

Бетонның қалыпты температурада қатаюуы

Бұйымдарды құрылыс басында дайындағанда және құрама бір тұтас конструкциялар жасағанда бетон қалыпты жағдайда 15-20 °C қатайды. Мұндай жағдайда бетонның беріктілігінің өсуін оның минералдық құрамы және цементтің ұнтақтылығы, бетонның құрамы, ең алдымен химиялық қоспасы бар С/Ц анықтайды. Егер де тез қатайтын цементтерге қатаюды тездететін қоспаларды пайдаланса немесе судың цементке қатынасын төмен қылып алса, онда бетонның беріктілігі тез өседі.

Бетондардың ерте уақытта қатаюуына, бағып күтудің маңызы зор, әсіресе, тиісті ылғал ортада қамтамасыз етілсе. Бұл үшін бетонды полимер пленкасымен жабады, құм себеді, яғни, тұрақты ылғалдандырып тұрады, синтетикалық материалдан жасалған төсеніш немесе басқа тәсілдер пайдаланады, яғни, бұлар цементтің гидратация процесінің баяулауын болдырмау үшін бетонның кебуінен сақтайды.

Бетон ерте кезінде тез кебетін болса, шөгу деформациясы пайда болады, микрожарықтар шығады. Нәтижесінде бетонның құрылымы нашарлап, беріктілігі төмендейді. Одан кейін қолайлы жағдай жасалынбайды, құрылымын жөндеу мүмкін болмайды, сондықтан бетонды ерте кезінде күтіп бағу, сапалы бетон алуға қажетті жағдай болып табылады.

Қолайлы жағдайда бетонның беріктілігінің өсуі ұзақ уақытқа жалғасады. Әртүрлі жастағы бетонның беріктілігін шамамен анықтау үшін формула пайдаланады: $R_6 = R_{28}(\lg n / \lg 28)$

мұндағы R_6 – әрбір кездегі бетонның сығылып сынғандағы беріктілігі; R_{28} – бетонның 28 тәуліктегі беріктілігі; $\lg n$ – бетонның жасындағы ондық логарифм

Бұл формула $n > 3$ бетондар үшін қанағаттандыратын нәтиже береді, орташа маркадағы қатардағы портландцементтен дайындалған. Шынайы беріктілік есептеген беріктіліктен ерекшеленуі мүмкін, оны тек қана сондай жағдайда қатайған бетоннан немесе тікелей конструкциядан бақылауға арналған үлгілерді тексеру нәтижелері бойынша анықтайды.

Әртүрлі жастағы бетонның беріктілігіне дәл баға беру үшін цементтің минералдық құрамын ескеру қажет.

Қалыпты температурада бетон беріктілігінің үдемелі өсуі бойынша цементтерді шартты түрде төртке бөлуге болады. (7.1 кесте). Осындай жағдайда цементтер, әртүрлі жастағы бетондар беріктілігінің тез көтерілуін қамтамасыз етеді, ұзақ уақыт қатайғанда беріктіліктің өсуі тез баяулайды. Керісінше III-IV түрдегі басында баяу қатаятын цементтерден жасалған бетондар, белгілі бір беріктіліктің өсуін ұзақ уақытта көрсетеді. Қолайлы жағдайда цементтен жасалған бұл бетондар жарты жылдық жасында беріктілігін 1,5-1,8 есеге арттырады, 28 тәлікпен салыстырғанда және де беріктіліктің өсуі баяу болса да бірнеше жылға созылады.

Қатаю жылдамдығы бойынша цементтердің классификациясы

Цементтің түрі	Минералдық сипаттамалары	Беріктіліктің өсу коэффициенті		
		$k_{7-28} = \frac{R_7}{R_{28}}$	$k_{28-90} = \frac{R_{90}}{R_{28}}$	$k_{28-180} = \frac{R_{180}}{R_{28}}$
I	Алюминатты цемент ($C_3A > 12\%$)	0,65-0,8	1-1,05	1-1,1
II	Алитті цемент ($C_3S > 50\%$, $C_3A < 8\%$)	0,6-0,7	1,05-1,2	1,1-1,3
III	Минералдық сипаттамасы күрделі цемент (құрамында $C_4AF < 14\%$ болатын пуццолан портландцементі, құрамында 30-40 % қожы бар қожды портландцемент	0,5-0,6	1,2-1,5	1,3-1,8
II	Белитті портландцемент және құрамында 50 % жоғары қожы бар қожды портландцемент	0,45-0,5	1,6-1,7	1,85
	$R_n = R_{28}(\lg n / \lg 28)$ формула бойынша салыстыру үшін	0,58	1,35	1,55

Жинақталған темірбетон конструкциялар өндірісінде бетонның қатаюын тездету үшін әртүрлі тәсілдер пайдаланады: механикалық – цементтің меншіктік бетін арттыру немесе бетон қоспасын жандандыру; химиялық – қатаюды тездететін қоспалар қосу (CaCl_2 , ННК және т.б.); жылулық – буландыру және электрмен қыздыру. Жылумен өңдеу тәсілі бетонның қатаю уақытын 10-20 есеге азайтады, құрама темірбетон зауыттарында кеңінен пайдаланылады.

Қызудың химиялық реакцияны тездететіні белгілі. Бетонның температурасының жоғарлауы цемент пен судың байланысуын жандандырады және бетонның қатаюын тездетеді. Мұндай жағдайда әртүрлі температурада қатаятын цемент гидратациясы затының фазалық құрамы іс жүзінде бірдей болады. Қызғанда бетон беріктілігінің өсуі мүмкін және де қалыпты температурада, бірақ та өзінің коэффициентімен логарифметикалық байланыстылығы арқылы.

Жылумен өңдеу процесінің алғашқы сағатында беріктіліктің өсіп, ең үлкен мәніне жеткенімен, одан кейін шұғыл төмендейді, іс жүзінде жылумен өңдеуді беріктіліктің шектігіне жеткенше жасау маңызды болып табылмайды. Әдетте, жылумен өңдеуді бетонның шектік беріктілік мәнінің 70-80 %-на жеткенде аяқтайды. Мұндай жағдайда өңдеуден кейін бетон беріктілігінің өсуінің үдемелі жүруі қамтамасыз етіледі және 28 тәуліктен кейін берілген маркалық беріктілікке жетеді, ал қыздыру уақыты сол уақытпен салыстырғанда 2-3 сағатқа қысқарады. Буландыру бұйымды қалыптағаннан кейін шамамен 2 сағаттан кейін басталады, температураның көтерілуі жайменен жүреді (3 сағат аралығында 80 °C дейін жетеді). 7.3 кестеде көрсетілген тәртіптен қысқарту цементтің шығынын арттыруға әкеліп соқтырады.

Цементтің минералдық құрамының буландырғандағы бетонның шектік беріктілігіне әсері

Цементтің түрі	Цементтің орташа активтілігі, %	Бетонның шектік беріктілігінің цементтің активтілігіне қатынасы	Шектік беріктілікке жететін шамамен алғандағы уақыт	$0,8R_6$ жетуге қажет изотермиялық ұстау ұзақтылығы, сағ.
Портландцемент				
I топ	32,5	1,45	27-33	12
II топ	35	1,15	15-18	6
III топ	27,5	1,10	10-12	4
ЕТҚЦ	39	1,05	12-15	3
Қожды портландцемент қож 30 %-дан жоғары қож 50 %-ға дейін	24 17	1,55 1,85	25-30 27-33	8 14

Егер де цементтің бетонның буландырғандағы беріктілігіне және жылумен өңдеудегі ұзақтылығына жалпы әсерін қарастыратын болсақ, онда мұндай жағдайға қожды портландцемент қолайлы болып табылады, әсіресе, құрамында қожы көбірек және құрамында C_3S жоғары орташа алюминатты цементтер. Мынаны ескеру керек, жылумен өңдеу кезінде бетонның беріктілігінің өсу сипатына бетонның құрамы және басқа факторлар әсерін тигізеді. Буландырудағы қатаюдың тездетуі және басқа жылумен өңдеудің түрлері бетондағы судың цементке қатынасын төмендетуге жәрдемін тигізеді. Бетонды жылумен өңдегенде күрделі физика-механикалық процестер жүреді. Бетонның қызуы оның ұлғаюына әкеліп соқтырады. Цемент тасының жаңа пайда болған заты ұлғаятын бетонның көлемін бекітеді.

Бетон салқындағанда қысылады, бірақ пайда болған құрылым бұған бөгет болады және бетонда қалдық деформация байқалады, яғни, оның көлемі жылумен өңдегеннен кейін, бастапқыға қарағанда үлкен болады. Көлемінің ұлғаюы бетонның кеуектілігінің артуына және беріктілігінің төмендеуіне әкеліп соқтырады. Сонымен қатар, қызғанда микрожарықтар және басқа ақаулардың болуы мүмкін, олар бетонның кеуектілігін кішкене өзгерте отыра, беріктілігін байқалатындай төмендетуі мүмкін.

Бетон ұзақ қатайғанда ең үлкен беріктілікті сол материалдың көлемінің мөлшері аз болғанда көрсетеді, яғни, мұндай жағдайда цемент тасында пайда болатын заттың тығыздылығы ең үлкен болады. Бұл талапқа 0-4 °C аралығындағы температурада бетонның алғашқы қатаюы сәйкес келеді, 4 °C судың тығыздылығы ең жоғары болады.

Қатайғанда цемент тасының контракциясы маңызды мән атқарады. Контракцияның салдарынан пайда болатын кеуектің қосымша көлемі резервті көлем болып табылады, оның ұлғаюынан су қысылып қалуы мүмкін, сондықтан контракция бетон құрылымының ақаулануының азаюына жағай жасайды. Бетондағы артық қысымның пайда болуы қыздыру тәртібіне байланысты. Әдетте, бетон бетінен бастап қызады, сондықтан артық қысым алдыменен оның бетінде пайда болады. Бетонды баяу қыздырғанда артық қысым аз ғана болады, өйткені бұйымның салқын бөліміндегі жоғарғы қысым аймағындағы ылғалдың ауысуы және будың диффузиясы артық қысымның азаюына жағдай жасайды. Өте тез қыздырғанда бұл факторлар қажетті шамада шығып үлгірмейді және де артық қысым тез өседі, бұл кей жағдайда жөндеуге келмейтін ақаулар мен кемшіліктерге, атап айтса, бұйымның беткі бөлімінің көбіктенуіне әкеліп соқтыруы мүмкін.

Бетонның құрылымы берік болған сайын, қызғанда пайда болатын, әсіресе, судың және газ тәрізді фазаның салдарынан болатын ішкі кернеуге соғұрлым қарсы тұра алады. Құрылымдағы ең үлкен өзгеріс егер де қыздыру бұйымды қалыпқа құйғаннан кейін іле-шала басталса пайда болады, яғни, беріктілігі аз және де бетонның құрамдастарының ұлғаюына қарсы тұра алмайды, ал температуралық деформация ештеңемен шектелмеген (бұйымды буландыру ашық қалыпта немесе басқада тұрса да). Сонымен бірге, бетонның температурасы тез өсетін болса, соғұрлым оның құрылымы босаңсиды және қалдық деформация артады. Ал егер де қыздыру бетон қатқаннан кейін белгілі бір беріктілікке жеткенде басталса, онда температуралық деформация тез азаяды, яғни, пайда болатын құрылым судың ұлғаюына және газ тәрізді фазаға қарсы әсер етеді.

Бетон салқындағанда кернеу туғызады, соның салдарынан пайда болған құрылым оның температуралық қысымына бөгет болады. Нәтижесінде бетон бастапқы мөлшеріне дейін азая алмайды, ал пайда болған ішкі кернеу жайменен релакция жасайды, бірақ та оның одан әрі болатын қатаюына кейбір әсерлерін тигізеді, бетонның беріктілігін кішкене кішірейте отыра, әсіресе, салқындағаннан кейін лезде тексергенде, сонымен қатар оның шөгуінде.

Жылумен өңдеу процесінде кеуектілік артады, негізінен капиллярлы кеуектер арқылы жүреді, цемент тасы қатайғанда пайда болатын гелдің кеуектері басым болатын, әдетте, бірнеше есеге кеш шығып дамиды, бетон қызғанда болатын негізгі ұлғаюға қарағанда. Сонымен қатар, қосымша көлем гелдің кеуектеріндегі қысымның орнын толтырады, өте аз және әдетте цемент тасының контракция жасауынан пайда болатын кеуектердің көлемі жеткілікті болады. Буландырғанда капиллярлы кеуектердің көлемі артады, аязға төзімділігі төмендеп және бетонның басқа қасиеттері нашарлайды. Бетонның ұлғаюын шектейтін жабық қатты қалыптар оның сапасын арттыруға жәрдемін тигізеді.

Буландырылған бетонның сапасына, сонымен қатар, жылумен өңдеу кезінде болатын жылу алмасу процесі үлкен әсерін тигізеді. Мұндай жағдайда бұйымда температураның және ылғалдың градиенті пайда болады, олардың әсер етуінен ылғал мен газ тәрізді фаза бетонға ауысады, оның құрылымын босаңдата отыра. Кейбір жағдайларда, мысалы, жылумен өңдеу тәртібін дұрыс ұстамағанда, бетондағы ылғал буланып кетуі мүмкін, ол цементтің гидратациясын баяулатады, бойлаған капиллярлар қалдырып, бетонның сіңіргіштігін тез арттырады және оның ұзақтылығын нашарлатады. Жылумен өңдегенде температураның және ылғалдылықтың градиенты минималды болуына талпыну немесе бетонның деструкциясы байқалып басталатын жағдайдан төмен болуы керек. Шектік градиенттің мәні қызу басталатын кездегі бетон құрылымының беріктілігіне және басқа факторларға байланысты және де ол тәжірибе жолымен анықталуы мүмкін.

Жылу масса алмасудың салдарынан болатын деструкцияның төмендеуі ыстық бетон қоспаларын пайдалануға әсерін тигізеді, бұйымды бетон қоспасын белгілі бір температураға дейін қыздырып алып қалыптағанда. Тәжірибе бетонның құрылымына және беріктілігіне оның жылу ұлғаюы мен жылу масса алмасуы үлкен әсерін тигізетінін дәлелдейді. Шамалап есептеу үшін қалыпты жағдайда қатаятынын қабылдау мүмкін болады, 1 % кеуектіліктің өсуі бетонның 28 тәуліктегі беріктілігін 5 % төмендетеді.

Жылумен өңдеудің ең бір көп тараған түрлерінің бірі – ол бетонды буландыру болып табылады. Бетонның беріктілігін буландырғаннан кейін буландыру тәртібі, цементтің түрі мен активтілігі және бетонның құрамы анықтайды. Тәжірибе деректерінің жиынтығы мынаны көрсетті: тиімді тәртіпте буландырылған бетонның беріктілігі судың цементке қатынасына жуықталған байланыста болады.

Буландырылған бетонның беріктілігінің С/Ц байланыстылығы

С/Ц	Маркасынан алғандағы бетонның беріктілігі, %	
	Буландырғаннан кейін 4 сағ. өткесін	Буландырғаннан кейін 28 тәулік өткесін
0,6 және одан жоғары	60-65	85-95
0.4-0,5	65-70	95-105
0,4 аз	70-85	100-110

Қажетті жағдайда буландырғаннан кейін 100 % беріктілік алу үшін бетонның құрамын жоғарғы марка қылып жобалау қажет, бұл цементтің шығынын арттырады, сондықтан 100 % бетон алуды ерекше жағдайда пайдаланады, мысалы, қысқы кезде жүргізілетін сыртқы конструкциялар үшін.

Бетонды жылумен өңдеуге дейін алдын ала ұстау бетонның беріктілігін арттырады және бұл жылумен өңдеудің ұзақтылығын қысқартады. Әдетте, жылжымалы қоспадағы бетондар үшін 3-6 с, қатты қоспалар үшін 2-3 с аз емес, ал өте қатты қоспалар үшін 1-2 с ұстауды ұсынады. Бетонның маркасы жоғары және С/Ц төмен болған сайын, алдын-ала ұстау қысқа болады. Қоспалар қосу – қатаюды тездететіндер қысқартады, беттік активті қоспалар алдын ала ұстауды ұзартады. Мысалы, бетонға 0,2 % СДБ қоспасын қосқанда, алдын ала ұстауды 4-6 с ұзартады.

Алдын ала ұстау қалыпсыз немесе беті ашық бұйымдарды қыздырғанда қажет. Егер де бұйым жабық қалыпта немесе барлық жағы жабық болатын қалып кассетада болса, бетонның температуралық ұлғаюына бөгет болады, онда алдын ала ұстауды қажет етпейді және де температураны тез көтеруге болады. Бетонның қыздыру жылдамдығы бетонның құрамына, қалыптың конструкциясына, өнімнің түріне және басқа факторларға байланысты. Ол мынандай болуы қажет – деструктивті процестерді минимумға жеткізу керек. Әдетте, жұқа қабырғалы бұйымдар үшін, температураны көтеру жылдамдығы $25\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ аспауы қажет, ал тұтас күрделі бұйымдар үшін $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ (0,45 аз) төмен, қатты қоспалардан жасалатын бұйымдар үшін температураны көтеру жылдамдығы $30\text{--}35\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ құрауы мүмкін, ал жабық металл қалыптағы бұйымдар үшін $40\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$. Жақсы сапалы бетонды алу сатылы тәртіпті немесе үдемелі тәртіптегі жылдамдықтың өсуін қамтамасыз етеді. Бірінші жағдайда 1-1,5 с температура $35\text{--}40\text{ }^{\circ}\text{C}$ дейін көтеріледі, ал бұйымды осы температурада ұстау уақыты 1-2 с, ал одан кейін 1 с температураны көтереді, изотермиялық қызу температурасына дейін. Екінші жағдайда бірінші сағатта температураны $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ дейін көтереді, екінші сағатта $15\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$, келесі сағаттарда $20\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$ және ең жоғарғысына дейін.

Портландцементтен жасалатын бетон үшін изотермиялық қыздырудың ықтималды температурасы 80-85 °C болып табылады. Одан әрі температураны көтергенмен бетонның беріктілігінің өсуіне әкеліп соқтырмайды, бірақ та кейде алдыңғы сағаттарда қатаюды жылдамдатуы мүмкін. Мұндайда буландырғаннан кейін беріктіліктің өсуі баяулайды, ал нәтижесінде буландырылған бетон қалыпты қатайған бетонға қарағанда 28 тәуліктен кейін аз беріктілікті болады. Ал қожды портландцементтен және пуццолан цементінен жасалған бетондар үшін, ықтималды температура 90-95 °C болып табылады.

Әдетте, бетонның салқындау жылдамдығы 30 °C/с аспауы керек, бұйымды буландыру камерасынан шығарғанда бетонның бетіндегі температура мен қоршаған ортаның температурасының арасындағы кему мүмкіншілігінше 40 °C аспауы керек, әйтпесе, бұйымда айтарлықтай деформация пайда болуы мүмкін. Жылумен өңдегеннен кейін бұйым цехта 4-6 сағ. аралығында ұсталады.

Аязға төзімді бетон алу үшін жұмсақтау қыздыру тәртібін пайдалану керек: алдын ала ұстау ұзақтылығын ұзарту, температураны көтеру жылдамдығын 10-15 °C/с жүргізу, изотермиялық қыздыру температурасын 60-80 °C дейін төмендету; бетонның температурасын 10-15 °C/с жылдамдықтан аспайтындай қылып төмендету. Бетонның құрамындағы зиянды әсерлерді жою үшін қыздырғанда болатын бетонның құрамдастарының температуралық ұлғаюын және жылумен өңдеу ұзақтылығын қысқартуда соңғы кездері кейбір зауыттарда бетонды алдын ала электр тоғымен немесе бумен қыздыру және ыстық бетон қоспасын қалыптау тәжірибеленеді. Сонымен бірге, бетонның бойындағы температуралық градиент шұғыл төмендейді, бұл бетонның сапасын арттыруға жағдай жасайды. Кейбір жағдайларда ыстықтай қалыптағаннан кейін ыстық ұстауға шек қойылуы мүмкін, ал басқа жағдайда қажетті беріктілік алу үшін қысқартылған қыздыру тәртібін қолдану.

Суық температурада бетонның қатаюы.
Төменгі температурада бетонның беріктілігі қалыпты жағдайға қарағанда баяу өседі. Бетонның температурасы $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ төмен болғанда қатаю іс жүзінде тоқталады, егер де судың қатаю нүктесін төмендететін бетонға тұз қосылмаған болса. Қатаюын бастаған бетон одан кейін тоңған болса, ерігеннен кейін қатаюын жалғастырады, егер де ол қатаю басында қатқан сумен бүлінбеген болған жағдайда, оның беріктілігі жайменен өседі. Беріктіліктің үдемелі өсіп отыруы ортаның температурасына байланысты болады. Температураның көтерілуі бетонның қатаюын тездетеді, әсіресе, ылғал ортада. $5-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ температурада қатаятын 28 тәулікке дейінгі бетонның беріктілігі кестеде көрсетілген шамаға жақын анықталуы мүмкін болады.

Орташа маркалы портландцементтен жасалған әртүрлі температурада өзге де уақытта қатайған бетонның салыстырмалы беріктілігі

Қатаю уақыты, тәулік	Қатаюдың орташа температурасы, °C				
	5	10	15	25	35
3	0,15	0,20	0,30	0,37	0,45
5	0,25	0,32	0,45	0,54	0,6
7	0,35	0,44	0,6	0,7	0,72
10	0,45	0,52	0,7	0,77	0,77
15	0,55	0,65	0,8	0,85	0,85
28	0,8	0,92	1	1,05	-

Қыста салынатын бетонның беріктілігі қалыптан шығарғанда жеткілікті болуы керек. Бетонның ерте кезде үсіп кетуі ерігеннен кейін және одан әрі қалыпты жағдайда қатаю процесінде де оның беріктілігінің айтарлықтай төмендеуіне әкеліп соқтырады. Оның себебі, сумен қаныққан жаңа жасалған бетон, мұздағанда ұлғаяды және толықтырғыштардың беті мен әлсіз цемент тасының арасындағы байланыс үзіледі. Бетонның беріктілігі қалыпты жағдайға жақын болады, егер де ол артынан мұздалған болса. Сонымен қатар, ерте үсіп кетудің салдарынан темірбетондағы бетон мен арматураның жабысуы айтарлықтай төмендейді. Қандай да жұмыстың өндіріс тәсілі болса да, бетонды аз ғана беріктілік алғанша мұздаудан сақтау керек, яғни, мұздың қысымына қажетті қарсылық жасауды қамтамасыз ететін және де қалыпты температурада одан әрі қатайғанда бетон негізгі қасиетін нашарламайтындай сақталуы керек.

Үсуі басталар алдында бетон ең аз болса да мынандай беріктілік алу қажет

Бетонның маркасы	Төменгі беріктілік, аз болмау керек		15-20 °C портландцементтен жасалған бетонды ұстау уақыты, тәулік
	% R_{28} алғанда	МПа	
M100	5	5	5-7
M200	4	7	3-5
M300	3,5	10	2-2,5
M400	3	12	1-5

Тез қатаятын жоғарғы беріктілікті цементті пайдаланғанда қажетті ұстау уақыты шамамен 1,5 есеге қысқарады. Егер де бетонға су сіңірмеуі және аязға төзімділігі бойынша жоғарғы талаптар қойылса, онда оны маркалық беріктілігіне жеткенше мұздап қалудан сақтау керек, өйткені ең аз беріктілікте оның мұздануы сығылып, сыну беріктілігіне көрінердей әсер етпейді, құрылымының кішкене бұзылуы және оның негізгі қасиетін нашарлатуы мүмкін.

Қыста бетондағанда бетонның қатаюын берілген беріктілікке байланысты жылы және ылғал ортада көрсетілген уақыт аралығында қамтамасыз ету керек. Бұл екі тәсілмен жетеді: 1) бетонның өзінің ішкі артық жылуын пайдалану; 2) егерде ішкі жылу жеткіліксіз болса, онда қосымша бетонға сырттан жылу беру.

Бірінші тәсілде жоғарғы беріктілі және тез қатаятын портландцемент қолдану қажет, цементтің қатаюын тездететіндерді пайдалану – хлорлы кальций және басқалар, жұмсартқыш ауа шығаратын қоспаларды пайдаланып бетон қоспасындағы судың мөлшерін азайту. Бұлардың бәріде ғимараттарды салуда бетонның қатаю уақытының тездетілуіне мүмкіншілік жасайды және де бетон мұздау алдында жеткілікті беріктілікті алуды қамтамасыз ету керек.

Бетондағы жылудың ішкі қорын бетон қоспасындағы материалдарды жылыту жолымен жасайды. Сонымен қатар, қатаятын бетондағы жылу цемент пен судың (экзотермия цемента) арасында болатын химиялық реакцияның салдарынан бөлінеді. Конструкцияның үлкендігіне және сыртқы ауаның температурасына байланысты бетонға керек суды (90°C дейін) немесе суды және толықтырғыштарды – құмды, қиыршық тасты, малта тасты (50°C дейін) қыздырады. Бетон араластырғыштан шығатын бетон қоспасының температурасы 40°C аспауы керек, өйткені өте жоғары температурада ол тез қоюланады. Үлкен конструкцияларға құйылатын бетон қоспасының ең аз температурасы 5°C -тан, ал жұқа конструкцияларды құю үшін 20°C -тан төмен болмауы қажет.

Қазіргі кезде бетон қоспасын конструкцияға құяр алдында, арнаулы бункерде электр жолымен қыздыру тәсілі пайдаланады. Мұндай жағдайда электр тоғын бетон қоспасы арқылы жіберіп, оны 50-70 °C қыздырады. Қыздырылған қоспаны тез салып нығыздау керек, себебі ол тез қоюланады.

Қатаю процесі кезінде цемент айтарлықтай мөлшерде жылу бөледі. Бұл жылу негізінен қатаюдың алдыңғы 3-7 тәулігінде шығады. Бетондағы жылуды белгілі бір уақыт сақтау үшін қалыпты жабу керек және бетонның ашық жерлерін жылу оқшаулағыш материалдармен қымтайды.

Бұл қысқы бетондау тәсілін термос тәсілі деп атайды, өйткені қыздырылған қоспа жылу оқшаулайтын жағдайда қатаяды. Бұл тәсілді пайдалану тиімді болады, егер де алғашқы қатаюға керек жылу бетонда әрі кеткенде 5-7 тәулік сақталатын болса. Бұл тек қана үлкен немесе орташа қалыңдықтағы жақсы оқшауланған конструкциялар үшін мүмкін болады.

Өте жұқа конструкциялар немесе жылу оқшаулығы нашар, сонымен қатар, өте қатты аязда бетон жұмыстарын жүргізгенде жылуды сырттан беру керек. Мұндай тәсілдің үш түрі бар. Бірінші түрі – бетонды бумен қыздыру, ол бетонды қоршап тұратын қалыптың арасымен немесе бетонның ішінде болатын және қалыпқа орналасқан труба бойымен жіберу. Әдетте, будың температурасы 50-80 °C болады. Мұндайда бетон тез қатайды, 2 тәуліктің ішінде ол қалыпты жағдайда 7 тәулікте қатайтын беріктілікті алады.

Екінші түрі – электрмен қыздыру, онда бетон арқылы өзгеріп тұратын электр қуатын жібереді. Бұл үшін болат пластинкалар – электр сымдарымен жалғасқан электродтар бетон конструкциясының үстіне немесе жан-жағына салынады, оның ұстамдылығы басталар алдында. Бағананы немесе арқалықты электр қуатымен қыздырғанда бетонға бойлық электродтар салынады немесе сымдарды қосу үшін қысқа болат стержндер қағады. Бетон қатайғаннан кейін стержннің шығып тұрған жағын кесіп тастайды. Пластинкалы электродтарды негізінен тақталарды және қабырғаларды, ал бойлық электродтарды және көлденең қысқа өзектерді арқалықтар мен бағаналарды қыздыру үшін пайдаланады.

Үшінші түрі – жылу беру, яғни бетонды қоршап тұрған ауамен қыздыру. Бұл үшін жұқа тақтайлы немесе брезентті жылытқыш қондырылады, оған арнаулы газды жандырғышы бар уақытша пештер орналастырады (мұндайда өрт қауіпсіздігін сақтау керек болады), ауа жылытқыштары (калориферы) немесе электрлі шағылыстыратын пештер. Жылытқышқа су құйылған ыдыс қойылады, яғни, қатаю үшін ылғал орта жасалады немесе бетонды суландырып тұрады. Бұл тәсіл алдыңғыларға қарағанда қымбат және өте төменгі температурада пайдаланады, аз көлемді бетондағанда, сонымен бірге өңдеу жұмыстары үшін.

Жоғарыда айтылған бетонның материалдарын немесе бетонның өзін қыздыруды қажет ететін тәсілдерден басқа да, қысқы бетондау жолдарын пайдаланады, онда материал қыздырылмайды, бірақ та бетонды дайындауға қажетті су, көптеген мөлшердегі мынандай тұздармен ерітіледі: хлорлы кальций (CaCl_2), хлорлы натрий (NaCl), нитрит натрий (NaNO_3), поташ (K_2CO_3). Бұл тұздар судың қату нүктесін төмендетеді және де өте баяу болса да аязда бетонның қатаюын қамтамасыз етеді. Бетонға қосылатын тұздың мөлшері бетон қатайтын орташа температураға байланысты болады.

Бетонға қосылатын аязға қарсы қоспаның ұсынылатын мөлшері (сусыз тұзға есептегенде)

Бетонның қатаю температурасы, °С, дейін	Цементтің массасынан алғандағы бетондағы қоспаның мөлшері, %		
	NaCl+CaCl ₂	NaNO ₃	K ₂ CO ₃
-5	3+0 немесе 0+3	4-6	5-6
-10	3,5+1,5	6-8	6-8
-15	3,5+4,5	8-10	8-10
-20	-	-	10-12
-25	-	-	12-15

Аязға қарсы қоспаны пайдаланып қыста бетондау тәсілі – оңай және экономиялық тиімді, бірақта бетонға көп қосылатын тұздың салдарынан құрылымын, ұзақтылығын және кейбір ерекше қасиеттерін нашарлатуы мүмкін. Конструкцияларды ылғал ортада пайдаланғанда, хлорлы тұздардың әсер етуінің салдарынан арматураның коррозияға ұшырау қауіпі болады (нитрит натрий мен поташ коррозия жасамайды). Сонымен қатар, құрамында күйдіргіш сілтісі бар бетонның қатаю процесінде пайда болатын зат, кейбір толықтырғыштарда болатын активті кремнеземмен реакцияға түсуі мүмкін және ол бетонды коррозияға ұшыратады, сондықтан аязға қарсы қоспасы бар бетонды ылғал ортада пайдаланатын жауапты конструкцияларды жасауға ұсынылмайды, ал хлорлы тұздары бар бетонды – темірбетон конструкцияларына пайдаланбайды.