish usuli keyingi yillarda keng tarqalmoqda. Bu usulda xomashyo dastlab quritiladi, so'ngra qo'shiladigan moddalari bilan birgalikda tuyib maydalanadi yoki bir vaqtning o'zida ham quritiladi, ham kukunlanadi. Ikkinchisi hozirgi kunda ko'proq uchraydi. Hosil bo'lgan kukun-simon xom ashyo maxsus siloslarda yaxshilab aralashtirib turiladi va saqlanadi. Portlandsementni quruq usulda ishlab chiqarish ko'p afzalliklarga ega. Kuydirib klinker olinganda kechadigan fizik-kimyoviy jarayonlar deyarli o'zgarmaydi, faqat texnologiyada ancha o'zgarishlar yuz beradi.

Yuqorida aytib o'tilganidek, ho'l usulda portlandsement ishlab chiqarishda xomashyo komponentlari yaxshi aralashadi va xomashyo aralashmasi tarkibini to'g'rilash oson bo'ladi. Shuning uchun bir kondan olinayotgan xomashyo kimyoviy tarkibi jihatidan nihoyatda xilma-xil. Ho'l usulda, xomashyo tarkibi bir xil va uning namligi 10—15% bo'lsa, quruq usuldan foydalanilgani ma'qul, chunki issiqlik-texnik va iqtisodiy jihatdan keyingi usul afzal. Masalan, xomashyo aylanma pechlarda quruq usulda kuydirilayotgan bo'lsa, yoqilg'i ho'l usuldagiga nisbatan 20—30% kam sarflanadi. Bundan tashqari, quruq usul yana shuning uchun ham afzalki, bu usulda ancha tejamli pechlar, masalan, siklonli issiqlik almashtirgichlar o'rnatilgan aylanma pechlarni ishlatish mumkin.

Xomashyoda toshsimon aralashmalar ko'p bo'lsa ham quruq usuldan foydalangan ma'qul, chunki ho'l usulda xomashyoning anchagina qismini shar tegirmonlarda maydalashga to'g'ri keladi. Biroq, xomashyo materiallarini boyitish zarur bo'lsa, ho'l usul qo'llagan yaxshi. Masalan, gil kvarts qumi bilan, ohaktosh esa gil bilan ko'p ifloslanganda aralashma tarkibidagi silikat tashkil etuvchi qum donalari gil chayqatgichlarda maydalanadi va ajratib tashlanadi.

Xomashyo materiallari o'rinda suvda oson iviydigan materiallar, masalan, bo'r va gil ishlatilsa, ho'l usul qulay hisoblanadi. Chayqatgichlarda maydalash uchun shar tegirmonlarda maydalashga qaraganda bir necha marta kam elektr energiyasi sarflanadi, chiqim ham ancha kam bo'ladi.

Tabiiy nomi juda ko'p bo'lgan xomashyo materiallaridan foydalanilganda ishlab chiqarishni ho'l usulda tashkil etgan ma'qul. Portlandsement ishlab chiqarishda qaysi usuldan foydalanishdan qat'iy nazar, uning texnikaviy va qurilishga xos xususiyatlari deyarli bir xil bo'ladi. Kelajakda sement sanoati futerovka mustahkamligini oshirish, pechlarda nssqlikdan foydalanishni yaxshilab, yanada sifatli maydalovchi jismlar ishlatish, pechdan chiqqan changdan foydalanish, ta'mir xizmati ishining sifatini yaxshilash, asbob-uskunalarining vaqt hamda uning unumdorligi bo'yicha notekis ishlashiga barham berish, ta'mir vaqtini qisqartirish va hokazolar, asosiy fondlardan foydalanish ko'rsatkichlarini yaxshilash, kapital mablag'larning samaradorligini oshirish kabi masalalarni amalga oshirmog'i lozim.

Pechning nisbiy ish unumdorligini oshirish uchun klinker hosil bo'lish jarayonini tezlashtirib kuydirish haroratini oshirish orqali erishish mumkin. Biroq aylanuvchi pechlarda haroratning ko'tarilishiga futerovkaning barqarorligi, halqa va katta kesak hamda guvalasimon mahsulotlar hosil bo'lish xavfi mone'lik qiladi, ayni vaqtda haroratning ko'tarilishi issiqlikning nisbiy sarfini oshiradi. Shuning uchun yuqori haroratlarda klinkerni kuydirish imkonini beruvchi yangi kuydirish apparatlari zarur.

Yuqori haroratda klinker olish jarayoni shu bilan farqlanadiki, xomashyo aralashmasi 1800—2000°C gacha tez qizdirilganda karbonatlar hamda gilli minerallarning dissotsiatsiyalanish davrlari oksidlarning o'zaro ta'sirlashuv davriga muvofiq keladi.

Yuqori haroratda vujudga keladigan oksidlar hosil bo'lish vaqtida faolligi tufayli bir-biri bilan darhol o'zaro ta'sirlashuvga kirishadi. Bunda reaksiya oksidlarning dastlabki hosil bo'lishidagiga nisbatan ancha tez kechadi.

Yangi kuydirilgan klinkerni tez va yaxshi sovitish muhim bo'lib, buning uchun juda takomillashgan konstruksiyali muzlatgichlar zarur. Tez kuydirish va tez sovitish faqat mehnat unumdorligini oshiribgina qolmay, balki sement sifatini yaxshilashda ham hal qiluvchi rol o'ynaydi.

Klinkerni yuqori haroratda tez vaqt ichida kuydirish usulida chiqayotgan issiqlikdan qayta foydalanish katta ahamiyatga ega, bu o'z navbatida, yoqilg'i sarfini kamaytirish, shuningdek, hosil bo'ladigan mahsulotning yuqori sifatli bo'lish shartlaridan biri — xom ashyo aralashmasining tarkibiy qismlari o'rtasidagi reaksiyaning tugallanishini ta'minlash imkonini beradi.

Katta o'Ichamli yuqori ish unumiga ega bo'lgan aylanuvchi pechlardan foydalanish, shuningdek, yangi kuydiruvchi qurilmalar ishlatish, sement sifatini oshirish, xilma-xil ixtisoslashtirilgan sement turlari ishlab chiqarish uchun qo'llanilayotgan o'tga chidamli materiallarning xususiyatlarini yana ham yaxshilash uzoq vaqt xizmat qiladigan va o'tga chidamli materiallarning yangi turlarini topishni talab etadi.

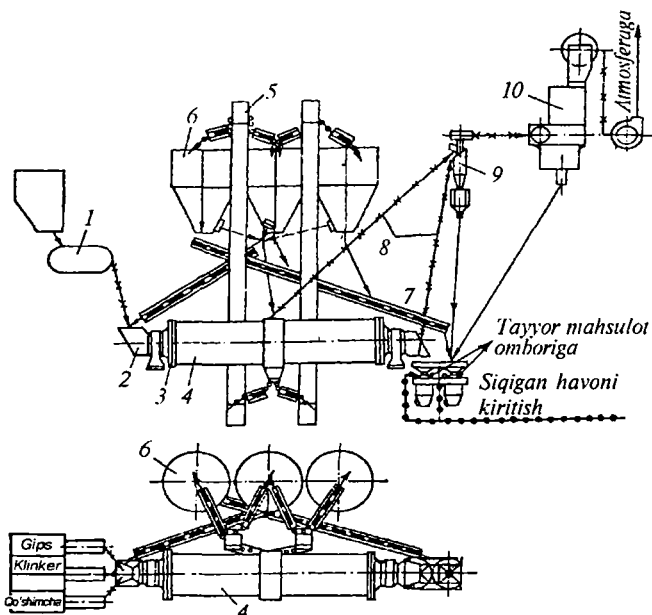
11. Klinkerni tuyish

Portlandsement ishlab chiqarish uchun xomashyo aralashmasini kuydirishniig o'zi kifoya emas. Klinker yarim fabrikat hisoblanadi. Muayyan texnik xossalarga ega bo'lgan portlandsement olish uchun klinkerni tuyish, unga gips va faol mineral qo'shilmalar qo'shish kerak.

Gidravlik qo'shilmalarning ko'pi g'ovak, tabiiy sharoitlarda juda nam bo'ladi. Nam qo'shilmalarni ishlatish esa mumkin emas, chunki sement maydalanayotgan jinslarga va tegirmon devorlariga yopishib qoladi, ya'ni yaxshi tuyilmaydi. Bundan tashqari, qo'shilmalar tarkibidagi ozgina namdan sement gidratlanib, zichlanib, bosilib qoladi. Shuning uchun qo'shilmalar tuyib quritiladi.

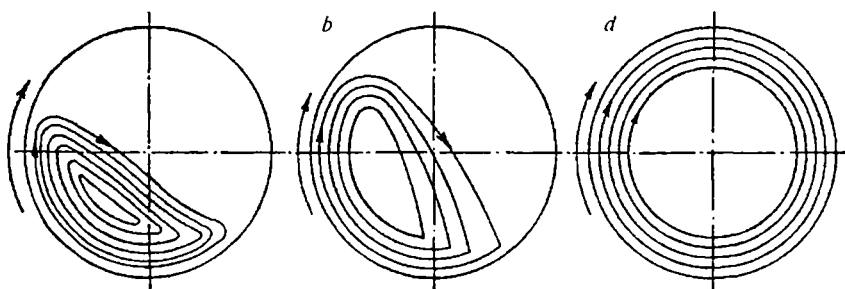
Gipsli qo'shilma sifatida ikki molekulalar suvli gips, ya'ni gipstosh ishlatiladi. Gipstosh zavodga odatda, yirik bo'laklar holida olib kelinadi. Gipstosh jag'li maydalagichlarda maydalaniladi, u odatda quritilmaydi. Bu qo'shilmadan ko'pi bilan 2—3% qo'shiladi. Uning umumiy namligi aralashmaga unchalik ta'sir qilmaydi. Hamma qo'shilmalar va klinker odatda birga tuyiladi. Shuni aytish kerakki, tayyorlangan klinker qanchalik mayda tuyilsa, portlandsement faolligi shunchalik yuqori bo'ladi, u dastlabki muddatlarda tezroq qotadi. Beton va temir-beton buyumlar ishlab chiqarishda bu juda katta ahamiyatga ega. Biroq tuyish jarayonining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari, ya'ni tuyish uchun elektr energiya qo'p miqdorda sarf bo'lishi va tegirmon ish unumining kamayib ketishini ham hisobga olish kerak.

Umuman, portlandsement ishlab chiqarish texnologiyasida tuyish eng ko'p energiya sarflanadigan jarayondan biri hisoblanadi. Shar tegirmonda maydalangan 1t portlandsement uchun soatiga 30 kVt va undan ortiq elektr energiyasi sarflanadi (13- va 14-rasmlar). Shuning uchun zavodlarning texnik-iqtisodiy ko'rsat-



13-rasm. Separator tegirmon qurilmasining chizmasi.

1—tarozili tasmali ulushlagich; 2—qabul qilgich voronka; 3—solinadigan qopqoq;
4—baraban; 5—elevator; 6—separator; 7—aerotarnov; 8—o'tkazgich quvur;
9—siklon; 10—yengil suzg'ichlar.



14-rasm. Tegirmonda zo'ldirlar harakatining chizmasi.

kichlariga ko'ra, 008 raqamli elakda 5—8% gacha qoldiq qoladigan qilib tuyilgan portlandsement, 2—4% va undan kam qoldikli tez qotuvchan sement ishlab chiqariladi. Bu holda sementlarning solishtirma sirti tegishli 300—350 m²/kg va 400—450 m²/kg ga yetadi.

Hozirgi vaqtda tuyish jarayoni texnikasini yaxshilash, ya'ni nisbatan unumli va tejamli apparatlar va texnologik yo'sinlar qo'llash, shuningdek, maxsus qo'shilmalar (yaxshi tuydiradigan moddalar) ishlatish bilan materialning mayda tuyilishiga erishilmoqda. Mavjud zo'ldir tegirmonlar konstruksiyasi takomillashtirilib, yangi unumli va tejamliroq agregatlar yaratilmoqda.

12. Portlandsement dispersligining mahsulot xossasi va xususiyatlariga ta'siri

Portlandsementning ko'p xossalari, shuningdek, uning faolligi, qotish tezligi va boshqalari faqat klinkerning kimyoviy, mineralogik tarkibi, alit va belit kristallarining shakli va o'lchamlari, u yoki bu qo'shilmalarning mavjudligidan tashqari, ko'p darajada mahsulotning mayin tuyilishiga, uning donadorlik tarkibiga va kukun zarrachalarining shakliga bog'liq.

Sement kukuni o'lchamlari asosan 5—10 mkm dan 30—40 mkm gacha bo'ladi.

Sementlarning solishtirma sirti ortgan sari uning mustahkamligi va qotish tezligi ortadi, chunki zarrachalarning faol sathi o'sadi. Ammo bu ko'rsatkichlar ma'lum disperslik darajagacha, ya'ni solishtirma sathi 700—800 m²/kg bo'lguncha ortadi. Bu chegaradan so'ng qotgan sementtoshning mustahkamlik ko'rsatkichlari odatda yomonlashadi. Shuning uchun sementni ma'lum darajagacha (700—800 m²/kg) tuyish va sinovlar bilan nihoyatda mayda tuyishning sement fizik-mexanik xossalari ta'sirini tekshirib ko'rish zarur. Sovuqqa chidamliligi esa bundan ham past solishtirma sathga (400—500 m²/kg) ega bo'lganda juda yomonlashib ketadi. Sement kukunining turli o'lchamdagi zarralari sement mustahkamligiga va qotish tezligiga (sement qotayotganida) turlicha ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun sementlarni tavsiflashda faqat uning solishtirma sirtiga emas, balki uning donadorlik tarkibiga ham e'tibor berish kerak (21-jadval).

Ba'zi olimlar esa klinkerlarni o'ta darajada kukunlashtirishni tavsiya qilmaydilar, chunki o'lchamlari 1—3 va hatto 5 mkm bo'lgan zarrachalar havo nami bilan tez va qisqa vaqt ichida gidratlanadi va materialning faolligi pasayadi yoki bunday o'ta dispers zarrachalar suv bilan qorilganda juda tez gidratlanadi hamda keyinchalik sementning qotishida ishtirok etmaydi, degan fikrni bildiradilar.

**Portlandsementning donadorlik tarkibi va solishtirma sirtining
faollik ta'siri.**

Solishtirma sirt, m ² /kg	SO ₃ miqdori, %	MKM da o'lchangan fraksiyalarning miqdori, %						Siqilgandagi mustahkamlik chegarasi, MPa				Zichlangan namunalar da o'lchangan marka
		0—5	5—10	10—20	0—10	0—20	<80	1 sut-ka	4 sut-ka	7 sut-ka	28 sut-ka	
230	2	2	14	27	16	43	7	15	38	51	64	600
280	2	7	14	31	21	52	4	21	35	54	74	700
430	2,6	9	25	29	34	63	2,5	33	51	62	73	700
620	3,2	12	28	35	47	82	1	38	53	66	80	800

Eslatma: TK=0,9 bo'lgan klinkerning o'rtacha mineralogik tarkibi: C₃S=57%, C₂S=20%, C₃A=7%, C₄AF=14%. Klinker ikkita separator bilan ishlatiladigan zo'ldirli tegirmonda maydalangan. MKM — millimikron.

Hozirda portlandsement qanchalik mayda tuyilganini aniqlashning ikki xil usuli bor:

1) ikkita elakda elash: yuqorigisi 02 raqamli, pastkisi 008 raqamli;

2) sement donalari solishtirma sirti o'lchanadi (m²/kg hisobida).

Odatda, portlandsementning qanchalik mayda tuyilgani 02 raqamli elakdan elanishi va 008 raqamli elakda 5—8% qoldiq qolishiga qarab aniqlanadi. Shunda sementning solishtirma sirti 250—300 m²/kg ga to'g'ri keladi.

Amalda kukunlashning ikki xil yo'sini — ochiq sikl va yopiq sikl ishlatiladi. Klinkerni ochiq sikl bo'yicha tuyayotganda materiallar tegirmondan qo'shimcha ishlovsiz bevosita tayyor mahsulotlar omboriga yuboriladi, yopiq siklda esa tegirmondan chiqqan materiallar separatorlarda elanadi, sementning yirik donalari qayta tuyishga yuboriladi, maydasi esa tayyor mahsulotlar omboriga jo'natiladi.

Yopiq sikl bo'yicha tuyish ancha takomillashtirilgan yo'sin hisoblanadi. Sementning mayda zarrachalari ajratib olinsa, tegirmonning ish unumi oshadi, chunki mayda zarrachalari maydalovchi jismlarga yopishib qolganda, jismlarning urishish kuchi bo'shashadi: sementning juda mayda zarrachalari o'z sirtida havoni

adsorbsiyalaydi va maydalovchi jismlar hamda tegirmon devorlarida hosil bo'lgan o'ziga xos «yostiq» maydalovchi jismlar zarbi hamda ishqalash ta'sirini amortizatsiyalaydi. Maydalanayotgan butun massadan mayda donalarni tinimsiz ajratib turish uchun tegirmonga havo yuboriladi. Havoning harakat tezligi tegirmondan ma'lum o'lchamdagi sement zarrachalari chiqadigan qilib belgilanadi. Xuddi shu havo oqimi yordamida sement omboriga (ochiq sikl bo'yicha tuyayotganda) yoki seperatorga (yopiq sikl bo'yicha tuyayotganda), so'ngra esa omborga yuboriladi. Uzatilayotgan chang-havo aralashmasidagi sement zarrachalari siklon va filtrlarda tutib qolinadi.

To'yish intensivifikatorlari. Bu moddalarni ishlatishda asosiy maqsad juda mayda sement zarrachalarining o'zaro va maydalovchi jismlarga yopishib qolishiga yo'l qo'ymaslikdir. Bundan tashqari, ba'zi intensivifikator moddalar klinker qattikligini kamaytiradi. Tuyishga yordam beradigan moddalar sifatida antrasit, kuya, sitrfaol qo'shilmalar (sovunnaft, sulfit-spirt bardi (SSB), petrolatum, trietanolamin, Petrov kontakti) va boshqa moddalar ishlatiladi.

Intensifikator moddalar ishlatish sementning tuyilish darajasini saqlagan holda jarayonning kechish muddatini qisqartirishga yoki, aksincha, jarayon muddatini saqlagan holda materialni yana maydalab tuyishga imkon beradi.

Bu qo'shimchalar sement massasining 0,02—0,5% miqdorida qo'shiladi.

S.M.Royak va boshqa tadqiqotchilarning fikricha, trietanolamin va uning SSB bilan 1:1 nisbatidagi aralashmasi (massa bo'yicha) juda kuchli intensivifikator bo'lib hisoblanadi. Bularni tegirmonning birinchi bo'lmasiga 0,01—0,03% miqdorda juda mayda zarrachali suvda eritma holida beriladi. Natijada tegirmonlarning unumdorligi 15% ga ortadi.

Intensifikatorlarning tegirmonga solinadigan optimal miqdori uning va kukunlashtiradigan materialning xossasiga, shuningdek, intensivifikatorni solish usuliga ham bog'liq.

Sementlarni omborda saqlash, qoplash va jo'natish. Tayyor sement zavodlarda har birining sig'imi 2500—10000 t gacha bo'lgan diametri 1—18 m va balandligi 25—40 m bo'lgan temir-beton siloslarda saqlanadi. Sement siloslarining umumiy sig'imi kamida 10 sutkalik ishlab chiqarilgan sementni saqlashiga yetarli bo'lishi ko'zda tutiladi. Bunday katta omborlar erkin ohakni havo nami

ta'sirida batamom so'ndirish maqsadida foydalanish uchun ham kerak. Bundan tashqari, tegirmondan sement 100—150°C gacha haroratda chiqadi va siloslarda 1—2 hafta davomida soviydi.

Har bir zavodlarda bunday siloslardan kamida to'rtta bo'lishi kerak. Ikkitasida sement yetiladi va soviydi, uchinchisiga sement to'ldiriladi, to'rtinchisidan olinadi.

Zavodda ikki va undan ortiq markada sement ishlab chiqarilsa, siloslar soni ko'paytiriladi.

Sement qatlamlanib qolmasligi uchun siloslardagi sement vaqti-vaqti bilan siqilgan havo yordamida g'ovaklashtirib turiladi. Bu esa, siloslardan sement olishni ham osonlashtiradi.

Sement zavodlarida ishlab chiqarishni tekshirish. Zamonaviy sement zavodlarida olinayotgan xomashyo, yarim fabrikat hamda tayyor mahsulot — sementning talab qilingan sifatda bo'lishini ta'minlash uchun asosiy jihozlarning belgilangan texnologik rejimida ishlashiga juda jiddiy e'tibor qilish kerak. Shuning uchun ishlab chiqarishni tekshirib turish alohida ahamiyat kasb etadi.

Xomashyo materiallarini maydalash darajasi va maydalangan mahsulot o'lchami hamda donadorlik tarkibi belgilanganiga qanchalik mos ekanligi tekshirib turiladi. Xomashyo tuyish sexida tuyish namligi va qanchalik mayda tuyilgani tekshiriladi. Bir qancha xomashyo komponentlari baravariga maydalanayotganda ishlamayotgan aralashma tarkibi belgilangan tarkibga qay darajada mosligi tekshiriladi. Tayyor mahsulotni tuyish sexida ham shu tariqa tekshiriladi.

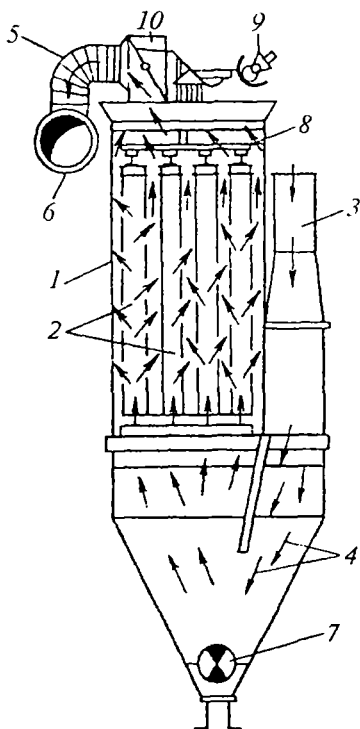
Pishirish sexida texnologik rejimiga (pishirish harorati, materiallarning pech zonalarida bo'lishi muddatlari), tutun gazlar harorati va tarkibi, yoqilg'i va pishiriladigan materiallar sifati, pishirish natijalariga qanday rioya qilinayotgani kuzatib boriladi.

Xullas, xomashyo materiallari, yarim fabrikatlar va tayyor mahsulotlar sifati texnologik jarayonning barcha bosqichlarida — xomashyo zavodga olib kelingan paytdan boshlab, tayyor mahsulot jo'natilgunga qadar tekshirib, kuzatib borilishi kerak.

Ishlab chiqarish quyidagi talablarga javob berishi zarur:

— tekshirish uchun olingan namuna materiallarning o'rtacha sifatiga mos kelishi lozim;

— namuna olinadigan joy to'g'ri tanlanishi va texnologik parametrlar to'g'ri aniqlanishi shart (harorat, namlik, aralashmalarining harakatchanligi va hokazolar);



15-rasm. Yangli suzg'ich chizmasi.

- 1—metall korpus; 2—materialdan tikilgan silindr shaklidagi yeng;
 3—quvur o'tkazgich; 4—suzg'ichning pastki qismi; 5—quvur;
 6—umumiy o'tkazgich quvur;
 7—vintli transportyor; 8—har bir seksiyadagi yenglarni osib qo'yish uchun mo'ljallangan planka;
 9—tebratuvchi mexanizm;
 10—zaslonka.

— jihozlarning ish rejimi tekshiriladigan joy to'g'ri tanlanishi kerak;

— namunalarni takror olish vaqti va uning miqdori to'g'ri tanlanishi lozim;

— tekshirish jarayoni iloji boricha to'la avtomatlashtirilgan va tekshiruvchi asboblari masofadan turib boshqariladigan bo'lishi kerak.

Hozirgi kunda tekshirish uchun namunalarni avtomatik yo'l bilan olinadi.

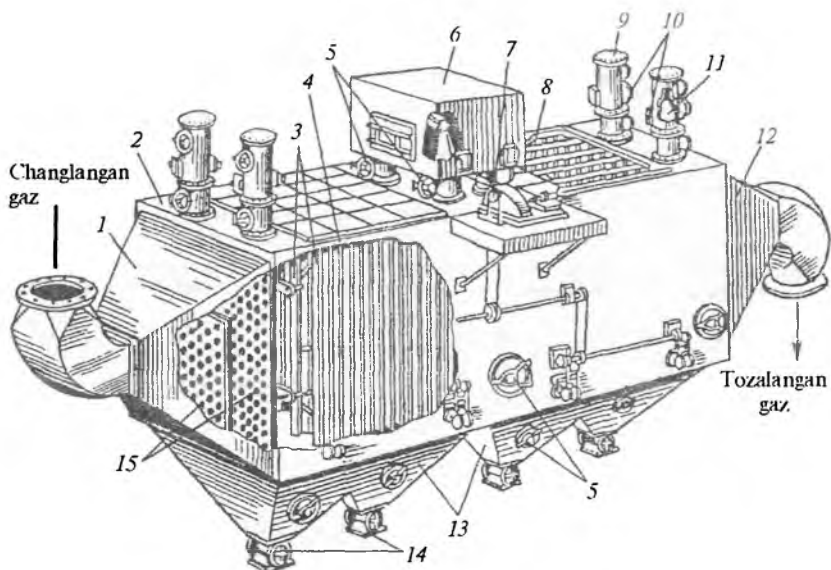
Sement zavodlarida mehnat muhofazasi. Sement sanoatida xomashyoni qanday qazib olish va qayta ishlash, xomashyo aralashmalarini pishirish, klinkerni kukunlash, juda ko'p miqdordagi materialni bir joydan ikkinchi joyga va omborga tashish hamda iste'molchiga jo'natish kabi murakkab hamda turli mexanizm, uskunalar bilan jihozlangani va ko'p miqdorda elektr dvigatellarning borligi uchun jihozlarning xavf-xatarsiz ishlatilishi, ishlab chiqarish operatsiyalarining bajarilishi, shuningdek, ishlash uchun qulay sanitariya-gigiyena sharoitlari yaratilishiga doir asosiy tadbirlar belgilangan bo'ladi.

Xavfsizlik texnikasida jihozlarning orasidan o'tish uchun qulay joy qoldirilgan, maydonchalarda bema'lol ishlaydigan sharoitning bo'lishi, muhofaza g'illoflari va to'siqlar o'rnatilishi, ko'chma elektr jihoz va asboblari bilan bexatar ishlash uchun zarur sharoitlar yaratilganligi ko'rsatilgan bo'ladi.

Sanitariya texnikasiga doir tadbirlarni ishlab chiqishda isitiladigan va isitilmaydigan binolar, havo, chang, bo'r va gazlardan

ifloslanadigan joylar va ifloslangan havoni markaziy tartibda so'rib olib, tashqariga chiqarib yuborish tadbirlari ko'rilgan, xavfsizlik texnikasi va sanitariya texnikasi bo'yicha belgilangan hamma tadbirlar texnologik jarayon bilan uzviy bog'langan bo'lishi shart.

Changlarni ushlab va havoni tozalash uchun maxsus asbob-uskunalar ishlatiladi (15- va 16- rasmlar).



16-rasm. Gorizontal elektrofiltr.

1—diffuzor; 2—korpus; 3—koronlovchi elektrodlar; 4—changni ushlab qoluvchi elektrodlar; 5—lyuklar; 6,9—izolyator qutichalar; 7—tebratuvchi mexanizmlar yuritmasi; 8—montaj lyukning qopqog'i; 10—izolyatorning elektr yo'li bilan isituvchi elementlari; 11—tayanch-o'tkazgich izolyator; 12—konfuzor; 13— chang uchun mo'ljallangan bunker; 14—sektorli zatvorlar; 15—gaz taqsimlagich-to'r.

IV bob. Portlandsementning qotishi, xossalari va ishlatilishi

13. Sementning suv bilan birikishi va hosil bo'lgan mahsulotlarning kimyoviy tarkibi

Portlandsement klinker, gips, faol mineral (gidravlik), shuningdek, boshqa qo'shilmalar aralashmasidan iborat bo'ladi. Bu moddalar portlandsementning qotish jarayonida va sementtosh tarkibiy tuzilmasining o'zgarishida ma'lum darajada ishtirok etadi. Ammo yuqorida aytib o'tilganidek, portlandsementning sifat ko'rsatkichlari asosan klinker miqdoriga ko'ra aniqlanadi. Ko'rsatilgan jarayonlarda maydalangan klinkerning suv bilan o'zaro ta'sir etishi ayniqsa qatta ahamiyatga ega.

Maydalangan sement klinkeri hech qanday aralashmasiz yoki qum yoxud qum va shag'al bilan suvda qorilganda, vaqt o'tishi bilan tishlashib, tobora mustahkamlana boradigan va toshsimon holatga o'tadigan sementtoshga, qorishmaga va betonga aylanadigan plastik xamir, qorishma va beton hosil bo'ladi.

Yangi hosil bo'lgan kimyoviy birikmalarning tarkibi sementlarning kimyoviy va mineralogik tarkibiga, shuningdek, reaksiya ketayotgan muhitda haroratning o'zgarishiga bog'liq. Ma'lumki, oddiy portlandsementning klinker qismi quyidagi fazalardan iborat (% hisobida):

Alit C_3S	45—60
Belit C_2S	20—30
Uch kalsiy alyuminat C_3A (qisman $12CaO \cdot 7Al_2O_3$)	5—12
C_4AF (alyumoferrit fazasi)	10—20
Shisha fazasi	5—15
CaO (erkin holda)	0,5—1
MgO , erkin va boshqa fazalarda	1—5
$Na_2O + K_2O$ ishqoriy fazalarda	0,5—1

Murakkab tarkibli portlandsementning suv bilan birikishini va yangi hosil bo'lgan mahsulotlarning sement fizik-mexanik xossalari ta'sirini aniq bilish uchun uning har bir komponenti

suv bilan reaksiyaga kirishishini ko'rib chiqib, so'ngra murakkab jarayon haqida to'la tushunchaga ega bo'lishi mumkin.

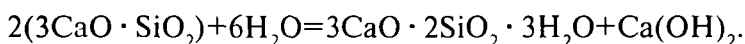
Alit-klinkerda Al_2O_3 va MgO qo'shimchasi bilan birga uchraydigan C_3S ning qattiq eritmasi suv bilan reaksiyaga kirishganda atrof-muhitning haroratiga va kalsiy gidroksidning konsentratsiyasiga bog'liq holda turli gidrosilikatlar hosil qiladi.

Odatdagi harorat va Ca(OH)_2 ning eritmadagi konsentratsiyasida CaO hisoblansa, uning miqdori 0,05—1,1 g/l gacha bo'lganda, ma'lumotlarga ko'ra, C_3S ning gidratatsiyasi tufayli kam darajada kristallangan o'zgaruvchan tarkibli $\text{CaO}_{0,8-1,5} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_{2,5-1}$ gidrosilikatlar hosil bo'ladi. Eritmada Ca(OH)_2 ning konsentratsiyasi qancha kam bo'lsa, hosil bo'lgan gidrosilikatlarning asosligi shuncha past bo'ladi. Bunday gidrosilikatlar Bogg — CSH(B) ko'rinishidagi umumiy formula bilan yoki Teylor — CSH(1) bilan belgilangan.

Eritmada Ca(OH)_2 ning konsentratsiyasi to'yingan va o'ta to'yingan, Ca(OH)_2 ning eruvchanligi oshadigan (ayniqsa, past haroratda) darajaga yetganda (masalan, 10°C da CaO ning miqdori 1,25 g/l) C_3S metastabil tarkibli gidrosilikat $\text{CaO}_{1,5-2} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ga aylanadi.

Bogganing fikricha, u C_2SH_2 formulasi bilan, Teylorning fikricha, $\text{C}_2\text{SH(II)}$ bilan belgilanadi. Biroq qotuvchi sement xamiri aralashmasining harorati $30-50^\circ\text{C}$ ga yetganda, shuningdek, Ca(OH)_2 ning eruvchanligini kamaytiruvchi eritmada ishqorlarning borligi asosan $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ tarkibli gidrosilikatlarni hosil qilishga imkon beradi. Bu birikma CSH(B) guruhiga taalluqlidir. Shuning uchun yaxshi kristallangan tobermorit $\text{C}_3\text{S}_6\text{H}_5$ ham shu guruhga kiradi.

Agar sement xamirida asosan $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ hosil bo'ladi, deb farz qilsak, u holda C_3S ning suv bilan reaksiyasi quyidagicha yoziladi:



Ko'rinib turibdiki, bu reaksiyada uch kalsiyli silikat gidrolitik parchalanish natijasida ko'p miqdorda erkin kalsiyli gidrat oksid hosil bo'ladi. Bu gidrat sementoshning tarkibiy tuzilishini o'zgartirish bilan birga, uning suvda yemirilishini tezlashtiradi. Bu holning oldini olish usuli quyida bayon etilgan.

CSH(B) guruhidagi kalsiy gidrosilikatlar qatlami kristallik tarkibiy tuzilishga ega bo'lib, turli miqdorda H_2O molekularini

(2; 5; 1; 0,5) qator orasida ushlab turadi. Bu suv esa kristall tekisliklari orasidagi bo'shliqdan bug'lanib ketishi va yana singib kirishi mumkin. Natijada kristallik tur kirishadi va suv singib kirganda shishadi. 2—2,5 molekula suvli gidrosilikatlar odatdagi va bir oz harorat ko'tarilganida ham barqaror turadi. Harorat 100°C atrofida bo'lganida gidrat suvning miqdori bir molekulagacha kamayadi, harorat 250°C gacha ortsa, suv molekulasi 0,5 qoladi. 450—500°C haroratda gidratning tarkibiy tuzilishi o'zgarimasdan, gidrosilikatlarning to'la suvsizlanishi boshlanadi. 700—800°C da to'r o'zgarib anchagina kirishadi va natijada β — vollastonit hosil bo'ladi.

CSH(B) va C_2SH_2 guruhidagi gidrosilikatlar qalinligi 20—30 Å ikki-uch molekula qatlam atrofida, kengligi 400—500 Å, o'rtacha uzunligi 1 mkm ga yaqin juda yupqa barg kabi hosil bo'ladi. Yangi mahsulot zarrachalarining solishtirma sathi: ikki qatlamning qalinligi 376 m²/g, uch qatlamning qalinligi 252 m²/g.

Ko'p ma'lumotlarga ko'ra, yangi mahsulotlarning, ayniqsa, yuqori asoslilarining tarkibi C/S nisbat (ko'pi bilan 1,3) bilan ifodalansa, ichi bo'sh tola kabi o'ram — rulonga aylanishga moyil bo'lib qoladi. Tolaning ichki va tashqi sathiga adsorbsiya kuchlari ta'sirida turli tezlik bilan ushlanib turgan suv molekulalari joylashadi. Vakuum yoki qizdirish vaqtida suv bu oraliq (bo'shliq)lardan asta-sekin bug'lana boshlaydi. Kristallar tarkibiga kiruvchi va to'r qatlari orasiga joylashgan hamda oldindan qo'shimcha valentliklar bilan birikkan suv molekulalari juda katta qiyinchilik bilan bartaraf etiladi.

CSH(B) va C_2SH_2 gidrosilikatlarni muntazam ravishda suv bilan ishlansa, $Ca(OH)_2$ erib yuvilishi hisobiga ular to'la parchalanadi. Yuvilmay qolgan qattiq qism asosan g'ovak holatdagi suvli qumtuproqdan iborat bo'ladi.

C_3S ning 50—100°C haroratdagi gidratlanishi yuqorida aytib o'tilgan CSH(B) va qisman C_2SH_2 tipdagi kalsiy gidrosilikatlarni hosil qiladi. Shu gidrosilikatlarning $Ca(OH)_2$ konsentratsiyalari ma'lum miqdorga yetganda belit ham hosil qiladi. Bu holda gelsimon CSH(B) va C_2SH_2 bilan birga $Ca(OH)_2$ ham hosil bo'ladi, ammo uning miqdori C_3S gidratatsiyalangandagiga nisbatan kam bo'ladi. Bu, reaksiya mahsuli tarkib jihatdan C_3S gidrolizi natijasida hosil bo'ladigan gidrosilikatlarga o'xshash.

Zamonaviy ma'lumotlarga ko'ra, C_2S ning 175—200°C haroratdagi gidratatsiyasi $Ca(OH)_2$; C_2SH_2 ; $C_2SH(A)$; [(1,8—2,4) $CaO \cdot SiO_2(1-1,25) \cdot H_2O$] lardan iborat turli mahsulotlarni va

uch kalsiyli gidrosilikat $C_3SH_{1,5}$ ni hosil qiladi. Ko'rsatib o'tilgan gidrosilikatlarning qaysisi ko'p hosil bo'lishi haroratga, issiq-nam sharoitda ishlov berishning vaqtiga va boshqa faktorlarga bog'liq.

β — ikki kalsiy silikat $160^\circ C$ haroratgacha qizdirilsa, gidratatsiya jarayonida C_2SH_2 ni hosil qiladi. Bu birikma yana yuqoriroq issiqliklarda $C_2SH(A)$ ga, Teylor nazariyasi bo'yicha esa $C_2S \alpha$ - gidratiga o'tadi.

C_3S va C_2S ning kvars qumi bilan 10:30 va 50:50 nisbatdagi aralashmasi $175-200^\circ C$ haroratda 8—10 soat davomida issiq-nam sharoitda ishlov berilganda $CSH(B)$, qum kam bo'lganda $CSH(B)$ bilan birgalikda $C_2SH(A)$ hosil bo'ladi.

$CSH(B)$ tipdagi gidrosilikatlar $150-200^\circ C$ haroratda 10—20 monomolekulalar qalinligidagi plastinkadan iborat bo'ladi. Bu esa yangi mahsulotlarning oddiy haroratda hosil bo'lgandagisiga nisbatan solishtirma sathini juda ham kamaytirib yuboradi. Kristallanish darajasi ancha ortadi.

Uch kalsiy alyuminat C_3A odatdagi sharoitda maydalanganda oldin metastabil geksagonal plastinkasimon birikma— $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot (10-12)H_2O$ hosil bo'ladi. Ammo bu modda ikki kalsiy va to'rt kalsiy gidroalyuminatlarning ekvimolyar nisbatdagi aralashmasidan iborat, deb taxmin qilinadi. Bu faza nisbatan past haroratlarda va namlik kamroq bo'lgan muhitda bir qism gidrat suvini yo'qotadi ($10-8 H_2O$ gacha), $105^\circ C$ haroratda gidrat suvning miqdori ($6-8 H_2O$ gacha) kamayadi. Suv eritmasidan $Ca(OH)_2$ ning konsentratsiyasi ko'pi bilan CaO hisobida 1,08 g/l bo'lsa, yuqorida ko'rsatilgan faza asta-sekin $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 13H_2O$ ga aylana boshlaydi.

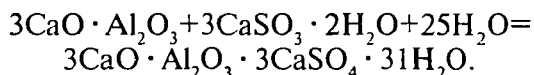
To'rt kalsiy gidroalyuminat $19H_2O$ holida ham hosil bo'lishi mumkin. Biroq nisbiy namligi 80% atrofida bo'lgan muhitda gidrat suvining miqdori $13H_2O$ gacha kamayadi, bu esa gidratning kirishuviga sababchi bo'ladi.

$25^\circ C$ haroratdan yuqorida geksagonal plastinkasimon faza C_3AH_{12} , $105^\circ C$ da barqaror kubiksimon $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ ga o'tish qobiliyatiga ega bo'ladi. $275^\circ C$ va undan yuqori haroratda bu birikma $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 1,5H_2O$ ga aylanadi.

Eritmada CaO ning konsentratsiyasi kamida 0,25—0,35 g/l va harorat $20^\circ C$ ga yaqin bo'lganda $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ parchalanib, $Ca(OH)_3$ va $Al(OH)_3$ — gibbsitlar hosil bo'ladi. C_3A avtoklavlarda issiq suv bilan ishlanganda $215^\circ C$ gacha barqaror $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ ga o'tadi.

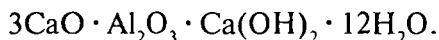
C_3A ning mayin qilib tuyilgan kvars qum bilan aralashmasiga (masalan, og'irligi bo'yicha 1:1 nisbatda) avtoklavda ($175-200^{\circ}C$) ishlov berilsa, umumiy formulasi $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot (6-2x)H_2O$ ko'rinishidagi gidrogranat va tobermorit [CSH(B)] hosil bo'ladi. Odatda $x=0,3-0,5$. Toza C_3A shunday avtoklav ishlovidan so'ng mustahkamlikka deyarli ega bulmaydi, uning qum bilan aralashmasi esa katta mustahkamlik kasb etadi.

C_3A suv va gipsning turli modifikatsiyalari ishtirokida odatdagi haroratda gidratlanib gidrosulfoalyuminat deb ataluvchi kompleks birikma $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot (30-32)H_2O$ hosil qiladi. Bu birikma gidrosulfoalyuminatning yuqori sulfatli shakli deb ham ataladi. U, odatda, $Ca(OH)_2$ ning to'yingan eritmasidan quyidagi reaksiya bo'yicha hosil bo'ladi:



Tabiatda uchraydigan bunday tarkibli mineral modda *ettringit* deb ataladi.

$Ca(OH)_2$ va kalsiy sulfatning past konsentratsiyalarida asosan gidrosulfoalyuminatning bir sulfatli shakli hosil bo'ladi. U ko'pincha $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 13H_2O$ bilan qattiq eritma hosil qiladi, uning formulasi quyidagicha:

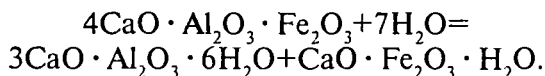


Suvli eritmalarda kalsiy oksidning miqdori 0,027 g/l dan kam bo'lsa, uch sulfatli shakldagi gidrosulfoalyuminat barqaror bo'lmaydi.

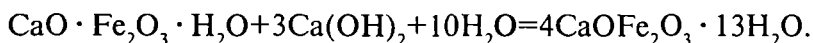
$70-110^{\circ}C$ haroratda uch sulfatli shakldagi gidrosulfoalyuminat avvalgi suvning miqdori 8—10 H_2O bo'lguncha degidratlanadi, so'ngra bir sulfatli shakli va gips hosil bo'lguncha parchalanadi. Gidrosulfoalyuminatlarning ikkala shakli ham avtoklav ishlovida ($175-200^{\circ}C$) C_3AH_6 , yarim molekula suvli gips va angidrid hosil qilib parchalanib ketadi. Uch sulfatli shakl magniy sulfat va ishqoriy karbonatlar ta'sirida parchalanadi, ammo natriy va kalsiy xlor tuzlarining eritmasida barqaror turadi. Uch sulfatli shaklning zichligi 1730 kg/m^3 ($25^{\circ}C$ haroratda), bir sulfatli formaning zichligi esa 1950 kg/m^3 ($20^{\circ}C$ haroratda). Birinchisi ko'pincha ninasimon ko'rinishdagi kristallar, ikkinchisi geksagonal plastinkalar holida hosil bo'ladi.

Tarkibi va tarkibiy tuzilishiga ko'ra, gidrosulfoalyuminatlarga o'xshash boshqa sulfo-, karbo-, xloralyuminat deb ataluvchi kompleks birikmalar ham bor, ular quyidagilar: $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$; $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_3 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ — gidrosulfoalyuminat, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$; $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaCO}_3 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ — gidrokarboalyuminat, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — gidroxloralyuminat kalsiy va boshqalar.

Alyumoferrit fazasi suv bilan quyidagi reaksiyaga kirishadi:



Ammo ko'p miqdordagi suv tarkibida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ning bo'lishi bir kalsiy gidroferritni to'rt kalsiy ferritli gidratga quyidagi reaksiya bo'yicha aylantiradi:



Selit va ferritli sementlar tarkibida ikki kalsiy ferrit bor. U gidratatsiyalanganda ikki kalsiy gidroferrit $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ni beradi. Bu birikma $\text{Ca}(\text{OH})_2$ eritmalarida $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ga, ayrim ma'lumotlarga binoan esa $4\text{CaOFe}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ ga o'tadi.

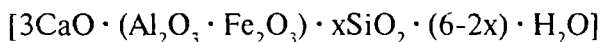
Shuni ham ta'kidlab o'tish kerakki, C_4AF suv bilan reaksiyaga kirishganda xossalari va tarkibi jihatidan gidratatsiyalanayotganda hosil bo'ladigan C_3A ga o'xshash olti molekula suvli kalsiy gidroalyuminat hosil bo'ladi.

Kalsiy gidroferrit asosining bir kalsiy ferritdan uch va to'rt ferritgacha ortishi, ya'ni CaO ning ko'payishi kalsiy gidroalyuminatlarga ham xosdir. Mineral asosi ortganda esa uning suvnam sharoitlardagi barqarorligi ancha pasayishi mumkin. Shuning uchun muayyan sharoitlarda ishlatiladigan beton konstruksiyalarga mo'ljallangan sementlar tanlanganda minerallar tarkibining ana shunday o'zgarishini hisobga olish zarur.

Klinker minerallarining suv bilan o'zaro ta'sir etishish jarayoni hamma vaqt bir xil tezlikda o'taveradi. C_3A suv bilan ancha tez ta'sir etishadi, C_4AF esa bir muncha sekinroq, C_3S undan ham sekin, C_2S juda sust ta'sir etishadi.

Uch va to'rt kalsiy gidroalyuminat va gidroferritlarning bir xil tarkiblisi bir vaqtning o'zida hosil bo'la boshlasa, umumiy formulasi: $3\text{CaO} \cdot (\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ va $4\text{CaO} \cdot (\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ bo'lgan qattiq eritmalar hosil bo'ladi.

Gidroferritlar gidroalyuminatlar singari gips va kalsiy xlor bilan kompleks birikmalar $[3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot (30-32)\text{H}_2\text{O}]$ va $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ hosil qiladi. Tuyilgan qum bilan $175-200^\circ\text{C}$ haoratda gidrogranatlarni



va shuningdek, CSH(B) tipdagi gidrosilikatlarni hosil qiladi. C_2F ham avtoklavda issiq nam ishlovga uchratilsa, huddi shunday jarayon namoyon bo'ladi.

Sement shisha fazasi suv bilan biriksa, C_3AH_6 va CFH_6 ning qattiq eritmalari hamda avtoklav sharoitida gidrogranatlar hosil bo'ladi. Sementlar tarkibidagi erkin CaO va MgO suv bilan reaksiyaga sust kirishib gidratlanadi, ular har birining miqdori 1% dan ortiq bo'lsa, hajmi notekis o'zgaradi. Bu esa qotib qolgan sementtosh ichida kuchli kuchlanishlar paydo bo'lishiga sababchi bo'ladi.

Sement tarkibidagi alyuminat, alyumoferrit va shisha fazasidagi $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ suv bilan reaksiyaga kirishganda unda erib NaOH va KOH hosil bo'ladi. CaSO_4 ishtirokida ishqorlar bilan reaksiyaga kirishib Na_2SO_4 va K_2SO_4 ni hosil qiladi. Natriy va kaliy ishqorlari suvda $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ning konsentratsiyasini pasaytirib, bilvosita vujudga keladigan kalsiy gidrosilikatlarning tarkibiga ta'sir ko'rsatadi. Odatda, sement xamirining suvli eritmasida ishqorlarning umumiy miqdori 1% dan ortmaydi.

Sementning tishlashish muddatlarini uzaytirish maqsadida klinkerni tuyayotganda portlandsementga ikki molekula suvli gips qo'shiladi. Tuyish paytida tegirmonda materialning harorati ancha ko'tariladi, natijada ikki molekula suvli gips yarim molekula suvli gips va eruvchan angidridga aylanadi. Bular suv ishtirokida tezlik bilan ikki molekula suvli gipsga aylanadi. Sement tarkibidagi gips bilan birga suvda qorilganda klinker tarkibidagi alyuminat va alyumoferritlar bilan murakkab reaksiyalarga kirishib, yuqorida aytib o'tilgan kompleks birikmalarni hosil qiladi.

Portlandsementning suv bilan reaksiyaga kirishuvi sement tarkibiga kiruvchi ayrim minerallarning va fazalarning gidratatsiyasi hamda gidrolizidan boshlanadi. Birinchi navbatda suv bilan C_3A reaksiyaga kirishib, umumiy tarkibli gidroalyuminatlar aralashmasini ($\text{C}_3\text{AH}_{10-12}$) so'ngra C_4AF ning gidratini hosil qiladi. C_3S birmuncha sust gidratlanadi va gidrolizlanadi. U suvni $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ga to'yintirib boradi. Belit esa suv bilan o'ta sust reaksiyaga kirishadi. Ayni bir

vaqtda murakkab ikkilamchi reaksiyalar ham ketadi. Ulardan ayrimlari uch sulfat shakldagi gidrosulfoalyuminat va gidrosulfoferritlarni hosil qiladi. Bu birikmalarning qattiq eritma holda hosil bo'lishi suyuq muhitda $\text{Ca}(\text{OH})_2$ va CaSO_4 ning konsentratsiyasi yuqoriligini ko'rsatadi. Umumiy tarkibli gidrosulfoalyuminatlar $\text{C}_3(\text{AF}) \cdot 3\text{CaSO}_4(30-32) \cdot \text{H}_2\text{O}$ yomon eruvchanligi tufayli o'ta mayda dispers zarrachali qattiq faza hosil qiladi. Bu zarrachalarni ba'zan mikroskop orqali ham ko'rib bo'lmaydi. Keyinchalik tizimda kalsiy sulfatning miqdori kamayib borishi tufayli, uch sulfatli faza asta-sekin bir sulfatli fazani, ayni shu vaqtning o'zida tarkibi $\text{C}_3(\text{AF}) \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ va $\text{C}_4(\text{AF}) \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ dan tashkil topgan murakkab qattiq eritmali birikmalarni hosil qiladi. Havodagi CO_2 ning ishtirokida qisman $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ham hosil bo'lishi mumkin.

Portlandsement dastlab suv bilan birikkanda sersuv gidratli birikmalar $2\text{CaOSiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$; $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ va boshqalar hosil bo'ladi. Vaqt o'tishi bilan asta-sekin qotish jarayonida ko'rsatilgan birikmalar parchalanib, portlandsement kam suvli gidratlarga, jumladan, $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$; C_3AH_6 ; $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ga o'tadi. Shunday qilib, qattiq moddalar suvning ajralib chiqishi va qaytadan uning yangi birikmalar o'rtasida taqsimlanishi issiqlikning yutilishi va fazalar mutlaq hajmlarining o'zgarishi sodir bo'ladi.

Sementlarning yuqori haroratda qotishi ham kam suvli gidratlarning hosil bo'lishiga olib keladi. Bu esa sementtosh tarkibiy tuzilmasining g'ovakliligini oshiradi. Portlandsement suv bilan odatdagi va yuqori haroratlarda (100°C gacha) reaksiyaga kirishganda yangi mahsulotlar (ayniqsa, kalsiy gidrosilikatlar) juda ham mayda dispers kristall zarrachalar ko'rinishida hosil bo'ladi. Ular gelsimon fazalarga kiradi. Ularni rentgengrafik usulda tarkibiy tuzilmasini tahlil qilib, elektron mikroskop yordamida aniqlash mumkin. Optik mikroskop ularni ajratib ololmaydi. Kalsiy gidrat oksid va kalsiy gidrosulfoalyuminat kristallari ancha yirik o'lchamlargacha (ko'pi bilan 0,5 mkm) o'sa oladi. Ularni oddiy mikroskop bilan aniqlash mumkin. Avtoklavda, ayniqsa, uzoq vaqt davomida va yuqori haroratda ishlash natijasida yangi hosil bo'lgan mahsulotlar zarrachalarining o'lchami keskin ortadi. Bunday zarrachalarni optik mikroskopda ko'rsa bo'ladi.

Aniqlanishicha, sementlar gidratatsiyasining submikrokristall mahsulotlari bir-biri bilan qattiq eritmalar va aralash kristallar hosil qilishga moyil, bu hol tarkibi murakkab va o'zgaruvchan bo'lgan ko'p fazalar hosil qiladi. Shu narsa ma'lumki, C_2S va C_3S ning erta gidratatsiyalanishida tarkibi jihatidan yaqin bo'lgan kalsiy gidrosilikatlar hosil bo'ladi, C_3S ning gidratatsiyasi mobaynida erkin holda ajralib chiqadigan $Ca(OH)_2$ kristallari qotayotgan massaning mikroto'ldirgichi vazifasini bajaradi, ya'ni C_2S va C_3S bir xil darajada gidratatsiyalanganda ulardan hosil bo'lgan monomineral toshlarning mustahkamligi bir-biriga yaqin bo'lishi kerak. Xlorid, sulfat nitrid, karbonat, florid va boshqa tuzlar sinfning sement gidratatsiyasi hamda qotishiga ta'siri haqidagi ma'lumotlar muttasil kengayib bormoqda. Ba, P, S, Cr, Mn, Ti ning ma'lum miqdorida modifikatsiyalangan klinkerlardan olingan sementlar, odatda, yuqori darajada gidratatsiya faolligiga ega bo'ladi.

14. Avtoklav materiallar texnologiyasida kechadigan fizik-kimyoviy jarayonlar

Avtoklav materiallar texnologiyasida kalsiy gidrosilikatlar hozircha birinchi darajali ahamiyat kasb etmoqda. Aslida esa avtoklav qurilish materiallari ishlab chiqarish kalsiy gidrosilikatlarning texnik sinteziga asoslanadi.

Hozirga qadar kalsiy gidrosilikatlarning 28 turi, jumladan, 11 ta tabiiy minerali ma'lum. Bundan tashqari, hali tarkibi aniqlanmagan bir qancha fazalar ham bor.

Gidrosilikatlar suvda deyarli erimaydi (22-jadval). Kalsiy silikatlar $100^{\circ}C$ dan past haroratda gidratatsiyalanganda yaxshi kristallanmagan yangi hosilalar vujudga keladi; bunga qotgan sement xamiri misol bo'la oladi. Muayyan kalsiy gidrosilikat kristallarini hosil qilish uchun kerakli aralashma tarkibi hamda o'ziga xos gidrotermal sharoitlar bo'lishi kerak. Shuni ta'kidlash lozimki, bunda tajriba ba'zan 1000 soat davom etadi, harorat esa $500-1000^{\circ}C$ ga yetadi. Shunga qaramay, kalsiy gidrosilikatlar kristallarining kattaligi, odatda, 10—30 mkm bo'ladi, bu hol ularning tarkibi, tarkibiy tuzilishi va xossalarini o'rganishni murakkablashtirib yuboradi. N.V.Belov bir qancha kalsiy gidrosilikatlarning xossalarini (ksonotlit, gillebrandit, tobermorit va boshqalar) izohlab berdi.

25°C haroratli suvda kalsiy gidrosilikatlarning erishi.

Gidrosilikatlar	1 l suvga gidrosilikatlarning grammolda erishi	1 l suvda CaO ning millimolda erishi
Gillebrandit	$9,69 \cdot 10^{-4}$	23,84
Foshagit	$11,8 \cdot 10^{-4}$	9,46
Ksonotlit	$2,08 \cdot 10^{-4}$	1,25
Tobermorit	$1,8 \cdot 10^{-4}$	1,8
Girolit	$4,7 \cdot 10^{-4}$	1,9
Okenit	$5,6 \cdot 10^{-4}$	1,75

Kalsiy gidroalyuminatlar odatdagi haroratda hosil bo'ladi, yuqori haroratda esa ularning barqarorligi past, shuning uchun kalsiy alyuminatlar ko'p bo'lganda avtoklav ishlovi berishga alohida zarurat qolmaydi. Quyida me'yorda qotish va avtoklav ishlovi berishda gidratlangan klinker minerallarining mustahkamligi haqida ma'lumotlar keltiramiz (23-jadval).

23-jadval.

Qotish sharoitlariga qarab klinker minerallari mustahkamligining o'zgarishi.

Gidrosilikatlar	Siqilishga bo'lgan mustahkamlik chegarasi, MPa				Bog'langan suv miqdori, %			
	Normal sharoitda qotish		0,9 MPa bosimda avtoklav ishlovi		Normal sharoitda qotish		0,9 MPa bosimda avtoklav ishlovi	
	7 kun	28 kun	8 soat	64 soat	7 kun	28 kun	8 soat	64 soat
$\beta = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	2,7	15,8	23	30,2	2,6	3,86	5,62	9,9
$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	2,6	34,1	29,5	44	11,7	14,05	16,43	15,92
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	2,1	3,3	2,9	qirralari uvalangan	24,83	25,62	27,35	19,13
$5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$	33,8	20	1,8	17,9	22,78	22,87	22,33	16,41
$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	24,8	37,3	1,5	38	8,85	13,33	16,31	17,95
$2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	3,5	7,4	17,8	20,7	5,51	9,7	12,60	13,36

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, klinker materiallarining qotish sharoitlari sementtoshning mustahkamligiga ta'sir etadi. Yuqori

bosimli bug' ta'sirida ko'pincha gidrosilikatlar mustahkamligining ortishi va kalsiy gidroaluminatlar mustahkamligining pasayishi kuzatiladi. Tabiiy gidrotermal mahsulot davomli geologik vaqt mobaynida mukammal kristallanishga erishadi, bu hol asosan barqaror minerallar hosil bo'lishini ta'minlaydi. Texnologik sintez mahsulotlari esa nihoyatda qisqa vaqt mobaynida vujudga keladi. Texnik-iqtisodiy omillar doim ishlab chiqarish jarayonini tezlashtiradi, bu ko'pincha o'z xossalarini vaqt va xizmat sharoitlariga bog'liq ravishda o'zgartiruvchi metastabil mahsulotlar hosil bo'lishiga olib keladi.

Shuni ta'kidlash kerakki, tabiiy minerallar (kalsiy gidrosilikatlar) yirik konlar tarzida uchramaydi, ularning ayrimlari esa shu qadar kamki, ular hatto ilmiy tadqiqotlar uchun ham yetmay qoladi.

N.V.Belov gidrosilikatlarda tetraedrlarning bir qismini $(\text{SiO}_2)^{4-}$ teng qiymatli va teng hajmli guruhlariga $(\text{OH})^{4-}$ qaytarma almashtirish mumkinligini ko'rsatib berdi. Uning fikricha, gidrosilikatlar tarkibiy tuzilmasi asosida bir ustun kalsiy oktaedrlar va ikki ustun kalsiy prizmalaridan tashkil topgan vollastonitli blok yotadi. Ana shu blok bo'ylab kremniy kislorodli tetraedrlarning bir-biri bilan bog'liq bo'lmagan ikki zanjiri joylashadi. Suvsizlanganda ko'pchilik gidrosilikatlarning x yoki $\beta = \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ shakli hosil bo'ladi. Oz sonli minerallargina degidratatsiya vaqtida β yoki $\gamma = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ hosil qiladi. Faqat afvillit — $\text{Ca}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}[\text{SiO}_3(\text{OH})]_2$ bu hodisadan mustasno. Uning tarkibiy tuzilishi tetraedrlar zanjiridan iborat bo'lmay, balki SiO_3^{2+} orolsimon radikalidan tashkil topgan.

Kalsiy gidrosilikatlarni kalsiy silikatlar gidratlari deyish mumkin. Ayrim gidrosilikatlarda suv turlicha bog'langan bo'ladi: OH , H_2O — gidratli, kristalli, seolitli. Shuning uchun ularning degidratatsiyasi ham turlichadir.

Ko'pgina manbalarga asoslangan holda Teylor kalsiy gidrosilikatlarning quyidagi asosiy guruhlarini belgiladi:

1. Tarkibiy tuzilishiga ko'ra vollastonitga yaqin birikmalar: nekoit, okenit, ksonotlit, fashogit, gellebrandit.

2. Tobermoritli.

3. Gidrolitli: gidrolit, truskottit, Z-faza (Assarson).

4. γ — C_2S tarkibiy tuzilishiga ko'ra yaqin birikmalar: kalsiy xondrodit (gidrat γ — C_2S).

5. Boshqa kalsiy gidrosilikatlar: afvillit, gidrat C_2S , Y-faza.

Vollastonit guruhi. Bu guruhga nekoit, okenit, ksonotlit, foshagit va gillebrandit kiradi. Anu shu birikmalarning hammasi uchun 7,3 Å ga yaqin tekisliklararo masofa xos. Shuningdek, vollastonit uchun bir yo'nalishda takrorlanaveradigan 7,3 Å ga yaqin tekisliklararo masofa xarakterli, bu esa mazkur guruh gidrosilikatlarni gidratlangan vollastonit deyishga imkon beradi. Vollastonit tarkibiy tuzulishda metasilikat zanjirlar shunday bog'langanki, unda har uchinchi tetraedr takrorlanadi. Shunga ko'ra, ularni uch qirrali deyish mumkin. Si=O elementlar vollastonit tarkibiy tuzilishida o'q bo'ylab har 7,3 Å da, Ca=O elementlari esa har 3,65 Å da takrorlanadi.

Nekoit $C_3S_6H_6$ va **okenit** CS_2H_2 800°C haroratda bir qancha o'zgarishlardan so'ng ular vollastonitga aylanadi.

Ksonotlit gidrotermal sharoitlarda 150—400°C harorat oralig'ida reaksiyaga moyil turli materiallardan $CaO \cdot SiO_2$ -1:1 sharoitda oson sintez qilib olinadi. Bu birikma 374°C suv bug'ida to'yingan muhitda, shuningdek, qizitilgan bug'da hosil qilingan. N.N. Belov fikricha, ksonotlit tarkibi $Ca_6(Si_6O_{17}) \cdot (OH)_2$ formulasiga mos keladi.

N.V. Belov bo'yicha Ca kationlarining $\frac{1}{3}$ qismi kislород oktaedrlarida bo'ladi, $\frac{2}{3}$ qismi trigonal prizmalarda bog'langan, shunisi qiziqki, prizmalar o'z qirralari bilan Ca dan iborat oktaedrlarga tutashadi va bu blok ikki ksonotlit lentasi oralig'ida joylashadi. Ba'zan tasmalar naycha shaklida o'raladi, bunda mustahkamlik ortadi. Ksonotlit qariyb 700°C haroratda parchalanib, vollastonit hosil qiladi. U tabiatda silikat g'isht tarkibida uchraydi.

Foshagit — $Ca_4(Si_3O_9) \cdot (OH)_2$. Bu modda Teylor fikriga asosan ilk bor Flint tomonidan tegishli tarkibli shishada 300—350°C haroratda to'yingan bug' muhitida sintez qilingan. Keyinchalik uni ko'pgina tadqiqotchilar turli sharoitlarda xilma-xil asos materiallardan sintez qilib olganlar. Foshagit uchun ninasimon va tolali kristallar xosdir. U 700°C haroratda parchalanib, vollastonit hosil qiladi.

Gillebrandit C_2SH (bundan keyin gidrosilikat belgisi) shu tizimga doir adabiyotlarning ko'pligi tufayli Bogg bo'yicha ifodalanadi. Turli tadqiqotchilar ishlatadigan kalsiy gidrosilikatlar belgilari juda xilma-xil bo'lib, ayniqsa, yuqori bosimli bug' ta'sirida olingan mahsulotlarda bu belgilar ko'pincha bir-biriga to'g'ri kelmaydi. Bogg boshqa mualliflar qabul qilgan nomlardan farq qiladigan quyidagi 24-jadvalda keltirilgan tizimli nomenklaturani tavsiya etdi.

Turli mualliflar tomonidan gidrosilikatlarning nomlanishi.

Tarkibi	Taklif etilgan nomlar			
	Torvaldson	Besse	Teylor, Teylor va Besse	Bogg
$C_2SH_{0,9-1,25}$	C_2S gidrat I	$C_2S \alpha$ -gidrat	$C_2S\alpha$ - gidrat	C_2SH (A)
$C_2SH_{1,1-1,5}$	C_2S gidrat II	$C_2S \beta$ - gidrat	$C_2S\beta$ - gidrat	C_2SH (B)
$C_2SH_{0,3-1}$	C_2S gidrat III	$C_2S \gamma$ - gidrat	$C_2S\gamma$ - gidrat	C_2SH (C)
$C_2SH_{0,67}$	—	—	$C_2S\sigma$ - gidrat	C_2SH (D)
C_2SH_{2-4}	—	—	C_2SH (II)	C_2SH_2
$CSH_{1,1}$	—	—	flint CSH	CSH (A)
$C_{1-1,5}SH_{1-2,5}$	—	—	CSH (I)	CSH (B)

Gillebrandit — tabiiy mineral bo'lib, uning xossalari yaxshi o'rganilgan. U tegishli tarkibdagi ohak va qumtuproq aralashmasidan 150—250°C haroratda to'yingan suv bug'ida ishlov berib sintez qilinadi. Gillebrandit 520—540°C haroratda degidratatsiyalanadi. Uning N.V. Belov va X.S. Mamedov belgilagan tarkibiy tuzilma formulasi $Ca_{12}(Si_6O_{17}) \cdot (OH)_4 \cdot 12Ca(OH)_2$. Gillebrandit CO_2 ta'sirida parchalanib, $CaCO_3$ va amorf SiO_2 hosil bo'ladi. Bu hodisa sun'iy hosil bo'lgan C_2SH ning barchasida kuzatiladi, uning quyidagi shakllari mavjud:

$C_2SH(A)$ — tabiatda ma'lum emas, mexanik mustahkamligi past, chunki u bitishib ketishi qiyin bo'lgan plastinkalar hosil qiladi.

$C_2SH(B)$ — sun'iy gillebrandit.

$S_2SH(C)$ — tabiatda ma'lum emas, gidratatsiya hodisasida vujudga keladi.

β va $\gamma = C_2S$, $R_{siq} = 1,4-2,0$ MPa, $R_{egil} = 2,4-2,8$ MPa.

$R_{egil} > R_{siq}$ bu hol uning tarkibiy tuzilishi tolali ekanini ko'rsatadi.

Sof mahsulotlarni tadqiq qilishda olingan natijalar oddiy xomashyodan olingan natijalarga doim mos kelavermaydi. Masalan, tarkibida 80 % C_2S bo'lgan nefelin shلامي avtoklav ishlovi natijasida $C_2SH(C)$ hosil qiladi va bug' bosimi 0,8—1,2 MPa bo'lganda $R_{siq} = 15,0-40,0$ MPa, yanada yuqoriroq bosimda esa yana ham kattaroq bo'ladi. Sochilma domna toshqoli $\gamma = C_2S$ dan

iborat bo'lib, biroq $R_{\text{cia}} = 10,0 - 30,0$ MPa. Shunday qilib, texnikaviy tizimlarda $\text{C}_2\text{SH}(\text{C})$ hosil bo'lishi tabiiy gillebranditga nisbatan boshqacha, ko'pincha yaxshiroq natijalar berishi mumkin.

Tobermoritlar guruhi. Bu guruhga, odatda, ishlab chiqarish sharoitida portlandsement gidratatsiyasida hosil bo'ladigan barcha kalsiy gidrosilikatlar kiradi. Shuningdek, mazkur guruh taxminan $\text{C}_5\text{S}_6\text{H}_n$ tarkibli kristall va amorf gidrosilikatlarning bir qancha fazalarini o'z ichiga oladi. Tabiatda C_5SH_3 — riversaydit, $\text{C}_5\text{S}_6\text{H}_{5,5}$ — tobermorit, $\text{C}_5\text{S}_6\text{H}_{10,5}$ — plombiyerit uchraydi.

Tobermoritlarning barchasi OH guruhi va har xil miqdorda H_2O ga ega. Ular tarkibiy tuzilishiga ko'ra montomorillonit gillari va vermikulitni eslatadi. Suv turli oraliqdagi qatlamlar o'rtasida bo'ladi. Bitta SiO_2 molekulasiga $2\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O} - 0,5\text{H}_2\text{O}$ to'g'ri keladi. Bu juda murakkab guruh bo'lib, uning tarkibi ham aniq emas. Masalan, $\text{CSH}(\text{B})$ uchun G. Kalouzek to'rtta individual faza bo'lishini ko'rsatadi. Ular 800°C va 900°C haroratdagi ekzoeffekti bilan farqlanib turadi, boshqa barcha xossalari esa bir xil. Bu moddaning tabiiysida qatlamlar o'rtasidagi masofalar o'zaro farqlanadi: plombiyeritda qatlamlararo masofa $14 \text{ \AA}$, tobermoritda $11,3 \text{ \AA}$, riversayditda $9,35 \text{ \AA}$. Suvsizlantirilganda tobermorit $9,35 \text{ \AA}$ ga barobar. Suvsizlantirilganda tobermoritlar 550°C haroratga qadar o'z turini saqlab qoladi, harorat ko'tarilgan sari yangi turlar hosil bo'laveradi.

Taylor tarkibi $\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ dan $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ gacha tarkibli gidratni 1 kalsiy gidrosilikat yoki qisqacha $\text{CSH}(\text{I})$ deb atadi. Keyinchalik Bogg uni $\text{CSH}(\text{B})$ deb belgiladi, hozirda shu narsa aniqlandiki, bu birikma tarkibining chegaralari $\text{CaO}:\text{SiO}_2$ ning eng quyisi 0,8 ga teng nisbatga qadar yetishi mumkin ekan. Ohagi kam bo'lgan qattiq fazalar shu birikmaning quyuqlashgan qumtuproq bilan aralashmasidan iborat.

Yuqori asosli gidrat $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ning borligi ko'pgina tadqiqotchilar tomonidan isbotlangan bo'lib, kalsiy gidrosilikat II yoki qisqacha $\text{C}_2\text{SH}(\text{II})$ nomini olgan. Keyinchalik Bogg uni C_2SH_2 deb atadi. Taylor bu birikmani ohak va silikageldan yoki cho'ktirish yo'li bilan emas, balki C_3S ni (17°C haroratda) gidratatsiyalash yo'li bilan olishga muvaffaq bo'ldi. Biroq Toropov va boshqa tadqiqotchilarning ma'lumotlariga ko'ra, bu birikmani 180°C haroratda gidratlangan amorf qumtuproqqa kalsiy gliserat bilan ishlov berish va eritmaga keyin ortiqcha suv qo'shish yo'li bilan tayyorlash mumkin. Amaliy jihatdan sof cho'ktirilgan C_2SH_2

Teylorning $C_2SH(II)$ rentgenogrammasiga mos keladigan aniq rentgenogrammali amorf kukun tarzida olindi.

0,05 g/l dan to'yinguncha bo'lgan miqdordagi ohak konsentratsiyasida tarkibi $CaO_{0,8-1,5} \cdot SiO_2 \cdot nH_2O_{2,5-1}$ oralig'ida o'zgarib turadigan kalsiy gidrosilikat I hosil bo'ladi. To'yingan ohakli eritma sharoitida esa $2CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O_{4-2}$ tarkibli kalsiy gidrosilikat II mavjud bo'lishi mumkin. Ana shu ikkala gidrat, garchi rentgenogrammalari bir-biridan birmuncha farq qilsa ham, o'z kristall tarkibiy tuzilishi bo'yicha bir-biriga juda o'xshash. Mazkur guruhlarining har biri o'z doirasida Ca/Si ning nisbati, suv miqdori, ba'zan tekisliklararo masofalar, kristallanish darajasi anchagina farqlanishi mumkin. C-S-H(I) elektron mikroskop ostida deformatsiyalangan folga sifatida ko'rinadi, odatda u $100^\circ C$ dan past haroratda oson hosil bo'ladi. Ca/Si nisbat 400—600°C haroratda 0,8—1,33, ba'zan esa 1,5 molekula suv yo'qotadi.

C-S-H(II) elektron mikroskop ostida noto'g'ri plastinka yoki folga tarzida (quvursimon buralgan, burmali yoki tolasimon tarkibiy tuzilma) ko'rinadi. $100^\circ C$ va undan past haroratda yoki 100—200°C haroratda avtoklav ishlovi berishda sintez qilinadi.

Tobermorit o'z tarkibidagi suvni asta-sekin yo'qotib boradi: unda $120^\circ C$ haroratda qariyb 1 mol, $300^\circ C$ da 0,5 mol suv bo'ladi, 600—700°C da esa suv butunlay yo'qotiladi.

Tobermoritlar avtoklav ishlovi natijasida sun'iy tosh hosil qilishi muhim ahamiyat kasb etadi. Bu kalsiy gidrosilikatlarning eng murakkab va eng kam o'rganilgan guruhidir.

Girolit guruhi girolit $C_2S_3H_{2,5}$, truskottit C_2S_2H va Z-Assarson fazasini o'z ichiga oladi. Yuqori darajada birikkan juda ko'p SiO_2 listlari bor deb taxmin qilish imkonini beradi. Girolitda eng katta bazal tekisliklararo masofa 32 Å, truskottitda esa 19 Å.

Girolit $C_2S_3H_{2,5}$ tabiatda erkin holda uchraydi, barqaror, ohak va amorf qumtuproq suspenziyasida, xamir tarzida ohak va kvarsdan, sun'iy ravishda hosil qilingan. Harorat $450^\circ C$ ga yetguncha parchalanmaydi. $450^\circ C$ haroratda 9% suv yo'qotadi, 550—800°C haroratda esa 3% suv yo'qotadi, 700—750°C haroratda girolit $C_2S_3H_{2,5}$ — vollastonitga aylanadi.

120 — $240^\circ C$ haroratda $Ca(OH)_2$ ga amorf SiO_2 bilan ishlov berilganda sun'iy girolit hosil bo'ladi, bunda dastlab tobermorit hosil bo'lib, u girolitga aylanadi. To'yingan bug' muhitda 200—220°C haroratda girolit ksonotlit hamda qumtuproqqa nisbatan barqaror emas.

Truskottit 200—300°C haroratda shisha, ohak va qumtuproq aralashmasidan sun'iy hosil qilinadi. Truskottitning tarkibi aniq belgilanmagan. 700°C haroratga qadar qizdirilganda o'z tarkibidagi suvni yo'qotadi, tabiatda kamdan-kam uchraydi.

Z faza. Funk va Tilo 1955- yili ikkita yangi birikmani tavsiflashdi, ularning fikricha, shu birikmalarning tarkibi $C_2S_2H_3$ va CS_2H_2 ; $C_2S_2H_3$ eritmadan olingan amorf moddaga mos keladi; ikkinchisi — CS_2H_2 150°C haroratda avtoklav ishloviga muvofiq; Assapson Z fazani ohak-qumtuproq aralashmasiga 180—240°C haroratda avtoklav ishlovi vositasida olgan (ba'zan Z fazasini Assapson fazasi deb ham atashadi).

$\gamma = C_2S$ tarkibiy tuzilmasi bo'yicha bir-biriga yaqin bo'lgan gidrosilikatlarda kalsiy xondrodit hamda $\gamma =$ gidrat C_2S ni ichiga oladi. Kalsiy xondrodit C_5S_2H tabiatda ma'lum emas. Uni ilk bor Roy sintez qilgan. Uning elementlar katagi Mg^{2+} va Fe^{2+} ga ega bo'lgan xondrodit tabiiy mineralnikiga o'xshash. U 400—800°C haroratda 30 MPa bosim ostida suv bug'i muhitida sintez qilinadi. Keng harorat oralig'ida barqaror, tashqi ko'rinishi jihatidan olivin kristallariga o'xshaydi. Havoda 650—750°C haroratda parchalanib, $\gamma = C_2S$ hosil qiladi. $\gamma =$ gidrat C_2S yomon kristallanadi, CaO/SiO_2 ning o'zgaruvchan nisbatiga va suvga ega, deb taxmin qilinadi. 160—300°C haroratda to'yingan bug'da hosil bo'ladi. Gidratlangan $\gamma = C_2S$ 120°C haroratda uzoq ishlov berish ta'sirida tobermoritga aylanadi.

Boshqa kalsiy gidrosilikatlar. Afvillit $C_3S_2H_3$ ilk bor 1956- yil tavsiflangan, uning turlari, parametri ma'lum. Tarkibiy tuzilish formulasi $Ca_32H_2O[SiO_3(OH)]_2$. U SiO_2 hamda CaO aralashmasidan sintez qilib olinadi, past haroratlarda hosil bo'ladi, 240°C haroratga qadar qizdirilganda o'z tarkibidagi suvni yo'qotadi. Atomlarning qayta guruhlanishiga muvofiq keladigan ekzoeffektga (820°C) ega. Harorat 320°C ga yetganda rentgenogrammlar yangi fazani ko'rsatadi, u x faza tarzida belgilanib, har bir muallif uni turlicha izohlaydi.

C_2S gidrat tabiatda ma'lum emas. Lekin 140—180°C haroratda avtoklav ishlovida u osongina hosil bo'ladi.

V faza (C_6S_3H) tabiatda topilmagan. Sintez qilish yo'li bilan olingan. U C_2S ning barcha xillaridan, shuningdek, 350—800°C haroratda va 30—200 MPa bosimda ohak bilan qumtuproq aralashmasidan osongina olinadi, 640—700°C haroratda yo'nalishsiz C_2S ga aylanadi.

Uch kalsiyli gidrosilikat — $C_6S_6H_3$ tabiiy sharoitda topilmagan. U 200—350°C haroratda to‘yingan bug‘ muhitida sun‘iy ravishda olingan. Takrorlanuvchi masofa 7,48 Å, ya‘ni vollastonitnikiga yaqin, 420—520°C haroratda degidratatsiyalanadi. C_2S yoki $C/S=3$ aralashmalaridan hosil bo‘ladi. Biroq 180°C dan past haroratda gidrat C_2S va $Ca(OH)_2$ hosil bo‘ladi. Uni sof holda olish juda qiyin, odatda, C_2S va kalsiyli xondrodit aralashmalari holida olinadi.

15. Kalsiy gidrosilikatlarning hosil bo‘lish sharoitlari va barqarorligi

$CaO - SiO_2 - H_2O$ tizimi juda murakkab, u avtoklavda harorat va bosimning o‘zgarishi vaqtida vujudga keladigan va yo‘qoluvchi ko‘plab metastabil barqaror bo‘lmagan fazalarga ega. Masalan, yaqin vaqtlargacha ikki kalsiy gidrosilikat portlandsement gidratatsiyasining asosiy mahsuloti deb hisoblanar edi. Endilikda esa bunday sharoitlarda $C_3S_2H_3$ hosil bo‘lishi isbotlandi.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, $CaO-SiO_2-H_2O$ tizimida avtoklav mahsulotlari ishlab chiqarishning real sharoitlarida muvozanat holatga amaliy jihatdan erishib bo‘lmaydi. Avtoklav materiallarning sementlovchi moddasi stabil va metastabil kalsiy gidrosilikatlar tarzida bo‘ladi.

Turli asoslardagi ohak-qumtuproq aralashmalari ustidan keng haroratlara o‘tkazilgan tajribalar shuni ko‘rsatadiki, gidrotermal ishlov jarayonidagi faza o‘zgarishlari tosh mustahkamligining vaqti-vaqti bilan keskin o‘zgarishiga olib keladi.

Kalsiy gidrosilikatlar sintezi ohakning to‘liq bog‘lanishi bilan, shuningdek, keyinchalik uning ilgari hosil bo‘lgan metastabil fazalar kristall turlarining qayta tuzilishi sababli qisman ajralishi bilan birga kechadi. Biroq erkin ohak bilan mahsulot mustahkamligi o‘rtasida hech qanday bog‘liqlik kuzatilmagan.

Harorat ko‘tarilgan sari mustahkamlik holati yana ham asosli gidrosilikatlarga o‘taveradi, ayni vaqtda gidrosilikatlarning asosiligi boshlang‘ich mahsulotlarning tarkibiga bog‘liq bo‘ladi: ularning asosiligi qanchalik yuqori bo‘lsa, avtoklavda yana ham yuqori asosli gidrosilikatlar hosil bo‘ladi.

P.I.Bojenov bir qancha ishlarni tahlil qilib, avtoklav materiallar texnologiyasi uchun amaliy ahamiyatga ega bo‘lgan ayrim xulosalar chiqardi:

1. Ohak va kvarsning $C/S = 2$ va undan yuqori aralashmalari uchun $175-200^{\circ}\text{C}$ haroratda, albatta aralashma tarkibida $C_2SH(B)$ bilan birga $C_2SH(A)$ ham hosil bo'ladi. Barcha haroratlarda kalsiyning bu ikki gidrosilikatlar aralashmasi qayd etiladi. Agar aralashma ohak hamda amorf SiO_2 dan tayyorlangan bo'lsa, faqat $C_2SH(B)$ hosil bo'ladi. Agarda C_3S ga avtoklav ishlovi berilsa, $200-225^{\circ}\text{C}$ haroratda hosil bo'lgan ikki kalsiy gidrosilikatning tarkibini belgilash mumkin. Haroratning asta-sekin o'zgarishi $175-200^{\circ}\text{C}$ haroratda ham (avtoklavdagi bosim $0,9-1,2\text{ MPa}$) $C/S=2$ va undan ortiq nisbatdagi aralashma tayyorlash uchun foydalanilgan dastlabki mahsulotlarning tarkibiy tuzilishi bog'liq ravishda xilma-xil gidrosilikatlarning hosil bo'lishiga olib keladi.

2. Z faza $130-150^{\circ}\text{C}$ haroratda $C/S < 1$ tarkibli aralashmada barqaror hisoblanadi. Issiqliklar farqi juda kichik, bu esa hosil bo'lish sharoitlarining cheklanganligiga dalildir.

3. Tobermorit $120-140^{\circ}\text{C}$ haroratda C/S ning nisbati $1:1$ dan $5:4$ gacha bo'lgan aralashmalardan hosil bo'lishi mumkin.

4. Ikki kalsiy gidrosilikatlar barqaror bo'lmagan 100°C dan past harorat C_2SH_2 ancha barqaror birikmalarga, ya'ni $CSH(B)$ va $Ca(OH)_2$ ga aylanadi.

5. C_3S va C_2S moddalar gidratatsiyalanganda C_2SH_2 hosil bo'ladi, u aralashma tarkibida faqat $Ca(OH)_2$ ning miqdori ko'p bo'lganda va past haroratlarda barqarordir. Tarkibida C_2S bo'lgan, faolligi past bog'lovchi moddalarning normal qotishida $Ca(OH)_2$ qo'shilishi shu bilan izohlanadi.

6. C_3S katta harorat oralig'ida: 20°C dan $280-300^{\circ}\text{C}$ gacha darhol ikki kalsiy gidrosilikatlarga aylanib, $Ca(OH)_2$ ajralib chiqadi. Bunda boshlang'ich mahsulot C_3S birikmasidan tarkib topgan bo'lishi shart emas, aralashma tarkibida $CaO:SiO_2=3:1$ bo'lsa kifoya. Harorat $210-280^{\circ}\text{C}$ bo'lganda C_3SH barqaror turadi, harorat pasaygani sayin u parchalanib, $Ca(OH)_2$ ajralib chiqadi.

7. Bir kalsiyli gidrosilikatlar eng barqarordir. Ular C/S tarkibida $2/3$ dan $3/1$ miqdorda juda keng $20-350^{\circ}\text{C}$ harorat oralig'ida bo'ladi.

8. Past asosli aralashmalarda individual fazalar ustun keladi: giroliit, tobermorit, ksonotlit va, ayniqsa, $CSH(B)$. Dastlabki aralashmada CaO miqdori ortib borishi bilan turli gidrosilikatlar aralashmasining hosil bo'lishi kuzatiladi va barqarorlikni ta'minlovchi haroratlari oralig'i kamayadi.

Barqaror birikmalarning hosil bo'lishi erkin energiya ajralishi

bilan bog'liq. Kimyoviy energiya zaxirasi qanchalik kam bo'lsa, kimyoviy birikma shunchalik barqaror bo'ladi. Shulardan ko'rinib turibdiki, kalsiy gidrosilikatlarning barqarorligiga aralashma tarkibi va harorat sharoitlari ta'sir ko'rsatadi.

So'nggi yillarda Leningrad qurilish materiallari muhandislari institutining qurilish materiallari kafedrasida P.I. Bojenov rahbarligida o'tkazilgan tajribalar natijasida magniy-gidrosilikatlar asosida ham sun'iy tosh olish mumkinligi isbotlandi.

16. Portlandsementning qotishi

Maydalangan, qo'shilmalarsiz klinkerli sement suvda qorilganda, vaqt o'tishi bilan mustahkamlana boradigan va toshsimon holga o'tadigan sementtoshga aylanuvchi plastik xamir hosil bo'ladi. Anorganik bog'lovchi moddalarning qotishi to'g'risida akademik A.A. Baykov va uning maktabi ishlab chiqqan klassik nazariyaga ko'ra bu jarayon uch bosqichga bo'linadi. Shu bosqichlarda klinker kukuni suv bilan qorishtirilgandan so'ng mustahkam toshsimon materialga aylanadi.

Erish bosqichi. Sement klinkeri minerallari ma'lum darajada suvda eriydi. Sement donalari suvga tushganda minerallarning yuza qatlamlari eritmaga o'tadi, natijada sement donalarining chuqurroq qatlamlari ochilib qoladi. Eritma dastlabki modda — klinker minerallari bilan to'yinmaguncha erish jarayoni davom etaveradi.

Eritmada klinker minerallari suv bilan kimyoviy birika boshlaydi. Odatdagi sharoitlarda klinker minerallarining suv bilan o'zaro ta'sir etishish reaksiyalari ba'zi minerallar (C_2S va C_3A) uchun gidratatsiya reaksiyalari, boshqalari (C_3S va C_4AF) uchun esa gidroliz reaksiyalari bo'ladi. Bu reaksiyalarning ketishi haqida yuqorida batafsil gapirib o'tildi.

Kolloidlanish bosqichi. Klinker minerallari va ularning hosilalari suvda turlicha tezlikda eriydi. Kalsiy gidroksid suvda ayniqsa yaxshi eriydi. U uch kalsiy silikat gidrolizlangani zahoti ohakka to'yingan eritma hosil qiladi. Kalsiy gidrosilikatlar, gidroalyuminatlar, gidroferritlar distillangan suvda bir oz eriydi, ohakka to'yingan eritmada esa butunlay erimaydi. Shu tufayli klinker minerallarining suv bilan o'zaro ta'sir etishish mahsulotlari — kalsiy gidrosilikatlar, gidroalyuminatlar va gidroferritlar $Ca(OH)_2$ singari eritmaga o'tmaydi, balki shu zahoti kolloid eritmalar hosil qilib, maydamayda qattiq zarrachalar holida ajralib chiqa boshlaydi.

C_3S yana gidrolizlanishi tufayli hosil bo'ladigan kalsiy gidrat oksidining yangi ulushlari ohakka to'yingan eritmada endi eriy olmaydi va $Ca(OH)_2$ ham juda mayda kolloid zarrachalar ko'rinishida ajralib chiqa boshlaydi.

Hosil bo'lgan kolloid massalar qovushqoq va yopishqoq bo'ladi. Shu sababli sement xamiri plastik va bog'lovchilik xossalariga ega. Sement xamirning bunday holati betonbop qorishma uchun juda muhim ahamiyatga ega: plastik sement xamiri to'ldirgichlar donalarini o'rab oladi va shu bilan ular orasidagi ishqalanishni kamaytiradi, natijada betonbop qorishma yeyiluvchan va yaxshi joylashuvchan bo'lib qoladi. Sement xamirning qovushqoqligi betonbop qorishmaning ayrim-ayrim moddalari hisoblanishi — shag'al, qum va sement xamirga ajralib qatlamlana boshlashiga to'sqinlik qiladi. Biroq sement xamirida nisbatan qisqa vaqt ichida va faqat sement qorilgandan keyingi dastlabki vaqtda, ya'ni kolloid massalarning anchaginasini suvga aralashib va kaogulyatsiyalanganda bunday hol yuz beradi.

Klinker minerallarining yangi ulushlari suv bilan o'zaro ta'sir etishaveradi. Natijada ko'p miqdordagi suv kimyoviy birikma — gidratlar hosil qiladi. Sement xamiridagi erkin suv miqdori kamayadi, natijada ayrim kolloid zarrachalar bir-biriga yaqinlashadi, yiriklashadi va o'zaro yelimlanib qoladi. Natijada sement xamirining plastiklik va bog'lovchi xossalari yo'qoladi. Bu holda to'ldirgichlar qo'shib qorilgan sement xamiridan plastik betonbop qorishma va mustahkam beton hosil bo'ladi.

Sement xamirining plastiklik xossalarini yo'qotishga va oz bo'lsa ham mustahkamlanishiga yordam beradigan qotish bosqichini P.A. Rebender *koagulyatsion tarkibiy tuzilma hosil bo'lish davri* deb atadi. Shu koagulyatsion tarkibiy tuzilma hosil bo'lish davridagi sement xamiri mustahkamligi tishlashish mustahkamligi demakdir. Tishlashish darajasiga qarab shartli ravishda sement xamiri tishlashishuvining boshlanish va tugallanish bosqichlari bo'ladi.

Kristallanish bosqichi. Bu bosqich portlandsement klinkerining navbatdagi va oxirgi qotish davri hisoblanadi. Bu bosqichda kolloid massalardan bir-biriga chirmashgan kristallar hosil bo'ladi. Natijada kristall namat yoki kristall to'r paydo bo'ladi.

Sement klinkeri minerallarining yangi kolloid xossalari bir xilda kristallanmaydi. Birinchi navbatda kalsiy gidroalyuminatlardan va qisman kalsiy gidroksiddan kristall to'rlar hosil bo'la boshlaydi.

Kalsiy gidrosilikatlar esa ancha vaqtgacha kolloid holida turadi. Shuning uchun sementning dastlabki qotish davridagi mustahkamligi kalsiy gidroaluminatlar, shuningdek, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kristallaridan hosil bo'ladigan kristall to'ri mustahkamligiga bog'liq. Biroq sementtosh bundan keyin asosan gidrosilikatlar hisobiga mustahkamlana boradi. Gidrosilikatlar asta-sekin zichlanib kristallanadi. Zichlangan kolloid massalar va gidrosilikatning kristall hosilalari gidroaluminatlar va $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ning kristall to'rlariga qaraganda ancha mustahkam bo'ladi. Asosan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bilan o'zaro faol ta'sir etishadigan amorf qumtuproq SiO_2 dan tashkil topgan gidravlik qo'shilmalar portlandsementning chuchuk suvga barqarorligini oshiradi. Buning sababi shundaki, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bilan o'zaro reaksiyaga kirishganda nisbatan yaxshi eriydigan ohak qumtuproq bilan amalda erimaydigan kalsiy gidrosilikat $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ hosil qiladi.

Shunday qilib, portlandsement tarkibida gidravlik qo'shilmalar (va gips) bo'lganda ikkilamchi jarayon ro'y beradi: klinker minerallari bilan suv o'rtasidagi reaksiyalarning mahsulotlari va qo'shilmalari kimyoviy o'zaro ta'sir etishadi. Natijada portlandsement tishlashish muddati uzayib va suvga barqarorligi ortadi.

Portlandsementning tishlashish muddatlari bir qator faktorlarga, ya'ni sement xamirining haroratiga, qorishmaga solinadigan suv miqdoriga, klinkerning mineralogik tarkibi, sementning maydalab tuyilganligi (25-jadval), gips va qo'shilmalar miqdoriga bog'liq.

Sementda tishlashishning boshlanishi va tugallanish muddatlari belgilangan. Sement xamirining harakatchanligi yo'qolgan dastlabki davr sementning tishlashishi boshlanganligini bildiradi, uning toshdek qattiq holga kelgani esa sementning tishlanib bo'lganligini bildiradi.

Standartda ko'rsatilgan talablarga muvofiq, portlandsement 45 daqiqadan keyin tishlasha boshlashi va kamida 12 soatda tishlashib bo'lishi lozim. Yangi tayyorlangan beton va qorishmani sement tishlasha boshlashdan avval ishlatib bo'lish kerak, agar bunday qilinmasa betonning mustahkamligi pasayib ketadi, shuning uchun quruvchilarning o'zlari ishlatayotgan sementning tishlashish muddatlarini bilishlari shart.

Harorat ortib borishi bilan sementning tishlashish muddati tezlashadi, harorat pasayib borishi bilan esa sekinlashadi. Suv kerakli miqdordan ortiq qo'shilsa ham sementning tishlashishi sekinlashadi.

Klinker mineralogik tarkibining va solishtirma sirt miqdorining tishlashish muddatlariga ta'siri klinker minerallarining

gidrotatsiyalanish tezligi bilan xarakterlanadi, sement xamirining tishlashish jarayonida C_3A asosiy rol o'ynaydi, uch kalsiy alyuminat qanday tezlikda tishlashsa, gips qo'shilmagan maydalangan portlandsement klinkeri ham taxminan shunday tezlikda tishlasha boshlaydi.

25-jadval.

Sement solishtirma sirtining tishlashish muddatlariga ta'siri.

Sementning solishtirma sirti, m^2/kg	Tishlashish muddatlari, soat va daqiqa	
	boshlanishi	oxiri
225	2—45	—
440	2—30	5—35
625	2—10	5—10

Shunday qilib, portlandsement tarkibida kalsiy alyuminatlar ko'p bo'lsa, bu hol tishlashish muddatini qisqartiradi yoki zarur muddatlarda tishlanadigan sementni olish uchun ko'pi bilan qancha gips qo'shish lozimligini aniqlab beradi.

Sementning suv bilan reaksiyaga kirishuvida issiqlik ajralishi. Klinker minerallarining suv bilan ta'sir etish jarayonlari ekzotermik, ya'ni issiqlik ajraladigan jarayondir.

S.D. Okorokov fikricha, klinker minerallari turli qotish muddatlarida quyidagi ko'rsatkichlar bilan xarakterlanadi (26-jadval).

Verbek va Foster ma'lumotlariga ko'ra, C_3S va $\beta = C_2S$ ning issiqlik ajratish ko'rsatkichi jadvalda keltirilgan qiymatlardan, ayniqsa, 3 va 7 sutkadagi qiymatlardan 1,5—2 marta kam; C_3A va C_4AF moddalarniki esa ko'p.

26-jadval.

Toza klinker minerallarning issiqlik gidratatsiyalari (J/kg).

Minerallar	Qotish muddatlari, sutka					To'la gidratatsiya	
	3	7	28	90	180	Okorokov fikricha	Lerch va Bogglar fikricha
$3CaO \cdot SiO_2$	405	460	485	520	565	670	502
$\beta - 2CaO \cdot SiO_2$	63	105	167	197	230	352	260
$3CaO \cdot Al_2O_3$	590	660	875	930	1020	1070	865
$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$	176	250	380	415		570	418

Sementdan qancha issiqlik ajralib chiqishi u qanchalik mayda tuyilganligi va mineralogik tarkibiga, unda mineral qo'shilmalar bor-yo'qligiga bog'liq. Mineral qo'shilmalar sementdagi klinkerning miqdorini kamaytiradi va bu bilan uning ekzotermiklik xususiyatini pasaytiradi.

25-jadvaldan ko'rinib turibdiki, eng ko'p issiqlik gidratatsiyasi C_3A (qariyb 1050 kal/g) bilan C_3S (taxminan 540 kal/g) da bo'ladi. Ikki kalsiy silikat tegishli sur'atda 3 va 2 marta kam issiqlik chiqaradi. Shuni aytish kerakki, beton konstruksiyasining harorati jami gidratatsiya issiqligiga bog'liq bo'lmaydi, balki issiqlikning ajralib chiqish tezligiga bog'liqdir. Keltirilgan jadvaldan, C_3A va C_3S dan, ayniqsa, ko'p issiqlik ajralib chiqishi ma'lum bo'ladi. Demak, yaxlit beton konstruksiyalari uchun tarkibida shu minerallar ko'p bo'lgan portlandsementlar ishlatib bo'lmas ekan. Chunki beton konstruksiyalar o'z-o'zidan qiziydi. Buning o'z navbatida yomon tomonlari ham bor. Masalan, qish kunlarida sement ekzotermiyasi beton qilinayotganda konstruksiyaning tez muzlashiga yo'l qo'ymaydi. Bu esa qotish jarayoniga yaxshi ta'sir ko'rsatadi. Biroq juda ko'p issiqlik ajralib chiqishi ham nomaqbul hodisadir, chunki sement ekzotermiyasi natijasida yaxlit beton konstruksiyalari ichidagi harorat 50—60°C va unda ham ortadi, demak, tashqi qatlamlar havo haroratida bo'ladi. Bu esa konstruksiyaning tashqarisi va ichkarisidagi haroratning turlicha bo'lishiga olib keladi. Beton element ham har qanday tosh mineral kabi harorat ortishi bilan o'lchami kattalashadi va, aksincha, harorat pasayishi bilan torayadi. Binobarin, betonning tashqarisining ancha sovib qolgan qatlamlari siqilishga intiladi, lekin qizib ketgan ichki qatlamlari esa bunga yo'l qo'ymaydi. Natijada betonning sirtqi qatlamlari cho'zilgan (zo'riqqan) holatda qoladi va yoriqlar paydo bo'ladi. Demak, bu hodisaning oldini olish uchun belit sement ishlatilgani ma'qul. Biroq bunday sementlarning mustahkamligi ancha pastdir.

Sement qanchalik mayda tuyilgan bo'lsa, shuncha ko'p issiqlik ajralib chiqadi (ayniqsa, qotishning dastlabki vaqtlarida), chunki klinker minerallarning gidratatsiya jarayonlari tezlashadi. Xuddi shunga o'xshash — sementning gidratatsiya jarayonini tezlashtiradigan hamma usullar (qo'shilmalar, ya'ni qotishni tezlashtirgichlar ishlatish, haroratini oshirish va boshqalar) issiqlik ajralib chiqish tezligini ko'paytiradi va, aksincha, gidratatsiyani sekinlatuvchi usullar sementning issiqlik ajratib chiqarish tezligini kamaytiradi.

17. Sementtoshdagi hajmiy o'zgarishlar

Qotayotgan sementtoshda atrof-muhit ta'siridan va boshqa bir qator fizik-kimyoviy jarayonlar natijasida hajmiy o'zgarishlar sodir bo'lishi mumkin.

Hajmiy o'zgarishlarning quyidagi turlari bor: sement xamiri cho'kadi, sement-suv tizimning tortilishi jarayoni ro'y beradi, hajmiy kengayishi, kirishishi va shishishi harorat ta'sirida hajmiy o'zgarishlar sodir bo'ladi. Sement donalari og'irlik kuchi ta'sirida suvda cho'kishi tufayli suv yuqoriga siqib chiqariladi, sement donalari esa avval yiriklari, so'ngra maydalari to'planib qoladi. Sement aralashmalarining qatlamlanishi deb ataladigan bu xossa beton konstruksiyalari mustahkamligiga katta ta'sir qiladi; sement xamiri (betonbop qorishma) ning yuqorigi sersuv qatlamlarida, qotganidan so'ng unchalik mustahkam bo'lmagan g'ovak — sementtosh (beton) hosil bo'ladi. Bunday qatlamlanish natijasida to'ldirgich ostiga unchalik mustahkam bo'lmagan va eng g'ovak bo'lgan sementtosh qatlami joylashadi. Shuning uchun beton mexanik kuchlar ta'sirida xuddi shu eng bo'sh yeridan buziladi. Bundan tashqari beton g'ovaklari va suv kirib muzlab qolishi tufayli uning sovuqqa chidamliligi, shuningdek, agressiv suyuqliklar ta'sirida korroziyalanishga chidamliligi ham kamayadi. Qatlamlanish natijasida betonning temir-betondagi armaturaga yopishish mustahkamligi ham pasayadi, armatura simlari ustida g'ovak sement-tosh hosil bo'lishi mumkin. Qatlamlanish jarayoni ko'p davom etmaydi. Biroq cho'kishning nisbiy miqdori anchaga (2—3% gacha) yetadi.

Sement aralashmalarining qatlamlanish (suvning ajralib chiqish) darajasi sementning suvni tutib tura olish qobiliyati va sement xamiri (beton)dagi dastlabki suv miqdoriga bog'liq.

Sementning suv tutib tura olish qobiliyati o'z navbatida sement qanchalik mayda tuyilganiga va uning tarkibiga bog'liq. Dastlab ishlatilgan moddalarning mutlaq hajmlari yig'indisi (sement-suv) ularning o'zaro ta'sir etish mahsulotlari mutlaq hajmlari yig'indisidan kattaligi tufayli tizim kontraksiyalanadi. Sementtosh odatda tashqi o'lchamlarini o'zgartirmagan holda siqiladi. Demak, kontraksiya natijasida sementtoshda g'ovaklar hosil bo'lishi va betonning uzoq vaqtga chidamliligi hamda mustahkamligi kamayadi.

Sementning suv tutib tura olish qobiliyati va kontraksiya miqdori

klinkerning mineralogik tarkibi, mayda tuyilishi va dastlabki qorish uchun olingan suv miqdoriga bog'liq.

Sementtosh havoda qotayotganda, odatda, hajmi kichrayadi, ya'ni kirishadi, suvda qotayotganda esa bir oz ortadi, ya'ni shishadi. Sementtosh juda ko'p kirishishi (kichrayishi) va shishishi (kengayishi) mumkin. U bir oy davomida qotganda 0,5—0,6% ga kengayishi yoki kirishishi mumkin (ya'ni, 1 m da 5—6 mm kirishadi). Oqibatda sementtoshga qaraganda beton bir necha baravar kam kirishsa yoki shishsa ham yaxlit beton konstruksiyalar darz ketishi mumkin.

Qotishning dastlabki davrlarida bir oylik kirishish va shishish jarayonining 60—70% amalga oshadi. Bunga sabab, ko'rsatilgan davr ichida gidratlanayotgan sement donalarining namni tortish va bug'lanish hisobiga xamirning, ayniqsa, tez suvsizlanishidir. Suvsizlanish natijasida zarrachalar bir-biriga yaqinlashadi va sementtosh kirishadi. Vaqt o'tishi bilan cho'kish va shishish deformatsiyalari to'xtaydi, biroq atrof-muhitning namligi o'zgarishi bilan bu jarayon yana davom etishi mumkin.

Sementtosh juda ko'p mayda tartibsiz joylashgan kapillyardan iborat jins bo'lib, atrof-muhit namligiga qarab ular suvga to'lmagan va to'lgan bo'lishi mumkin. Shunga ko'ra goh u, goh bu tomonga hajmiy o'zgarishlar sodir bo'lib turadi.

Sementtosh kimyoviy reaksiyalar natijasida ham hajmiy kengayishi mumkin.

Misol uchun, klinker tarkibidagi erkin ohak va magniy oksidning so'nishi, shuningdek, uch kalsiy alyuminat bilan gipsning o'zaro ta'sir etishi hamda kimyoviy reaksiyalarda ajralib chiqqan issiqlik natijasida sementtoshda deformatsiyalar, ya'ni hajmiy kengayish sodir bo'lishi mumkin.

18. Portlandsementning mustahkamligi

Portlandsementning pishiqligi namunalarning siqilishdagi va egilishdagi mustahkamlik chegarasi bilan ifodalanadi. Portlandsement shu ko'rsatkichlarga ko'ra markalanadi. Markalar o'lchami 4x4x16 sm bo'lgan tayoqchalarning esa egilishdagi mustahkamlik chegarasiga, yarim tayoqchalarning siqilishdagi mustahkamlik chegarasiga qarab belgilanadi. Bu namunalar og'irlik bo'yicha 1:3 nisbatda tayyorlangan plastik sement qorishmasidan yasali, 28 kun qotiriladi va shundan keyin sinaladi.

28 kun qotirilgan namunaning siqilishdagi mustahkamlik chegarasi *sementning faolligi* deb ataladi, marka shu ko'rsatkichga qarab belgilanadi. Agar sementning faolligi 54,6 MPa bo'lsa, uning markasi 500 qilib belgilanadi. Sementning mustahkamligidan mumkin qadar to'la foydalanish uchun uning faolligini hisobga olish kerak.

Portlandsement uchun 300, 400, 500 va 600 markalar belgilangan.

Qotayotgan portlandsementning mustahkamligi vaqt bo'yicha bir tekis ortmaydi. Portlandsementdan tayyorlangan beton 3 kun davomida qotgandan so'ng uning mustahkamligi shu marka uchun belgilangan 28 kunlik mustahkamlikning yarmiga yetadi, mustahkamlikning qolgan yarmiga esa 25 kundan keyin erishiladi. Biroq portlandsement asosida tayyorlangan betonning 28 kunda erishilgan mustahkamligi boshqa xil gidravlik bog'lovchi moddalardan tayyorlangan betonlarniki kabi oxirgi mustahkamlik bo'lib hisoblanmaydi, u eng yuqori mustahkamlikning o'rta hisobda 50% ni tashkil etadi. Qulay sharoitda bir necha yil davom etgan mustahkamlanish shu markaga xos mustahkamlikdan ba'zan bir necha marta ortiq bo'lishi mumkin.

Portlandsement asosida tayyorlangan namunalarining egilishdagi mustahkamlik chegarasi siqilishdagi mustahkamlik chegarasidan ancha pastdir. Shu ko'rsatkichlarning qiymatini oshirish hozirgi kunning muhim masalalaridan biri bo'lib hisoblanadi. Bu masalani hal qilishda bir necha yo'l paydo bo'lmoqda. Egilishdagi mustahkamlik, ayniqsa, katta ahamiyatga ega bo'lgan konstruksiyalar uchun beton tayyorlanayotganda hisobga olinadi (masalan, yo'lga qoplanadigan betonlar, suyuq mahsulotlar saqlanadigan yirik idishlar va bosim ostida suyuqliklarni quvurlar orqali tashlash va h.k.).

Sementtosh mustahkamligi va mustahkamlikning o'sishi ayniqsa, klinkerning mineralogik tarkibiga bog'liq (27, 28, 29-jadvallarga qarang). Uch kalsiy silikatning oxirgi mustahkamligi ham, mustahkamlikning ortish tezligi ham boshqa mineral-larnikidan yuqori. C_3S ning mustahkamligi, ayniqsa, qotishning dastlabki 7 kunida tez ortadi. Shu davr ichida 28 kunlik mustahkamlikning 70% ga yaqini ta'minlanadi. Bir oy qotgandan so'ng C_3S mustahkamligining ortishi keskin sustlashadi va 11 oyda bu mineralning mustahkamligi hammasi bo'lib 15% ortadi (taxminan 55—65 MPa gacha).

Minerallarning vaqt o'tishi bilan siqilishga bo'lgan me'yoriy quyuqlikdagi sement xamiridan yasalgan va nam sharoitda qotgan 1,14x1,41x1,41 sm o'lchamdagi kubiklarning) mustahkamlik chegarasi, $\text{H/m}^2 \cdot 10^5$.

Mineral	1 sutka	3 sutka	7 sutka	28 sutka	3 oy	6 oy	1 yil	3 yil	5 yil	10 yil	15 yil
C_2S	—	12	29	137	637	784	918	902	911	931	1009
C_3S	134	294	367	441	612	784	833	839	784	647	686

Qotish vaqtining va gips qo'shilmasining nam sharoitda qotgan minerallarning siqilishga bo'lgan mustahkamlik chegarasiga ta'siri.

Mine- rallar	Suv miqdo- ri, %	Gips qo'shim- chasining miqdori, %	Siqilishga bo'lgan mustahkamlik chegarasi, $\text{N/m}^2 \cdot 10^5$									
			1 sutka	3 sutka	7 sutka	28 sutka	3 oy	6 oy	2 yil	5 yil	8 yil	15 yil
C_3A	67,5	0 20	5,8	5,9	5,9	12,7	20,6	29,4	34,3	36,3	34,3	49 yorilgan
$\text{C}_6\text{A}_2\text{F}$	40	0 20	0,441	588	588	588	588	710,5	784	735	617	588 294
C_4AF	25	0 20	318,5 122,5	588 161,7	588 392	661,5 382,2	661,5 367	661,5 343	759,5	784	784	784 392 274
C_6AF_2	25	0 20	294	367,5	392	392	406,7	416,5	416,5	318,5	313,6	yorilgan yorilgan
C_2F	25	0 20	98 44,1	117,6 49	83,3 34,3	yorilgan 29,4 yorilgan	yorilgan yorilgan	yorilgan yorilgan	yorilgan yorilgan	yorilgan yorilgan	yorilgan yorilgan	yorilgan yorilgan

Sement mineralogik tarkibining sementtoshning siqilishdagi mustahkamligi chegarasiga ta'siri (sement xamiridan 2x2x2 sm o'lchamdagi kubiklarning nam sharoitda qotganidan keyin olingan ma'lumotlar).

Sement	Siqilishga bo'lgan mustahkamlik chegarasi, H/m ² · 10 ⁵								
	1 sutka	3 sutka	7 surka	28 sutka	3 oy	6 oy	1 yil	5 yil	10 yil
Alitli №1	350	531	870	920	980	950	950	950	870
Normal №2	200	400	650	850	900	950	980	1000	995
Belitli №3	150	300	436	760	813	820	934	1230	1250
Belitli №4	104	106	108	322	712	800	910	1200	1300
	Alitli portlandsement №1 siqilishdagi mustahkamligiga nisbatan, % hisobida								
Normal №2	57,1	67,0	76,4	93,4	92,4	100	100	105	114
Belitli №3	43,0	50,0	51,2	83,4	83,4	87,3	96,5	130	143
Belitli №4	30,0	17,5	12,7	36,5	73,0	85,0	93,8	126	150

Ikki kalsiy silikat butunlay boshqacha qotib mustahkamlanadi. C_3S ga qaraganda C_2S ning mustahkamligi dastlabki (28 kungacha) amalda oshmaydi (C_3S mustahkamligining 10—15% ni tashkil qiladi). Ammo keyinchalik C_2S ning mustahkamligi tezda orta boshlaydi, va, natijada C_3S kabi mustahkamlanadi. Bu mineral-larning bir-biridan bunday farqlanishiga sabab gidratatsiya-lanishning tezligidir.

C_3S ning gidratatsiyasi taxminan bir oyda tugashi mumkin, C_2S ning gidratatsiyasi esa bu vaqtga kelib endigina kuchaya boshlaydi. Demak, dastlabki davrda tez qotadigan beton tayyorlash kerak bo'lsa, tarkibida uch kalsiy silikat ko'p bo'lgan alit portlandsement ishlatish lozim ekan. Beton konstruksiyalari ko'p vaqt o'tgandan so'ng nihoyatda mustahkamlanishi talab qilinsa, belit portlandsement ishlatish kerak. C_3A boshqa minerallarga nisbatan unchalik mustahkam emas, chunki u gidratlanganda g'ovak va unchalik mustahkam bo'lmagan tarkibiy tuzilmani yuzaga keltiradi. C_3S va C_2S gidratlanganda esa yangi, ancha zich tarkibiy tuzilma hosil qiladi. Shuning uchun tarkibida alyuminat ko'p bo'lgan sementlardan ishlangan betonning boshqa xossalari (jumladan, sovuqqa chidamliligi) ham pasayadi.

Uch kalsiy alyuminat mustahkamligining pastligi faqat mono-mineraldan tarkib topgan hollardagina shu usulda aniqlanadi.

Sement mineralogik tarkibining namunalar (1:3 qorishmadan tayyorlangan suvda qotgan 4x4x16 sm o'lchamdagi tayoqchalarning) siqilishdagi va egilishdagi mustahkamlik chegarasiga ta'siri.

Sement	Plastik namunalarning mustahkamlik chegarasi, H/m ² · 10 ⁵													
	siqilgandagi							egilgandagi						
	1 sutka	3 sutka	7 sutka	28 sutka	3 oy	6 oy	12 oy	1 sutka	3 sutka	7 sutka	28 sutka	3 oy	6 oy	12 oy
Alitli №1	66,6	172	313	348	373	390	451	14,7	41	44	44	50	55	66
Normal №2	—	63	200	245	343	412	441	—	8	21	29	44	49	63
Belitli №3	—	30	103	196	273	364	510	—	4,9	10	24	31	40	55
Belitli №4	—	27	81	102	215	339	424	—	5	10	18	34	34	47
Normal №2 Belitli №3 Belitli №4	Alitli portlandsement №1 mustahkamligiga nisbatan, % hisobida													
	—	37,0	64,0	70,2	91,8	105,0	97,6	—	19,0	50,0	66,0	90,0	90,0	91,2
	—	17,6	33,1	56,1	73,4	93,0	113,0	—	11,9	22,2	55,5	62,7	73,2	82,3
	—	16,0	25,0	29,2	57,7	87,0	94,0	—	11,9	22,2	40,0	68,6	62,5	70,6

Sement klinkeri singari polimineral aralashmalarda S_3A sementtosh mustahkamligining o'sishiga yaxshi ta'sir ko'rsatadi va kolloid silikat massalarning zichlanish jarayoniga yordam beradi. Tez qotadign sement tarkibida faqat S_3A ham ko'p bo'lishi bilan xarakterlanadi. Tarkibida 60—70% C_3S+C_3A va 10% S_3A bo'lgan sementning qotishning dastlabki davrida mustahkamlik ancha tez ortadi.

Qorishmaga qo'shiladigan suv miqdori va sementning maydayirikligi portlandsementning mustahkamligiga ta'sir etadi. Sement qorishmasiga suv qancha ko'p qo'shilsa, undan tayyorlangan namunaning mustahkamligi shuncha past bo'ladi.

Plastik sement xamiri (beton yoki qorishma) tayyorlash uchun zarur bo'lgan suv miqdoridan klinker minerallari kimyoviy yo'l bilan bog'lab olinadigan suv miqdori amalda doim kam bo'ladi. Masalan, 1—12 oydan so'ng sement kimyoviy sur'atda hammasi bo'lib o'z og'irligiga nisbatan 15—20% suv biriktiradi, vaholanki, normal quyuq xamir olish uchun ham odatda 25% dan ortiq suv talab qilinadi (30-jadval). Konstruksiya qolipga joylasa bo'ladigan betonbop aralashmalar tayyorlash uchun, odatda, sement og'irligining kamida 28—30% miqdoriga suv kerak bo'ladi. Suv kam betonbop aralashmani konstruksiyaga yaxshilab joylash hozircha qiyin ish bo'lib turibdi, bunday aralashma kam yoyiluvchan, plastik emas va uni zichlash juda qiyin.

30-jadval.

Sement solishtirma sirtining birikkan suv miqdoriga ta'siri.

Sementning solishtirma sirti, m²/kg	Suvda qotayotgan sementda birikkan suv miqdori, % hisobida		
	3 sutka	7 sutka	28 sutka
295	11,58	14,05	14,14
440	12,38	15,71	16,32
625	15,82	17,03	17,78

Shunday qilib, sement xamirida hamma vaqt ortiqcha suv mavjuddir. Bu suv bug'langandan so'ng sementtoshda g'ovak va bo'shliqlar hosil bo'ladi. Shu bilan sementtoshning ish kesimi kichrayadi, mustahkamligi pasayadi.

Sementtoshning g'ovakligi beton konstruksiyalarining chidamliligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Suv bug'lanishi tufayli hosil bo'lgan kanal va g'ovaklardan sementtoshga agressiv suv va gazlar o'tadi, natijada uning yemirilishiga yo'l ochiladi.

Beton konstruksiyalarning suv va sovuq ta'siridan yorilishining eng asosiy sababi ham sementtoshning g'ovakligidir. Shuning uchun doim iloji boricha zich sementtosh hosil qilishga harakat qilish zarur. Buning uchun ozgina suv quyish ($\frac{C}{S}$ — suv-sement nisbatini iloji boricha kichik olib) va betonbop qorishmani obdon qorish kerak bo'ladi.

Qotish jarayoni normal o'tishi va, deniak, portlandsementtosh yanada mustahkamlanib borishi uchun sementtoshda doim suv bo'lishi kerak. Shuning uchun, sementtosh qotishning birinchi kunlarida juda nam sharoitda turishi zarur. Sementtoshning qurib qolishiga yo'l qo'yilsa, uning mustahkam qotishi to'xtab qoladi. Sementtoshning qotish uchun zarur nam sharoit amalda har xil usulda hosil qilinadi: beton konstruksiyalariga suv sepiladi, bug'lanadi, konstruksiyaga bug' o'tkazmaydigan plenka hosil qiladigan maxsus emulsiyalar yoki polietilen plyonkalar qoplanadi va hokazo.

Boshqa sharoitlarda atrof-muhit harorati sementtosh mustahkamligining ortishiga asosiy ta'sir ko'rsatadi. Odatda, harorat pasayishi bilan qotish sekinlashadi va, aksincha, harorat ortishi bilan mustahkamlik haroratga qaraganda ko'proq ortadi. Bu esa quyidagicha tushuntiriladi: harorat ko'tarilishi bilan ko'pgina moddalarning reaksiya tezligi ortadi. Amalda portlandsement betonlari turli haroratlarda qotishi mumkin. Masalan, qotishning quyidagi tartiblari qo'llaniladi: mo'tadil haroratda (15—20°C), mo'tadil bosimda (100°C gacha haroratda), yuqori bosimda (170°C undan yuqori haroratda) bug'lash, minus haroratlarda qotish.

Mustahkamlikning markada ko'rsatilgan mustahkamlikka qadar o'sish tezligi, ayniqsa, 174°C ga yaqin haroratda eng yuqori bo'ladi. Marka mustahkamligiga 8—10 soatdan so'ng erishiladi. Bunday yuqori harorat hosil qilish (shuningdek, atrof-muhit zarur darajada nam bo'lishi) uchun avtoklavlarda bosim ostida bug' bilan ishlov beriladi.

Masalan, 80—90°C haroratda (normal bosimda bug'langanda) sement avtoklav ishlovi sharoitidagiga nisbatan taxminan 2 marta sekinroq qotadi, bu holda sementtosh bir sutkadan keyin ham marka mustahkamligiga yeta olmaydi.

Sement mo'tadil sharoitlarda, ayniqsa, qotishning dastlabki davrida yaxshi qotadi, keyinchalik sekinlashadi. Yuqori (80°C va undan yuqori) haroratda issiq nam ishlovi berilgan betonlar ko'pincha markada ko'rsatilgandan ortiq mustahkamlanmaydi.

Sementtoshda yuqori haroratda kolloid massalar kuchli zichlashishi sababli bunday hol yuz beradi. Bu esa sement donalarining gidratlanmagan ichki qismlariga suv singib borishiga to'sqinlik qiladi. Mo'tadil sharoitda qotayotgan beton uzoq vaqtgacha sezilarli darajada mustahkamlana boradi.

Issiq nam qotish tartibi vaqtida sementning mineralogik tarkibini ham hisobga olish kerak. Ba'zi tadqiqotchilar alit sementlariga avtoklav ishlovi bermaslik kerak, deb ta'kidlaydilar, chunki bu sharoitlarda C_3S ning ijobiy ta'siri namoyon bo'lmaydi. Belit sementlar esa avtoklav ishlovi berilganda juda yaxshi qotadi.

Sementga qo'shilma sifatida maydalangan qum ishlatilsa, betonlarga avtoklav ishlovi berilganda alit sementlardan foydalanish yanada samarali bo'ladi. Yuqori haroratda odatdagi sharoitlarda inert bo'lgan qum faolligi ohakka nisbatan keskin ortadi. Natijada C_3S ning gidrolizlanishi vaqtida ajralib chiqadigan $Ca(OH)_2$ qum bilan mustahkam kalsiy gidrosilikatlar hosil qiladi.

Manfiy haroratlarda portlandsementtosh qotmaydi, chunki undagi suv yaxga aylanadi. Lekin endilikda shu narsa ma'lumki, elektrolit qo'shilmalar $CaCl_2$, $NaCl$ aralashmasi (3% $CaCl_2$ +7% $NaCl$) va Na_2NO_2 , K_2CO_3 ko'p miqdorda, ya'ni sement og'irligiga nisbatan 10–15% gacha qo'shilsa, portlandsement asosida tayyorlangan betonlar minus haroratlarda ham qotadi.

19. Sementtosh va betonlarning kimyoviy hamda fizik yemiruvchi omillar ta'siriga chidamliligi

Sementtoshning chidamliligi deganda, uning tashqi muhitning yemiruvchi ta'siriga (chuchuk va mineral suvlar, suv bilan sovuqning birgalikdagi ta'siri, shuningdek, katta haroratlar, namlanish va qurishga hamda sementtosh kapillyar va g'ovaklarida tuz eritmalarining bug'lanib ketishi natijasida to'planib qolib, boshqa kristallogidratlarga aylanishiga) qarshiligi tushuniladi. Chunki portlandsementtosh havo ta'siriga juda yaxshi chidaydigan materialdir. Sementtosh havo bilan o'zaro ta'sir etganda ohak havodagi karbonat anhidrid gazidan karbonlanishi tufayli yaxshiroq zichlashadi va chidamliroq bo'ladi.

Zararli ta'sir etadigan gazlar esa odatda faqat nam sharoitdagina sementga ta'sir ko'rsata oladi. Bu holda ular ko'pincha kislotalar hosil qiluvchi gazlar (SO_2 ; H_2S , Cl_2 va boshqalar) kabi ta'sir etadi. Ma'lumki, portlandsement juda ham mayda naysimon

g'ovaklardan iborat. Gaz shu bo'shliqlarga juda ham oson singib kiradi. Nam sharoit paydo bo'lishi bilan naysimon mayda kovaklar ichidagi sementtoshning asosiy tarkibiy tuzilish elementi bo'lgan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kristallari buziladi. Bu beton konstruksiyalar mustahkamligiga juda katta xavf tug'diradi.

Sementtosh havoning zararli ta'siriga uchramaydigan materialdir. Unga havo ta'sir etganda ohak havodagi karbonat angidrid gazi bilan karbonlanishi tufayli yanada zichlashib, chidamliligi ortadi.

Zararli ta'sir etuvchi gazlarning ta'siri, odatda, nam sharoitda kuchayadi. Bundagi yemirilish jarayonlari suv ta'sir etgandagi jarayonlardan deyarli farq qilmaydi.

Sementtoshning suvli muhitga chidamliligini yaxshi tasavvur etish uchun bu boradagi tadqiqotlar tarixiga qisqacha to'xtalib o'tamiz.

Portlandsementning ixtiro qilinishi beton sohasidagi ishlarni rivojlantirib yubordi. XIX asrning ikkinchi yarmidan portlandsementli beton qurilishlarda temir-beton sifatida qo'llanila boshlandi.

Asrimizning 20—30-yillarida gidrotexnik qurilishlarda portlandsement keng ishlatila boshlanishi natijasida inshootlarning suv ta'siriga chidamli emasligi ma'lum bo'lib qoldi, oqibatda gidrotexnik inshootlarning ko'pi buzilaverdi.

Yevropa va Rossiya mamlakatlarida portlandsement asosida qurilgan gidrotexnik inshootlarning suv ta'siriga qanchalik chidamliligi professor A.R. Shulyachenko, muhandis V.I. Charnomskiy va akademik A.A. Baykovlar tomonidan o'rganib chiqildi (XIX asrning oxiri va XX asr boshi). Portlandsementning suv, ayniqsa, dengiz suvi ta'sirida buzilishi sabablarini tahlil etish natijasida beton yemirilishi haqidagi fanga asos solindi. Olimlar umuman sementning suvga chidamliligini tadqiq etish borasida ham muayyan natijalarga erishganlar. Jumladan, tuzsiz, ya'ni chuchuk suv ta'sirini ko'rib o'taylik. Sementning gidratatsiya mahsulotlari ichida eng yaxshi eruvchani kalsiy gidroksid bo'lib, u bir litr suvda 1,3 gramm eriydi. Eruvchanlik jihatdan ohakdan keyingi o'rinda gidroalyuminat, gidrosulfoalyuminat (basilla), so'ngra gidrosilikatlar turadi. Umuman, sement to'la erishi mumkin, lekin bu jarayon juda sust kechadi.

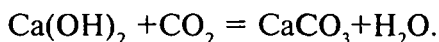
Agar beton maromiga yetkazilmay qotsa, uning kovaklari katta bo'lib, ular orqali suv singib o'tadi, u holda suvning zararli ta'siri yaqqol namoyon bo'ladi. Betondan ajralib chiqqan ohakning

karbonlanishi tufayli uning yuzasida oq sho'ra dog'lar paydo bo'ladi. Bu mog'orsimon dog'lar betonning sho'ralashi deb yuritiladi.

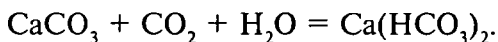
Betonning sho'ralashi — beton massasidan ohak sutining yuvilib chiqishidir. Bu jarayon o'z navbatida, to'ldirgichlar bilan tutashishni susaytiradi, binobarin, inshootning mustahkamligini pasaytiradi.

Suvning erituvchanlik ta'siri suv qattiqligining ortishi bilan kuchayadi. O'ta qattiq suv betonning kovaklari va yuzasida kalsiy karbonat hosil qilish xususiyati tufayli uni mustahkamlashi ham mumkin.

Ko'pincha beton karbonat kislotali suv ta'sirida ham yemiriladi. Avvaliga erigan karbonat kislota Ca(OH)_2 bilan reaksiyaga kirishib, CaCO_3 hosil qiladi:



Bu jarayonning yaxshi tomoni shundaki, yaxshi eriydigan Ca(OH)_2 o'ziga nisbatan 40 marta kam eriydigan CaCO_3 ga aylanadi. Biroq 1 litrda CO_2 250—300 milligramm bo'lganda, quyidagi ikkilamchi jarayon sodir bo'ladi:



Oson eriydigan kalsiy bikarbonat $\text{Ca(HCO}_3)_2$ moddasi keyinchalik sementtoshdan yuvilib chiqib ketadi. Uning o'rniga yana Ca(OH)_2 hosil bo'ladi. Shunday qilib, sementtosh minerallarining deyarli hammasi eriydi. Vaqtinchalik qattiqligi ko'pi bilan 24°C bo'lgan suv beton uchun xavfli emas.

Betonni sho'ralashdan qutqarish uchun beton inshootlari sirti bitum, lak bilan suvalmoqda, tabiiy tosh, hatto qo'rg'oshin tunuka bilan o'ralmoqda. Lekin bular juda qimmat bo'lib, ayni vaqtda uzoq vaqtga chidamaydi. Titratish yo'li bilan ham betonning yuza qismini zichlash mumkin. Bu tadbirlarning samarasi kamroq. Chunki ustki himoya qatlami zarb ta'sirida shikastlansa, betonning yemirilishi osonlashadi.

Sementning suv ta'sirida yemirilish masalasini nemis olimi Mixaelis va rus olimi A.A. Baykovlar to'g'ri hal qildilar, ular qotayotgan portlandsementdagi suvda yaxshi eriydigan erkin ohakni faol qumtuproq'i ko'p bo'lgan qo'shilma yordamida bog'lash yo'lini qo'lladilar. Bunday qo'shilma tabiiy pussolandir. Ma'lumki, bir

vaqtlar quruvchilar ohakning suvga chidamliligini oshirish uchun pussolan va shunga o'xshash trass, tuf, pemza qo'shilmalaridan keng foydalanganlar. Portlandsement paydo bo'lishi bilan pussolandan foydalanilmay qo'yilgan edi.

Rus sementchilari 1908- yili Peterburgda o'tkazilgan xalqaro kongressda gidrotexnik inshootlar qurilishida ishlatiladigan portlandsementlarni albatta pussolanlash to'g'risida taklif kiritishdi. Lekin bu aslida yangilik emas edi.

Pussolansement, asosan, suv ostida va yer ostida, shuningdek, sizot suvli yerlarda inshootlar barpo etishda ishlatiladi. Qadimda, masalan, Buxoroda sernam suvli va sho'rxok yerlarda poydevor, dahma devorlari, hovuz, hammom qurishda «qir» deb ataluvchi ohakli pussolansement keng ishlatilgan. «Qir» asosan o'simlik kuli, ohak (ba'zan gips qo'shilmasi), uzum shinnisi va tuxum oqsilidan tayyorlangan. Uzum shinnisi va tuxum oqsili sirt-faol modda vazifasini bajargan.

Shunday qilib, Rossiyada Italiya pussolanidan qolishmaydigan trepel, opoka, diatomit, trass va tuf singari gidravlik qo'shilmalar keng qo'llanila boshlagan. Avvallari zavodlarda portlandsementga 10—15% qo'shilma ishlatilgan bo'lsa, keyinchalik sementning mustahkamligiga ta'sir qilmaydigan darajada 20—40% gacha qo'shiladigan bo'ldi. Bu ayni vaqtda ham sementning suvga chidamliligini oshiradi, ham uning tannarxini arzonlashtiradi.

Agar betonga shimiladigan suv tarkibida erigan tuzlar bo'lsa, kimyoviy erish jarayoni ham yuz beradi. Tuzlar deyarli hamma suvlar tarkibida bo'lib, sementtosh sifatini buzadi. Daryo suvining bir tonnasida o'rta hisobda 1,5 kilogrammgacha tuz bo'ladi. Daryo suvining tuzlari kalsiy sulfat va kalsiy karbonatdan tashkil topgan bo'lsa, dengiz suvidagi tuzlar tarkibida: osh tuzi 78%, magniy xlorid 11%, magniy sulfat 5% va kalsiyning turli tuzlari 4% bor. Shu sababli odatdagi portlandsement, dengizda suv osti gidrotexnika inshootlari qurishda ishlatilmaydi. Buning uchun esa maxsus sementlar yaratish lozim.

Qurilish tajribasidan ma'lumki, tarkibida sulfat kislotasining kalsiy, magniy, natriy, ammoniy tuzlari va ularning aralashmasi bo'lgan suvlar ta'sirida beton ba'zan yorilib ketadi. Chunki suvdagi bunday moddalar qotib qolgan oddiy portlandsementtosh tarkibidagi gidroaluminat $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ bilan kimyoviy reaksiyaga kirishib, basillani eslatuvchi ninasimon kristallar hosil qiladi.

Ko'pincha bunday birikma «*sement basillasi*» deb ham ataladi. Uning kimyoviy ifodasi quyidagicha: $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$.

Ba'zan kalsiy gidrosulfoalyuminat deb ataladigan bu birikma hosil bo'lgach, qotgan sementtosh hajmiy kengayishga intiladi. Natijada ichki kuchlanish zo'rayib, sementda darzlar paydo bo'ladi. Chunki erimagan $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ bilan erigan gipsning birikishi tufayli kam eruvchan gidrosulfoalyuminat hosil bo'lishi hajmning (erimagan $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ga nisbatan) taxminan 4,6 marta kengayishga olib keladi. Sementtoshning kengayishi natijasida uning tarkibiy tuzilishi buzilib, mustahkamligi pasayadi va u yemirilaveradi. «Sement basillasi» beton uchun xavfli hisoblanib, u sho'ralash bilan birlashganda ayniqsa xavf kuchayadi. Basilla ta'sirida inshoot chatnab yoriladi va beton ichida suvga yo'l ochiladi. Binobarin, kalsiy gidratning erishi uchun qulay sharoit tug'iladi. Xullas, «sement basillasi» sementning sho'ralashini tezlashtiradi.

Betonning bunday suvlarga chidamliligini oshirishda bog'lovchi materiallarni to'g'ri tanlashning ahamiyati katta. Portlandsementning sulfatli suvlarga chidamliligini oshirish uchun uning tarkibidagi $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ni chiqarib tashlash kerak. Lekin bu tadbirning salbiy tomoni ham bor. Bu mineral sement tarkibidan butunlay chiqarib tashlansa, sementning qotishi juda sekinlashib ketadi. Bularning oldini olish uchun hosil bo'layotgan sement tarkibidagi $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ning miqdorini cheklash kerak. Bunday sement ishlab chiqarishda xomashyoning tarkibiy qismiga katta e'tibor beriladi. Shu yo'sinda «sement basillasi»ning tarqalib ketishi kamayadi. Bundan tashqari, dastlab portlandsement tarkibiga 20% dan ortiqroq diatomit, trepel, pemza, opoka, gliyej, glinit kabi pussolan qo'shilmalar qo'shish bilan uning sulfatli suvlarga ham chidamliligini oshirish mumkin. Bunday sement pussolan portlandsement deb ataladi.

Shuningdek, qotayotganda kam ohak ajratadigan klinker acosida tayyorlangan sement ohakning yuvilib ketishiga chidamli bo'ladi.

Agar beton ichiga singadigan suv sanoat oqovasi bilan ifloslangan bo'lsa, u betonga yanada yomon ta'sir ko'rsatadi. Chunki beton ishqoriy mahsulot bo'lib, uning tarkibida erkin holatdagi ohak gidrat juda ko'p. Shuning uchun u o'z tabiatiga ko'pa, kislota ta'siriga chidamsiz. Ohak kislota ta'sirida juda tez eriydi. Shu boisdan idish, quvur va apparatlarning beton tagligi, devor va shiplar, selliyuloza, ayrim turdagi o'g'itlar, sut kislota va oziq-ovqat korxonalarida tez buziladi.

Portlandsementtoshga ishqor eritmalar (NaOH , KOH) turlicha ta'sir ko'rsatadi. Ishqor eritmalarining past konsentratsiyasi betonga zarar yetkaza olmaydi. Sementtoshga vaqt-vaqti bilan ishqor va havo ta'sir etib tursa, uning kovaklarida to'planayotgan ishqor eritmasi karbonat angidrid gazi ishtirokida karbonlanib, kristallana boshlaydi. Hosil bo'lgan ishqoriy tuzlar havodagi namlik bilan sersuv gidratlar hosil qiladi. Shunda sementtosh hajman kengayadi, biroq bunday xavfli kengayish suyultirilgan ishqoriy eritmalarining doimiy ta'sirida kam ro'y beradi.

Juda katta konsentratsiyali ishqoriy eritmalar esa sementtoshni buzadi. Bunday sharoitda bir xil ionlar $(\text{OH})_2$ borligi tufayli $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ning eruvchanligi kamayadi, ammo sementtoshdagi boshqa tarkibiy qismlarning, ayniqsa, alyuminatli birikmalarning eruvchanligi nihoyatda kuchayadi. Yuqori konsentratsiyali ishqoriy eritmalar ta'sirida sementtosh minerallari o'zaro reaksiyaga kirishib, oson eriydigan ishqoriy-yer silikatlar va alyuminatlar hosil qiladi hamda sementtosh tezda buziladi. Shunday qilib, sementtoshning kimyoviy chidamliligini oshirish xalq xo'jaligida katta ahamiyatga egadir.

V.M. Moskvina sementtoshning suvli muhitda korroziyalanishi (buzilishi)ni asosiy alomatlariga qarab quyidagi uch turga bo'ldi:

1-turda — tarkibiy qismlari erib ketishi natijasida sementtosh buziladi.

2-turda — suvdagi moddalar bilan sementtosh tarkibiy qismlari orasidagi o'zaro almashinuv reaksiyalari natijasida sementtosh buziladi.

3-turda — qotgan sement xamiri g'ovaklarida kam eriydigan tuzlarning cho'kish va kristallanishi natijasida buziladi.

Tabiiy suvlar ta'siridagi betonlar korroziyasining asosiy turlari to'la tasnifi V.V. Kind tomonidan tuzilgan.

1. Sementtoshdagi kalsiy gidrat oksidning o'z-o'zidan erib betondan ajralib chiqib ketishi — yuvilib ishqorsizlanish korroziyasi.

2. pH qiymati kamida 7 ga teng bo'lgan kislotalar ta'siri natijasida yemirilishi — kislota korroziyasi.

3. Kislota korroziyasining ayrim bir xil bo'lgan va sement-tosh yemirilishiga sababchi bo'luvchi — karbonat kislota korroziyasi.

4. Sulfat korroziyasi, u o'z navbatida quyidagilarga bo'linadi:

a) konsentratsiyasi 0,25—0,3 dan 1 g/l gacha bo'lgan ionlarning ta'sirida vujudga keladigan sulfoalyuminat korroziyasi;

b) eritmadagi konsentratsiyasi 1 g/l dan ko'p bo'lgan, asosan, sulfat ionlari (SO_4^{2-}) ta'sirida vujudga keluvchi sulfoalyuminat gipsli korroziya;

d) tarkibida ko'p miqdorda Na_2SO_4 va K_2SO_4 bo'lgan suvlar ta'sirida amalga oshadigan gipsli korroziya.

5. Magnezial korroziya, bu ham o'z navbatida quyidagilarga bo'linadi:

a) suvda SO_4^{2-} ionlari bo'lmagan holda magniy kationlarining o'zining ta'siridan vujudga keluvchi magnezial korroziya;

b) Mg^{2+} va SO_4^{2-} ionlarining birgalikdagi ta'siri natijasida sementtoshda sodir bo'ladigan jarayonlarni ifodalovchi sulfat magnezial korroziya.

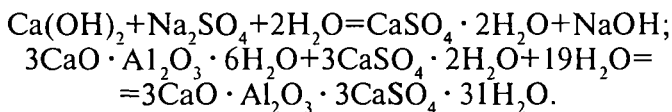
Korroziyaning bu turlari tabiiy suvlar, sanoat va maishiy kombinatlarning oqova suvlari ta'sirida vujudga kelishi mumkin. Bundan tashqari, gips va kislotaning birgalikdagi ta'siri ham katta ahamiyat kasb etadi. Oltingugurt vodorodli kislotalar ta'siridagi korroziya o'zgacha o'tadi. Bundan tashqari, sement va beton konstruksiyalar mol yog'i, o'simlik moyi, uglevod, spirt, fenol, shakar, turli kislotalar va ishqorlar ta'siriga uchrashi ham mumkin.

Korroziyaga sababchi bo'lgan moddalar qanchalik turli bo'lmasin, ular ta'sirida bo'ladigan korroziyani V.M. Moskvina va V.V. Kind tasnifi bilan tushuntirsa bo'ladi. Shu sababli ayrim misollarda V.V. Kind tasnifining ba'zilarini ko'rib chiqamiz.

Sulfoalyuminatli korroziya — bu sulfatli korroziyaning bir turi bo'lib, sementtosh va betonda 0,25—1 g/l ionlari bo'lgan sulfatli suvlarning ta'sirida vujudga keladi. SO_4^{2-} ionlarining miqdori ko'rsatilgan miqdordan ortib ketsa, bu korroziya sulfoalyuminat gipsli korroziyaga aylanadi. Sulfat ionlarining konsentratsiyasi 0,25 g/l pastga tushib ketsa, V.V. Kind ma'lumotlariga ko'ra, bu portlandsementlar uchun xavfli bo'lmaydi.

Tabiiy suvlar yoki sanoat oqovalari tarkibida CaSO_4 , Na_2SO_4 , MgSO_4 , MgCl_2 , NaCl va shu kabi tuzlar turli miqdorda bo'lishi mumkin.

Sulfoalyuminatli korroziya quyidagi reaksiyalar orqali hosil bo'lishi mumkin:



Natriy gidrat oksidi yaxshi eriydigan modda bo'lib, sementtoshdan yuvilib ketadi, bu reaksiya davomida qiyin eriydigan kalsiy

gidrosulfoalyuminat hosil bo'ladi. U kristallanayotganda 30—32 mol suvni yutadi, hajmi taxminan 4,6 marta ko'payadi, oqibatda sementtoshning mustahkamligi keskin buziladi.

Kalsiy gidrosulfoalyuminat kristallari uzun ingichka ignalardan iborat bo'lib, tashqi ko'rinishi ba'zi basillilarga o'xshab ketadi. Bu o'xshashligi uchun, shuningdek, sementtoshga juda xavfli ta'sir ko'rsatishi sababli, kalsiy gidrosulfoalyuminat «sement basillasi» deb atalgan.

Birinchi davrda kalsiy gidrosulfoalyuminat (ettringit) hosil bo'lganda (gips yig'ilganda ham) u sementtoshning zichlanishiga yordam beradi, lekin sulfatli suvlar ta'sirida to'planish yana davom etishi natijasida sementtosh shiddat bilan buzila boshlaydi.

Sementtoshning sulfatli korroziyasi natijasida buzilish tezligi suvdagi sulfatlar miqdoriga va klinkerning mineralogik tarkibiga bog'liq. Klinker tarkibidagi C_3S va C_2S miqdorining sulfatli suvlarda sement chidamliligiga ta'siri to'g'risida adabiyotlarda aniq ma'lumotlar yo'q. Ba'zi tadqiqotlarda C_2S ko'payishi bilan sementning sulfatli suvlarga chidamliligi $Ca(OH)_2$ ning kamayishi hisobiga ortadi, deb ko'rsatilgan. Natijada kalsiy gidroalyuminat eriydi va eritma holida kalsiy sulfat bilan birikadi, bundan sementtosh buzilmaydi, C_3S ning miqdori ko'p bo'lsa, sementtosh ichida ancha miqdorda $Ca(OH)_2$ eritmasi hosil bo'ladi. Bunday eritmada kalsiy gidroalyuminat eriy olmaydi va u qattiq holicha qoladi. $C_3A \cdot 6H_2O$ qattiq holida gips bilan reaksiyaga kirishishi natijasida hajman juda kengayib ketadigan kalsiy gidrosulfoalyuminat hosil bo'ladi. Bu esa sementtoshning buzilishiga sabab bo'ladi.

Ba'zi tadqiqotchilarning fikricha, C_3S ko'payishi bilan sementtoshning sulfatli korroziyasiga qarshi chidamliligi ortadi. Biroq bunday hodisa kalsiy gidrosulfoalyuminatning hosil bo'lish jarayoni uchun zarur sharoitlarning yomonlashuvi tufayli emas, balki klinker tarkibida C_3S ning miqdori ko'p bo'lgan sementtosh birmuncha tezroq qotishi va zichlanishi tufayli sodir bo'ladi. Natijada sulfatli suvlarning sementtosh ichiga singib kirishi sekinlashadi va kalsiy gidrosulfoalyuminat hajman kengayganda uning buzilishiga mexanik qarshiligi ortadi.

Uch kalsiyli alyuminat miqdorining sementtoshning sulfat korroziyasiga qarshi chidamliligiga ta'siri haqida quyidagicha umumiy fikr bor: C_3A ning miqdori ko'payishi bilan sementning sulfatga chidamliligi kamayadi. Suv tarkibida sulfatlar ko'p bo'lsa, sement sulfatga kam chidaydi.

Shunday qilib, ettringit — kalsiy gidrat oksidning konsentratsiyasi kamida 1,08 g/l (CaO ga nisbatan hisoblaganda 0,4—0,46 g/l) atrofida va to'rt hamda uch kalsiy gidroalyuminatlar bor bo'lsa hosil bo'ladi. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ning bundan kam konsentratsiyalarida ettringit suyuqlikda hosil bo'lib, sement betonning buzilishiga sabab bo'lmaydi. Gidravlik qo'shilmalarning korroziyadan himoyalovchi ta'siri shu usulga asoslangan.

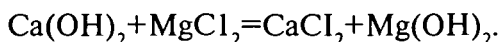
Sement tarkibida gidravlik qo'shilmalar bo'lsa, u ishqorsizlantirish korroziyasini sekinlashtiradi. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ning qo'shilma qumtuproq bilan yomon eriydigan kalsiy gidrosilikat hosil qilishi, shuningdek, gidravlik qo'shilma uch kalsiy gidroalyuminat bilan o'zaro ta'sir etib, uni kam asosli alyuminatga aylantirishi mumkin. Shu bilan xavfli «sement basillasi»ning hosil bo'lishiga yo'l qo'yilmaydi, Gidravlik qo'shilma tarkibidagi faol qumtuproq (kremniy oksid) kalsiy oksid bilan reaksiyaga kirishib, suv muhit konsentratsiyasini CaO ga nisbatan hisoblaganda, 1,2—1,3 dan 0,06—0,08 g/l gacha pasaytiradi. Shuning uchun konsentratsiyasi 0,5% gacha bo'lgan CaSO_4 , Na_2SO_4 va MgSO_3 eritmalar pussolan portlandsementdan tayyorlangan betonlar uchun xavfli emas. Bu sulfatlarning tarkibida NaCl , CaCl_2 va boshqa tuzlarning bo'lishi avvalgi moddalarning salbiy ta'sir etishini kamaytiradi.

Shunday qilib, Cl^- va SO_4^{2-} ionlari bor tuzlarning eritmaları portlandsementtoshga salbiy ta'sir etadi va shu sababli ular suvda (muhitda) ma'lum miqdorda bo'lishi kerak. Ruxsat etiladigan bir ion miqdori ikkinchi ion miqdoriga bog'liq holda o'zgaradi. Masalai, Cl^- ionlarining ko'payishi bilan yo'l qo'yiladigan SO_4^{2-} ionlari ham ko'payadi; xlor ioni kalsiy oksidning bir qismini yutib, uch kalsiy alyuminat singari erimaydigan birikmaga aylantiradi (quyidagi reaksiya bo'yicha):



MgSO_4 ning 0,5% konsentratsiyali eritmasi pussolan portlandsementdan tayyorlangan betonlarni faqat magnezial korroziya hisobiga buza boshlaydi.

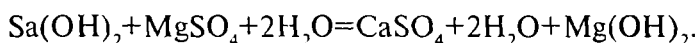
Magnezial korroziya. Bunday korroziya MgSO_4 dan tashqari boshqa magniy tuzlarining ta'siridan vujudga keladi:



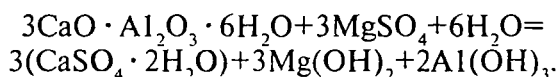
Natijada amorf holidagi magniy gidrat oksid va filtrlovchi suv bilan osongina yuvilib ketadigan hamda juda yaxshi eriydigan kalsiy

xlorid hosil bo'ladi. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ suvda juda kam eriydi. U mustahkam $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kristallarini qovushmagan yumshoq massaga aylantiradi. Unda bog'lovchilik xossalari ham yo'q. MgCl_2 ta'sirida gidrosilikat va gidroalyuminatlar ham parchalanishi mumkin. MgCl_2 ta'siridagi korroziya suvda bu tuzning konsentratsiyasi 1,5—2% dan oshganda kuchayadi. Mg^{2+} ionlarining miqdori suvda 0,5 g/l ga yetganda bunday suv salbiy hisoblanmaydi.

Sulfat-magnezial korroziya. Bu turdagi korroziya MgSO_4 eritmasi ta'sirida sodir bo'ladi:



Natijada erigan ohak kamayadi, shu bilan kalsiy gidrosilikat va gidroalyuminatlar parchalana boshlaydi. Bog'lovchilik xossalriga ega bo'lmagan amorf modda $\text{Mg}(\text{OH})_2$ hosil bo'lgan joyida qoladi yoki sementtoshdan yuvilib ketadi. Bundan MgSO_4 uch kalsiy gidroalyuminat bilan o'zaro ta'sirlashib, uni alyuminiy gidrat oksidgacha parchalaydi:



Avval g'ovaksimon $\text{Mg}(\text{OH})_2$ massasi bilan ikki molekula suvli gipsning hosil bo'lishi sementtosh va betonning butunligini saqlab qolishga yomon ta'sir ko'rsatadi. Bunga ikkinchi reaksiyaning qo'shilib ketishi ham jarayonni yanada yomonlashtiradi. MgCl_2 tuzlarda SO_4^{2-} ishtirok etsa va SO_4^{2-} ionlar miqdori ko'p bo'lsa, magniy ionlarining ta'siri kuchli bo'ladi. Shuning uchun ham ionlarning ruxsat etiladigan miqdori Mg^{2+} ionlar ko'payishi bilan tegishli kamaytiriladi.

Portlandsement asosida ishlanadigan betonlar uchun Mg^{2+} ionlarining suv muhitdagi miqdori SO_4^{2-} ionlaridan qancha miqdorda borligidan qat'iy nazar, 1 litrda 5 g dan ortiq bo'lmasligi lozim.

Tarkibida SO_4^{2-} va Cl^- ionlari bo'lgan tuzli eritmalar ta'siridan sement-tosh hamma vaqt ham buzilavermaydi. Almashinuv reaksiyalarining dastlabki davrida yoki ko'rsatilgan ionlar miqdori kam bo'lganda, bu reaksiyalar natijasida sementtosh zichlashishi va uning filtrlash qobiliyati bo'shashishi mumkin. Bunda almashinuv reaksiyalarining kam eriydigan mahsulotlari, chunonchi, kalsiy sulfat va magniy gidrat oksidi ishtirok etadi, ular kovak-

g'ovaklarni butunlay berkitib, agressiv suvning sementtoshga singib kirishiga xalaqit beradi.

Hozirgacha ko'rilgan barcha tur korroziyalar kimyoviy yo'l bilan vujudga keladi. Sementtoshda fizik korroziya jarayonlari ham sodir bo'lishi mumkin. Bular sementtosh va beton goh namiqib, goh qurib kichrayishi va shishishi (deformatsiyalarga uchrashi) va eruvchan tuzlar suvning sement kovaklarida bug'lanishi tufayli to'planib qolishi, shuningdek, suvga to'yinib turgan betonlarning dam muzlab, dam erib ketishi natijasida sodir bo'lishi mumkin. Ayniqsa, sementtosh va beton kovaklarida hamda naysimon kapillyarlarda kristallogidratlarga aylangan tuzlar kovak va kapillyar devorlariga katta bosim bilan ta'sir qiladi.

Betonlar 3 oy davomida 5 % konsentratsiyali quyidagi eruvchan tuzlar: NaSO_4 , MgSO_4 , NaCl , CaSO_4 tuzlarning dam namini shimishi va dam bug'lanishi natijasida vujudga kelgan kristallanish bosimi tegishli 0,44, 0,36, 0,27, 0,9 MPa bo'ladi.

Sementtosh va beton mikrokovaklari va kapillyarlarida kimyoviy korroziya tufayli to'plangan tuz ham bo'lishi mumkin — u ikki molekula suvli gips va gidrosulfoalyuminatdir. Buning ta'sirida betonlarning buzilishi yuqorida ko'rib o'tildi. Bunday korroziya Markaziy Osiyo respublikalarida ko'p uchraydi. Na_2SO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ kabi tuzlar sementtosh hamda beton kovaklarida harorat va namlikning shunday bir noqulay paytlarida suvsiz, kamsuvli gidratli tuzlardan ko'p gidratli suvlarga o'tib ketadi ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ va boshqalar).

Bunday aylanish jarayoni qattiq fazalar hajmini 1,5—3 marta orttiradi, bu esa beton sirtida o'nlab MPa bosim hosil qilib, kuchli deformatsiyalarni yuzaga keltiradi.

Sementtoshning sovuqqa chidamliligi. Suv bilan sovuq birgalikda navbatma-navbat ta'sir qilganda, beton konstruksiyalar ayniqsa kuchli shikastlanadi. Sementtosh kovaklaridagi suv haroratida sovuqda muzga aylanadi. Suv muzlaganda uning hajmi taxminan 10% kengayadi, hosil bo'lgan muz kovakchalar devorlariga kuch bilan ta'sir qiladi va ularni buzib tashlaydi. Sementtoshning sovuqqa chidamliligi uning qanchalik mayda tuyilganligi, sement kimyoviy tarkibi, klinkerning mineralogik tarkibi va qorish uchun solingan suv miqdoriga bog'liq.

Bir qator tadqiqotlar natijalariga asoslanib quyidagi xulosaga kelish mumkin: sement ma'lum darajagacha (500—600 m²/kg) mayda qilib tuyilsa, sementtoshning sovuqqa chidamliligi birmun-

cha ortadi, ammo judayam mayda tuyilsa, sovuqqa chidamliligi sezilarli pasaya boshlaydi, chunki mayda tuyilgan sement yangi hosilalari g'ovak tarkibiy tuzilmali bo'ladi va unda sovuqqa chidamsiz $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ning solishtirma sirti ham oshishi tufayli ular ko'p joyidan darz ketadi. Sementtoshda «klinker zaxirasi», ya'ni reaksiyaga kirishmagan sement donalari bor, ayniqsa, silikat minerallari bu donalar sementtosh yorilib, yoriqlariga suv kira boshlaganda shu yoriqlarni klinker zaxirasi bilan reaksiyaga kirishgan hosilalar bilan to'ldiradi («o'z-o'zini davolash» jarayoni) sodir bo'ladi.

Sementda gidravlik qo'shilmalar miqdori ko'p bo'lsa ham u sement sifatiga salbiy ta'sir qiladi, ya'ni qo'shilmalar haddan tashqari ko'payib ketsa sementtoshning sovuqqa chidamliligi kamayib ketadi.

Sement klinkeri minerallari orasida uch kalsiy alyuminat sovuqqa eng chidamsiz hisoblanadi.

Qorish uchun quyilgan suv miqdori sementgoshning sovuqqa chidamliligiga katta ta'sir qiladi, agar suv ko'p quyilsa, sementtosh ko'proq g'ovaklashadi va u shunchalik sovuqqa chidamsiz bo'ladi.

Sement va klinker tarkibini maqbul tanlash yo'li bilan betonbop aralashmalarni yaxshilab zichlash, shuningdek, sirt-faol qo'shilmalar qo'shish yordamida sementtoshni sovuqqa yana ham chidamli qilish mumkin.

Sementtosh qotgandan so'ng unda mayda-mayda kovaklar paydo bo'ladi. Bular uning suv singdiruvchanligini kamaytirish bilan birga, sovuqda salbiy ta'sirchanligini susaytiradi. Bunday mayda kovakchalar muzlab qolgan suv bosimiga bardosh berib, muzning buzuvchi kuchini qirqadi. Bu esa sementtoshning sovuqqa chidamliligini oshirishga sabab bo'ladi.

Gidrofob qo'shilmalar, masalan, sovunnaft, sementtosh tarkibiy tuzilmasining bir jinsliliğini oshiradi va kovak hamda kapillyar devorchalarini gidrofoblaydi, shu bilan sementtoshning suv ta'siriga chidamliligini kuchaytiradi. Shunisi ham borki, gidrofillovchi qo'shilmalar (masalan, sulfat-spirit bardisi — SSB) zarur darajada yoyiluvchanlikni saqlagani holda betonbop aralashmalarining suvga talabini ancha pasaytiradi va sementtoshning g'ovakligini kamaytiradi. Shu tarzda uning sovuqqa chidamliligi va suv o'tkazmasligi oshadi.

Yuqorida ko'rsatib o'tilgan qo'shilmalar sement umumiy og'irligining 0,1—0,25 %ni tashkil qiladi. Shuni ta'kidlash zarurki,

sementtosh qotishning dastlabki davrda muzlash sement uchun ayniqsa xavflidir, uning hali unchalik mustahkam bo'lmagan, g'ovak tarkibiy tuzilmali sementtosh muz bosimiga bardosh berolmaydi. U yetarli darajada qotgan bo'lsa, ya'ni marka mustahkamligi 50 %ga yetganda, muzlashga yaxshi qarshilik ko'rsata oladi. Sement tishlasha boshlamasdan oldin muzlasa, mustahkamlikka zarar yetmaydi, chunki u erigandan so'ng qotish jarayonlari qayta tiklanadi.

Yuqori haroratning portlandsementtoshga ta'siri. Nol darajagacha haroratda (quruq muhit sharoitida) sementtoshda hech qanday fizik-kimyoviy o'zgarishlar sodir bo'lmaydi. Biroq ma'lum vaqtgacha ancha yuqori harorat ta'sir qilib tursa, mustahkamlik o'zgara boshlaydi. Masalan, 200°C haroratda portlandsement asosida ishlangan beton mustahkamligi taxminan 50 % pasayadi va issiqlik manbai olib qo'yilganidan keyin ham bu mustahkamlik qayta tiklanmaydi. Harorat ortib borishi bilan beton mustahkamligi yanada pasayadi. Aytaylik, beton 500—550°C haroratgacha qizdirib namlansa, sementtosh tarkibiy tuzilmasi buziladi; bu haroratda $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kalsiy oksid (CaO) va suvga ajraladi, sementtosh namlanganda tosh ichidagi ohak qayta so'nadi va tosh buziladi.

Hozirgi vaqtda juda yuqori, masalan 1000—1300°C harorat ta'siriga ham yaxshi qarshilik ko'rsata oladigan sement yaratish usullari ishlab chiqilgan, ulardan turli issiqlik apparatlarini qoplashda foydalansa bo'ladi. Mayda tuyilgan shamot, xromit, magnezit va boshqa mineral moddalar qo'shish bilan portlandsementtoshning yuqori haroratlarga chidamliligi oshiriladi. Bunday sharoitda qo'shilmalar $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ni bog'laydi va shu bilan sementtosh qizdirilgan hamda sovitilganda zarur darajada mustahkam va muayyan tarkibiy tuzilmada bo'lishiga yordam beradi.

Demak, portlandsement juda qimmatli qurilishbop xossalarga ega, u nihoyatda mustahkam bo'lib, bu xususiyati nisbatan tez o'sadi, shuningdek, u turli noqulay muhit ta'siriga chidamli. Uni olish ham ancha arzon. Bu esa portlandsement ishlab chiqarishni yuqori darajada mexanizatsiyalashtirishga imkon yaratadi.

Industrial qurilishda yig'ma beton va temir-beton konstruksiyalar tobora ko'p ishlatilayotgan hozirgi davrda portlandsement kabi qimmatli bog'lovchi materialni ko'plab ishlab chiqarish va ulardan tejamli foydalanish juda muhimdir.

V b o b. Maxsus portlandsementlar

20. Portlandsement turlari

Sementning ko'p turlari ma'lum. Ba'zi birlari juda tez qotsa, ba'zilari sekin qotadi. Suv inshootlari uchun sementning bir turi ishlatilsa, yo'l qurilish ishlariga ikkinchisi va boshqa binokorlik qorishmalari uchun esa uchinchi turi qo'llaniladi. Sementning bunday xilma-xilligi, uning tarkibidagi to'rtta mineralning bir-biriga qanday nisbatda bo'lishidandir.

Sement qancha yaxshi tuyilgan bo'lsa, uning sifati shuncha yaxshi bo'ladi, tishlanish qobiliyati shuncha oshadi, chunki zarrachalarning umumiy yuzi qancha katta bo'lsa, modda zarra-chalari o'rtasidagi fizik-kimyoviy jarayonlar shuncha to'la va tez o'tadi.

Portlandsement gidravlik bog'lovchi moddalarning bir turidir. Bu bog'lovchi moddalar qatoriga yana qumtuproqli sement, pussolan sement, toshqolli sement, mikroto'ldiruvchi sement, kengayuvchi sement kabi gidravlik bog'lovchilar kiradi. Bu bog'lovchi moddalar yana bir qancha ko'rinishlarga ham ega.

Masalan, portlandsement tarkibiga ko'ra: oddiy, alitli, belitli, alyuminatli, alyumoferritli, ferritli; xossasi va ishlatilishiga ko'ra: oddiy, tez qotuvchan, maxsus tez qotuvchan, plastifikatsiyalangan, gidrofob, sulfatli suvlarga chidamli, o'rtacha ekzotermiyali, tamponaj, oq va rangli xillarga bo'linadi.

21. Tez qotuvchan portlandsement

Jadallik bilan o'sib borayotgan sanoat qurilishi talabini to'la qondirish uchun zavodlar oldiga tayyor beton elementlarini ko'plab ishlab chiqarish vazifasi qo'yildi. Bunga esa o'z navbatida portlandsementni juda maydalab tuyish va tarkibidagi faol minerallarni ko'paytirish yo'li bilan erishiladi. Bunday portlandsement 1—3 kun ichida mustahkamlanishi bilan oddiy portlandsementlardan farq qiladi. Bunday sement ishlatilganda, yig'ma

konstruksiya ishlab chiqarish texnologik jarayonining muddati ancha qisqaradi va korxonaning ishlab chiqarish unumdorligi ortadi.

Bir-ikki kun ichida ochiq joyda mustahkamligi yetarli darajada ortadigan bog'lovchi modda tez qotuvchan sement deb ataladi. Uning bir kundan keyin siqilishga mustahkamligi 20 MPa bo'lsa, uch kundan keyingisi 30 MPa gacha ko'tariladi. Bunday sement konstruksiyalar yoki buyumlar tayyorlashda, shuningdek, bug'lash uchun sharoit bo'lmagan joylarda ishlatiladi. Tez qotuvchan sement olish uchun tarkibida 50—60% uch kalsiy silikat (C_3S), 8—14 % uch kalsiy alyuminat (C_3A) bilan to'rt kalsiy alyumoferrit (C_4AF) hamda 8 % qurilish gipsi qo'shilgan sement klinkeri ishlatiladi. Qo'shiladigan qurilish gipsi zarur miqdordan oshmasligi kerak, aks holda, buyum yoki konstruksiyada darzlar hosil bo'lishi mumkin.

Yuqorida aytilganidek, gips sement tarkibida uning tishlanish muddatini sekinlatibgina qolmasdan, sementning dastlabki qotish davrida uning yanada mustahkamlanib borishida ham faol ishtirok etiladi: gips bilan C_3A o'zaro ta'sir etishidan hosil bo'lgan kalsiy gidrosulfoalyuminat sement betonlarning yana ham mustahkamlanishiga yordam beradi. Bu vaqtda eng muhim sharoitlardan biri shuki, kalsiy gidrosulfoalyuminat hosil bo'lish jarayoni sementning birinchi qotish kunlaridayoq tugashi mumkin (aks holda beton yemiriladi).

Kalsiy gidrosulfoalyuminatning hosil bo'lish tezligi sementning qanchalik mayda tuyilganligi va gipsning erish darajasiga, erish darajasi esa o'z navbatida uning modifikatsiyasiga bog'liq. Gips qo'shilma sifatida yarim molekula suvli $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ yoki ikki molekula suvli $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ko'rinishda ishlatiladi. Birinchisining eruvchanligi ikkinchisining nisbatan 5 marta ko'p. Demak, sementga yarim molekula suvli gips qo'shish ko'proq foydali ekan.

Zavod sharoitida ikki molekula suvli gips ishlatish mumkin. Sementni shar tegirmonlarda tuyganda u juda qizib ketadi va shu issiqlik ta'siridan ikki molekula suvli gips suvsizlanib, yarim molekula suvli gipsga aylanadi. Gips qo'shimcha ravishda tuyilgan sementga qo'shilsa, masalan, ikkinchi marta tuyganda (amalda yig'ma temir-beton zavodlarida shunday qilinadi) yarim molekula suvli gips qo'shgan ma'qul.

Biroq sement zavodlarida hamma vaqt tarkibida C_3S va C_3A aralashmasi ko'p bo'lgan sement ishlab chiqarib bo'lmaydi, bu xomashyo sifatiga, yoqilg'i va texnologik jarayonni tashkil etishga

bog'liq. Sementni juda maydalab tuyish ham iqtisodiy jihatdan foydali emas. Ammo shu bilan birga, temir-beton buyumlari zavodlarida, ayniqsa, oldindan zo'riqtirilgan temir-beton buyumlar ishlab chiqarish uchun tez qotadigan sement kerak bo'ladi. Bunday sharoitlarda sement vibrotegirmonlarida yana bir marta tuyib olinadi.

Yig'ma temir-beton ishlab chiqarishda ishlatiladigan sementlarning hammasi vibrotegirmonlarda tuyilishi mumkin. Toshqol portlandsementlarni qayta tuyish ayniqsa yaxshi foyda beradi.

Sement titratma qurilmada qayta tuyilsa, yaxshi mustahkamlana borishi bilan birga, markasi ham ortadi. Masalan, 400 markali sement qayta tuyilsa, 600 markali sement hosil bo'ladi.

Sementning tez qotuvchanligi, birinchidan, uning mineralogik tarkibiga, ikkinchidan, klinkerning maydalanish darajasiga bog'liq. Klinker qanchalik mayda qilib tuyilsa, olingan sement shuncha tez qotuvchan bo'ladi. Shu sababli tez qotuvchan sement olishda uning maydalik darajasini ifodalovchi solishtirma yuzasini 350—450 m²/kg gacha yetkazish kerak (oddiy portlandsementning solishtirma yuzasi 250—300 m²/kg).

Tez qotuvchan sement olish uchun I.V. Smirnov va B.V. Osin portlandsementga 1,2—2 % xlorid kislotasi (HS1) va 10—15 % qaynovchi ohak qo'shib, solishtirma yuzini 400—500 m²/kg ga yetkazishni taklif etdilar.

Sement zarrachalari qancha kichik bo'lsa, uning erish va gidratlanish jarayoni shunchalik tezlashadi. Masalan, sement zarrachalarining kattaligi 10 mkm bo'lsa, bunday sementdan tayyorlangan namunaning uch kundan keyingi mustahkamligi, yirikligi 60 mkm bo'lgan sementnikiga nisbatan 7 marta katta bo'ladi. Sement maydaligining uning mustahkamligiga ta'siri 31-jadvalda berilgan.

31-jadval.

Sement maydaligining mustahkamlikka ta'siri.

Solishtirma yuzi m ² /kg	Siqilishdagi mustahkamlik, MPa				
	1 kundan keyin	3 kundan keyin	28 kundan keyin	6 oydan keyin	12 oydan keyin
188	8,4	26	53	52	69
210	14,5	28	40	60	72
300	14,7	34	57	61	72
400	21,5	46	59	61	69
500	28	40	54	60	74

Tez qotadigan sementlar metall qoliplarni tez bo'shatishga imkon beradi. Ayrim vaqtlarda esa issiq ishlov berishdan ham ozod qiladi.

Maxsus tez qotuvchan portlandsement ham mavjud. U tez qotuvchan portlandsementga nisbatan yana ham jadalroq qotadi. Bunday sement tarkibida kamida 60—65% C_3S va 8 % C_3A bo'lgan klinkerni gips ishtirokida o'ta mayda tuyish ($400\text{--}450\text{ m}^2/\text{kg}$) orqali olinadi. O'lchamlari 30 mkm bo'lgan zarrachalarning umumiy miqdori kamida 50—60 %, ba'zan 80 % gacha bo'lishi kerak. Standartga ko'ra bu sementga mineral qo'shilmalar qo'shilmaydi.

Maxsus tez qotuvchan sementning tishlashish muddatlarini yaxshilash uchun ko'p miqdorda gips qo'shiladi (SO_3 hisoblaganda kamida 4 % gacha). Sement tez tishlashib qolmasligi uchun uni tuyish paytida haroratning o'ta ko'tarilib ketishiga yo'l qo'ymaslik kerak.

GOST 310—85 ga ko'ra maxsus tez qotuvchan portlandsementning mustahkamligi 1, 3, 28 sutkadan keyin 30, 40 va 50—60 MPa ni tashkil qilishi kerak.

Hozirgi kunda oddiy portlandsement klinkerni sulfoalyuminat klinkeri bilan birga tuyish orqali bundan ham tez qotuvchan va yuqori mustahkamlikka ega bulgan sementlar olinadi. 28 sutkadan so'ng bunday sementlarning markasi 700—800 ni tashkil qiladi.

22. Plastifikatsiyalangan va gidrofob portlandsementlar

Klinkerni plastifikatsiyalaydigan yoki gidrofoblovchi qo'shilma bilan birga mayda qilib tuyishdan hosil bo'ladigan gidravlik bog'lovchi moddalar tegishlicha plastifikatsiyalangan yoki gidrofob portlandsement deb ataladi.

Plastifikatsiyalaydigan va gidrofob qo'shilmalar sement og'irligining (quruq moddaga nisbatan hisoblaganda) 0,1—0,25 % miqdorida qo'shiladi.

Plastifikatsiyalovchi sirt-faol qo'shilmalar sifatida standart talablariga binoan sulfit spirt bardasi (SSB)ning konsentrati xizmat qiladi.

Sement zarrachalarining ustida gidrofil moddalarning adsorbsion pardalari borligi beton qorishmasining bevaqt yopishib qolishiga (koagulyatsiyaga) to'sqinlik qiladi, shuningdek, sement zarrachalarining va to'ldirgichlarning qatlam-qatlam bo'lib cho'kishini hamda qorishmadan suvning ajralib chiqishini kamaytiradi, ya'ni

suv, shag'al, qum va sement qorishmasining alohida-alohida qatlamlanishiga yo'l qo'ymaydi.

Plastifikatsiyalangan sementdan tayyorlangan beton zich, sovuqqa chidamli va kam suv o'tkazuvchan bo'ladi. Bunday sement ishlatilganda 10% gacha bog'lovchi material tejaladi.

Plastifikatsiyalangan sement 300, 400, 500, 600 markalarda chiqariladi.

Portlandsement ochiq havoda ko'p qolib ketsa, uning markasi kun sayin pasayib boradi, chunki havodagi namlik sementdagi minerallar bilan qisman birikadi. Buning uchun sement klinkerini tuyish jarayonida uning 0,1—0,25 % miqdorida mahsus gidrofob moddalar qo'shiladi. Bunday qo'shilmalar sifatida quyidagi moddalar ishlatilishi mumkin:

- atsidol 0,08—0,12 % miqdorda;
- atsidol — milonaft 0,08—0,12 % miqdorda;
- milonaft, sement massasidan 0,1—0,25 % miqdorda;
- olein kislota yoki oksidlangan petrolatum, 0,06—1 % miqdorda;
- oksidlangan petrolatum, 0,3% miqdorda.

Klinkerni tuyish jarayonida gidrofob moddalar sement zarrachasi yuzasini namlanmaydigan parda bilan qoplaydi. Shuning uchun uni uzoq vaqt havoda saqlash mumkin. Bu vaqt ichida uning mustahkamligi boshqa sementlar kabi kamayib ketmaydi. Gidrofob sementdan qorishma tayyorlanganda, qotish vaqtini 1,5—2 daqiqa uzaytirish kerak, chunki sement zarrachalari sirtidagi gidrofob parda qum va shag'alning ishqalanishidan buzilib, suv bilan erkin ravishda birikishi lozim. Shuning uchun gidrofob sement uzoq saqlansa ham o'zining plastiklik xossasini yo'qotmaydi.

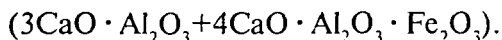
Gidrofob portlandsementdan buyum tayyorlaganda uning zichligi yuqori bo'ladi, suv o'tkazuvchanligi kamayadi, sovuqqa chidamliligi esa 800—1000 siklga ortadi (oddiy portlandsement betonning sovuqqa chidamlilik markasi SCH-200—300). Gidrofob portlandsement ham odiy portlandsement kabi markalarda chiqariladi.

23. Sulfatga chidamli portlandsement

Bunday sementlarning sulfatli suvlar ta'siriga chidamliligi yuqori bo'ladi. Shunday sement hosil bo'lishi uchun klinker tarkibidagi sulfatli moddalar (masalan, CaSO_4) bilan kimyoviy reaksiyaga

kirishadigan minerallar miqdorini kamaytirish zarur. Portlandsement korroziyasining uchinchi turiga muvofiq, «sement basillalari» suvdagi kalsiy sulfat bilan klinkerdan uch kalsiyli alyuminat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) ning oʻzaro taʼsir etishidan hosil boʻladi. Sulfatlar taʼsiriga turgʻun boʻlgan seмент klinkerida uch kalsiyli alyuminat miqdori 5 % dan oshmasligi lozim, oddiy seментda esa uning miqdori baʼzan 15 % ga yetadi.

Toʻrt kalsiyli alyumoferritning gidrolizi natijasida ham uch kalsiyli gidroalyuminat hosil boʻlishi mumkin. Shunga koʻra sulfatlar taʼsiriga turgʻun boʻlgan portlandsementda alyuminatli tarkibiy qismlarning hammasi 22 % dan koʻp boʻlmoqligi lozim:



Portlandsementlarda uch kalsiyli silikat koʻp miqdorda boʻlganda seментning suv va sulfat taʼsiriga turgʻunligi kamayadi. Gidroliz vaqtida undan erkin kalsiy oksid gidrati ajralib chiqadi, bu gidrat juda eruvchan boʻlganligidan betondan yuvilib chiqib ketadi. Shunga koʻra, sulfat taʼsirida turgʻun portlandsementda uch kalsiyli silikat miqdori standartda koʻrsatilganidek, 50% dan oshmasligi shart.

Oddiy portlandsement ishlab chiqarish texnologiyasi qanday boʻlsa, sulfat taʼsiriga turgʻun portlandsement ishlab chiqarish texnologiyasi ham xuddi shunday. Sulfat taʼsiriga turgʻun portlandsement ikki markaga boʻlinadi: 300 va 400.

Bu portlandsementdan gidrotexnika qurilishlarida doim namlanib, qurib yoki muzlab, erib turishi bilan birga sulfatli suvlar taʼsiriga ham uchrab turadigan beton hamda temir-beton konstruksiyalar tayyorlash uchun keng foydalaniladi.

1950- yilgacha Oʻzbekistondagi seмент zavodlari tarkibida alyuminat koʻp boʻlgan (15 % gacha) portlandsement ishlab chiqarar edi. Bunday seмент sulfatli suvlarga chidamsiz boʻlib, buning asosiy sababi shuki, uch kalsiyli gidroalyuminatning suvda erigan gips bilan oʻzaro taʼsir etishidan kalsiy gidrosulfoalyuminat («seмент basillasi») hosil boʻladi. U seментtosh gʻovaklarida kristallanib, toshni yemirib yuborishga harakat qiladi. Demak, klinker tarkibida uch kalsiyli alyuminat (C_3A) minerali yoʻq boʻlsa, seмент sulfatlar taʼsiriga bardosh bera oladi. Lekin klinkerda butunlay uch kalsiyli alyuminatning boʻlmasligi ham mumkin emas, chunki bu holda seментning qotishi nihoyatda sekinlashib ketadi. Shuning uchun sulfatga chidamli portlandsement klinkeri tarkibidagi uch kalsiyli alyuminat miqdori 5 % dan oshmasligi lozim.

Sementning suvdagi korroziyasi ko'p jihatdan klinkerda uch kalsiyli silikat (C_3S) miqdoriga bog'liq. Uch kalsiyli silikatning gidrolizi natijasida erkin kalsiy gidroksid hosil bo'ladi. U betondan yuvilib chiqib ketadi yoki sulfat bilan reaksiyaga kirishib, gips hosil qiladi. Gips uch kalsiyli alyuminat bilan o'zaro ta'sir etishadi. Shuning uchun sulfatga chidamli portlandsement tarkibida uch kalsiyli silikat ham ko'p bo'lmasligi kerak. Lekin u klinker tarkibida juda oz bo'lsa ham sulfatga chidamli bo'lgan qotayotgan sementda $Ca(OH)_2$ hosil bo'laveradi. Shuning uchun, yuvilib ketish korroziyasining oldini olish maqsadida sulfatga chidamli portlandsementga 15 % gacha gliyej yoki boshqa faol gidravlik qo'shimchalar qo'shiladi. U $Ca(OH)_2$ ni yuqorida aytib o'tilganidek, kam eriydigan kalsiy silikatlarga aylantiradi.

O'zbekistonlik olim, kimyo fanlari doktori, professor I.S. Kansepolskiy rahbarligida bir guruh olimlar sementlarning sifatini yaxshilash borasida olib borgan ishlari natijasida, bu sementlarning sulfat suvlariga chidamliligini yanada oshirish uchun klinker tarkibidagi C_3A minerali miqdorini ancha kamaytirib, to'rt kalsiyli alyumoferrit (C_4AF) mineralining miqdorini oshirish kerakligini aniqladilar. Bunga 2—3 % kolchedan kuyindisini sement xomashyosiga kuydirishdan oldin qo'shib erishildi va shu bilan birga sementni kuydirish jarayoni ham tezlashdi. Temir kolchedani katalizator sifatida qo'shilishi mahalliy sementlarning O'rta Osiyo sharoitida, ayniqsa, yangi o'zlashtirilgan joylarning quruq va issiq hamda sovuq iqlim, kuchli shamol va sho'r suvlariga chidamli, kam alyuminatli alyumoferrit portlandsement olish imkonini beradi. Bu sement 1960- yildan Quvasoy, 1965-yildan esa Ohangaron sement zavodlarida ishlab chiqarila boshlandi.

O'zbekistonda bunday sement ishlab chiqarishni birinchi bo'lib, texnika fanlar nomzodi S.T. To'xtaxo'jayev amalga oshirdi. Yuqorida aytilganidek, sulfatli suvlarga chidamli portlandsement tarkibida C_3A miqdori 5% atrofida olinib, bunday sementda C_3S ko'pi bilan 50% ni tashkil qilardi. Bu sementning dastlabki kunlardagi mustahkamligi (markasi) birmuncha past bo'ladi. Silikati ko'p (C_3S miqdori 50% dan ortiq) sementning sulfatli suvlarga chidamliligini oshirish borasida hozir ham izlanishlar olib borilmoqda.

Ba'zi olimlar yuqori asosli, tarkibida alit moddasi ko'p bo'lgan portlandsementlar qotayotganda zich, mustahkam tarkibiy tuzilma hosil qilgani uchun ularning ichiga sulfatli suvlarning singib kirishi

kamayib, pishiqroq bo'ladi, deb hisoblaydilar. Shuning uchun so'nggi yillarda AQSH standartlaridan C_3S uchun kiritilgan chegaralash olib tashlangan.

I.S. Kansepolskiy rahbarligida olib borilgan ko'p yillik tajribalar portlandsement klinkeri tarkibidagi C_3A miqdorini nihoyatda (1—2 % gacha) kamaytiriladi va C_3S miqdori 50% atrofida qoldirilib, sementlar asosligini oshirish mumkinligi ko'rsatib berildi. Bu ishlar natijasida sulfatli suvlarga chidamli 400 markali, kam alyuminatli alyumoferrit portlandsement olinadi. Dastlab sulfatli suvlarga chidamli sementlar markasi 300 ga teng edi. Shunday qilib, oldindan belgilangan mineralogik tarkibli sement Quvasoy xomashyosi bazasida sanoat miqyosida ishlab chiqarila boshladi.

24. Oq va rangli portlandsementlar

Oq portlandsement —tarkibida temir oksid (0,3—0,45 % gacha) bo'lgan oq klinkerni mayda tuyishdan hosil bo'ladigan gidravlik bog'lovchi modda.

Klinkerni tuyish jarayonida 15 % gacha gidravlik yoki 10 % gacha inert qo'shilmalar, shuningdek, tishlashish muddatlarini keragicha o'zgartirib turish uchun ko'pi bilan 3 % gips qo'shishga ruxsat etiladi. Gips va qo'shilma tuyilgandan so'ng bu sement belgilangan darajada oq bo'lishi kerak.

Portlandsement rangi klinker minerallari tarkibida qanday oksid borligiga qarab har xil bo'ladi. Masalan, kalsiy silikatlar oq, C_3S esa C_2S dan oqroq bo'ladi va hokazo. Ayniqsa, uch kalsiyli alyuminat oqligi bilan boshqa sementlardan ajralib turadi. To'rt kalsiyli alyumoferrit tarkibida temir oksidlari borligi tufayli qoraroq bo'ladi. Shu sababli oddiy portlandsement kul rang-yashil bo'ladi. Demak, klinkerda uni bo'yovchi oksidlar, ayniqsa Fe_2O_3 bo'lmasa bunday sement oq rangli bo'ladi.

Shunday qilib, oq portlandsement ishlab chiqarishdan asosiy maqsad, tarkibida temir oksid bo'lmagan yoki juda oz miqdorda bo'lgan xomashyoni ishlatish. Bunday klinker tarkibida C_4AF ham deyarli bo'lmaydi. Biroq ma'lum kimyoviy tarkibli xomashyo ishlatishning o'zi oq portlandsement ishlab chiqarish uchun kifoya qilmaydi. Buyovchi oksidlar sementga yoqilg'i kulidan yoki tuyish jarayonida tegirmon sharlaridan yoxud tegirmonning po'lat qoplamasidan o'tishi mumkin. Shuning uchun klinkerni pishirish paytida kulsiz suyuq yoki gazsimon yoqilg'i ishlatiladi. Klinker

pishib bo'lgan zahoti uning oqligi oshiriladi. Buning uchun klinker qaytarish muhit ta'siriga uchratiladi. Shunda klinker tarkibidagi Fe_2O_3 ko'rinishidagi temir oksid kamroq bo'yaydigan Fe_3O_4 ga aylanadi va sement yanada oqaradi. Xomashyo aralashmasi va oq sement klinkeri mahsus qattiq kam yoyiladigan po'lat yoki chinni plitalar qoplangan zo'ldirli tegirmonlarda maydalanadi.

Oq portlandsement oqlik darajasiga qarab uch navga bo'linadi. Oliy nav, OS-1, OS-2 (OS-oq sement). Turli nav sementning oqlik darajasi kamida quyidagi talablarga mos bo'lishi kerak. 1-nav — 76 %, 2 nav—72%, oddiy portlandsement — 40% gacha.

Oqlik darajasi fotometr yordamida aniqlanadi. Standartga ko'ra, qaytarish koeffitsiyenti 96,3 % dan kam bo'lmagan bariy sulfat (BaSO_4) oqlik andozasi hisoblanadi. Uch kalsiyli silikat klinkerda ko'p miqdorda bo'lsa, oq portlandsementdan tayyorlangan buyumlarning sirtida oq dog'lar yoki sho'ra hosil bo'lishi mumkin. Bu C_3S ning gidrolizi vaqtida ohak ajralib chiqishidandir. Bunga yo'l qo'ymaslik uchun oq portlandsement, ohakni kam eriydigan kalsiy gidrosilikatga aylantirish maqsadida 5—10% juda faol gidravlik qo'shimcha qo'shiladi.

Klinker tarkibida ko'p miqdorda C_3S va C_3A bo'lgani uchun oq sement tez mustahkamlana boradi hamda ko'proq kirishish xossasiga ega bo'ladi. Bu sement 400 va 500 markalarda ishlab chiqariladi.

Oq portlandsement klinkeriga gips, diatomit (marmar yoki bo'r) va mineral pigmentlar (suvda va organik eritmalarda erimaydigan mayda tuyilgan rangli kukunlar pigmentlar deb ataladi) birga qo'shib tortish yo'li bilan rangli sementlar olinadi. Jumladan, qo'shilmalar sifatida oxra (sariq yoki qizil tusli mineral buyoq), temir, surik (qizil yoki qizg'ish-jigarrang beruvchi mineral), marganes rudasi (jigarrang), ultramarin (havo rang) va shu kabilar qo'shish mumkin. Oq va rangli sementlar sun'iy marmar tayyorlashda ham ishlatiladi.

Rangli sementlar yana quyidagi yo'l bilan ham olinadi. Bo'yovchi oksidlar (xrom, marganes, kobalt, nikel, mis oksidlar) xomashyo aralashmasiga aralashtirilib, yashil, havorang, qora, jigarrang, sariq va boshqa turdagi rangdor klinkerlar olinadi. Mineral tarkibiy tuzilmasiga turli oksidlarning birikishi tufayli olingan rangli klinker tortilib yaltiroq, tekis va turg'un rangga ega bo'lgan sement tayyorlanadi.

Pardozlash materiallari o'zining tabiati va texnikaviy xossasiga ko'ra konstruktiv betonga yaqin tursa ham yig'ma uy-joy qurilishlaridagi pardozlash ishlarini mexanizatsiyalashga qulay imkon yaratadi. Ular bir xil tipdagi texnologik jarayonlar va asbob-uskunalarni ishlatish hamda uzoq muddatga chidamli rangli konstruksiyalar olish imkonini beradi. Shu jihatdan oq va rangli portlandsementlarni eng yuqori unumli pardozlash materiallaridan biri deb hisoblash mumkin. Chunki bu oddiy portlandsementning ko'rinishlaridan biri bo'lib, oq va turli ranglarni o'zida mujassamlashtirgan hamda yuqori darajadagi mustahkamlikka ega bo'lgan sementdir.

VI bob. Maxsus sementlar

25. Tamponaj sementlar

Hozirgi kunda yuzlab va minglab neft hamda gaz quduqlari kovlanmoqda. Ko'pincha bu quduqlarning chuqurligi bir necha ming metrga yetadi. Quduqni o'rab olgan aylanasimon bo'shliq devorlarining ba'zi qismi suv qatlami yoki bo'sh g'ovakli jinslar, hatto g'orlardan iborat bo'ladi. Bu esa neft va gaz ishlab chiqarishni qiyinlashtiradi. Chunki gaz va neft shu g'ovak, g'orlar orqali katta masofalarga yoyilib ketishi mumkin. Shuning uchun bu bo'shliq, ya'ni quvur orqasi bilan quvur ichki devorlari o'rtasi suv va gaz o'tkazmaydigan massa bilan to'ldiriladi, ya'ni tamponlanadi (gaz mustahkam berkitilgan po'lat quvurlar yordamida osonlikcha chiqarib olinadi). Shuning uchun har bir gaz, neft quduqlarini qazib, ulardan foydalanish hamda kapital ta'mirlashda portlandsement turlaridan biri bo'lgan tamponaj sementlari ishlatiladi.

Bu quduqlarni sementlashdan maqsad, suvli yoki boshqa qatlamlardan neft va gaz mahsulotlarini ajratib olishdir. Murakkab burg'ulash jarayonida sementlash ishlari juda mas'uliyatli vazifadir. Sifatli o'tkazilgan sementlash ishlari ko'pincha quduqlardan foydalanishni yaxshilaydi.

Hisoblangan chuqurlikka tushirilgan va tegishlicha osib qo'yilgan po'lat quvurlar kolonkasi orqali sementlashdan oldin quduqlarni yuvish uchun suyuq loy atalasi yuboriladi. Quduq yuvib bo'lingandan so'ng quvurga usti shisha plastinka bilan qoplangan, o'rtasida teshigi bo'lgan pastki tiqin tushiriladi. Tiqin quvur devorlariga zich taqalgan holda joylashadi.

So'ngra quvurga tushirilgan tiqin ustiga tezlik bilan sementlovchi agregatlar yordamida oldindan hisoblangan hajmda sement qorishmasi yuboriladi va u yerga yuqorigi berk (teshiksiz) tiqin tushiriladi. Natijada pastki va yuqorigi tiqinlar orasida qolgan suyuq sement qorishmasi pastga qarab harakat qila boshlaydi. Pastki tiqin oldindan o'rnatilgan tiralish halqasiga borib yetganda bir oz bosim ortadi va pastki tiqin shishasi ezilib sinadi, hosil bo'lgan teshik

orqali sement qorishmasi parmada kovlangan quduqning tubi va quvur orqasidagi halqasimon bo'shliqqa o'tayotganda burg'ulashdan qolgan loy o'z navbatida sidirilib surilib bo'shliqqa o'tib ketadi.

Yuqorigi tiqin pastki tiqin ustiga kelib o'tirganda suyuq loy atalasi berish to'xtatiladi, buni quduq oldiga o'rnatilgan monometrdagi bosimning keskin ortishidan bilsa bo'ladi. Quvur orqasidagi bo'shliqqa o'tayotgan sement qorishmasining ko'tarilishi ma'lum tezlik (kamida 1,5m/s) bilan ketishi kerak. Buning ahamiyati kattadir, chunki u quduq devorlarini loy po'stlog'idan yaxshilab tozalash va chidamliroq sement halqasini hosil qilishni ta'minlaydi.

Sementlash davrida sement qorishmasining hajmi va quvurga itarib yuboriladigan suyuqlik miqdori aniq kuzatilib turiladi. Sement ekzotermiyasi bu bosimning o'sishiga sabab bo'ladi.

Sement qorishmasining quvur orqasidagi bo'shliqda qanchalik ko'tarilgani aniqlangach, sement butunlay qotib olishi uchun quduq taxminan 18, ba'zan 48 soat davomida tinch qoldiriladi. Quduq devorlari va obsadka quvurning tashqi diametri o'rtasidagi sement qorishmasi bilan to'ldirilgan oraliq taxminan 15—50 m ga teng. Sement qorishmasining belgilangan qotish davri tugashi bilan obsadka kolonnasining germetikligi sinaladi. Bu holda bosimni har 30 daqiqada 0,5 MPa gacha kamaytirishga ruxsat etiladi. Bu ishlar tugagach va sement zarur mustahkamlikka ega bo'lgach mahsulotlarning neft va gaz qatlami ochiladi. Teshik ochish parmada kovlangan sementtoshni yana burg'ulash yoki urib tushurish orqali amalga oshiriladi. Bu teshikdan quduq ichiga neft yoki gaz otilib chiqib boshlaydi.

Quvur devorlari va unga yondoshgan sementtosh poroxli yoki torpeda perforator yordamida teshiladi. Teshiklar ochish (perforatsiya) natijasida sementtoshda teshik hosil bo'ladi, bu teshik orqali quvurga neft (yoki gaz) qatlamining bosimidan past bosimda neft (yoki gaz) kira boshlaydi.

Quduqlardagi tamponaj sementlarning maxsus sharoitlardagi xizmati nimadan iboratligini ko'rib o'tamiz. Quduqni ko'zdan kechirib va uning holatini aniq tekshirib turishning imkoni yo'q. Neft va gaz quduqlarining chuqurligi ortib borishi bilan ularda harorat va bosim ham orta boradi. Bu esa albatta sementtosh jarayoniga va hosil bo'ladigan sementtoshning sifatiga ta'sir ko'rsatadi. Suv, gaz va neftlar siqishining ortishi ham quduqlardagi bosimni orttirib yuboradi. Bu esa yuqori haroratda sement qorishmasining tishlashish muddati va sementtoshning shakllanishiga ta'sir qiladi.

Quduqlardagi sementtoshning qotish sharoiti juda murakkab. Jins qatlamlari turli g'ovak, yoriq va kovaklikka egadir.

Sinish vaqtidagi yuvadigan suyuqlik ustini hosil qilgan ortiqcha gidrostatik bosim qatlam jinslarida tabiiy yoriqlarning ko'payishiga va quduqlarni sementlaydigan loyning, so'ngra sement qorishmasining yo'qolib ketishiga sabab bo'lishi mumkin. Qatlamlarning gidravlik uzilishi deb ataladigan holatlari ham bo'lib, qatlam suvlarining yuqoridan pastki boshqa suv gorizontlariga ham oqib o'tishi kuzatiladi. Ko'pincha g'ovakli qatlam jinslarining suvni yutib olish xususiyati tufayli sement qorishmasining suvsizlanishi sodir bo'ladi.

Bir qancha konlarning qatlam suvlari turli tuzlarning yuqori konsentratsiyasiga ega. Misol uchun O'zbekiston, Turkmaniston va Volga bo'yi rayonlari konlarining qatlam suvlarida xlorkalsiyli, xlormagniyli, sulfatnatriyli, shuningdek, sulfatli tuzlar uchraydi. Bu tuzlar ayniqsa yuqori bosim va harorat ta'sirida sementtoshni sezilarli darajada yemirishi mumkin. Buning ustiga sement halqasining suv o'tkazuvchanligini ham e'tiborga olish kerak. Gaz quduqlarining ishlash sharoitlari yana ham murakkab, chunki sementlash ishlari tugagandan so'ng qatlamdan quduq ichiga qarab gaz diffuziyalanishi, ya'ni gazning otilib chiqishi va otilib turishi mumkin. Quvur orqasidagi bo'shliqqa so'rilib kirayotgan sement qorishmasiga loy atalasi aralashsa, bu hol sementtoshning qotishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Quduqdagi sementtosh mustahkamligiga perforatsiya jarayoni ham salbiy ta'sir ko'rsatadi, uning mustahkamligini ko'p omillarga va, ayniqsa, perforatsiya turiga (o'qli va torpedali) bog'liq holda kamaytiradi.

Portlandsement qorishmasi yordamida neft qatlamlarini suvli qatlamlardan ajratib turish uchun mustahkamlovchi quvurlarni mahkamlash bo'yicha birinchi tajribalar 1907—1908-yillarda o'tkazilgan. Ular unchalik chuqur bo'lmagan quduqlarda ijobiy natija berib, u vaqtidagi portlandsement nisbatan sekin tishlanish muddati, past mustahkamlik va dag'al tuyilish kabi xossalari bilan xarakterlanar edi. Shuning uchun sementtosh kerakli mustahkamlikni to'plab olguncha kutish zarur bo'lgan.

Shuning uchun sementning qotish jarayonlarini tezlatish zarurati tug'ildi. Bunga esa sementni maydalab tuyish hisobiga erishilar edi, chunki kerakli kimyoviy va mineralogik tarkibli sementni hosil qilish uchun ma'lumot beruvchi bog'lovchi

materiallar kimyosi to'g'risidagi fan hali unchalik rivojlanmagan edi. Ko'p yillik ilmiy-tadqiqot ishlari va neft konlaridan foydalanishda to'plangan tajribalar sifatli sement olish zarur bo'lgan eng muhim talablarni aniqlashga imkon beradi. Ular haqida quyida so'z boradi.

Quvur kolonnasiga sement qorishmasini tezlik bilan bosim ostida haydab kirgizish uchun u yetarli darajada suvoq bo'lishi va quvur orqasidagi bo'shliqqa itarilib o'tishi kerak. Sementlash ishlari ketayotganda qorishma ma'lum vaqtgacha oquvchanligini yo'qotmay turishi lozim. Bunga suv-sement nisbati 0,4—0,5 % bo'lganda erishiladi. Quduq haroratiga qarab sementning tishlashish muddatlari o'zgarib turadi.

Tamponaj sementlari birinchi ikki sutka davomida kerakli qotish mustahkamligiga erishishi lozim. Qisqa vaqt ichida sement qorishmasining erishgan mustahkamligi quduq stvolidagi kolonnani mahkam birlashtirilishi va natijada qayta burg'ulash hamda perforatsiya davrida va singdiruvchan jinslardan barqaror ravishda himoya qilinishini ta'minlashi lozim. Sanab o'tilgan barcha talablarni qanoatlantirish uchun sementtoshning siqilishga bo'lgan mustahkamligining qanchaga teng bo'lishi kerakligi murakkab masaladir. Mustahkamlik qiymati 2—3 ga teng zaxira koeffitsiyenti bilan birga kamida 3,5 MPa bo'lishi kerak, deb taxmin qilindi.

Sement qorishmasining qovushqoqligi juda muhim ko'rsatkich bo'lib, sementning oquvchanligini xarakterlaydi. Bu xususiyat ko'rsatkich sementdan yaxshi oquvchan qorishma olishni va ma'lum chuqurlikdagi tegishli harorat va bosimda qorishmani quvurga yuborishga hamda quvur orqasidagi bo'shliqqa itarib kiritishga imkon beradigan vaqt ichida qo'zg'aluvchan bo'lib turishini ta'minlashi kerak. Quduqqa sement qorishmasi yuborilgach, qisqa vaqt ichida, u tegishli mustahkamlikka erishishi va quduqda uni uzoq vaqt saqlanib qolishi kerak.

Sementtosh yemiruvchi qatlam suvlariga nisbatan turg'un bo'lishi va mahsuldor neft qatlamlarini qatlam suvlaridan hamda ko'p miqdordagi turli tuzlar, ko'pincha esa oltingugurt vodorodi bor yemiruvchi suyuqliklarning mustahkamlovchi quvurga singib kirishidan saqlashini ta'minlovchi, ya'ni suv singdirmaydigan bo'lishi kerak. Dastlabki qotish davrida sementtosh yetarlicha plastik bo'lishi kerak. Chunki quduqlarni perforatsiya qilayotganda unda yoriqlar hosil bo'lmasligi va shu bilan birga, yuqori harorat va bosim sharoitida uzoq vaqtga chidashi lozim.

Sement qorishmasining suv beruvchanligini albatta e'tiborda tutish kerak. Chunki sement qorishmasidan quduqda uchraydigan shimuvchan (singdiruvchan) jins qatlamlari suvni shimib olish xavfi bor. Bu esa suv-sement nisbatini sezilarli darajada pasaytirib yuboradi, sementning qovushoqligi va tishlashish muddatlariga ta'sir ko'rsatadi. Bundan tashqari, ayniqsa, gaz quduqlarida sementtoshning gaz o'tkazuvchanligi muhim ahamiyatga ega.

Sementning turli sharoitlarda ishlatilishi unga qo'yiladigan hamma talabga to'la javob bera olmaydi. Sement sanoati asosan ikki xil tamponaj sementi ishlab chiqaradi. Uning bir turi «sovuq» quduqlarga, ikkinchi turi esa «issiq» quduqlar uchun mo'ljallangan. Bularan tashqari, boshqa maxsus tamponaj sementlar ishlab chiqarish usullari ham o'zlashtirilmogda.

«Sovuq» va «issiq» quduqlar uchun mo'ljallangan sementlarga qo'yiladigan talablar juda jiddiy. Tamponaj sementlar ishlab chiqarish birmuncha qiyinchiliklar bilan ham bog'liq. «Sovuq» quduqlar uchun mo'ljallangan tamponaj sementlarda C_3S va C_2A minerallarining yig'indisi 60% ga teng, u portlandsementni o'ta mayda tuyish (solishtirma sirti 300—350 m²/kg ga tenglanguncha) orqali olinadi. Undagi gips miqdori 3%, «issiq» quduqlar uchun mo'ljallangan tamponaj sementning tishlashish muddatini sekinlatish uchun unga kam alyuminatli portlandsement qo'shiladi. Bunday sement taxminan 75°C issiqlikda ishlatiladi.

Turli murakkab sharoitlardagi neft va gaz quduqlarini burg'ulashda bu standart material sementlash ishlarini sifatli olib borishga hamma vaqt ham imkon beravermaydi. Bunday sharoitdagi quduqlarni sementlash uchun yuvuvchi loy atalasining solishtirma og'irligidan sement qorishmasining solishtirma og'irligi ortiqroq bo'lishini ta'minlash kerak. Boshqa sharoitlarda esa, aksincha, sement qorishmasini juda ozgina balandlikka ko'tarish uchun uning solishtirma og'irligi kam bo'lishi lozim. Yuqorida aytib o'tilganidek, tamponaj ishlari olib borilayotgan quduqlarning chuqurligiga qarab, uning harorati o'zgarib boradi: «sovuq» quduq deb ataluvchi quduqlarda harorat 40°C dan oshmaydi. Chuqur quduqlarda (2500 m) tamponaj ishlarini yuqori harorat (90°C gacha) va juda ham chuqur (4500 m ortiq) quduqlarda esa 100°C dan ortiq haroratda olib borish kerak. Bunday sharoitda amalga oshirilayotgan tamponaj ishlarida turli sementlarni ishlatishga to'g'ri keladi.

Yoriq jinslardan o'tuvchi quduqlar uchun tolali (asbest qo'shimchali) devorlaridan gaz chiqadigan quduqlar uchun

kengayuvchi, chuqurligi 5—7 km bo'lgan issiq quduqlar uchun (bu yerda harorat 200—300°C ga, bosim bir necha o'n MPa ga yetadi) tishlashish muddatlari sekinlashtirilgan og'ir va yengil tamponaj sementlar ishlatiladi.

Quduqlarda haroratning yana ham ko'tarilishi natijasida sement tarkibidagi minerallar suv bilan reaksiyaga tez kirishadi va uning tishlashish muddati qisqaradi hamda sementning mustahkamligi ortadi.

Shunday sharoitlarda sementlarni ishlatish uchun maxsus sementlar ishlab chiqarilgan, ularning samaradorligi tajribada sinalgan, lekin ular maxsus buyurtma asosida kam miqdorda ishlab chiqariladi.

Hozirgi kunda turli chuqurlikda bo'lgan gaz va neft quduqlari uchun yiliga bir necha 100 ming tonna tamponaj sementlari Quvasoy sement kombinatida ishlab chiqarilmoqda.

O'zbekiston Fanlar akademiyasining akademigi K.S. Ahmedov va texnika fanlar doktori U.D. Mamajanovlar rahbarligidagi olimlar guruhi oddiy tamponaj sementlarni ularga turli tuzlar va ularning aralashmasi hamda yuqori molekulyar polimerlar qo'shib, juda chuqur O'rta Osiyo gaz quduqlarida ishlatish mumkinligini asoslab berdilar. Natijada sementlar xossasi ma'lum darajada o'zgardi.

Maxsus tamponaj sementlar turlarini har xil sanoat chiqindilari asosida ko'paytirish, ularning qotish nazariyasini rivojlantirish kabi ilmiy ishlar respublikamiz mustaqil bo'lgandan keyin kun sayin rivojlanmoqda.

26. Pussolan portlandsementlar

Faol mineral moddalar mayda qilib tuyilgan tog' jinslari yoki sanoat chiqindilaridan iborat bo'lib, ular tarkibida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bo'lgan moddalarga qo'shib aralashtirilsa, suvda qotadigan bo'lib qoladi. Bu qo'shimchalar asosan faol shakldagi oddiy sharoitda ohak bilan o'zaro ta'sir etishadigan qumtuproq va giltuproqlardan tarkib topgan, ularning o'zaro ta'sir etishuvi natijasida gidrosilikatlar va gidroaluminatlar, ya'ni suvga chidamli bog'lovchi moddalar hosil bo'ladi.

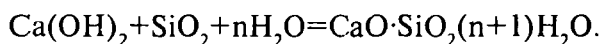
Sementga qo'shilgan tabiiy gidravlik moddalar tarkibiga vulqon kullari, tuflar, trasslar, pemza, diatomitlar, trepel va opokalar kiradi; sung'iy qo'shimchalar sifatida esa yoqilg'i kuli va yoqilg'i toshqoli, domna pechlaridan chiqqan donador toshqol, kuydirilgan gil va shu kabilar ishlatiladi.

Kalsiy gidrat oksid Ca(OH)_2 portlandsement qotayotgan vaqtda ajralib chiqadi. Portlandsement gidravlik qo‘shimchalar aralash-tirilganda esa qo‘shimchaning turiga qarab, pussolan portlandsement yoki toshqolli portlandsement hosil bo‘ladi.

Portlandsement klinkerini tabiiy faol mineral moddalar bilan birga tuygandan keyin hosil bo‘lgan gidravlik bog‘lovchi moddalar *pussolan portlandsement* deb ataladi. Sementning xossalari va sifatiga qo‘yiladigan talablarga qarab qo‘shimchaning miqdori belgilanadi va u, odatda, 20—40% atrofida bo‘ladi.

Toshqolli portlandsement ishlab chiqarishda sementga qo‘shiladigan faol mineral modda sifatida domna pechlaridan chiqqan donador toshqol ishlatiladi: sementga toshqol 30—60% (odatda, 40—50%) atrofida qo‘shiladi.

Pussolan portlandsement va toshqolli portlandsement qotgan vaqtda faol mineral moddalardagi qumtuproq klinkerdan ajralib chiqqan ohak bilan kimyoviy reaksiyaga kirishadi, natijada kalsiy gidrosilikatning qiyin eriydigan birikmasi hosil bo‘ladi:



Demak, faol mineral modda qo‘shilgan portlandsement qotgandan so‘ng unda erkin kalsiy gidrat oksid (ohak) miqdori juda kamayib ketadi, shu tufayli portlandsementning chuchuk va minerallashgan suvlarga turg‘unligi ortadi.

Bu sementlarning maydaligi va tishlashish muddati portlandsementnikidan farq qilmaydi, lekin ularning qotish tezligi portlandsementli betondan kam. Dastlabki kunlarda bu sementlarning qotishi sekinlik bilan borishiga qaramasdan 28 kun ichida betonning mustahkamligi portlandsement mustahkamligiga yetadi. Buyumlarga issiq bug‘ bilan ta’sir etilganda bu sementlar betonning tez qotishini ta’minlaydi.

Pussolan sement bilan toshqolli portlandsementning markalari portlandsementning markasiga o‘xshash: 300, 400 va 500.

Bu tur portlandsementlar oddiy portlandsementga nisbatan kamroq issiqlik chiqaradi, chunki ularning tarkibida gidratlanish vaqtida issiqlik chiqaradigan klinker oz miqdorda bo‘ladi. Bu portlandsementlar kam issiqlik chiqargani uchun ularni betonning yorilishidan xavfsiramay, beton konstruksiyalarda va yaxlit beton inshootlarida bimalol ishlatish mumkin.

Erkin ohak pussolan bilan toshqolli portlandsement tarkibida bo‘lmaganligi sababli ularning chuchuk suv ta’siriga chidamliligi

yuqori. Bundan tashqari, sementga qo'shilgan mineral moddalardagi qum tuproq uch kalsiyli alyuminat bilan reaksiyaga kirishib, uni ikki kalsiyli alyuminatga aylantiradi. $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ning miqdori kamaytirilsa, pussolan portlandsementning sulfatli suv ta'siriga turg'unligi ortadi, chunki bunda «*sement basillari*» ning hosil bo'lish ehtimoli kamayadi. Pussolan portlandsementlarning korroziyasi haqida yuqorida gapirib o'tilgan. Shuning uchun bu haqda batafsil to'xtalmaymiz. Ammo bunday sementlarning mahalliy sharoitga qarab boshqa turlari ham ishlab chiqarilgan. Bularga *gliyej* va *glinit portlandsementlar* misol bo'ladi.

Ma'lumki, sizot suvlarga chidamli sement olish uchun maxsus sulfatga chidamli portlandsement yoki oddiy portlandsement tarkibiga faol mineral qo'shilma qo'shish kerak edi. Birinchisi O'rta Osiyo sharoitida oson hal qilinsa, ikkinchisini amalga oshirish ancha qiyin. Chunki bu yerda tabiiy cho'kma va vulqonlar natijasida hosil bo'lgan mineral qo'shilmalar yo'q. O'rta Osiyo sharoitida paxtachilikning tezlik bilan rivojlanishi va bu bilan bog'liq bo'lgan gidrotexnik inshootlarni qurish ishlarining kengayishi chuchuk va tuzli sizot suvlarga chidamli sementlarni mahalliy xomashyolardan yaratish masalasi ilgari surildi.

Portlandsement o'zining yuqori bog'lovchilik xususiyatlariga qaramasdan tuzli sizot suvlariga chidamsizdir. Chunki qotib qolgan portlandsementtoshda singib kirgan sulfatli suvlar hosil qilgan basilla (kalsiy gidrosulfoalyuminat) darzlar va yoriqlar paydo qiladi va uni yemira boshlaydi. Kam sementli qorishmalarda esa gips kristallari ko'proq (basillaga nisbatan) hosil bo'ladi. Natijada hosil bo'lgan katta hajmli kristall birikmalar sementtoshda ichki kengayuvchi kuchlanishlar vujudga keltirib, inshootni buzib yuboradi. Demak, sementtoshning kengayishi basilla yoki gips kristallari hisobiga bo'lar ekan. Odatda, bu birikmalar betonning yemirilishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun sement ishlab chiqarishda O'rta Osiyoning sho'r yer osti va sizot suvlariga, sho'r tuproqlariga chidamli sement yaratishga katta ahamiyat berish muhimdir. Bunday suvlar tarkibi, odatda, natriy, kalsiy va magniy sulfat hamda xlorli tuzlardan iborat bo'ladi.

O'zbek olimlarining izlanishlari natijasida bunday suvlarga chidamli pussolan sementlar ishlab chiqarish uzil-kesil hal qilingan. Bu sementlarni tayyorlash jarayonida odatdagi portlandsement klinkeriga trass, trepel va shunga o'xshash boshqa tabiiy pussolan qo'shilmalar qo'shish kerak edi, ammo mamlaka-

timizning hamma joyida bu qo'shilmalar bir tekis tarqalmaganligi uchun hamma yerda topiladigan va umumiy bo'la oladigan qo'shilma topish ustida izlanishlar qizib ketdi.

Sun'iy pussolanli qo'shilmalar birmuncha keng tarqalgan bo'lib, bularga kaolinli va boshqa gilsimon tuproqlar kiradi. Sun'iy pussolanli qo'shilmalarning xossalari yaxshi o'rganilmagan.

Barcha korxonalar portlandsement ishlab chiqarishda uning tarkibiy qismi bo'lgan giltuproqni topishlari mumkin. Shuning uchun kuydirilgan tuproqdan pussolan qo'shilma sifatida foydalanish mumkin bo'lgan O'zbekistonda kaolin tuprog'ining juda katta zaxirasi mavjud. «VNIISement»da (Rossiya) olib borilgan tadqiqotlar natijasida kuydirilgan kaolinli tuproqdan tayyorlangan pussolan sementlarning tuzli (sho'r) suvlarga chidamsiz ekanligi aniqlandi. Bu kutilmagan hol edi.

1937- yilda sobiq ittifoq Fanlar akademiyasining betonlar korroziyasi bo'yicha yig'ilishida «Mineral suvli yerlarga mo'ljallangan inshootlar uchun tayyorlanadigan portlandsementlar (glinitdan tashqari) yaxshi o'rganilgan, ular sinalgan gidravlik qo'shilmalar asosida tayyorlanishi lozim», degan qaror qabul qilindi.

O'rta Osiyoga pussolan sementlari juda zarur, chunki bir qator hududlarning yer osti suvlari juda ham minerallangan bo'lib, u yerlarda portlandsementdan gidrotexnik inshootlar va sanoat korxonalarini qurish man etilgan. Pussolan sementlar ishlab chiqarishda kuydirilgan kaolinitli tuproq birdan-bir mahalliy qo'shilma hisoblanar edi.

Bu masalaning muhimligini nazarda tutgan holda O'zbekistonda professor I.S. Kansepskiy tabiiy kuydirilgan kaolinitli tuproq va portlandsement asosida chuchuk va sho'r suvlarga chidamli sement olish ustida uzoq vaqt (1931-yildan boshlab) ilmiy ishlar olib bordi. Shunday qilib, bu maqsadlar uchun foydalaniladigan tabiiy kuygan tuproq-gliyejlardan pussolan qo'shilmasi olish mumkinligi dunyoda birinchi bo'lib isbotlandi. O'rta Osiyoda ko'mir konlarining yonishi natijasida hosil bo'lgan bu tuproqlarning juda katta konlari bor. Unga geolog Sibishev tomonidan qisqacha gliyej (glina yestestvenno-jjennaya) nomi berildi.

Portlandsement klinkeri va gliyejni mayda tuyish bilan gliyej portlandsement hosil qilinadi. Gliyej portlandsementda gidravlik qo'shilma (gliyej) miqdori tayyor mahsulot massasining kamida 30% ini tashkil etishi lozim. Tishlashish muddatlarini keragicha o'zgartirib turish uchun sementni tuyish jarayonida ko'pi bilan 3% gacha gips qo'shish kerak.

Gliyej tarkibi asosan kremniy oksid va oz miqdorda alyuminiy oksid (shuningdek, boshqa oksidlar)dan iborat. Kremniy va alyuminiy oksidning bir qismi amorf holda bo'lib, ohakka juda o'chdir. Gliyej ohak bilan o'zaro ta'sir etganda kalsiy gidrosilikatlar hosil bo'ladi. Ular suvda eruvchan ohakni suvda amalda erimaydigan gidrosilikatlarga aylantiradi. Natijada aralashma qotayotganda erkin ohak ajratib chiqaradigan bog'lovchi modda portlandsementni suvga chidamli qilib qo'yadi.

Bunday qo'shilmalarni ishlatish katta iqtisodiy foyda ham beradi. Portlandsementning tannarxi uning eng muhim va qimmatli tarkibli bo'lgan klinker o'rniga qisman arzon tabiiy gliyejlar ishlatish hisobiga arzonlashadi.

Gliyej o'zi unchalik mustahkam bo'lmagan, oson maydalanib ketadigan, g'ovak materialdir. Bu esa zarrachalarning sirti katta ekanligidan dalolat beradi. Shu sababli qo'shilmalar yuqori reaksiyaga kirishish qobiliyatiga ega. Gliyejlarning faolligi zarrachalar o'lchamiga, kuyish haroratiga bog'liq bo'lib, zarrachalar yiriklashgan va harorat ortgan sari ularning faolligi ham pasayib boradi. Mustahkamlik esa kuydirish harorati ko'tarilishi bilan ortadi.

Qo'shilmalarning ancha g'ovakliligi, sirt-yuzasining yuqori faolligi va gidrofilligi ularning suvga ta'sirini ham belgilab beradi. Ular suvga tegishi bilan unga (suvga) to'yinib qoladi. Qo'shilmalar tabiiy qish sharoitlarida ko'pincha ancha nam bo'ladi. Shu sababli pussolan sementlarni bog'lovchilar bilan birga tuyishdan oldin bir marta quritib olish zarur.

Nam qo'shilmalar aralashgan sement uzoq saqlanganda sementlarning faolligi keskin susayib ketadi. Qo'shilmaning shimish yo'li bilan havodan yutgan nami bog'lovchi modda bilan o'zaro kimyoviy ta'sir etishadi, bu esa uning barvaqt gidratatsiyalanishiga olib keladi va shu bilan sement faolligi susayadi. Qo'shilmalarning ana shu xossasini nazarga olib, pussolan sementlarni saqlash uchun ularga tegishli sharoitlar yaratiladi.

Klinker turiga qarab (gliyejlardan) ikki xil pussolan portlandsement ishlab chiqariladi. Bular oddiy portlandsement klinkeridan foydalanib ishlab chiqariladigan gliyej portlandsement, sulfatli suvlarga chidamli portlandsement klinkeri asosida ishlab chiqariladigan sulfatga chidamli gliyej portlandsement.

Gliyej portlandsementlarning ikkalasi ham bir xil texnologiya bo'yicha ishlab chiqariladi, ularning qo'shilmalariga bo'lgan talab

ham bir xil. Gliyej portlandsement quyidagi texnologik chizma bo'yicha ishlab chiqariladi.

Yuqorida aytilganidek, gidravlik qo'shilma (gliyej)ning g'ovakliligi yuqori va, odatda, qish fasllarida nam bo'lgani uchun namligini ko'pi bilan 2% gacha quritish kerak. Quritish uchun quritgich barabanlar ishlatiladi. Barabanlarga gliyej 10—15 mm gacha o'lchamda maydalangan holda solinadi.

Shunday qilib, uchala komponent: klinker, gliyej va gips belgilangan nisbatga qat'iy rioya qilingan holda zo'ldirli tegirmonga bir vaqtda solib turiladi. Tuyish uchun ikki bo'lmali quvur tegirmonlar ishlatiladi.

Gliyej portlandsement ishlab chiqarish texnologiyasi xomashyo va ishlab chiqarish jarayonini tashkil etishga ko'ra oddiy portlandsement tayyorlash texnologiyasiga o'xshash. Faqat klinkerni tuyish paytida sementga qo'shimcha komponent — gliyej solinishi bilan farqlanadi. Sementga qancha qo'shimcha solinayotgani aniq tekshirib boriladi. Zavodlarda bu maqsadda avtomatik massa ulushlagichlar ishlatiladi.

Gliyejning ta'siri klinker minerallari gidratatsiyalanayotganda ajralib chiqadigan ohakning yutilishiga asoslangan; shuning uchun necha foiz gliyej qo'shish kerakligi bevosita gidratatsiya vaqtida Ca(OH)_2 ajratib chiqaradigan klinker minerali miqdoriga bog'liq. Ma'lumki, uch kalsiyli silikat shunday mineral hisoblanadi va, demak, klinkerda uch kalsiyli silikat miqdori qanchalik ko'p bo'lsa, dastlabki qotish davrida sement mustahkamligiga zarar qilmagan holda shunchalik ko'p gliyej qo'shish mumkin. Laboratoriya sinovlariga ko'ra, taxminan har 1% uch kalsiyli silikatga 0,5—0,75% gidravlik qo'shilma solish mumkin. Shunga asosan, pussolan portlandsement tayyorlash uchun uch kalsiyli silikatga boy alitli klinkerlar ishlatish maqsadga muvofiq, degan xulosaga kelish mumkin. Ammo qo'shilmaning yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan miqdorini hamma vaqt klinker mineralogik tarkibiga qarab belgilab bo'lmaydi. Chunki qo'shilmalarning faolligi har xil bo'ladi. Masalan, 1g trepel yoki diatomit 150 mg gacha CaO yutadi, pemza yoki gliyej esa 50 mg CaO yutadi. Ohakni to'liq birliktirish uchun faolligi past qo'shilmaga nisbatan faol qo'shilmadan kam talab qilinadi. Amaliy ma'lumotlarga ko'ra, faolligi 200 bo'lgan kremniy oksidli chiqindi qo'shilmasining maqbul miqdori sement massasidan 20—25%, faolligi 150 bo'lgan trepel, opoka, diatomit va boshqalarniki esa 25—30% va faolligi 50—60, qo'shilmalarniki esa 40—50% bo'ladi.

Iqtisodiy jihatdan qaraganda qo'shilma imkoni boricha ko'p qo'shilgani yaxshi. Lekin bu narsa sement mustahkamligining o'sish tezligiga va uning so'nggi pishqlik qiymatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi, chunki qo'shilma miqdori ortishi bilan sement klinkeri qismining qotish sharoitlari yomonlashadi (klinker zarrachalari bir-biridan ancha ajralib qoladi).

Gliyej portlandsement chuchuk suv va tarkibida sulfat tuzlari bo'lgan sho'r suvlarga chidamli. Zarur miqdordagi (30% atrofida) gliyejni portlandsement tarkibiga uni tuyishdan oldin qo'shilganda uning mustahkamligi kamayib, zichligi ortadi. Gliyej oddiy portlandsementning zichligini oshirish va «sement basillasi»ning zararli ta'sirini kamaytirishi bilan uning chuchuk va sulfatli sho'r suvlarga turg'unligini, havo va atmosfera ta'siriga chidamliligini oshiradi. Biroq bu bilan portlandsement klinkeri va gliyej asosida sulfat tuzli suvlarga chidamli sement ishlab chiqarish masalasi butunlay hal qilinmagan edi. Sementni sulfat tuzli suvlarga chidamli qilishga erishish uchun portlandsement klinkeriga 70% gacha gliyej qo'shish kerak. Bu sement dastlabki qotish tezligi bo'yicha juda sust bo'lib, unchalik mustahkam emas va sovuqqa ham chidamsiz. Ko'p yillar davomida olib borilgan izlanishlar natijasida portlandsement klinkerining mineralogik tarkibini o'zgartirish yo'li bilan sementning sulfatli suvlarga chidamliligi oshirildi. Gliyejni o'zgartirilgan mineralogik tarkibli, ya'ni kam alyuminatli portlandsementga qo'shish yo'li bilan sulfatli suvlarga chidamli gliyej portlandsement olindi. Bu yerda shuni ham ta'kidlab o'tish zarurki, O'rta Osiyo respublikalarining ko'pchilik hududlari juda kuchli sho'rlangan. Yer usti va yer osti suvlari shu darajada ser tuzliki, oddiy portlandsementlar bunga chidash bera olmaydi. Hozirgi kunda O'rta Osiyo respublikalarida shunday sharoitlarga chidamli yangi gliyej portlandsementi olindi.

O'zbekistonda, Quvasoy sement kombinatida birinchi marta 1940-yildan boshlab 30% qo'shilmali, 1948-yildan esa Bekobod va boshqa sement kombinatlarida sulfatli suvlarga chidamli gliyej portlandsement ishlab chiqarila boshlandi. Hozirgi kunda bu sementning ishlab chiqarilishi natijasida ko'p miqdorda sement tejaldi va xalq xo'jaligiga behisob foyda keltirildi. Bu sement yer osti hamda ulkan suv inshootlarini qurishda keng ishlatiladi va ishlatilmoqda.

Angren va Qizilqiya gliyej konlari so'nggi yillarda ulkan xomashyo bazalariga aylangan. Ko'p yillar davomida gliyej

portlandsementning hossasini o'rganish shuni ko'rsatadiki, uning ishlab chiqarilishi va qurilishda ishlatilishi gliyejning sementga qo'shiladigan qimmatbaho va ishonchli qo'shilma ekanligini isbotladi. Natijada Rossiyaning markaziy rayonlaridan O'zbekistonga keltirilishi kerak bo'lgan uch yuz ming tonnadan ortiq sulfatli suvlarga chidamli portlandsement hozir respublikamizning o'zida ishlab chiqarilmoqda va bunday sementga bo'lgan talab hozirda to'la qondirilmoqda.

Havo va sovuq iqlim ta'siriga chidamli bo'lgan gliyej portlandsement O'rta Osiyo respublikalarida yer usti qurilishlarida keng ishlatilmoqda. Qirqinchi yillarda O'zbekiston sement zavodlarida asosan gliyej portlandsement ishlab chiqarilar edi. Gidrotexnika, sanoat va uy-joy qurilishlarida asosan gliyej portlandsement ishlatilgan edi.

So'nggi yillarda O'zbekiston sement sanoati gliyej hisobiga har yili qo'shimcha yarim million tonna atrofida sifatli sement ishlab chiqarmoqda. Bu esa sement tannarxini ancha kamaytirdi.

Suv inshootlari uchun ishlatiladigan past ekzotermik sement ishlab chiqarish masalasi gliyej portlandsementning olinishi bilan tezda hal qilindi. Ilmiy izlanishlar bu sement yirik suv inshootlari qurilishida ishlatiladigan past ekzotermik sementning o'rnini bosishi mumkinligini ko'rsatadi.

1968-yilning boshida To'xtag'ul GES inshootini qurish uchun maxsus sement tanlash kerak edi. Balandligi 215 metrli bu inshoot massiv-gravitatsiyalidir. Bu inshoot uchun 3,6 million kub beton ishlatish kerak edi. Avval qurilishda markaziy rayonlardan (ya'ni, Rossiyadan) keltirilgan sement ishlatishga qaror qilindi. Chunki bu qurilishga ishlatiladigan inert to'ldirgich reaksiyaga kirishadigan kremniy oksidiga boy, gliyej esa 4 % gacha ishqoriy moddalarga ega. Kremniy oksid va ishqoriy moddalarning o'zaro birikishidan hosil bo'lgan kompleks birikmalar hajmi oldingi ikki modda hajmlari yig'indisiga nisbatan bir necha marta katta bo'lib, betonda ichki kuchlanishlar paydo qilishi, uni yorib yuborishi mumkinligi faraz qilindi. Shularni nazarda tutib mutaxassislar gliyej portlandsementni bu inshoot uchun ishlatish xavfli deyishdi va unga maxsus sement ishlatish kerakligini ta'kidladilar. I.S. Kansepolskiy tashabbusi bilan gliyej portlandsement uzoq vaqtga chidashi, sulfatli suvlarga turg'unligi va gliyej tarkibidagi ishqorlarning inertligi, ya'ni suv hamda ohakda erimasligi kabi yaxshi xossaga egaligi tufayli bu qurilishda gliyej portlandsementi

ishlatildi. So'ngra gliyej portlandsementi uchun texnikaviy shartlar ishlab chiqildi. Shundan so'ng To'xtag'ul GES qurilishiga 1969-yildan boshlab Quvasoy sement zavodi sement yetkazib berdi. To'xtag'ul suv ombori uchun bir million tonna atrofida sement kerak edi. Buning uchun Quvasoy zavodi faqat shu qurilish uchun 1,5 yil ishlashi kerak. Maxsus sementni Rossiyadan keltirilmasdan, Quvasoy zavodidan olib borishning o'zi, taxminiy hisoblarga ko'ra, bir necha 10 mln. so'mga (1989- yilgacha) mablag' tejaldi.

Shunday qilib, I.S.Kansepolskiyning o'z shogirdlari bilan hamkorlikda mahalliy gliyejlardan portlandsement uchun faol mineral qo'shilma sifatida foydalanishni taklif etishi muhim iqtisodiy ahamiyatga ega bo'ldi. Shundan keyin O'zbekiston sement zavodlari irrigatsiya hamda gidrotexnika inshootlarining qurilishi uchun zarur bo'lgan chuchuk hamda sulfatli suvlarga chidamli sement ming tonnalab ishlab chiqarila boshlandi.

Sementlarning kimyoviy chidamliligini oshirish masalasi bo'yicha olib borilgan ishlar ham yaxshi natija berdi.

I.S. Kansepolskiyning ishlari nazariy jihatdan katta ahamiyatga ega bo'ldi, chunki sulfatli sharoitlarda sementlarning korroziyalanish jarayonini o'rganish natijasida ilgari fikrlarga tuzatish kiritildi.

Gliyej portlandsementning dastlabki qotish davridagi mustahkamligi oddiy portlandsementnikidan ancha sust. Bu holni sementga gidrotermal ishlov berish yo'li bilan tezlashtirish mumkin. Bog'lovchi moddalar qotishini tezlatishda avtoklav ishlovi berish ham yaxshi natija beradi. Eng yaxshi qo'shimcha maydalab tuyilgan qum hisoblanadi. Talab qilingan markaga ega bo'lgan mahsulot 0,8 MPa bosim ostida 8—10 soat davomida olinadi.

Respublikamiz zavodlari ishlab chiqarayotgan 30—50% gliyej qo'shilmali sementlarni 0,2 MPa bosimda 4—6 soat davomida avtoklavlarda ishlab katta amaliy ahamiyatga ega bo'lgan, qumsement mahsulotlarning mustahkamligidan qolishmaydigan buyumlar olishga imkon berdi.

Gliyej portlandsementdan tayyorlangan mahsulotlar fizik-mexanik xossalari bo'yicha mo'tadil sharoitda qotgan portlandsementning 28 kundagi mustahkamligiga teng. Bu mahsulot ochiq havo, sovuq va sulfat suvlar ta'siriga chidamli.

So'nggi yillarda O'zbekiston sement sanoati yiliga gliyejlar qo'shish hisobiga qo'shimcha ravishda 500 ming tonnaga yaqin sement ishlab chiqarmoqda.

Portlandsement ishlab chiqarishda fosfotoshqollar ilgari ishlatilmas edi. Birinchi marta Chimkent fosforli o'g'itlar zavodining toshqollarini 1966-yildan boshlab sement chiqarishda 688—66 raqamli vaqtincha texnik shartlarga binoan ishlatila boshlandi.

Fosfotoshqollarning portlandsement qotishiga ta'siri qo'shilma miqdori va klinkerning mineralogik tarkibiga ko'ra o'rganildi. Fizik-mexanik sinovlarga ko'ra mo'tadil solishtirma sirtli sementga fosfotoshqollar qo'shish sementning suvga talabchanligiga ta'sir ko'rsatmaydi, biroq uning tishlashish muddatini sekinlashtiradi. Sementning solishtirma sirtini $340\text{--}380\text{ m}^2/\text{kg}$ gacha oshirish uning tishlashish muddatini birmuncha tezlashtiradi. Fosfotoshqollarni sementga qo'shish, uning tishlashish muddatini susaytirishni fosfotoshqollar tarkibida fosfor kislota tuzlarini borligi bilan izohlanadi.

Haqiqatan, sementga 1% atrofida fosfor kislota qo'shilsa, uning mustahkamligi keskin kamayib ketadi va tishlashish muddati juda sekinlashadi. Fosfotoshqol sementga qo'shilganda uning mustahkamligi dastlabki qotish davrida (1—3 oy davomida) kamayib, asos sementi mustahkamligining o'sishidan keyingi muddatlarda (6 oydan 3 yilgacha) ortib boradi. Sement tarkibidagi fosfotoshqolning miqdori 60% ga yetganda uning mustahkamligi ancha kamayadi, ammo tarkibida 60% fosfotoshqol bo'lgan sementning olti oylik namunalari sinalganda, portlandsement mustahkamligidan ortib ketadi. Bu narsa turli mineralogik tarkibli sementlarni sinaganda ham namoyon bo'ladi.

Fosfotoshqolli sementlarning solishtirma sirti ko'paytirilganda va namunalarga gidrotermal ishlov berilganda ularning mustahkamligi ortadi. Bunday sementlarning havoda qotishi qurilish normalarining talablariga to'la javob beradi. Ammo toshqollarning miqdori ortganda uning sovuqqa chidamliligi kamaya boshlaydi, fosfotoshqollarni portlandsementlarga qo'shib, sement namunalariining kirishishini kamaytirish ham mumkin.

Sementlarga 50% gacha fosfotoshqollar qo'shish sementning armatura bilan tishlashishini kamaytirmasdan, balki bir necha marta orttiradi.

Fosfotoshqollarning tarkibi o'zida domna toshqollaridan kam miqdorda giltuproq borligi bilan farqlanib, portlandsementga qo'shilgan fosfotoshqol miqdoriga proporsional miqdorda uning sulfatli suvlarga chidamliligi ham ortadi. Sinovlar fosfotosh-

qollarning miqdori portlandsement tarkibida 10—60% gacha bo'lganda ma'qul hisoblanadi. Odatdagi sulfatli suvlarga chidamsiz portlandsement ham 15% fosfotoshqol ishtirokida sulfatli suvlar ta'siriga bardosh bera oladi.

Bunday sementlardan yasalgan beton va temir-beton konstruksiyalarga sulfatli suv va sovuqning ta'sirini o'rganib chiqilgan va ular O'zbekiston hamda Turkmaniston hududlaridagi yer osti suvlari juda kuchli minerallashgan joylarda ishlatilmoqda.

Professor I. Toshpo'latov rahbarligida yangi sement glinit portlandsement ixtiro qilindi. Bu sement O'zbekistonda keng tarqalgan mahalliy xomashyo kaolinitli tuproq (gil) ni 700—800°C haroratda qizdirib, odatdagi portlandsement klinkeriga qo'shiladi so'ngra maydalab tuyib tayyorlanadi.

Oq rangdagi gilsimon jinslar kaolin deb ataladi. Bu jinslar asosan kaolinit guruhiga kiradigan minerallardan tarkib topgan.

Glinite portlandsementning sulfatli suvlariga chidamlilik darajasi uning tarkibiga qo'shilgan va kuydirilgan kaolinitli tuproq miqdoriga bog'liq. Boshqacha aytganda, glinit portlandsementga kuydirilgan kaolinitli tuproq ko'p qo'shilsa, u mustahkam bo'ladi, aksincha, kam qo'shilsa, mustahkamligi pasayadi.

Glinite portlandsement trepel, opoka, diatomit va boshqa tog' jinslari qo'shib tayyorlanadigan pussolan portlandsementlarga nisbatan ustun turadi. Bu sementning eng yaxshi xossalaridan biri shuki, u issiq havoda ham, sovuq havoda ham birday mustahkam bo'ladi, muzlash natijasida yemirilmaydi. Bu sementni ishlab chiqarish iqtisodiy jihatdan samarali emas deb hisoblaydilar, chunki kaolin tuprog'ini kuydirishga ko'p miqdorda yoqilg'i sarf bo'lishi hisoblab chiqarilgan.

Toshqolli portlandsement. Portlandsement klinkeri bilan uning donador toshqoli birga tuyilsa, hosil bo'lgan bog'lovchi material toshqolli portlandsement deb ataladi. Sementdagi toshqol miqdori 30—60 % (umumiy og'irligi hisobidan)dan oshmasligi kerak. 10178—62 raqamli standartda ko'rsatilishicha, toshqolning 16% gacha miqdorini boshqa gidravlik qo'shilma bilan almashtirish ham mumkin.

Toshqolga quyidagicha texnikaviy shartlar qo'yiladi: domna toshqollardan ko'pincha toshqolli portlandsement, sulfatlashgan, ohakli toshqolli sement kabi bog'lovchilar tayyorlanadi. Toshqolli sement ishlab chiqarishda ayniqsa tez sovigan domna toshqoli katta ahamiyatga egadir. Toshqollar nam va yarim quruq usullarda yaxshilab tuyiladi.

Toshqolli portlandsement pussolan portlandsement turlariga kiruvchi, faqat faol mineral qo'shilma o'rnida toshqol ishlatilgan bog'lovchi moddadir. Bu sementning ko'pgina xususiyatlari pussolan portlandsementnikiga o'xshash. Agressiv muhit ta'siriga oddiy portlandsementga nisbatan chidamli.

Toshqolli portlandsement 200, 300, 400 va 500 markalarda ishlab chiqariladi. Toshqolli portlandsementning o'ziga xos xususiyatlaridan biri uning tishlashish va qotish jarayonining sekinligidir.

Tishlashishning boshlanish muddati 45 daqiqa, oxirgi muddati esa 12 soatgacha davom etadi. Maydalik darajasi portlandsementnikiga teng. Toshqolli portlandsement beton va temir-beton konstruksiyalar, sun'iy toshlar, qorishmalar tayyorlashda, suvoqchilikda keng ishlatiladi.

Sulfat-toshqolli sementlar donador domna toshqoli bilan gipsni 35—70% gacha tuyish jarayonida portlandsement yoki ohak qo'shib olinadigan bog'lovchi moddadir. Sulfat-toshqolli sement 150, 200, 250, 300 markalarda chiqariladi.

Ohak-toshqolli sementlar donador domna toshqoli bilan 25% ohakni tuyib, so'nmgan aralashmaga gips qo'shib olingan bog'lovchidir.

Pussolan va toshqolli portlandsementlar turli beton va temir-beton konstruksiyalar, yig'ma detal va buyumlar, shuningdek, qurilish qorishmalari va betonlar tayyorlashda ishlatiladi. Bunday sementlardan tayyorlangan betonlar quruq sharoitda ishlatilganda ularning qotishi sekinlashadi.

27. Sulfomineral sementlar

Belit sement. Yangi shaharlarning paydo bo'lishi va u yerlarda yirik jamoat hamda madaniy-maishiy binolarning ko'plab qurilishi sement sanoatining oldiga oq va manzarali sementlarni mahalliy xomashyodan tayyorlash vazifasini qo'ydi.

T. A. Ragozina bunday sementlarni tarkibida temir oksid kam bo'lgan mahalliy xomashyo Isfara gipsi, Ohangaron kaolinli tuprog'i va ohaktoshdan uni 1200—1300°C haroratda kuydirish yo'li bilan olish mumkinligini ishlab chiqdi. Bu sement manzarali qum tuproqli belit sement deb ataldi. U yetarli darajada mustahkamlikka ega va sovuq, sulfatli suvlar ta'siriga chidamlidir.

Ko'p yillar davomida olib borilgan izlanishlar natijasida T.A. Ragozina tezkorlik ishlarida qo'llanilayotgan, industrial usullar

talabiga javob bera oladigan, tez qotadigan, yuqori mustahkamlikka ega bo'lgan oq va manzarali sementlar ham olish texnologiyasini ishlab chiqdi. Bunday sement Ohangaron kaolini, ohaktoshi va gipsidan 1200—1300°C da kuydirish yo'li bilan olindi. Sementni kuydirish harorati odatdagi portlansementni kuydirish haroratiga nisbatan 200—250°C past. Bu esa o'z navbatida pishirish xumdonlarining unumdorligini oshiradi. Yoqilg'i sarfini tejaydi va o'tga chidamli materiallardan yasalgan xumdonlarning ishlash muddatini ko'paytiradi.

Yuqorida sanab o'tilgan sementlar va odatdagi portlandsementni kuydirish jarayonini tezlashtiruvchi sifatida gips ishlatish mumkinligi aniqlandi. Shunday sementlar anortezitlardan (tarkibida 22—30% Al_2O_3 va 45—50% SiO_2 bo'lgan) tarkibiga 10% gacha gips qo'shib olish usuli tavsiya qilindi. Pishirish jarayonini yengillashtirish uchun CaF_4 va $CaSO_4$ dan iborat aralash mineralizator qo'llanildi.

Sement qotganda tuzlarning agressiv eritmalar ta'siriga yuqori darajada bardoshliligi bilan ajralib turadi. Bu sementning sovuqqa chidamliligi ham yuqori. Mazkur xususiyatlari undan gidrotexnik inshootlar qurilishida manzarali va oq rangli sement sifatida foydalanish imkonini beradi.

Asosiy xomashyoning tarkibiy qismi sifatida $CaSO_4$ ga ega bo'lgan gidravlik sement olish masalasi sement texnologiyasi va kimyosida yangilik bo'lib, uning ilmiy va amaliy ahamiyati kattadir.

Bunday sementlarni kuydirishda hosil bo'ladigan sulfomineral-larning xususiyatlari va hosil bo'lish sharoitlari professor, texnika fanlari doktori T.A.Otaqo'ziyev rahbarligida tadqiq qilingan. Bundan tashqari, laboratoriya hamda ishlab chiqarish sharoitlarida sulfosilikat va sulfoalyuminat-silikat sementlarining kuydirish texnologiyasi aniqlandi. Ko'pgina tadqiqotchilar sulfoalyuminat $3(CaO \cdot Al_2O_3) \cdot CaSO_4$ va sulfosilikat $2(CaO \cdot SiO_2) \cdot CaSO_4$ ning hosil bo'lishi, shuningdek, ularning asosiy optik hamda rentgenografik xususiyatlarini aniqlab berishdi.

Shu munosabat bilan mineral fosfor o'g'itlar ishlab chiqaradigan kimyo zavodlarida ko'p miqdorda yig'ilib yotadigan chiqindi — fosfogipsdan iqtisodiy jihatdan samarali foydalanish katta amaliy ahamiyat kasb etdi.

Oddiy sharoitlarda sement namunalari qotish borasida olingan ma'lumotlar sulfoalyuminat namunalari mustahkamligining juda tez va yuqori darajada ortishini, sulfosilikat namunalari esa sust ortishini ko'rsatdi. Biroq tarkibida 20% sulfoalyuminat va 80%

sulfosilikat bo'lgan sement namunalari uch kundayoq eng yuqori darajadagi mustahkamlikka erishadi. 1,5 MPa bosimda avtoklav ishlovi berish, natijasida esa sulfoalyuminat namunalarining mustahkamligi oshmaydi va sulfosilikat namunalarining qotishiga juda yaxshi ta'sir ko'rsatib, ularning dastlabki mustahkamligini 10 baravardan ziyod oshiradi (32-jadval).

32-jadval.

Oddiy va gidrotermal (avtoklavda ishlov berilgan) sharoitda qotgan sulfominerallarning suvda saqlangandagi siqilishga bo'lgan mustahkamlik chegarasi MPa.

Minerallar va ularning aralashmasi	Suv-sement nis-bati, %	Qotish									
		Suvda, kunlar								Avtoklavda, MPa	
		1	3	7	28	90	180	360	720	0,8	1,5
3(CA)·CaSO ₄	14,1	32,1	32,1	32,4	33,5	31,9	28,6	28,6	13,2	20,9	30,8
3(C ₂ S)·CaSO ₄	9,8	3,3	3,8	4,9	13,4	18,8	18,2	22,5	24,2	13,2	36,8
3(C ₃ S)·CaSO ₄	9,8	3,3	4,4	6,6	24,7	30,8	28,8	38,5	39,5	20,9	55
20% (CA)·CaSO ₄ +80% 2(CA)·CaSO ₄	11,8	22,5	33,5	28,6	24,7	25,3	30,8	28,8	26,4	31,9	54,1

Fizik-kimyoviy tadqiqotlardan ma'lum bo'lishicha, sulfominerallardan iborat sementlarning yuqori darajadagi gidravlik xususiyati va mustahkamlikka ega bo'lishining asosiy sababi, ularda kristallogidratlar yangi shakllarining hosil bo'lishidir.

Sulfominerallarning aggressiv muhitlarda qotish jarayoni. Ayrim minerallarning tuzlar ta'siriga bardoshliligi shu minerallarning 3% li MgSO₄ va 5% li Na₂SO₄ eritmalarida qotish jarayonini kuzatish davomida o'rganiladi.

Sulfoalyuminat sement namunalari mazkur eritmalarda juda tez yemiriladi, chuqur yoriqlar paydo bo'ladi va ularning yuzasi maydalanadi.

Sulfosilikat namunalarning, shuningdek, 20% sulfoalyuminatli sulfosilikat sement namunalarining MgSO₄ hamda Na₂SO₄ eritmalarida tuzlar ta'siriga yuqori darajada chidamliligi aniqlandi. Olti oy mobaynida ularning chidamlilik koeffitsiyenti 1, ba'zilariniki esa 2 dan yuqori, ya'ni suvda qotayotganga nisbatan mustahkamligi 1—2 marta ko'p.

Avtoklav ishlov berish sulfoalyuminat namunalarining korroziyasini yo'qota olmaydi. MgSO₄ ning 3% li va Na₂SO₄ ning 5% li

eritmalari ta'sirida sement namunalari ulardan juda ko'p miqdorda ettringit (kalsiy gidrosulfoaluminatning sulfati ko'p bo'lgan shakllari) hosil bo'lishi tufayli yemiriladi.

Sulfosilikatli sement namunalarida $20\% \ 3(\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) \cdot \text{CaSO}_4$ bo'lib, agressiv eritmalarda shu sementlar mustahkamligining ortishi ularning kimyoviy chidamliligi bilan bog'liq. Gips va ettringitning birmuncha kristallanishi bunga misol bo'ladi. Mazkur minerallarning mayda kristallari gidrosilikatlar bilan birgalikda jips birikadi, bu hol sementning uzoq vaqt mobaynida qotishda sementtosh tarkibiy tuzilmasini mustahkamlaydi.

Sulfominerallardan iborat sementtoshga yuqori haroratning ta'siri. Erkin ohak ajratmay qotadigan sementlar portlandsementga nisbatan yuqori darajada issiqqa chidamli bo'ladi. Shuning uchun sulfoaluminat hamda sulfosilikatning yuqori haroratdagi xususiyatlarini o'rganish muhimdir.

Sulfosilikatli sement namunalarining mustahkamligi 800°C haroratda 25% , 900°C haroratda $30\text{--}40\%$, 1000°C da esa $44\text{--}50\%$ kamayadi.

Tarkibida $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4$ bo'lgan sement namunalarining issiqqa ancha bardoshli ekanligi ma'lum. Bu mineralning yuqori haroratga chidamliligining sababi, gidratlanish jarayonida gilsimon mahsulotlarning yo'qligidir.

Past haroratli manzarali bog'lovchi material olish. Hozirgi vaqtda oq portlandsement asosiy manzarali gidravlik bog'lovchi material hisoblanadi. Bu portlandsementning xomashyo aralashmasida temir oksidlari deyarli uchramasligi sababli uni $1500\text{--}1600^\circ\text{C}$ haroratda kuydirish ancha qiyin, bu hol ishlab chiqarish texnologiyasini murakkablashtirib yuboradi. Shuning uchun ishlab chiqarilayotgan bunday sement miqdori qurilish talabini qondira olmaydi. Asosan sulfominerallardan tashkil topgan oq sementni past haroratda olish uchun kaolin, ohak va fosfogips xomashyo aralashmalari kuydiriladi. Aralashma $3\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4$ va $2(\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) \cdot \text{CaSO}_4$ hamda birmuncha ortiqcha angidridi bo'lgan sementni olishga mo'ljallab tayyorlangan.

Ushbu xomashyo aralashmasi $1200\text{--}1250^\circ\text{C}$ haroratda kuydirilib, ochiq havoda tez sovitiladi. Hosil bo'lgan klinker oqish rangli bo'lib oson kukunlanadi.

Tajribalarning ko'rsatishicha, fosfoangidrid, kaolin hamda ohaktosh ishtirokida bunday sharoitda kam parchalanadi, chunki

uning parchalanishiga imkon beruvchi oqsidlar - SiO_2 , Al_2O_3 va Fe_2O_3 ohak bilan o'zaro reaksiyaga kirishib ketadi.

O'tkazilgan tajribalar faolligi va suvga bardoshliligi yuqori bo'lgan, ohagi yuvilib, yuzasiga chiqmay qotadigan oq (manzarali) sulfoaluminatsilikat sement olish imkonini tasdiqladi.

Laboratoriyada o'tkazilgan tajribalarning natijalari oq portlandsement ishlab chiqaradigan Angren zavodida sinab ko'rildi. Bunda zavodda ishlatilayotgan kaolin gili 14%, ohaktosh 42% va fosfogips 44% xomashyo materiali bo'lib hisoblanadi. Aralashma kalsiy sulfosilikat, sulfoaluminat va ortiqcha miqdordagi CaSO_4 birmuncha miqdorda C_4AF hosil bo'lishini ko'zda tutib tayyorlangan.

Fosforli o'g'itlar sanoatining qo'shimcha mahsuloti — fosfogips maxsus mablag' va foydalanish sarf-xarajatlari talab qilmaydi, uning dispersligi ohaktosh uchun zarur jarayon hisoblangan maydalash zaruratini bartaraf etadi. Bu esa elektr energiyasini ko'p miqdorda tejashga imkon beradi va aralashma xomashyosini tayyorlashda maydalovchi jinslar sarfini kamaytiradi, shuningdek, chiqindilardan foydalanish masalasi ham maqsadga muvofiq hal etiladi.

Sinov o'tkazilayotgan vaqtda materialni kuydirish harorati 250°C kamaydi va 1250°C ga tenglashdi. Pechning oziqlanishi ancha ortganiga qaramay, xomashyo aralashmasi me'yorida va ohakning to'liq bog'lanishi asosida kechadi. Bunda katta bo'laklar hamda boshqa salbiy holatlar ko'zatilmaydi. Chala pishgan klinker sarg'imgir oqish rangda, donalari silliqanmagan turli shaklda edi. Klinker suvda sovitilgach, sochilmaydi. Uning og'irligi 1,2 kg/l. Olingan klinkerning maydalanish xususiyati oq portlandsementnikiga nnsbatan ikki marta yuqori.

Shunday qilib, sinash natijasida pechning unumdorligini 55% oshirishga va mazutning solishtirma sarfini 30% kamaytirishga erishildi. Past haroratda kuydirilganda pech qoplamasining mustahkamligi oq portlandsement ishlab chiqarishdagidan ancha uzoq saqlanadi.

Hosil bo'lgan sementning fizik-mexanik sinovlardan keyin quyidagi xossalari ma'lum bo'ldi: u 310-85-sonli Davlat standartiga 1, 3, 7, 28, 180 va 360 kundan keyingi egilishga bo'lgan mustahkamligi tegishli 2, 4, 6, 7 MPa, siqilishga bo'lgan mustahkamligi esa 17, 31, 39, 43, 40 va 55 MPa ga teng. Sement qorishmasining normal quyuqligi 23,5. Uning oqlik darajasi 76—81%. Sement qotganda rangi o'zgarmaydi va qimmatbaho gidravlik qo'shimchalar qo'shilmaydi.

Demak, olib borilgan tajribalar past haroratda kuydiriladigan manzarali sulfoalyuminatsilikat sementining oq portlandsementga nisbatan bir qancha afzalliklarga ega ekanligini ko'rsatdi.

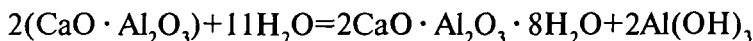
Tadqiqotlardan olingan ijobiy natijalar turlicha miqdorda $3\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4$ bo'lgan sulfoalyuminat silikat sementni qurilish materiallari sanoatida ishlab chiqarish uchun tavsiya etish imkonini beradi. Bu maqsadda tarkibida qumi ko'p bo'lgan kaolinitli gillardan, kimyo sanoati chiqindilaridan (fosfogips) foydalanish mumkin, bu esa oliy nav gillar ishlatishni talab etuvchi oq sement ishlab chiqarishni ancha osonlashtiradi. Bunda, tashqari, xomashyo va sementni maydalashga, shuningdek, yoqilg'iga sarflanadigan energiyani kamaytirish mumkin.

Gips va fosfogipsdan bir vaqtning o'zida sulfat kislota sulfoalyuminat-silikatli sement olish bo'yicha ham tadqiqotlar olib borilmoqda. Buni amalga oshirish uchun 85—90% fosfogips va 10—15% alyumosilikat materialidan iborat aralashmani ko'mir ishtirokida 1250°C haroratda qisman qaytariladi, natijada sulfoalyuminat silikatli-sement hamda SO_2 gaz hosil bo'ladi, SO_2 dan olingan sulfat kislota esa yana ishlab chiqarishga qaytariladi. Olingan sementning rangi ko'kimtir bo'ladi.

28. Giltuproqli sementlar

Ohaktosh va giltuproqqa boy bo'lgan tog' jinslari erish jarayonida yoki qisman erib pishirilganda hosil bo'lgan klinker yaxshilab tuyib olingan tez qotuvchan va juda pishiq gidravlik bog'lovchi giltuproqli yoki alyuminatli sement deb ataladi. Giltuproqli sement tayyorlash uchun xomashyo sifatida asosan cho'kindi tog' jinslaridan boksitlar ishlatiladi. Boksitlar qizil bo'lib, giltuproq gidratining temir gidroksid aralashmasidan iborat. Boksit konlari juda kam bo'lgani bois giltuproqli sement ishlab chiqarishda giltuproqqa boy sanoat chiqindilari ham ishlatiladi.

Giltuproqli sement tarkibida 40% atrofida giltuproq (Al_2O_3), 45% gacha kalsiy oksid (CaO) va 5—10% kremniy (SiO_2) bor bo'ladi. Giltuproqli sement qotish jarayonida suv bilan tez reaksiyaga kirishib, tez tishlashuvchan qotish xususiyatiga ega bo'lgan ikki kalsiyli gidroalyuminat mineralini hosil qiladi:



Qotgan sement tarkibida erkin holdagi kalsiy gidroksid bilan uch kalsiyli gidroalyuminat bo'lgani tufayli giltuproqli sement yumshoq, chuchuk va yer osti agressiv suvlari ta'siriga chidamlidir.

Sementning tishlashish davrining boshlanishi 30 daqiqadan keyin tugaydi va tishlashishning oxiri 12 soatgacha davom etadi. Giltuproqli sement tez qotuvchan bo'lib, uning bir kunlik mustahkamligi 28 kunligining 50% ini tashkil etadi.

Giltuproqli sementning markasi sement-qumning 1:3 nisbatida tayyorlangan namunasi uch kundan keyin siqish yo'li bilan sinab aniqlanadi. Giltuproqli sementning texnikaviy shartlari (GOST 969-77) 33-jadvalda berilgan.

Giltuproqli sementning portlandsementdan farqi shundaki, u qotish jarayonida ko'p suv talab etadi, shu sababli, beton qorishmalari uchun suv-sement nisbati 0,5—0,6 dan ko'p olinadi. Giltuproqli sement tishlashish va qotish jarayonida o'zidan ko'p issiqlik ajratadi. Shu sababli, betonlash ishlari yuqori haroratda olib borilsa, uni sovitib turish kerak bo'ladi. Giltuproqli sement inshootlar, yo'l va ko'priklar qurilishini tezlik bilan qurib foydalanishga topshirish zarur bo'lgan hollarda katta ahamiyat kasb etadi. Giltuproqli sementdan tayyorlangan buyumlarni bug' ta'siriga uchratish yoki portlandsement bilan aralashtirish mumkin emas. Giltuproqli sement qorishmasining mustahkamligi juda tez o'sadi, shuning uchun shoshilinch bajariladigan ishlarda va ko'ngilsiz hodisalarning oldini olishda bu sement ishlatiladi.

33-jadval.

Giltuproqli sementlarning mustahkamlik chegarasi.

Sement markasi	Mustahkamlik chegarasi, MPa			
	siqilishdagi		egilishdagi	
	24 soatdan keyin	3 kundan keyin	24 soatdan keyin	3 kundan keyin
400	35	40	2	2,2
500	45	50	2,4	2,6
600	55	60	2,7	3,0

29. Kengayuvchi va taranglanuvchi sement

Kengayuvchi sement maxsus tarkibli gidravlik bog'lovchi modda bo'lib, qotish vaqtida uning hajmi ortadi.

Sementlarning qotayotgan vaqtida kirishish xossasi barcha gidravlik bog'lovchi moddalarning kamchiligi ekanligi yuqorida aytib o'tildi. Shu kamchilik sababli konstruksiyalarda mutlaqo suv o'tkazmaydigan birorta ham chok hosil qilib bo'lmaydi. Kengayuvchi sement esa qotayotganda mutlaqo cho'kmaydi va shu bilan birga yorilmasdan, hajmi 1—1,5% ortadi, natijada u yanada zichlashib, betonning monolitligi ta'minlanadi.

Sanoat uchun kengayuvchi sementning ikki turi ishlab chiqariladi: suv o'tkazmaydigan kengayuvchi sement va gips-qum tuproqli kengayuvchi sement. Kengayuvchi sementni giltuproqli portlandsement asosida ham hosil qilish mumkin. Lekin ko'pincha bu maqsadda giltuproqli sement ishlatilib, ancha chidamli kengayuvchi sement olinadi. Bu sementlarning qotish paytida kengayishiga sabab, ular tarkibida hajm juda ortadigan kalsiy gidrosulfoaluminat, ya'ni «*sement basillasi*» hosil bo'lishidir, «*basilla*» bu holda ijobiy rol o'ynaydi.

Konstruksiya yoki buyumlarning yemirilgan qismlari — darz va yoriqlarini tuzatishda kengayadigan sement ishlatiladi. Bu sementni prof. V.V. Mixaylov (Rossiya) ixtiro qilgan. Uning tishlashish davrining boshlanishi — 1—4 daqiqa, tugash muddatining oxiri 5—10 soat. Bunday sement tishlashish jarayonida kirishish o'rniga kengayish xususiyatiga ega. Uning suvdagi chiziqli kengayishi 0,1%, quruqlikdagi kengayishi 3%.

Bunday kengayadigan sement giltuproqli sementni aralashtirish yo'li bilan olinadi. Uning 28 kundan keyingi markasi 300, 500 ga teng.

Giltuproqli sement asosida kengayadigan bog'lovchi materiallarning boshqa turi ham bor. Bu P.P. Budnikov, B.B. Skramtayev va I.V. Kravchenkolar (Rossiya) tavsiya etgan gips toshqol-giltuproqli sementdan tayyorlanadi. Bunday sement giltuproqli sement (45%), maydalangan domna toshqoli (25%) va ikki molekula suvli gips (30%) aralashmasidan tayyorlanadi. Mazkur bog'lovchi material o'z xususiyatiga ko'ra, gips-giltuproqli sementga yaqin turadi.

Portlandsementning ham bir qancha turlari bor. Fransuz olimi Lose birinchilar qatori, tarkibida 70—80% portlandsement, 15—20% domna toshqoli va 5—15% kengayuvchi qismidan iborat sementni tavsiya etgan edi. Bu kengayuvchi tarkibiy qismi ikki suvli gips (50%), qizil boksit (25%) va bo'r (25%) aralashmasini kuydirish yo'li bilan olinadi. Mazkur qism qanchalik ko'p bo'lsa, sement yana ham ko'proq kengayadi, toshqolning asosiy vazifasi barcha aralashma qotishining bosqichida ortiqcha kalsiy sulfatni

biriktirish hamda aralashmaning barqarorligini ta'minlashdan iborat. Shuningdek, portlandsement, giltuproqli sement va sulfat toshqol sementlarini aralashtirib yoki portlandsementga turli kengaytiruvchi moddalar qo'shib kengayuvchi sement tayyorlash usuli ham O.P. Mchedlov-Petrosyan, A.Ye. Sheykin va boshqalar tomonidan tavsiya etilgan.

Portlandsement va giltuproqli sementdan V.V. Mixaylov va uning shogirdlari taranglanuvchi sement deb ataladigan sement yaratdilar. Bu sement faqat kengayish hajmi bilan emas, balki kengayish energiyasining kattaligi bilan ham xarakterlanadi.

Taranglanuvchi sement 14:16:70 dan 16:20:64 gacha massa nisbatlarida olingan ikki suvli gips, giltuprog'i yuqori darajada bo'lgan klinker yoki toshqol va portlandsement klinkeri aralashmasining solishtirma sirti $45 \text{ m}^2/\text{kg}$ qadar tuyib tayyorlanadi.

Og'irlik nisbati 1:1 bo'lgan qorishma namunalari normal sharoitda qotirilganda, oradan 28 kun o'tgach pishiqligi 80—90 MPa ga yetadi.

Taranglanuvchi sement tishlashishining boshlanishi 2—5 daqiqada tugaydi, oxiri esa 20 daqiqagacha davom etadi. 20 mm qalinlikda qotgan sement namunalarida 2 MPa gacha gidrostatik bosim ta'sirida ham filtratsiya sodir bo'lgan. Bu bog'lovchi material uchun kengayish energiyasining katta bo'lishi xarakterlidir; 1:1 nisbatdagi bog'lovchi modda namunalari qotganida kengayish energiyasi 3—4 MPa ni tashkil etadi. Bu sementning xususiyatlari undan taranglanuvchi energiyaga ega bo'lgan armaturali temir-beton buyumlar tayyorlash imkonini beradi, qotayotgan sement kengayish paytida bunday energiya ortaveradi. Bunda armaturalash darajasiga (0,15—1,5%) bog'liq ravishda po'latning tarangligi 300—1400 MPa gacha yetishi mumkin. Shuni ta'kidlash kerakki, qorishma kengayganda armatura ikki yoki uch o'qli yo'nalishga ega bo'lishi mumkin, bunga oddiy to'g'ri chiziqli usulda erishib bo'lmaydi. Bunday sementdan tayyorlangan buyum quritilganda qorishma taxminan 0,2 % kirishganda taranglik 20—25 % gacha kamayishi mumkin.

Maxsus xossalari aralashma bog'lovchi moddalar. So'nggi vaqtlarda sof bog'lovchi moddalarni bir-biri bilan va ba'zi qo'shilmalar bilan aralashtirib olinadigan bog'lovchi moddalar tobora keng ahamiyat kasb etmoqda. Bu har xil tarkibiy qismga xos xususiyatli mahsulot olish imkonini beradi. Xususan, muayyan bog'lovchi moddalarni aralashtirish yo'li bilan kengayuvchi va

cho'kmaydigan (kirishmaydigan) sementlar deb ataluvchi bog'lovchi moddalar olish mumkin. Giltuproqli sementni o'ta mustahkam gips yoki qurilish gipsi va yuqori asosli gidroalyuminat bilan belgilangan nisbatlarda aralashtirib suv o'tkazmaydigan kengayuvchi sement tayyorlash mumkin.

I.V. Kravchenko kengayuvchi portlandsement olish usulini ishlab chiqdi. Bunday sement portlandsement klinkeri, giltuproq'i ko'p bo'lgan toshqol, ikki molekula suvli gips va gidravlik qo'shilmasini tuyib hosil qilinadi.

Shuningdek, A.V. Voljenskiy (Rossiya) tavsiya etgan gips-sement-pussolan va gips-toshqol-sement pussolan bog'lovchi materiallari qurilish gipsi yoki o'ta mustahkam gipsning portlandsement yoxud toshqol portlandsement va pussolan qo'shilmasining aralashmasidan iboratdir. Bunday bog'lovchi materiallar tarkibida yarim suvli gips borligi tufayli mustahkamlikning keskin ortish va gidravlik sementlariga o'xshab nam sharoitlarda qotish xususiyati bilan ahamiyatlidir.

Hozirgi vaqtda tarkibi taxminan quyidagicha bo'lgan gips seiment-pussolan bog'lovchi moddalar ishlatilmoqda (og'irligi bo'yicha prosent hisobida):

yarim suvli gips	_____	75—50
portlandsement	_____	15—25
faolligi 200 mg/g dan kam bo'lmagan pussolan		
qo'shilmalar (trepel, opoka, diatomit)	_____	10—25

Shuni aytib o'tish muhimki, yuqori darajada mustahkam gipsli gips-seiment-pussolandan tayyorlangan betonning pishiqlik darajasi 2—3 soatdan so'ng 10—15 MPa, 7—15 kundan keyin esa normal qotganda 30—40 MPa ni tashkil etadi. Bunday beton mustahkamlik markasi shunga teng bo'lgan portlandsementdan, tayyorlangan beton kabi qayishqoq-plastiklik xususiyatlariga ega. Yuqori darajada mustahkam gips va 500—600 (GOST 10178—62) markali o'ta tez qotuvchi sementdan ishlangan gips-seiment, pussolan bog'lovchi materiallari, ayniqsa, tez qotadi. Gips-seiment-pussolan bog'lovchi materiallaridan tayyorlangan buyumlardagi po'lat armaturani tegishli qoplama hamda NaNO_2 qo'shilmasi bilan muhofaza qilish kerak.

Bog'lovchi materiallarning tarkibi, ularning solishtirma sarfi, turi, betonlarning tarkibiy zichligi va boshqa omillarga bog'liq ravishda gips-seiment-pussolan bog'lovchi materiallardan tayyorlangan beton va mahsulotlar 20—50 sikl sovuqqa chidamliligi

bilan diqqatga sazovordir. Mazkur bog'lovchi materiallarning sulfat kislota tuzlari ta'siriga chidamliligi portlandsementning sulfat kislota tuzlariga chidamliligi bilan bir xil.

1956-yildan boshlab gips-sement-pussolan bog'lovchi materiallari respublikamiz qurilishlarida muvaffaqiyatli ishlatilib kelinmoqda.

Gips-sement-pussolan bog'lovchi materiallaridan tayyorlangan mahsulotlar ham ko'p qavatli turar joy binolari va qishloq xo'jalik ahamiyatiga ega bo'lgan binolar qurilishida ham foydalaniladi. Gips-sement-pussolan bog'lovchi materiallarning polivinil atsetat polimer yoki divinilstirol lateks suvli dispersiyasi bilan aralashmasi binolarning tashqi va ichki yuzalarini pardoqlashda, sopol koshinlarni mustahkam yopishtirishda va pardoqlash ishlarining boshqa turlarida qo'llaniladi. Bu alohida tarkibiy qismlarda gips-sement-pussolan bog'lovchi moddalar og'irligining 5—20 foizi polimer moddalardan iborat bu bog'lovchilar yaxshi xususiyatlari va chidamliligi bilan ajralib turadi.

Kengayuvchi sement turlaridan biri giltuproqli sementlardir. Bu sement-giltuproq'i ko'p bo'lgan toshqol bilan ikki suvli gipsni birgalikda maydalab aralashtirish yo'li bilan hosil qilinadi. Mazkur tarkibiy qismlarning og'irlik nisbatlari 0,7—0,3 bo'lishi kerak. Bunday bog'lovchi material suv va havo muhitida tez qotadi. Uni tayyorlash uchun bir kalsiyl, alyuminati ko'p bo'lgan yuqori darajadagi giltuproqli toshqol ishlatiladi. Bu sement mustahkamligi bo'yicha 400 va 500 markalarga bo'linadi. Shuni aytib o'tish kerakki, gips-giltuproqli sement qorishmalari sovuqqa va sulfat kislota ta'siriga juda barqarordir. Giltuproqli kengayuvchi sement kirishmaydigan va kengayuvchi, suv o'tkazmaydigan qorishma va betonlar tayyorlash, yig'ma beton va temir-beton konstruksiyalarni tutashtiriladigan oralarini to'ldirish, konstruksiyalarni kuchaytirish, chok va quvurlar og'zini tekislash va boshqa maqsadlarda ishlatiladi.

30. Kislota chidamli sement

Kislota chidamli sement, kremniy ftorli natriy (Na_2SiF_6) va kvarts qumini birgalikda juda maydalab tuyib olinadi. Sementni qotirish uchun suv emas, balki eruvchan shisha ishlatiladi.

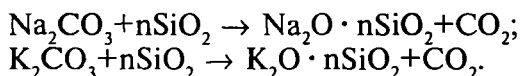
Kislota chidamli sement kvartsli, marshalitli, diabazli, andezitli turlarga bo'linadi. Kislota chidamli sementdan beton tayyorlashda 34-jadvalda berilgan ko'rsatkichlardan foydalanish mumkin.

Kislotaga chidamli sementlar tarkibi.

Kukun to'ldirgich-ning turlari	Sement miqdori, %		Bog'lovchi suyuq shisha		
	kukun to'ldirgich	kremnuy storli	modul	solishtirma og'irlik, kg/m ²	miqdori, % (kukun to'ldirgichga nisbatan)
Diabazli	95	5	2,25	1500	34
Kvarsli	96	4	3,5	1300	33
Marshalitli	94	6	2,6	1450	36
Artik tufi	96	4	2,8	1380	35

Eruvchan shisha-natriy silikat ($\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$) yoki kaliy silikat ($\text{K}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$) dan tashkil topgan, havoda qotadigan bog'lovchi eruvchan shisha maxsus xumdonlarda soda aralashgan toza kvars qummi natriy sulfat yoki potash (K_2CO_3) bilan qorishtirib, 1300—1400°C haroratda pishirib olinadi.

Yuqori haroratda erigan moddalar o'zaro quyidagicha reaksiyaga kirishadi:



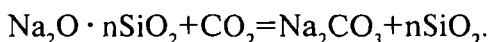
Tezda sovutilgach, shisha bo'tqasi ($\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ va $\text{K}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$) yorilib maydalanadi, so'ng «silikat bo'lak»lari hosil bo'ladi. Qurilishda «silikat bo'lak»lari eritilgan holatda ishlatilgani sababli u «suyuq shisha» deb ataladi. Suyuq holatga keltirish uchun «silikat bo'lak»larini maydalab avtoklavka solinadi va bosim 0,4—0,8 MPa ga yetkaziladi. Natijada bog'lovchi material—kolloid silikat eritma hosil bo'ladi. Eruvchan shishaning xususiyati uning moduli bilan ifodalanadi. Shisha tarkibidagi qumtuproq miqdorining undagi natriy oksidiga (yoki kaliy oksidiga) nisbati modul deb ataladi:

$$M = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Na}_2\text{O}}.$$

Modul M ning miqdori katta bo'lsa, shishaning erish xususiyati va chidamliligi kamayadi.

Eruvchan shisha uch modulga ega: katta modulli $M=3,5-3,9$, o'rtacha modulli $M=3,0-3,5$ va kichik modulli $M=2,0-2,8$ shisha.

Suyuq shisha quruqlikda asta-sekin qurib, undan karbonat angidrid gazi ta'sirida qumtuproq amorf holda ajratib chiqadi:



Qotish jarayonini tezlatish uchun suyuq shishani isitib, unga kremniy-ftorli natriy (Na_2SiF_6) dan 12—15% (suyuq shisha massasiga nisbatan olinganda) qo'shiladi. Ergan shisha chinni idish, tunuka bochkalarda saqlanadi. Uni yozda issiqdan, qishda esa muzlashdan saqlash kerak. Kislota chidamli beton qorishmasi suyuq shisha obdan tuyilgan kremniy ftorli natriy (Na_2SiF_6), kislota chidamli kukun, qum va yirik to'ldirgichlarni (andezit, kvarsit va h.k.) qorishtirib maydalanadi. Beton uchun to'ldirgichlar uch xil yiriklikda ishlatiladi: chang — 0,15 mm dan mayda, qum — 0,15—5 mm hajmda, chaqilgan tosh 5 mm dan yirik.

Kislota chidamli beton tarkibi tajriba yo'li bilan aniqlanadi, buning uchun beton aralashmasiga yetarli bo'lgunga qadar suyuq shisha qo'shiladi.

Titratish usuli bilan joylanadigan beton aralashmasi uchun konusning cho'kishi 20—30 mm bo'lsa, qo'l bilan shibbalanganda konusning cho'kishi 40—100 mm bo'lishi kerak.

Kislota chidamli betonning normal qotishi uchun iliq yoki quruq bo'lgan sharoit yaratish yetarlidir. Kislota chidamli beton tayyorlash uchun materiallar miqdorini taxminan quyidagicha olish mumkin (og'irlik hisobida) 1 qism suyuq shishaga: 0,9—1,1 qism kvars yoki biror kislota chidamli material changi, 1 qism qumga, 1,3—1,7 qism kislota chidamli chaqilgan toshga, 10—15% kremniy-ftorli natriy (suyuq shisha og'irligiga nisbatan). Kislota chidamli beton 3 kundan keyin 10—12 MPa, 28 kunda keyin esa 15—18 MPa mustahkamlikka ega bo'ladi. Kislota chidamli beton armatura bilan mustahkam yopishish xususiyatiga ega bo'lgani uchun kislotalar saqlaydigan sig'imler qurishda temir-beton konstruksiyalar tarzida ishlatiladi hamda u kislotalar ta'sirida bo'lgan qurilish konstruksiyalarini muhofazalashda keng qo'llaniladi.

Bundan tashqari kislota chidamli sementlar qotishmalar, zamaskalar tayyorlashda, kimyoviy uskunalarni qoplashda, devor, pollarni bo'yashda, kislota chidamli g'ishtlarni terishda va beton tayyorlashda keng qo'llaniladi.

1. *А.А.Пащенко, В.П.Сербин, Е.А.Старческая.* Вяжущие материалы. Киев, Высшая школа, 1985.
2. *Ю.М.Бутт, М.М.Сычев, В.В.Тимашев.* Химическая технология вяжущих материалов. К., Высшая школа, 1980.
3. *Х.Тейлор.* Химия цемента. М., Мир, 1996.
4. *А.В.Волженский.* Минеральные вяжущие вещества. М., Стройиздат, 1986.
5. *А.В.Феронская.* Долговечность четсовых материалов, изделий и конструкции. М., Стройиздат, 1984.
6. *А.В.Монастырев.* Производство извести. М., Стройиздат, 1972.
7. *Ю.М.Бутт, В.В.Тимашев.* Практикум по химической технологии вяжущих материалов, М., Высшая школа, 1973.
8. *Р.С.Бойнтон.* Химия и технология извести. Т., Стройиздат, 1982.
9. *А.В.Ферронская.* Гипсовые вяжущие и изделия. М., Стройиздат, 1974.
10. *Т.А.Атакузиев, Ф.М.Мирзаев.* Сульфоминеральные цементы на основе фосфоргипса. Т., «Фан», 1979.
11. *М.А.Ахмедов, Т.А.Атакузиев.* Фосфогипс. Т., «Фан», 1980.
12. *Е. Qosimov, T. Otaqo'ziyev.* Mineral bog'lovchilar va ulardan tayyorlanadigan buyumlar. Т., О'qituvchi, 1984.
13. *Т.А.Отақо'зиев, Р.О.Мирзаев.* Qurilish materiallariga oid izohli lug'at. Т., О'qituvchi, 1991.
14. *Т.А.Атакузиев, Д.Ф.Таджиева.* Новые виды цементов на основе сульфоклинкоров. Т., «Меҳнат», 1989.
15. *А.А.Исмаилов, Т.А.Отақо'зиев, Н.П.Исмоилов, Ф.М.Мирзаев.* Noorganik materiallar kimyoviy texnologiyasi. Т., О'zbekiston, 2002.
16. *Т.А.Отақо'зиев, S.M.Turobjonov, Z.A.Muxamedbayeva.* Kimyo sanoati jihozlari va ishlab chiqarishning ekologik muammolari. Т., 2002.
17. *Т.А.Отақо'зиев, Z.A.Muxamedbayeva.* Kimyo sanoatida maydalash. Т., «O'zbekiston», 2004.

So‘zboshi	3
Kirish	5

Birinchi qism **O‘zbekistonda sement sanoati**

I bob. Tarmoqning barpo etilishi

1. O‘zbekistonda sement sanoatining taraqqiyot bosqichlari	9
2. Ilmiy-texnika taraqqiyotining sement sanoatidagi samaradorligi	12
3. Anorganik (mineral) bog‘lovchi materiallar	18

II bob. Gips texnologiyasi

4. Havoda qotadigan bog‘lovchi materiallar	21
5. Gipsning tavsifi	24
6. Suvli va suvsiz kalsiy sulfat modifikatsiyasi	26
7. Yarim molekula suvli gipsning qotishi	27
8. Gips bog‘lovchilarining qotishiga qo‘shilmalarning ta‘siri	34
9. O‘ta yuqori haroratda kuydiriladigan gips (ekstrix-gips)	43

III bob. Fosfogipsning fizik-kimyoviy xossalari, undan qurilish materiallari sanoatida foydalanish imkoniyatlari

10. Fosfogipsning tarkibi, tuzilishi va xossalarini fizik-kimyoviy tatqiq etish	45
11. Fosfogipsdan xalq xo‘jaligining turli sohalarida foydalanish imkoniyatlari	54
12. Fosfogipsdan havoda qotadigan materiallar olish	56
13. Fosfogips bog‘lovchi moddasini olish texnologiyasini tatbiq etish va ishlab chiqish	59
14. Magnezial bog‘lovchilar	64

IV bob. Ohak texnologiyasi

15. Havoda qotadigan ohak	70
16. So‘ndirilmagan kesak-ohak	71
17. So‘ndirilgan ohak	83
18. Gidrat-kukun ohak	86
19. Ohak xamiri	88
20. So‘ndirilmagan tuyilgan ohak	90
21. Havoda qotadigan ohakning qotishi, xossalari va ishlatilishi	92

Ikkinchi qism
Gidravlik bog'lovchi moddalar

I bob. Hidravlik ohak va romansement

1. Hidravlik ohak	103
2. Romansement	110

II bob. Portlandsement

3. Tarkibi va tasnifi	117
4. Klinkerning kimyoviy hamda mineralogik tarkibi	118
5. Klinker tavsifi	127
6. Klinkerlarning sinflanishi va portlandsement turlari	133

III bob. Portlandsement texnologiyasi

7. Xomashyo materiallari va yoqilg'ı	135
8. Portlandsement ishlab chiqarish usullari	140
9. Ohaktosh va gilni qazib olish, tashish hamda xomashyo aralashmasini tayyorlash	141
10. Klinkerni aylanma pechlarda kuydirganda sodir bo'ladigan jarayonlar	153
11. Klinkerni tuyish	161
12. Portlandsement dispersligining mahsulot xossasi va xususiyatlariga ta'siri	163

IV bob. Portlandsementning qotishi, xossalari va ishlatilishi

13. Sementning suv bilan birikishi va hosil bo'lgan mahsulotlarning kimyoviy tarkibi	169
14. Avtoklav materiallar texnologiyasida kechadigan fizik-kimyoviy jarayonlar	177
15. Kalsiy gidrosilikatlarning hosil bo'lish sharoitlari va barqarorligi	185
16. Portlandsementning qotishi	187
17. Sementtoshdagi hajmiy o'zgarishlar	192
18. Portlandsementning mustahkamligi	193
19. Sementtosh va betonlarning kimyoviy hamda fizik yemiruvchi omillar ta'siriga chidamliligi	200

V bob. Maxsus portlandsementlar

20. Portlandsement turlari	213
21. Tez qotuvchan portlandsement	213
22. Plastifikatsiyalangan va gidrofob portlandsementlar	216
23. Sulfatga chidamli portlandsement	217
24. Oq va rangli portlandsementlar	220

VI bob. Maxsus sementlar

25. Tamponaj sementlar	223
26. Pussolan portlandsementlar	228
27. Sulfomineral sementlar	239
28. Giltuproqli sementlar	244
29. Kengayuvchi va taranglanuvchi sement	245
30. Kislota chidamli sement	249
Foydalanilgan adabiyotlar	252

TEMIRJON AZIM O'G'LI OTAQO'ZIYEV,
ERKIN TEMIRJONOVICH OTAQO'ZIYEV

BOG'LOVCHI MODDALARNING KIMYOVIY TEXNOLOGIYASI

Oliy o'quv yurtlari bakalavrlari uchun darslik

Muharrir To'liqin Alimov
Rassom Uyg'un Solihov
Badiiy muharrir Shuhrat Odilov
Texnik muharrir Yelena Tolochko
Musahhiha Mahmuda Usmonova
Kompyuterda sahifalovchi Shoira Yo'ldosheva

IB №09-200

Bosishga ruxsat etildi 27.12.2005. Bichimi 60×90 ¹/₃₂. Tayms TAD garniturası. Shartli b. t. 16,0. Nashr b. t. 17,3. 1000 nusxa. Shartnoma № 76—2005. Buyurtma №187.

Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi. Toshkent, 700129, Navoiy ko'chasi, 30.

«Arnaprint» MCHJ bosmaxonasida chop etildi. 700182, Toshkent, H.Boyqaro ko'chasi, 41-uy.

Otaqo'ziyev T.A., Otaqo'ziyev E.T.

N87 Bog'lovchi moddalarning kimyoviy texnologiyasi: (Oliy o'quv yurtlari bakalavrlari uchun darslik)/ T.A. Otaqo'ziyev, E.T. Otaqo'ziyev; O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta mahsus ta'lim vazirligi.-T.: Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2005.-256 b.

I. Muallifdosh.

BBK 35.4ya73