

КӨП КОМПОНЕНТТІ БАЙЛАНЫСТЫРҒЫШТАР МЕН ОЛАРДЫҢ НЕГІЗІНДЕГІ БЕТОНДАРДЫҢ ҚАТАЮ ЕРЕКШЕЛІГІ

Башарова Зарина Болатқызы

zarina.basharova03@gmail.com

«Өнеркәсіптік және азаматтық құрылыс технологиясы» кафедрасының студенті,
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетіні, Астана, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – PhD доктор Толеубаева Ш.Б.

Көп компонентті байланыстырғыш негізіндегі цемент тасының құрылым құрау және оның беріктігінің қалыптасу үдерстерін шет елдік және бұрынғы кеңес одағының көптеген ғалымдары зерттеді.

Цементке активті минералды қоспа ретінде, авторлар [1] Айсар кен орнының шақпақ тасты шөгіндісін (опока) қолданды. Минералды қоспалы цемент гипс және RON құралған кешенді катализаторлар әсерінен активтендірілді, мұндағы $\text{R} - \text{Na}, \text{K}$. Авторлардың пікірінше, цементке қосылған активті минералды қоспаның құрамында аморфты кремнеземнің болуы, катализдік реакция жылдамдығының бірдей өсуіне себепші болады. Өте жылдам қатаятын цементтегі активті минерал қоспалардың рөлі маңызды болып отыр. $\text{C}_{11}\text{A}_7\text{COX}$ (мұндағы $\text{X} - \text{фтор немесе хлор}$) және C_3S жылдам гидратталатын цементтер 6-10 сағат гидраттану барысында, толық кристалданатын гидроалюминат аймағындағы ішкі кернеудің әсерінен, көп жағдайда беріктіктің төмендеуімен сипатталады. Өте жылдам қатаятын цементтің ішкі кернеу деңгейін төмендету үшін оның құрамына пуццоландық қасиеті бар материал қосқан (ұнтақталған жанартаудан шығатын күл, туфтар, трасса, кара күйе, диатомит, күйдірілген саз немесе сланец, домна шлактары).

Авторлар [2,3] 5-10 % минералды қоспаларды қосу арқылы берік цементті тас құрылымының 28 тәулік ішінде қалыптасатындығын анықтады. Олар цементтің гидраттану барысында минералды қоспаның этtringит түзілу процесін тұрақтандыратынын және цемент илемінің құрамындағы ылғалдың біркелкі тарауын қамтамасыз ететінін анықтады.

Цемент құрамына минералды қоспаларды қосу сұйық фазасындағы $\text{Ca}(\text{OH})_2$ артық мөлшерін қысқарта отырып, одан R_2O сорып алып, гидратацияның алғашқы кезеңінде-ақ цемент түйіршіктерімен жаппай алюминатты бітіктердің түзілуін қиындата түсетін жалған бірігу мүмкіндігін төмендетеді. Сонымен қатар, активті қоспалар диірмендегі материал қозғалысын жылдамдатады, шихтаның «күйіу» мүмкіндігін төмендетеді және орынсыз беттік реакциялардың жүруін тежейді.

Қазіргі уақытта ТМД елдеріндегі 27 цемент зауытта трепел және опока, 6 зауытта – диатомит және 5 зауытта түрлі жанар тау жыныстары клинкерді ұнтақтау барысында минералды қоспа ретінде қолданылады.

Трепел, опока, диатомит сияқты шөгінді материалдардың құрамында активті кремнезем болады. Оларды қолданғанда цементтің беріктігі 25 % дейін көтеріледі, бұл жағдайда негізділігі төмен CSH гидраттарының саны артып, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ мөлшері азаяды. Бұл қоспалар цементтің жоғары су ұстағыш қабілеттілігін арттырады, осының арқасында бетон араласпасының жылжымалығы артады және бетон бұйымдардың сыртқы бетінің сапасы жақсарады. Бұған Мәскеу қаласының құрылыс нысандарында кеңінен қолданылатын «Воскресенскцемент» АҚ жылдам қатаятын цементі мысал бола алады. Құрамына 10 % трепель қосылатын бұл цемент негізіндегі бетон және темірбетон бұйымдардың сапасы қоспасыз цементпен салыстырғанда өте жақсы.

Табиғи активті минерал қоспаларды (трепел, опока, диатомит және т.б.) тиімді қолдану және табиғи қорларды үнемдеу мақсатында олардың орнына өндірістік қалдықтар қолданылады: домна пешінің түйіршікті және фосфорлы қождар, нефелин шламы, ЖЭБ күлі.

Зерттеулер бойынша [4,5], Шымкент фосфор зауытының түйіршікті электротермофосфорлы қождарының активті минерал қоспаларға қойылатын талаптарға сәйкес келетіндігі дәлелденді. Шымкент зауытының фосфор шлактары (қожы) негізінен кристалданудың түрлі дәрежедегі волластонитті шынысы түрінде (80-90 %) болып келеді. Цементтің құрамына 15 % дейін фосфор қожын қосқанда, осындай мөлшерде домна пешінің шлагы қосылған цементтің беріктік көрсеткішінен елеулі айырмашылығы болмайды. Фосфор қожының мөлшері өскен кезде (30 %-дан 50 %-ға дейін) цементтің қатаю және бірігу (схватывания) жылдамдығы азаяды. Сондай-ақ фосфор қожы экзотермияны азайтып, сульфатты берік және тампонажды цемент алу үшін, қолдану тиімділігін анықтайтын цементтің коррозиялы беріктігін арттырады.

Фосфорлы қожы қосылған цементтің сапасын арттырудың тиімді тәсілі оның ұнтақтылығын $400 \text{ м}^2/\text{кг}$ дейін жеткізу болып табылады. Ұнтақтылық белгілі дәрежеге жеткізілген соң, фосфорлы қож қосылған цементті сығу кезіндегі беріктігі 10-15 МПа дейін өседі. Фосфорлы қож қосылған цементтің физика-механикалық қасиетіне клинкердің минерологиялық құрамы үлкен әсер етеді. Құрамында C_3S мөлшері көп кринкерлерді қолдану кезінде беріктігі жоғары байланыстырғыш алынады.

Фосфорлы қож қосылған цемент үшін ылғалды жылумен өңдеу тиімді. Шлак мөлшерінің көбеюі ылғалды жылумен өңдеу барысында цемент активтігін қолдану коэффициентін арттырады.

Әлемде шлакопортландцемент өндіруде ТМД елдері бірінші орын алады. Бүгінгі күні фосфорлы қож 9 цемент зауытында активті минералды қоспа ретінде қолданылады. Негізінде цементке минералды қоспа ретінде түйіршікті шлактар қолданылады (64 цемент зауытында). Цемент өндіруде домна пешінің түйіршікті шлактарын қолдану тәжірибесі, олардың активтілігі физика-химиялық қасиетіне байланысты екендігін көрсетті. Мысалы, шамамен құрамында 30-40 % шынысы бар оңтүстік металлургиялық зауыт шлактары, құрамында 80 % астам шынысы бар шығыс зауыттарының шлактарына қарағанда активтігі жоғары.

Қазіргі кезде беріктігі жоғары, жылдам қатайтын, сульфатқа төзімді шлакопортландцементтерге МЕСТ жасалынған және ерекше жылдам қатайтын шлакопортландцемент өндіріске ұсынылды. Құрамына 30-40 % шлак қосылған портландцемент буланғаннан соң қоспасыз цементпен салыстырғанда активтілігі жоғары болып келеді. Құрамында 7-9 % C_3A и 50-60 % C_3S бар клинкер негізінде шлакопортландцементті жылумен өңдеу өте тиімді. Меншікті беттің өсуімен ($300 \text{ м}^2/\text{кг}$ жоғары) шлакопортландцементтің активтілігін қолдану коэффициенті де артады.

Көптеген цемент зауыттарының көп компонентті қоспаларды қосу есебінен жылдық өнім өндіру деңгейін арттыруға ұнтақтау қуаттылығы жеткілікті (1-кесте).

М.М. Сычевтың жұмысында [6] цементтің қатаю жүйесіне бентонит қоспасының әсері зерттеледі. Байланыстырғыш массасынан 2-5 %, 460°C температурада активтендірілген бентонитті қосқанда, цементтің бастапқы мерзімдегі беріктігі (1-7 тәуліктік) 50 % дейін өседі.

Цемент активтілігіне сондай-ақ магний, кальций, доломит тұздары оң әсер етеді. Араласпа құрамына оларды енгізу кезінде цементті тас беріктігі бастапқы мерзімде 30-50 % дейін, ал 28 тәулікте 35-70 % дейін өседі. Бұл қоспалар C_3S гидратациясын жылдамдатып, этрититтің түзілуіне мүмкіндік туғызады. Дериватографиялық талдау мәліметтері бойынша беріктіктің жоғарлауы химиялық су мөлшерінің артуымен байланысты.

1-кесте – Көп компонентті цементтердің физика механикалық қасиеттері

Цемент түрі	Қоспа,%	7 тәуліктен кейінгі гидратация жылуы ккал/г	Қалыпы қоюлыы %	Na ₂ SO ₄ 5 % -ті ерітіндісіндегі төзімділік коэффициенті		200 цикл ден кейінгі аязға төзімділік коэффициенті
				мерзім		
				2 жыл	5 жыл	
Сульфатқа төзімді портландцемент	Қоспасыз	61	23,25	0,92	0,83	1,02
Пуццоланды портландцемент	Глиеж, 25	58	26,75	0,97	0,93	сынды
Сульфатқа төзімді шлакопортландцемент	Электротермо фосфор шлак, 30	49	24,75	1,03	1,08	0,90
Сол сияқты	Домна шлактары	50	24,50	1,00	1,02	0,90

М.М.Сычевтің және басқа да ғалымдардың пікірінше құрамына қиын еритін тұздар кіретін өнеркәсіп қалдықтары қалыпты жағдайда және жылумен өңдеу барысында қатаю процесіне активатор ретінде әсер етуі мүмкін. Өнеркәсіп қалдықтары мен тау жыныстарын активизатор ретінде қолдану цемент тастың бастапқы (7 тәуліктегі) және 28 тәуліктегі беріктігін 15-40 % және 20-70 % көтеруге мүмкіндік береді.

Цементке қоспа ретінде ферроерітінді өндірісінің алюмотермиялық шлактарын – феррабор, ферротитан және металды хромын кеңінен қолдануға болады. Құрамында төмен негізді кальций алюминаты, әсіресе Ca_2 диалюминат болған жағдайда бұл шлактар этрингиттің түзілу сипатын өзгертеді. Портландцемент құрамына ферробор шлактарын (5-10 %) қосу 28 тәуліктік сығуға беріктік көрсеткішін 4-6 МПа көбейтеді. Оларды шлакопортландцемент алуға қолдану кезінде беріктік 9-12 МПа дейін өседі. Липецк цемент зауытында ферробор шлақтың 5-6 % ұнтағын қосу есебінен М300 шлакопортландцементтінің маркасын М400 ауыстыру мүмкіндігі дәлелденеді. Алынған цемент қалыпты жағдайда қатаю барысында беріктіктің өсуі кинетикасын жақсартады, сонымен қатар, бетон бұйымдарының аязға төзімділігі екі есеге көбейеді.

Магний-алюминатты шпинелден тұратын ферробор шлағын 40-70 % қосу портландцементтің отқа төзімділігін (1450°C жоғары) арттырады. Бұл цемент 800-1000°C температурада күйдірілген соң да, беріктігі жоғары – 23,3-36,8 МПа болып қалады.

Ғалымдардың зерттеулерінде C_3S гидратациясы кезінде клинкерлі минералдар мен әктас түзейтін активті минералды қоспалардың өзара әрекеті нәтижесінде $CSH(1)$ гидросиликаты, сондай-ақ C_4AH_{13} гидроалюминат $C_4A \cdot CaCO_3 \cdot H_{13}$ және $C_3A \cdot CaSO_4 \cdot H_{12}$ гидрокарбонат пен гидросульфалюминат, ал қатаю мерзімі ұлғайа келе $C_3(AF) \cdot S_n \cdot H_{n-2}$ гидрогранаты түзелетінін анықтады. Цемент құрамына активті минерал қоспалар қосу төмен негізді, тұрақты гидросиликаттардың көбеюі есебінен цементті тастағы төзімділігі тұрақсыз – портландит гидратының жалпы санын азайтады.

Гидросиликаттағы CaO/SiO_2 өзара қатынасы активті қоспаларға байланысты 1,5-тен 0,8-ге дейін өзгереді, бірақ барлық жағдайда қоспасыз цементті тасқа қарағанда негізділігі төмен болады.

Сульфатқа төзімді көп компоненті цементтер гидратация кезінде жылудың аз мөлшерде бөлінуімен сипатталады және экзотермия аз талап етілетін құрылыс жұмыстарында қолданылады. Механикалық беріктігі жағынан сульфатқа төзімді цементтер 300, 400 және 500 маркалы болып бөлінеді [7,8]. Бұл цементтердің ішінде сульфатқа төзімді бойынша шлакопортландцемент ең жоғары төзімділік коэффициентімен сипатталады (1-кесте).

Цементті тас құрылымының қалыптасуын шет елдік және бұрынғы кеңес одағының көптеген ғалымдары зерттеді. Зерттеулер нәтижесінде цемент тас құрылымының беріктігі, гидратация жылдамдығы мен қатаю мерзімінің ұзақтығына, құрылымдағы кеуектің бөлінуі мен мөлшерінің сипатына байланысты екендігі көрсетілген.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Аяпов У.А., Бутт Ю.М. Твердение вяжущих с добавками-интенсификаторами. //А.А.: Наука, 1978, с.256

2. Власова М.Т., Юдович Б.Э., Вовчив. Роль активной минеральной добавки в высокопрочных и сверхбыстротвердеющих цементах. //Труды НИИцемента, М., 1977, с.29-39.

3. Юдович Б.Э., Власова М.Т., Кальянова В.Н., Гусева В.И. Поверхностные явления в высокомарочных портландцементах и ложное схватывание. //Труды НИИцемента, вып.46, М., 1977. с.40-56.

4. Крыжановская И.А., Сыркин Я.М. Использование гранулированных шлаков в качестве добавки при помолце цементов. //В кн.: Технология производства строительных материалов и изделий на основе гранулированных фосфорных шлаков и их свойства. А-А., Наука, 1972

5. Концепольский И.С., Терехович С.В., Хлебов А.П., Елисеев В.Ф., Классен А.А. Электроплавный гранулированный шлак Чимкентского завода фосфорных солей как активная минеральная добавка в портландцемент. //Труды Алма-Атинского НИИСтромпроекта., 1966, сб.8 (10).

6. Сычев М.М. Активация клинкерных минералов примесями. //Цемент, 1977, № 12, с.10-12.

7. Ахметжанов Т.Б., Толеубаева Ш.Б., Абдрахманова К.А Промышленность Казахстана, 1(113), 2021, С. 58-61.

8. Ахметжанов Т.Б., Толеубаева Ш.Б., Скрипникова Н.К., Даненова Г.Т., Смагулова Р.К. Цемент жүйелерінің қатаю процесстеріне кешенді қоспалардың әсер ету механизмдері, Университет еңбектері, Қарағанды: ҚарТУ, 2020, №4 (81), 99-101 б.