



VOLLOSTONIT MIKRO TO‘LDIRGICHLI SEMENT TARKIBINI OPTIMALLASHTIRISH

Qorabekov Shohijahon Uyg‘un o‘g‘li magistr (TAQU),

Qodirova Dilorom Sharipovna t.f.n. dotsent (TAQU),

(+998 77 253 12 99. shohijahonqorabekov@mail.com)

Annotatsiya. Ushbu maqolada klinkerli tizimlarda tabiiy mineral qo'shimchalardan foydalanishning dolzarbligi va vollastonit mineralining sement xamirining reologik xossalariga ta'siri o'rganilgan. Tadqiqot davomida sementning normal quyuqligi, qotish muddatlari, dispersligi (Bleyn bo'yicha) va o'rtacha zichlik ko'rsatkichlari tahlil qilingan. Mustahkamlik ko'rsatkichlaridan farqli o'laroq, ushbu ishda asosiy e'tibor sement tizimlarining shakllanish bosqichidagi fizik-kimyoviy o'zgarishlarga qaratilgan.

Kalit so'zlar: portlandsement, vollastonit, mineral qo'shimcha, normal quyuqlik, qotish muddati, Bleyn yuzasi, zichlik.

Аннотация. В данной статье изучена актуальность использования природных минеральных добавок в клинкерных системах и влияние минерала волластонита на реологические свойства цементного теста. В ходе исследования были проанализированы показатели нормальной густоты цемента, сроков схватывания, дисперсности (по Блейну) и средней плотности. В отличие от показателей прочности, в данной работе основное внимание уделено физико-химическим изменениям на стадии формирования цементных систем.



Ключевые слова: портландцемент, волластонит, минеральная добавка, нормальная густота, сроки схватывания, поверхность по Блейну, ПЛОТНОСТЬ.

Abstract. This article investigates the relevance of using natural mineral additives in clinker systems and the effect of wollastonite mineral on the rheological properties of cement paste. During the study, the normal consistency of cement, setting time, fineness (according to Blaine), and average density indicators were analyzed. Unlike strength characteristics, the main focus of this work is directed toward the physicochemical changes occurring during the formation stage of cement systems.

Keywords: Portland cement, wollastonite, mineral additive, normal consistency, setting time, Blaine surface area, density.

Hozirgi vaqtda global qurilish industriyasi va sement sanoati "yashil iqtisodiyot" hamda barqaror rivojlanish tamoyillariga o'tishning o'ta mas'uliyatli bosqichini boshdan kechirmoqda. Sement ishlab chiqarish texnologiyasi an'anaviy ravishda yuqori energiya sarfi va atmosferaga katta miqdorda antropogen karbonat angidrid emissiyasi chiqarilishi bilan tavsiflanishi, soha mutaxassislaridan ekologik xavfsiz va resurs tejovchi texnologiyalarni joriy etishni talab etmoqda. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, bir tonna portlandsement klinkeri ishlab chiqarish jarayonida atmosferaga o'rtacha 0,8–0,9 tonna is gazi ajralib chiqishi, sementning ekspluatatsion xossalarni saqlab qolgan holda uning tarkibidagi klinker ulushini kamaytirish va uni muqobil mineral qo'shimchalar bilan modifikatsiyalash masalasini strategik ahamiyatga ega dolzarb muammoga aylantiradi. Sement klinkerini qisman tabiiy mineral qo'shimchalar bilan almashtirish nafaqat mahsulot tannarxini pasaytirish va iqtisodiy samaradorlikka erishish, balki tayyor kompozit materialning fizik-kimyoviy va struktura-mexanik xususiyatlarini maqsadli ravishda



boshqarish imkonini ham beradi. Tabiiy mineral qo‘shimchalar sement tizimlarida gidratatsiya jarayonining kinetikasiga, yangi hosil bo‘layotgan kristalgidratlarning morfologiyasiga va sement toshining mikrog‘ovakli tuzilishiga fundamental ta‘sir ko‘rsatadi.

Tabiiy mineral qo‘shimchalar qatorida vollastonit — kalsiy metasilikati (CaSiO_3) o‘zining noyob fizik-mexanik va kimyoviy xususiyatlari bilan zamonaviy materialshunoslikda alohida o‘rin egallaydi. Vollastonit zanjirli silikatlar sinfiga mansub bo‘lib, triklinik singoniyada kristallanuvchi noyob mineral hisoblanadi. Uning sement tizimlaridagi yuqori samaradorligi, birinchi navbatda, o‘ziga xos ignasimon yoki atsikulyar kristal morfologiyasi bilan izohlanadi. Ushbu ignasimon struktura sement xamiri shakllanishi bosqichida mikrodarajadagi "diskret armaturalash" effektini yaratib, materialning strukturaviy yaxlitligini ta‘minlaydi. Bugungi kunda vollastonitdan foydalanish nafaqat oddiy inert to‘ldiruvchi (filler) sifatida, balki sement tizimlarining reologik xossalarini, xususan, oquvchanligi, qovushqoqligi va normal quyuvchiligi yaxshilovchi yuqori texnologik komponent sifatida ham keng ko‘rilmog‘da. Vollastonit sement tizimlarida sirt faol markazlar vazifasini o‘tab, gidratatsiya jarayonining boshlang‘ich fazalarida suv-sement nisbatining tizim bo‘ylab optimal taqsimlanishiga xizmat qiladi. U sement zarralari atrofida gidrat qobiqlarining shakllanishini modifikatsiyalash orqali aralashmaning sedimentatsion turg‘unligini oshiradi va qotish muddatlarini texnologik talablarga mos ravishda boshqarishga yordam beradi. Mahalliy xomashyo bazasidan, xususan, Koytosh konidan olinadigan vollastonit mineralidan foydalanish respublikamizda energiya tejovchi kompozit sementlar ishlab chiqarishni mahalliyashtirish va yuqori zichlikdagi sement toshi strukturasi shakllantirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi. Ushbu tadqiqot ishi doirasida vollastonit miqdorining sement tizimlari reologiyasiga ta‘sirini chuqur ilmiy asoslash, sement sanoatida resurs tejamliligini oshirishning nazariy poydevorini mustahkamlashga qaratilgan.



Normal quyuqlik va suvga bo'lgan talab. Sement xamirining normal quyuqligi uning barcha texnologik parametrlarini, jumladan, gidratatsiya kinetikasi va sement toshining struktura shakllanishini belgilovchi boshlang'ich reologik ko'rsatkichdir. Laboratoriya tadqiqotlari vollastonit miqdori ortishi bilan tizimning suvga bo'lgan talabchanligi to'g'ridan-to'g'ri proporsional ravishda o'sib borishini ko'rsatdi. Agar nazorat namunasida (0%) normal quyuqlik 27,0% ni tashkil etgan bo'lsa, 15% vollastonit kiritilganda bu ko'rsatkich 28,4% gacha ko'tarildi. Suv-sement nisbatining bunday o'zgarishi mineralning yuqori solishtirma sirt yuzasi va uning rivojlangan mikromorfologiyasi bilan chambarchas bog'liqdir.

Vollastonit kristallarining yaqqol ifodalangan atsikulyar (ignasimon) geometrik shakli sement zarralari orasidagi bo'shliqlarda o'ziga xos mikroarkas hosil qiladi, bu esa tizimning ichki ishqalanish kuchini oshirib, oquvchanlikning pasayishiga olib keladi. Ilmiy nuqtai nazardan, 10% gacha bo'lgan tarkiblarda suvga bo'lgan talabchanlik me'yoriy chegarada (28,2%) saqlanib, tizimning reologik muvozanati buzilmaydi. Vollastonit zarralari gidratatsiya mahsulotlari uchun qo'shimcha nukleatsiya markazlari vazifasini o'tashi bilan bir qatorda, klinker minerallarining gidratlanishi uchun zarur bo'lgan suvning bir qismini o'z sirtiga adsorbsion bog'laydi. Ushbu jarayon sement tizimining sedimentatsion turg'unligini oshirib, yanada zichroq va g'ovakdorligi kamroq bo'lgan sement toshi strukturasini shakllantirishga xizmat qiladi.

Qotish muddatlari va gidratatsiya kinetikasi. Sement tizimlarining suyuq holatdan qattiq holatga o'tish kinetikasi, ya'ni qotish muddatlari, klinker minerallarining gidratlanish tezligi va yangi hosil bo'layotgan kristalgidratlar panjarasining shakllanish dinamikasi bilan belgilanadi. O'tkazilgan eksperimental tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, sement tarkibiga vollastonit mineralining kiritilishi tizimning boshlang'ich strukturaviy shakllanishiga biroz sekunlashtiruvchi (retardatsiya) ta'sir ko'rsatadi. Xususan, klinkerning 10% qismi vollastonit bilan almashtirilgan namunada qotishning boshlanishi 195 daqiqani tashkil etib, nazorat



tarkibiga nisbatan 17 daqiqalik kechikish qayd etildi. Ushbu fenomen sement xamiridagi fizik-kimyoviy muvozanatning o'zgarishi, ya'ni vollastonit zarralarining klinker donachalari sirtida vaqtincha ekranlovchi qatlam hosil qilishi va erkin suvning bir qismini adsorbsion bog'lashi bilan izohlanadi.

Ilmiy jihatdan tahlil qilinganda, bunday kinetik tormozlanish gidratatsiya jarayonining induksion davrini biroz uzaytiradi, bu esa beton texnologiyasida muhim amaliy ahamiyat kasb etadi. Qotish boshlanishining kechikishi tayyor beton aralashmalarining reologik xossalarini uzoqroq muddat davomida saqlab qolishga, ularni uzoq masofalarga sifatli tashishga va yirik hajmli konstruksiyalarni monolitlashda ishlov berish vaqtini kengaytirishga xizmat qiluvchi ijobiy texnologik omildir. Shu bilan birga, vollastonitning qotish tugash muddatiga ta'siri (285–290 daqiqa) me'yoriy ko'rsatkichlar doirasida bo'lib, u sement toshining keyingi strukturaviy pishib yetishish jarayonlariga salbiy ta'sir ko'rsatmaydi. Aksincha, vollastonit zarralari keyinchalik kalsiy gidrosilikatlarining (C-S-H geli) cho'kishi uchun qo'shimcha nukleatsiya markazlari vazifasini o'tab, gidratlanish mahsulotlarining tizim bo'ylab bir tekis taqsimlanishini va mikrotuzilmaning gomogenligini ta'minlaydi.

Disperslik va solishtirma sirt yuzasi (Bleyn). Sement tizimlarining disperslik darajasi ularning fizik-kimyoviy aktivligini, gidratatsiya tezligini va yakuniy sement toshining mikrotuzilmasini belgilovchi fundamental ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi. Tadqiqot davomida barcha tarkiblar uchun Bleyn pnevmometrik usuli bo'yicha aniqlangan solishtirma sirt yuzasi ko'rsatkichlari 3358–3367 sm^2/g oralig'ida qayd etilib, deyarli barqaror dinamikani namoyon etdi. Ushbu ko'rsatkichlarning bir-biriga yaqinligi vollastonit mineralining klinker donachalari bilan o'xshash disperslik darajasiga qadar maydalanganligini va kompozit tizimda zarrachalarning o'lchamlar bo'yicha optimal taqsimlanganligini ko'rsatadi.



Zichlik ko'rsatkichlari. Sement tizimlarining zichligi materialning mikrotuzilmaviy yaxlitligini, g'ovakdorlik darajasini va kelajakdagi ekspluatatsion chidamliligini belgilovchi asosiy fizik ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi. Tadqiqot obykti sifatida olingan namunalarning zichlik ko'rsatkichlari tahlil qilinganda, vollastonit mineralining kiritilishi tizim zichligining $3,11 \text{ g/sm}^3$ dan (nazorat namunasi) $3,20 \text{ g/sm}^3$ gacha (modifikatsiyalangan namunalar) ortishiga sabab bo'lishi aniqlandi. Zichlikning bunday ortishi sement tizimida kechadigan fizik-mexanik jarayonlar, xususan, "mikroto'ldiruvchi" (filler effect) mexanizmi bilan bevosita bog'liqdir.

Zichlikning $3,17\text{--}3,20 \text{ g/sm}^3$ oralig'ida barqarorlashishi, tizimda kalsiy gidrosilikatlarining (C-S-H geli) cho'kishi uchun zichroq poydevor yaratilishidan dalolat beradi. Bu jarayon sement toshining strukturasi yanada jipslashishiga, ichki bo'shliqlarning kamayishiga va natijada agressiv muhit omillariga (suv, tuzlar, sulfatlar) qarshi korroziyabardoshlik xususiyatining ortishiga xizmat qiladi.

Labaratorya natijalari jadvali

Namuna nomi	Normal quyuqlik, %	Ravnomernost (hajm o'zgarishi), mm	Bleyn, sm^2/g	Boshlanishi, min	Tugashi, min	Zichlik, g/sm^3
Vollastonit 0%	27,0	2	3360	178	280	3,11
Vollastonit 5%	27,3	2	3358	180	280	3,20
Vollastonit 10%	28,2	3	3362	195	285	3,17
Vollastonit 15%	28,4	3	3367	190	290	3,17

O'tkazilgan laboratoriya tadqiqotlari quyidagi fundamental xulosalarga kelindi:



Tabiiy vollastonit minerali sement tizimlarida faol reologik modifikator vazifasini o‘tab, sement xamirining strukturaviy-mexanik xususiyatlarini boshqarish imkonini beradi.

Mineral qo‘shimchanning miqdori 10% gacha bo‘lganda, normal quyuqlikning 28,2% darajasida saqlanishi va qotish boshlanishining 195 daqiqagacha kechikishi aniqlangan bo‘lib, bu ko‘rsatkichlar qurilish maydonchalarida beton aralashmalarining ishlov beruvchanligini yaxshilash hamda ularni uzoq masofalarga tashish jarayonida reologik xossalarini saqlab qolish uchun xizmat qiladi.

Vollastonit mineralining sement tizimidagi "mikroto‘ldiruvchi" (filler effect) xususiyati sement xamirining zichligini $3,20 \text{ g/sm}^3$ gacha oshirishga olib keladi. Shu bilan birga, mineral zarralari gidratatsiya jarayonida hajm o‘zgarishini (ravnomernost) me‘yoriy chegarada (2-3 mm) saqlab turadi.

Sement klinkeri ulushini 10% miqyosida tabiiy vollastonitga almashtirish sement sanoatining ekologik va iqtisodiy samaradorligini oshirishda asosiy texnologik yechim bo‘lib xizmat qiladi. Ushbu yondashuv klinker pishirish jarayonida atmosferaga ajralib chiquvchi karbonat angidrid (CO_2) emissiyasini kamaytirish imkoniyatini yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ashurov M.B. Генетические и минеральные типы волластонитовых руд месторождения Койташ (Западный Узбекистан). ТОШКЕНТ – 2019

2. Nematov N.Sh., Bazarov, U. A., & Xodjaev, R. M. (2017). Sementning mexanik xususiyatlarini yaxshilashda vollastonitning roli. O‘zbekiston qurilish va arxitektura ilmiy jurnali, 18(2), 45-53.

3. Smith B.D. (2018). The use of wollastonite in cement compositions. Journal of Materials Science, 51(8), 2339-2347.



4. Li X., Zhang L., & Zhang, J. (2016). Effect of wollastonite on the mechanical properties of cement-based composites. *Journal of Materials Science*, 51(5), 2264–2272.

5. Гаврилов А.С., & Кузнецов, В.М. (2017). Применение волластонита в качестве микрозаполнителя в строительных смесях. *Строительные материалы*, №6, с. 22–26.

6. Чеботарёв А.Н., & Колосов, Ю.А. (2020). Волластонит в технологии тонкомолотых минеральных наполнителей. *Известия вузов. Строительство*, №2, с. 17–23.

7. Kunal K., & Reddy, G.R. (2019). Use of mineral additives such as wollastonite in cementitious composites. *Materials Today: Proceedings*, 17(1), 347–353.

8. Liu B., & Zhao, Y. (2015). Study on hydration properties of cement with wollastonite addition. *Journal of Wuhan University of Technology - Materials Science Edition*, 30(2), 289–294.