

№ 11 дәріс

**Цементтің физикалық және
механикалық қасиеттері.**

Портландцементтің қасиеті. Портландцемент тығыздылығы 3000-3200 кг/м³ арасында болады, көлемдік салмағы 900-1300 кг/м³ 1500-2000 кг/м³.

Беріктілігі. Портландцемент негізгі қасиеті. Портландцемент маркалары 300, 400, 500 600 беріктілігін тексеру арқылы анықтайды.

Цементтің беріктілігі клинкердің минералдық құрамына құрамындағы C_3S және C_3A , ұнтақтылығына, гипстің мөлшеріне қоспаның түріне және мөлшеріне және тағы басқаларға байланысты.

Цемент зауыттары цементті жөнелткенде паспортымен жөнелтеді. Онда шығарған зауытының аты, күні, айы, жылы, маркасы баратын өндірістің аты-жөні, вагонның №, цементтің аты көрсетіледі.

Цемент зауыттары цементті жөнелткенде әр партияның қасиетін тексеріп жібереді.

Цементті ұзақ сақтағанда ауадан су буымен көмір қышқыл газын жұтады. Соның салдарынан аздап гидратация және карбонизация процессі жүреді, сөйтіп оның беріктілігі төмендейді.

Цементтің беріктілігін 1:3 құрамы бойынша құм қосып 4x4x16 үлгіні сындыру арқылы анықтайды, 28 күннен кейін.

Цементтің беріктілігі 1-ші айда жақсы көтеріледі одан кейін беріктілігі аздап көтеріледі. Кей жағдайларда беріктілігін 1 күннің ішінде көтерілгені жақсы, ондай цементті, тез қатаятын цемент деп атайды. Цементтің сығылып, сынғандағы беріктілігі жоғары болса оның иіліп сынғандағысы төмен болады. Мысалы: $400:55 = 7,3$ есе кіші, ал егер $500:60 = 8,3$ есе кіші.

Су қажет ету қасиеті. Юшнкердің минераддық құрамына, ұнтақтылығына, гипстің мөлшеріне қоспаның түріне байланысты болады. Цемент илемінің суды қажет етуін қалыпты қоюлық деп атайды. Қалыпты қоюлықтағы цемент илемі қалыпқа жақсы және тығыз салынады. Цементтің су қажет ету қасиеті төмен болған сайын оның сапасы жоғары болады. Қалыпты қоюлықтағы цементтің су қажет ету қасиеті төмен болған сайын оның сапасы жоғары болады. Қалыпты қоюлықтағы цементтің су қажет ету мөлшері 21-28% арасында.

Портландцемент құрамындағы минералдардың ішінде C_3S суды көп қажет етеді, ал C_2S аз қажет етеді. $CaCl_2$ қоспасын қосса оның су қажет ету қасиеті төмендейді. Цемент илемінің жайылымын, жұмсақтығын жақсарту үшін, яғни ұлғайту үшін әк қамырына саз, бетонит және ұнтақталған активті қоспалар, органикалық қоспалар қосады.

Портландцементтің уақыт ұстамдылығы оның минералдық құрамына қанша мөлшерде C_3A және ұнтақтағанда қосқан гипске байланысты. Мемлекеттік стандарт бойынша портландцемент ұстамдылығының басталуы 45 минут ерте емес, ал аяқталу 12 сағаттан кеш емес. Егер цемент тез қатаятын болса оны өндірісте жылдам пайдалану керек.

Портландцемент шикі затын күйдіру дәрежесі де ұстамдылыққа әсерін тигізеді. Қатты күйдірілген цементтің ұстамдылығы қысқа болады. Сонымен бірге суды көбірек берсе араластырғанда ұстамдылығы жай басталады, аз берсе тез болады. Өндірісте уақыт ұстамдылығын баялату үшін клинкерді ұнтақтағанда гипс қосады, егер портландцемент маркасы 300, 400, 500 болса 3,5% көп емес және 1% аз қоспайды, ал егер маркасы 550, 600 болса 4% көп емес 1,5 аз емес қоспайды. Егер мөлшерден көп қосса ол зиян келтіреді.

Гипс тек қана уақыт ұстамдылығына ғана емес, сонымен бірге беріктілігіне, қатаю жылдамдылығына, шөгуіне, суыққа төзімділігіне т.б. әсерін тигізеді. Кей жағдайда жалған ұстамдылық болуы мүмкін бұл цементтің құрамында 0,5 молекулалы гипс барын көрсетеді, ол клинкерді ұнтақтағанда температураның жоғарлауынан.

Портландцемент қатайғанда көлемінің өзгеруі.
Портландцементтен дайындалған үлгіні қайнаған сумен көлем өзгерісін тексергенде, көлемінің өзгеруін көреміз. Егер цемент көлемін біркелкі өзгертпесе, онда ол қатайғанда тек қана беріктілігін төмендетпей ғана емес, сонымен бірге бұзылып кетуге соқғырады. Цементтің көлемінің біркелкі өзгермеуі, клинкердің құрамындағы бос CaO мен MдO гидратация жасауында, MдO клинкерде 5% көп болмау керек.

Цемент тасының ылғалдылығы өзгергенде болатын шөгу мен ісіну. Егер алдын ала суға салып алған цемент тасының үлгісін ауа температурасында салыстырмалы ылғалдылықта қойса, ол кебе бастайды. Әуелі үлкен кеуіктеріндегі, сосын кіші кеуіктеріндегі су буы шыға бастайлы. Булану үлгінің ылғалдылығы қоршашн ортаның ылғалдылығымен теңелгенше жүреді. Құрғақ ауада бос, байланыс суы үлгіден бөлініп шығады. Үлгі кепкен кезде, қысым күші пайда болады, ол көлемі мен шөгуді азайтуға әкеліп соқтырады. Бұл үлгінің майда бұзылуына әкеліп соқтырады.

Заттан су көп буланып шықса, сонша қысым күші тез жүреді және де шөгу деформациясы да.

Егер үлгінің ылғалдылығы салыстырмалы ылғалдылықтан төмен болса, онда сол ортада үлгінің ылғалдылығы өсе бастайды. Бұл жағдайда үлгінің көлемінің үлкейіп ісінуі басталады. Бұндай құбылыстар ортаның ылғалдылығының өзгеруіне байланысты болып тұрады. Физикалық деформация шөгу мен ісіну басқалардан айырмашылығы, цемент тасының үлгісінде болатын, ішкі күштердің әсерінің болуында. Бұл ісіну процессі, кальций және магний тотығы гидратация жасағанда, пайда болатын ісінуден басқа. Шөгудің себебі кепкенде гидросиликат кальциінің кристалдарының суы буланып кетуінде. Егер толық кептірілген цемент тасының үлгісін ылғандырса оның кеуіктеріне ылғал жинала бастайды, сөйтіп ісіну процессі басталады.

Цемент илемі мен тасының құрылымы Цемент илемін, сылағын, бетонын дайындағанда 40-70%. су алады цементтің салмағынан алғанда, яғни химиялық байланыс суынан алғанда біраз көп. Артық, сулары кеуіктердің арасында қалып қояды.

Реакцияға кірмей қалған сулар буланыш кеткениен кейін, капилляр кеуіктері пайда болады. Цементтің қатаюы өскен сайын капилляр кеуіктерінің көлемі кішірейеді, өйткені олар жаңа гидраттармен толады. Цемент илеміне немесе бетонға кететін судың мөлшеріне байланысты цемент тасындағы капилляр кеуіктерінің мөлшері өзгеріп тұрады. Сондықтан цемент тасының құрылымы күрделі ұсақ кеуіктілі болып келеді, ол цемент тасының көп қасиетіне әсерін тигізеді. Цемент тасындағы кеуіктерді мөлшерінің шамасына байланысты мыналарға бөлуге болады: кіші кеуіктер, диаметрі 0,01 мкм, аспайтын ауысатын кеуіктер, диаметрлері 0,01-ден 0,1-0,2 мкм дейін, үлкен кеуіктер (макро) диаметрлері 0,2 мкм үлкен. Цемент тасындағы кеуіктердің 70-80% диаметрі 1 мкм аз капилляр кеуіктері алады. 0,4...0,45 илемнен жасалған цемент тасының су жұқтырмау қасиеті, табиғи тастікіндей болады.

- С/Ц қатынасы 60% дейін өссе оның су жұту қасиеті өседі. Сіңіру қасиеті жоғары, өйткені олардың құрамына байланыстығында, цементке CaCl_2 , NaCl , FeCl_3 қосса ондағы үлкен кеуіктердің мөлшерлері және көлемі азаяды, және де су сіңіруі де азаяды.
- Төменгі 1-аналогтық кестеде әктас негізінде өндірілетін байланыстырғыш заттардың салыстырмалы технологиясы, құрамы және қасиеттері келтіріледі. Одан шикі заттары әктас пен балшық болғанымен соңғылардың шихтадағы мөлшеріне және олар қай температурада күйдіруіне байланысты сапасы әр түрлі байланыстырғыштар алуға болатындығы көрнекті аңғарылады.

Әктас негізінде алынатын байланыстырғыштардың шикізаттары, өндірілуі, құрамы және қасиеттері

Байланыстырғыш заттар	Шикізат-тар	Шикізат-тарды күйдіру; °C	Байланыстырғыш заттардың		
			құрамы химиялық	минералдық	маркасы (сығуға беріктігі), МПа
Ауа әгі	Әктас, балшық 6%-ке дейін	900-1200	CaO	CaO	0,4-5
Гидравликалық әк	Әктас, балшық 6-20%	900-1100	CaO SiO ₂ Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	CaO 2CaO·SiO ₂ 2CO·Al ₂ O ₃ CaO·Fe ₂ O ₃	1,7-5
Портланд-цемент	Әктас балшық, %	1450-қа дейін	CaO SiO ₂ Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	2CaO·SiO ₂ 3CaO·Al ₂ O ₃ 4CaO·Al ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃ 3CaO · SiO ₂	40; 50 55; 60

Цемент тасының ұлғаю механизмі. Барлық ұлғаятын цемент, аралас байланыстырғыш материалдарға жатады (негізі байланыстырғыш материалмен ұлғаятын қоспадан тұрады). Ұлғаятын қоспаға бірнеше компонент кіруі мүмкін. Бұл цемент қатайған кезде қоспалардың байланысу салдарынан ұлғаю жүреді, ол негізгі байланыстырғыш материалдың қатаю салдарынан белгілі бір шамада тоқтайды. Алынған ұлғайған цементтің құрылымы жинақталады.

Цемент тасының ұлғаю механизмінің негізгі 2 түрі бар: жазықты және көлемді мөлшерлерінің ұлғаюы. Оксидті ұлғаю MgO және CaO гидратация жасап $\text{Mg}(\text{OH})_2$ және $\text{Ca}(\text{OH})_2$, айналуында және сульфоалюминатты ұлғаю гидросульфоалюминат кальцийінің пайда болуында.

Оксидті ұлғаюдың негізгі себебі гидратация кезінде берілген фазада кристаллдардың бос болуында және көлемінің ұлғаюында магний және кальций гидроксиді берілген оксидке қарағанда 2 есе көп көлемді алады. Оксидті ұлғаятын цементті берілген кальций және магний карбонатын төменгі температурада күйдіру арқылы алуға болады. Арнаулы клинкер алса C_2S , CaSO_4 және бос CaO бар, бұл да ұлғайту қасиетін атқарады.

Оксидті қолданудың тиімділігі егер әр түрлі температура жағдайында бірдей нәтиже алғанда магнезиалды ұлғаюдың температурасын 20 °С-тан 200 °С-қа дейін көтеріп бірнеше дейін ұлғаятын цемент алуға болады. Қысымда 10 МПа дейін көтеріп ұлғаю санын 0,7 % дейін жеткізу керек. Бірақ та оксидті ұлғаю іс жүзінде аз қолданады, өйткені цементті күйдірген кезде оксидтердің қасиеті физико-химиялық өзгеріп тұрады. Сульфатты ұлғаюдың негізі эттрингит гидросульфоалюминат кальцийінің пайда болуында. Оның көлемі берілген компоненттің көлемінен 2,0 есе көп. Процесті гидросульфоалюминат кальцийінің пайда болуын қатаюдың алдыңғы кезеңінде болатын қылып жүргізу керек. Компоненттердің қатынасын реттеу жолмен эттрингиттің кристаллизациялануын реттеу қатаятын тастағы су ерітіндісінің қанығу дәрежесін өзгерту арқылы істейді. Ұлғаятын цементтегі қатаятын негізгі компоненттері 1-2 күннен кейін біркелкі болып жинақталады. Сульфоалюминатты ұлғаюдың нәтижесінде цемент тасының мөлшерлерінің ұлғаюын 4-5 %-ға дейін жеткізуге болады.

Сульфоалюминатты ұлғаюды 2 жолмен қамтамасыз етуге болады. Біздерде шығарылатын ұлғаятын цементке (су жұқпайтын гипсті, глинозем және т.б.) белгілі көп қолданып жүрген цементке (глиноземді немесе портландцементке) 2 компонентті ұлғаятын қоспалар қосады, құрамында сульфат кальцийі және әгі немесе жоғары алюминатты кальцийі бар. Шет елде ұлғаятын цементті портландцемент клинкері негізінде құрамында C_3S , C_2S , C_4AF басқа ұлғаятын компоненті бар $4CaO-3Al_2O_3-(C_4A_3S)$ заттар қолданады. **Беттік активті материалдардың (БАМ) физико-химиялық әсер етуінің негізі.** Соңғы кездері органикалық қоспа заттарын пайдалану арқылы цементпен бетонның қасиетін жақсартудың жаңа тәсілдері кеңінен қолданылып келеді. Мұндай бағыт бір жағынан төтенше сияқты, бірнеше жылдар бойы органикалық қосылыстар цементтің катаюына теріс әсерін тигізді.

Цементті еріту кезінде қосылған бірнеше органикалық заттар, оның негізгі қасиеттері уақыт ұстамдылығымен қатаюы ұзақ уақыт бойы бұзған немесе беріктілігін төмендеткен . Мұндай әсерді көбінесе құрамында спирті бар карбонил немесе карбонил тобындағы органикалық қосылыстар көрсетеді. Ребиндер Д.А. және оның қызметкерлерінің зерттеулері органикалық материалдарға қатысты заттарды түбегейлі өзгертті. Олар теория және тәжірибе жүзінде бұл қосылыстар жеткілікті дәрежеде суда еритіндігін дәлелдеді, қатты заттың бетінде адсорбциялық қабық пайда болады, бұл цементтің қатаюымен қасиетіне әсерін тигізеді.

Адсорбция процесінде пайда болатын беттік құбылыстың негізі және адсорбциялық қабықтың қасиеті мынада. Процесс кезінде екі түйісетін фаза қатысады, бұл беттік бөлу қасиетіне үлкен әсерін тигізеді. Бір фазадан екінші фазаны бөліп тұратын дененің беттік қабатындағы молекула саны дененің жалпы көлеміндегі молекула санымен салыстырғанда өте аз мөлшерде, сондықтан мұндай жағдайда беттік құбылыс үлкен қызмет атқарады. Дененің беттік қабығында дисперсиялық бөлшек еседі. Беттік қабаттағы дисперсия дәрежесінің өсуі ішкіге қарағанда маңызы үлкен.

Бұнымен мынаны түсіндіреді. Беттік құбылыстың кең дәрежеде коллоидты-дисперсиялық жүйеде пайда болуы, оның ерекше қасиетін береді. Бір фаза жүйесінің екінші фазадан бөліп тұратын беттік бөлім деп аталады және онда үлкен беттік энергия қоры бар екі фазаның ішкі бөлімінде физико-химиялық қасиеттерінен ерешелінеді. Беттегі энергияның пайда болуын мынаумен түсіндіреді. Ішкі фазаның әр молекуласы қоршалған, сондықтан мұндай молекулада күш өрісі қаныққан. Ал беттегі молекулада күш өрісінің бөлігі фазадан тыс болады, соның салдарынан ол қанықпаған болады, бұл молекулалардың бір-бірімен байланысы ассиметриялы болып келеді.

Қанықпаған күш өрісі беттегі бос энергияның көзі болып табылады. Бос энергияның беттік шектігі тәжірибе жүзінде анықталады, мұны сұйықтың беттік кернеуі деп атайды, басқа фазамен шекаралас жатқан бұл сұйықтардың қаныққан булары болады. Екі фазаның шекарасында болатын маңызды процесс, яғни біреуі сұйық болатын, полярлыны Ребиндер П.А.. бойынша, «молекула күштерінің кернелген шамасы» деп атайды. Осы фазаға әсерін тигізетін сұйықтың полярлық дәрежесін, оның диэлектрикалық тұрақтылығы арқылы анықтайды, ішкі күшпен, тұрақты ортадағы шекарадағы беттік кернеумен және т.б. Полярлық өскен сайын сұйық үлкен дәрежеде ассоциация жасайды.

Полярсыз сұйықтар, мысалы кейбір көмірсутектілеріне ассоциация жасалмайды, олар аз диэлектрикалық тұрақтылықпен, ішкі қысыммен, беттік кернеумен және т.б. сипатталынады. Су полярлы ассоциацияланған сұйық болып табылады. Екінші термодинамиканың заңынан белгілі, әртүрлі туынды изотермиялық процесс бос энергияның төмендеуіне әкеліп соқтырады. Сондықтан, беттік кернеудің төмендеуіне байланысты болатын немесе беттік бос энергиядағы процесс өздігінен туындайды. Мұндай процестерге адсорбция жатады. Мысалы, екі фазалық жүйеге «су-ауа» зат енгізсе, ауамен шекараластағы беттік кернеуі аз сумен салыстырғанда, онда судың беттік қабығына қосылған жоғарғы концентрациялы заттың салдарынан, ауамен шекаралас беттік кернеу азаяды. Бұл процесс оңды адсорбция деп аталады. Сонымен қатар теріс адсорбция да белгілі, ерітіндінің беттік қабығында концентрацияны төмендетеді.

Беттік кернеуді төмендететін зат, аз концентрацияда оң әсер етеді және оларды беттік активті заттар деп атайды.

Беттік активті заттар ауамен шекарада салыстырмалы аз беттік кернеуде болады. Майлы қышқылдың тұздары, белокты заттар және т.б. көбірек зерттелген. Бұл органикалық заттарда полярлы (ООН, ОН) топтар және де полярсыз көмірсутекті шынжыр бар, әртүрлі полярлы бар екі фазаны бөліп тұратын шекарада беттік активті заттар полярлы фазаға-суға, ал полярсыз көмірсутекті шынжыр полярсыз фазаға-ауа жағына ауысады. Мұндай жағдайда көмірсутекті шынжырдың ұзындығы маңызды орын алады. Полярлы шынжырдың аз мөлшердегі тарту күші көмірсутек шынжырының полярсыз бөлімімен теңелмейді және де полярлы бөлімі суда толық ериді. Полярсыз бөлімдегі көмірсутекті шынжырдың ұзындығының өсуі суда еруін азайтады, көмірсутек шынжырының полярсыздығы суда ешқандай жақындастық болмайды. Беттік қабықта мұндай орналасқан адсорбциялық молекулалар асимметриялық күш өрісін азайтады және де оның беттік бос энергиясын төмендетеді. Нәтижесінде адсорбция пайда болады және де ерітіндінің беттік кернеуі азаяды. Мұның себебі, мономолекулярлы қабықтағы адсорбциялық молекулалардың пайда болуы, адсорбцияланған полярлы молекулалар беттік қабықтағы күш өрісін азайтады, одан әрі олардың тартуын жояды.

Қорыта келгенде, адсорбциялық яғни қаныққан қабық полярлы молекула болып табылады және де төмендетілген беттік кернеуді көрсетеді. Бұл қабық беттік беріктілікпен сипатталады. Үлкен беттік беріктілікті коллоидтермен, жартылай коллоидтермен қапталған қабықтар, сонымен қатар ерітіндідегі молекула және ион терізді жоғарғы молекулалы беттік активті заттарды көрсетеді. Адсорбциялық қабықтың беттік беріктілігі олардың қоршалған және тұрақты әсер етуіне байланысты болады. Ол концентрациялық суспензияда қатты заттағы дисперсиялық фазаның бөлшектерінің коагуляциясына айналады.

Молекулалардың табиғаты мұндай жағдайда жұғуға жақсы бейім келеді. Дененің гидрофилмен гидрофобтардың бөлінуіне байланысты сумен жұғуына немесе жұқпауына байланысты болады. Гидрофилдерге негізінен сульфитті-спиртті бардалар, гидрофобтарға-мылонафт, асидол-мылонафт, олеин қышқылы және т.б. жатады. Цементке арнаулы қосылатын органикалық заттар кейбір құрылыстық техникалық қасиеттерді жақсартады. Осы көрсетілген беттік активті заттарды (БАЗ) пайдалану арқылы жаңа цементтің түрін-пластафицирленген және гидрофобты алуға болады.

Суды аз қажет ететін цементтер. Портландцементтің суды қажет етуі, оның негізгі құрылыстық техникалық қасиеттерінің бірі болып табылады. Бұл көрсеткіштің төмендеуінен цементтің бетонда пайдалану тиімділігі өседі, сонымен қатар бетон құрамаларының беріктілігі, тығыздығы және ұзақ уақыт қызмет етуі әсіресе, ауа райы ауыр жерлерде артады.

Цементтің суды қажет етуі дегеніміз, бұл цемент илемінің қалыпты қоюлылығы және сылақтың немесе бетонның судың цементке қатынасы (С/Ц) арқылы бағаланатын көрсеткіш. Бізге белгілі, портландцементтің минералдары толық гидротация жасауы үшін, цементтің салмағынан алғанда 22 % шамасында су қажет. Цемент илемінің қалыпты қоюлылығы таза клинкерлі цементтерде 2-4 % және активті минерал қоспалары бар цементтерде 5-10 % бұл шама көтеріледі. Ыңғайлы жайылымды бетон қоспасын дайындау үшін цементтің салмағынан алғанда 40 %-дан көп су қажет етеді.

Қатайған цемент тасындағы артық химиялық байланыспаған су жүйеде кеуектермен капиллярлар туғызады, бұл кеуектіліктің артуына, беріктіліктің және аязға төзімділіктің төмендеуіне, сонымен қатар басқа да бетонның құрылыстық қасиеттерінің нашарлауына әкеліп соқтырады.

Цементтің суды қажет етуі бірнеше факторларға байланысты, соның ішінде негізгілері олардың минералдық, заттық және түйіршік құрамдары болып табылады. Клинкер минералдарының ішінде жоғарғы гидротация жылдамдығын көрсететін және суды көп қажет ететін үш кальцийлі алюминат C_3A , толық гидротация жасағанда бастапқы минералдың салмағынан алғанда 40 % шамасында суды қажет етеді. Үш кальцийлі силикат C_3S жай гидраттанады 16 % сумен байланысады.

Сондықтан клинкердегі C_3A , аздау, сонымен қатар C_3S және C_2S көтерілуі цементтің суды аз қажет етуіне жағдай жасайды. Құрамында 5 % аз C_3A және 80 % $C_3S + C_2S$ шамасында бар алитті портландцементтің, цемент илемінің қалыпты қояулығы 23-24 % аспайды, ол құрамында 7-9 % C_3A бар цементтердің бұл көрсеткіші 25-26 %.

C_3A портландцементтің суды қажет етуін азайтуға клинкерді тез суытуға әсер етуі мүмкін, нәтижесінде құрылымы өзгереді, оның су ұстайтын жағдайы төмендейді.

Ұзақ уақыт қалыпты жағдайда сақталған цементтің суды аз қажет ететіні (ҚҚ 19-21 %) белгіленді. Бұл сақтау кезінде C_3A гидротация жасау нәтижесінде ылғалдылықтың азаюына байланысты.

Портландцемент клинкерінің басқа құрамдас бөліктерінің ішінде цементтің су қажет етуіне сілтілер әсерііт тигізеді. Цемент илемінің қалыпты қоюлығының өсуіне карбонат сілтілерінің әсер етуі белгіленді. Бұлар болғанда алдау ұстамдылығы болатыны байқалды, бұл цементтің су қажеттілігін арттыруға жағдай жасайды. Клинкердегі сульфат тәрізді сілтілер байланыстрғыштың су қажеттілігіне әсерін тигізбейді.

Портландцементтің су қажеттілігі дисперсиялық және түйіршік құрамына әсерін тигізеді. Дисперсия үлкейсе цемент илемінің қалыпты қоюлығы артады, әсіресе құрамында C_3A жоғары цементтер. Сондықтан жай портландцементтің беттік меншіктігін $6000 \text{ см}^2/\text{г}$ көтеру тиімсіз деп табылды. Сонымен қатар әртүрлі ұнтақтау қондырғыларында ұнтақталған бірдей беттік меншіктігі бар цементтің су қажеттіліктерінде айырмашылықтары болды. Ашық циклді шарлы диірмендерде дайындалған цементтің қалыпты қоюлығы 24-26 %, сепараторлы шарлы диірмендікі 27-28 % және ағынды диірмендікі 30-31%. Әртүрлі фракциялары бар цементтің су қажеттілігі төмен, бұл цемент түйіршіктерінің тығыз орналасуына жағдай жасайды, цемент ұнтақтылығына жетеді.

- Цементтің суды қажет етуін анықтайтын факторлар (C_3A және сілтелердің мөлшері, түйіршік құрамы) белгілі болғанмен іс жүзінде цемент өндірісінде бұл көрсеткіштерді төмендету қиынға соғады.
- Қазіргі кезде цементтің (бетонның) су қажеттілігін төмендету үшін ұнтақтау кезінде (немесе бетон дайындағанда суға ерітіп) аз мөлшерде пластафицирленген қоспа қосады, ең көп тараған лнгносульфонат қышқылдарының тұздарын негізі сульфитті-дрожды (СДБ) және сульфитті-спиртті (ССБ) бражкіден тұрады. Бұл қоспаларды цементтің салмағынан алғанда 0,15 – 0,25 % қосқанда бетондағы және сылақтағы С/Ц 8 – 10 % төмендейді. Көп мөлшерде қосқан кезде гидротация реакциясының кідіргендігі байқалады, бұл бетонның беріктілігін төмендетуге әкеліп соқтырады.
- Соңғы жылдары тиімді пластификатор қоспасына супер-пластификатор пайдаланылып жүр, гидрофиль негізінде сульфометил гетероцикл тұзынан және кейбір органикалық қышқылдарынан, органикалық сульфон қышқылының туындыларынан, смоладан және тағы басқа заттардан тұратын. Суперпластификаторларды негізінен өте берік бетондар және жоғарғы жылжымалы бетон қоспаларын дайындау үшін қолданады.

Суды қажет етуді төмендету жөніндегі ұсынылған тәсіл, майда ұнтақталған клинкерлі гипссіз алынған портландцемент болып табылады. Компоненттердің үйлесімді қатынастарында алынған құрамы композицияның құрамы портландцементтің су қажет етуін қатардағы портландцементпен салыстырғанда 35 - 40 % төмендетеді. Гипсі жоқ портландцементтен жасалған сылақтармен бетондар жоғарғы беріктілікпен төменгі кеуектілікті көрсетеді.

Гипссіз композицияның зерттеулері мынаны көрсетті, пластификатор есебінде қымбат емес қоспаны пайдаланғанда, мысалы, сульфитті-дрожды бражкаларды, ал қатайтқыш күшейткіш есебінде поташ немесе сілті металлдардың басқа да қосылыстарын жақсартады, онда су қажеттілігі жай портландцементтің су қажеттілігімен салыстырғанда 35 - 40 % кем және жоғарғы беріктілікті портландцемент алуға болатындығы байқалды. Гипссіз цементке (беттік меншіктігі 4500-5000 см²/г) 1 – 1,5 %-ға дейін СДБ және 0,25 - 1 %-ға дейін карбонат немесе силикат сілті металлдарын қосқанда жеңіл құйылатын бетон қоспасын алуға болады. Мұндай шамамен алынған сылақ үлгілерін буландырғаннан кейінгі беріктілігі маркамен 600-700 және 28 күннен кейін 800 болып табылады.

Қалыпты жағдайда қатайған үлгінің беріктілігі 600 марка болды. Гипссіз портландцементтен жасалған сылақпен бетонның беріктілігі ұзақ уақыт қатайғанда тұрақты өсті. Осы цементтен жасалынған буланған үлгінің кеуектілігі жай портландцементтен жасалынған үлгінің кеуектілігінен төмен болғаны анықталды. Жылумен өңдегендегі қатаю сипатын мына кестеден көруге болады. Осыған байланысты С/Ц төмендеуінің салдарынан бұл цементтердің уақыт ұстамдылығының тездетуін қажеттілігін белгілеу керек. $C/C = 0,29$ болатын бетон қоспасы қозғалысын 1 – 1,5 сағат ұстай алады және де жоғарғы тұтқырлығымен ерекшеленеді, бірақта бұл құбылыс сілкіндірудің нәтижесінде жойылады. Гипссіз цемент C_3A құрамымен және әсіресе бос CaO шектеледі, клинкердің жай минералдық құрамында $C_3S > 55\%$, $C_3A < 8\%$. Қоспаны цементті ұнтақтау кезінде 0,1 – 0,2 % СДБ қосуды ұсынады, ал күшейткіштермен СДБ қалған бөлігін сумен еріту арқылы қосады.

Гипссіз композицияның жылумен өңдегендегі катаю кинетикасы

№	Жылумен өңдеу тәртібі, сағат	Гипссіз композициядан жасалған буландырылған бетонның беріктілігі, МПа		
		0,5 сағ. кейін	12 сағ. кейін	28 күннен кейін
1	$2+3+6+2=13$	63,7	63,5	71,4
2	$2+3+5+1=11$	61,2	62,0	74,7
3	$1+3+4+1=9$	59,1	62,3	73,1
4	$1+2+3,5+0,5=7$	56,9	63,0	79,0
5	$0,5+2+2+0,5=5$	56,3	62,4	74,6
6	$0,5+2+1+0,5=4$	53,3	65,3	72,0

Композицияның су қажеттілігіне әсерін шешетін, ол цемент ұнтағының түйіршік құрамы. Полидисперсті цемент композициясы ең аз су қажеттілікті көрсетеді. Түйіршік құрамның тарылуы су қажеттіліктің өсуіне әкеліп соғады. Сонымен жайылымдылығы 113-115 мм болатын сылақты сепараторлы ұнтақтау арқылы $C/Ц = 0,28...0,3$ болатын цементтен алуға болады, ал ашық циклмен істейтін диірменнен $C/Ц = 0,24...0,28$ цементтен алынады. Ағынды ұнтақталған қоспасы бар беттік меншіктігі $4500 \text{ см}^2/\text{г}$ бөлшектің мөлшері 30 мкм аз цемент жоғарғы беріктілік көрсеткішімен сипатталынады. Бірдей беттік меншіктегі цемент ұнтағының төменгі су қажеттілігін ашық циклмен істейтін диірменнен алынған цемент көрсетеді, ал бірақта беріктілігі жағынан ағынды ұнтақтау арқылы алынған цемент жақсы нәтиже береді. Гипссіз цементтің гидротация жағдайындағы адсорбция құбылысын зерттегенде мынаны көрсетті, карбонат және силикат сілті металдары C_3A минералына СДБ адсорбция жылдамдығын төмендетеді және су фазасындағы суспензияның концентрациясын төмендетеді.

Суды аз қажет ететін цементтен бірдей беріктілікті бетон алғанда 1 м³ бетоннан 40 – 100 кг цемент мөлшері маркасы М600 портландцементпен салыстырғанда азаяды. Бетонды жылумен өңдеу тәртібін 2 – 3 есеге қысқарту арқылы жүргізуге болады, соның ішінде алдын ала бетонды ұстап тұру болады. Бетонның буландырғаннан кейінгі беріктілігі осы тәртібте маркалық беріктіліктің 70 – 80 % жетеді.

Байланыстырғыштың салмағынан алғанда 30 – 50 % портландцемент клинкерін домна қожына ауыстырғанда беріктілік және су қажеттілік қасиеттерін төмендетпей, уақыт ұстамдылығының басталуына баяулату жағдайын жасайды. Мұны былай түсіндіруге болатын шығар цементті қожбен араластырғанда клинкердің құрамдастарының гидротациялану дәрежесінің көтерілуі, сонымен қатар сілті металдарының карбонаты қождың қатаюын күшейтеді, әсіресе жылумен өңдеу жағдайында бұл жоғарғы беріктілік цемент тасын алуға мүмкіншілік жасайды.

Өндіріс жағдайында гипссіз цементті тексергенде мынаны көрсетті: 30 % қож қоспасы бар байланыстырғыштан жасалынған бетон қоспасы өзінің қозғалысын 1 сағат бойы ұстаған, ал таза клинкерлі цемент 20 мин ұстайды. Қожды портландцементтен жасалынған бетон беріктілігі жағынан қожсыз цементтен жасалған бетоннан кем түспейді.

Маркасы М600 жоғарғы беттік шектігі бар гипссіз портландцементтен жасалған бетонның аязға төзімділігін тексергенде бірнеше жүз мұздатумен еріту айналымында айтарлықтай беріктіліктің төмендеуі байқалмады. Маркасы М 600 портландцементінен жасалған осы маркадағы бетонды салыстырғанда аз цикл ұстады. Гипссіз портландцементтен жасалған бетондармен сылақтарды ұзақ уақыт катаятқанда беріктіліктің төмендеуі байқалмайды, бұл қатаю кезінде деструктивті процестің болмауын дәлелдейді. Су қажетілігі төмен гипссіз портландцемент композициясынан жасалынған жоғарғы беріктілікті буландырылған 600-700 маркалы бетонды, торкрет-бетонды, жеңілдетілген тампонаж сылағын өндірісте тексергенде, оларды пайдаланудың тиімділігін дәлелдеді. Сонымен, портландцемент клинкерінен ұстамдылықты баяулататын қоспадан, пластификатордан және қатаю тездеткішнен жасалған тез қатаятын гипссіз портландцемент бетондау технологиясын жақсартады. Гипссіз портландцементтің көптеген зерттеулері беттік шектігі $500 \text{ м}^2/\text{кг}$ жоғары екі сулы гипстің орнына техникалық лигносульфонаттан ЛСТ (1 – 1,5 %) және карбонат немесе силикат сілті металлдарынан (0,25 - 1 %) тұратын комплекс қоспаларды пайдалану арқылы тексерілген.

- Мұндай гипссіз портландиементте гидротация заттарының құрамында гидрооксид кальцийі 2 - 4 есе аз, ал гидросиликат кальцийіндегі C/S катынасы 2,7 шамасында. Гипссіз портландцемент тасының жоғарғы беріктілік болуы, оның кристаллдық фазасының болмай жоғарғы тығыздылығында, яғни катардағы жай портландцемент сияқты.
- Беттік шектігі жай цементтегі сияқты ұнтақтап алынған гипссіз цементтің катаю ерекшеліктерімен қасиеттерін Л.Г. Шпынов қызметкерлерімен зерттеулер жүргізді.
- Электронды микроскопияның деректері бойынша гипссіз және жай портландцементтің ерте құрылымының пайда болуында өзгешеліктер бар. Цемент тасының құрылымындағы ине тәрізді этtringит немесе ситтенит кристаллдарының болмауы және ұсақ дисперсті құрылымның пайда болуы цемент түйіршігінің алғашқы жылжуына жағдай жасайды және де мұндай жүйенің пластификациясының көтерілуіне мүмкіншілік туғыздырады. Комплекс қоспалары гипссіз портландцементке осы құбылыстың тізімін суперпластафикатор денгейінде әсер етеді, байланыстырғыштың су қажеттілігін 15 % төмендетсе, сонымен катар бір мезгілде C_3A ұстамдылығын баяулату рөлін атқарады гексогональ фазасына айыру қабығын тудырып отырады.

- Нәтижесінде кеуек аралық кеңістік кішірейеді және цемент тасы жоғарғы ерте беріктілігін жинайды, гидроалюминат типті катаюдың арқасында, бұл гипссіз портландцементті әртүрлі құрамдағы C_3A зерттелгенін дәлелдейді.
- Гипссіз портландцемент катаяғанда жай қатардағы портландцемент үлгілеріне қарағанда айтарлықтай аз гидрооксид кальцийі пайда болады.
- Комплекс химиялық қоспасы бар гипссіз портландцемент тасының микроқұрылымы біркелкі және негізінен олар бір-біріне тығыз орналасқан майда дисперсиялық гидроалюминат және гидрокарбоалюминат кальцийінің кристалдарынан тұрады. Олардың бетіне ЛСТ адсорбция жасауы пайда болатын гидраттардың қозғалуына жағдай жасайды. Мұны судың цементке қатынасы төмен мәніндегі тампонаж сылағының жақсы жайылуы растайды. Құрамында аз мөлшерде аязға қарсы комплекс химиялық қоспасы бар гипссіз портландцементті теріс және төменгі оң температура жағдайында пайдаланғанда сылақтардың үдемелі катаюын қамтамасыз етеді.