



UDK: 666.974.2

Dilshod KUVATOV,
Toshkent davlat texnika universiteti doktoranti (PhD)
E-mail: dilshod.ali_93@mail.ru
Sadritdin TURABDJANOV,
Toshkent davlat texnika universiteti professori, t.f.d
E-mail: rector@tdtu.uz
Orif QODIROV,
O'zbekiston Milliy Universiteti dotsenti
E-mail: o.qodirov@mail.ru

PHYSICO-CHEMICAL STUDY OF CONCRETE SAMPLES OBTAINED BY ADDING INTENSIFIERS TO CEMENT CLINKER

Annotation

Samples of cement-based concrete of 0.9-1.0 mm fraction were taken from the MI-1 and MI-2 intensifiers created for crushing cement clinker with the addition of 0.1%. SEM and thermogravimetric analysis of concrete samples, as well as differential thermal analysis were carried out. Also, based on the thermal analysis of concrete samples, it was found that in the temperature range of 600-700°C, the decomposition of crystallohydrates occurs and, as a consequence, the loss of concrete strength.

Key words: Heat resistance, endoeffect, cement clinker, intensifier, concrete.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ БЕТОНА, ПОЛУЧЕННЫХ ПУТЕМ ДОБАВЛЕНИЯ ИНТЕНСИФИКАТОРОВ В ЦЕМЕНТНЫЙ КЛИНКЕР

Аннотация

Образцы бетона отбирали на основе цемента фракции 0,9-1,0 мм с добавлением 0,1% интенсификаторов МИ-1 и МИ-2, созданных для дробления цементного клинкера. Были проведены SEM и термогравиметрический анализ образцов бетона, а также дифференциальный термический анализ. Также на основании термического анализа образцов бетона установлено, что в интервале температур 600-700°C происходит разложение кристаллогидратов и, как следствие, потеря прочности бетона.

Ключевые слова: Термостойкость, эндоэффект, цементный клинкер, интенсификатор, бетон.

SEMENT KLINKERIGA INTENSIFIKATORLAR QO'SHISH BILAN OLINGAN BETON NAMUNALARNING FIZIK-KIMYOVIY TADQIQI

Annotatsiya

Sement klinkerini maydalash uchun yaratilgan MI-1 va MI-2 intensifikatorlaridan 0,1% miqdorda qo'shib, 0,9-1,0 mm fraksiyalari sement asosida beton namunalari olindi. Beton namunalari SEM va termogravimetrik, hamda differensial termik analiz tahlillari o'tkazildi. Shuningdek, beton namunalari termik tahliliga asosanib, 600-700°C haroratlar intervalida kristallogidratlarning parchalanishi va natijada betonning mustahkamligini yo'qotishi aniqlandi.

Kalit so'zlar: Termik chidamlilik, endoeffekt, sement klinkeri, intensifikator, beton.

Kirish. Bugungi kunda sement klinkerini maydalash jarayonini yanada yaxshilash uchun olimlar tomonidan yangi turdagi intensifikatorlar ustida tadqiqotlar olib borilayotganligiga guvoh bo'lishimiz mumkin. Ma'lumki, intensifikatorlar sement klinkerini maydalash jarayonlarida uning fizik-kimyoviy xossalari yaxshilash maqsadida asosiy tarkibga kiritiladi. Betonning asosiy komponenti sement ekanligini hisobga olib, sement tarkibidagi zarrachalar o'lchamlarini optimallashtirish, suyuqlik fazasi miqdori va hosil bo'lgan kristalagidrat morfologiyasini nazorat qilishda, sementni sirt faol moddalar yordamida maydalash bo'yicha tadqiqotlar olib borish dolzarb bo'lib qolmoqda. Tadqiqot ishining maqsadi sement klinkerini maydalash uchun yaratilgan yangi turdagi MI-1 va MI-2 intensifikatorlarini qo'shib, olingan betonni fizik-kimyoviy hamda termik chidamliligini tadqiq qilishdan iboratdir.

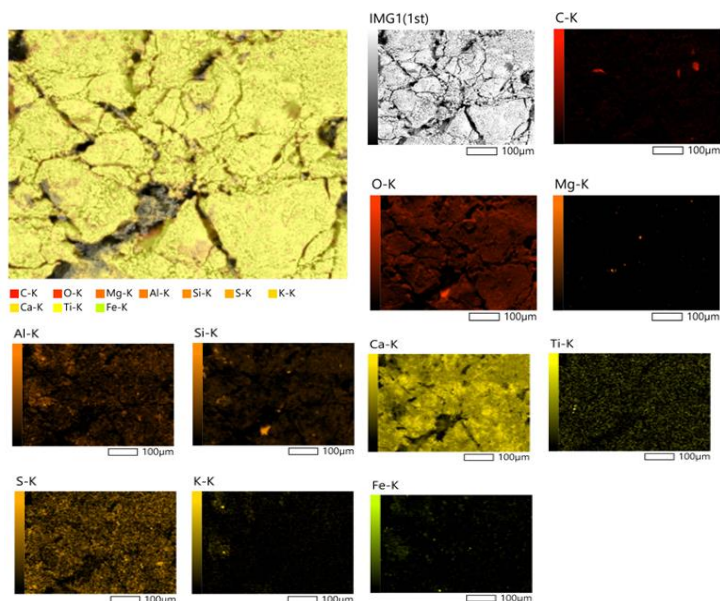
Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Hozirgi kunda organik birikmalar asosida intensifikatorlar yaratilib, ularni sement klinkerini maydalash jarayoniga ta'sirini o'rganish bo'yicha ko'pgina ishlar amalga oshirilmoqda [1]. Tadqiqot ishlarida intensifikator tarkibiga qo'shiladigan har bir komponentning optimal nisbatlari, molekulararo reaksiyalar va faol radikallarning elektron tuzilishini o'rganish muhimdir [2]. Sementdagi klinker va mineral qo'shimchalarning tarkibi hamda qotishma imkoniyatlarini hisobga olish zarur [3]. Klinkerining mikro-tuzilish parametrlarini (xomashyoning xossalari, maydalash o'lchamlari, aralashmalarining bir xilligi va pishirish) ishlab chiqarish jarayoniga bog'liqligi o'rganilgan [4]. Sement klinkerini ishlab chiqarishda xom ashyo aralashiriladi va 1450°C haroratgacha qizdiriladi. So'ngra potensial fazalarni aniqlash uchun ohakning to'yinganlik omili C_3S va C_2S nisbatini tekshirish uchun ishlatiladi [5]. Ko'pgina ishlab chiqarish korxonalarida sharli tegirmonlar klinkerni maydalash uchun ishlatiladi va ishlab chiqarish tezligi to'g'ridan-to'g'ri yetkazib beriladigan elektr energiyasi miqdoriga bog'liq bo'lganligi sababli, tegirmonni aylantirish uchun ishlatiladigan elektr 200 kVt dan 10 000 kVt gacha quvvatga egadir [6]. Portlandsement bu portlandsement klinkerining maydalangan mahsulidir. Tarkibida bir yoki bir nechta kalsiy sulfat, odatda gips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) bilan maydalash orqali tayyorlanadi. Portlandsementning asosiy oksidli komponentlarini CaO (60-70%), SiO_2 (18-22%), Al_2O_3 (4-6%), Fe_2O_3 (2-4%) tashkil etadi [7-9]. Ammo, sement klinkeri tarkibida sanab o'tilgan birikmalardan tashqari sulfat (SO_3) mavjud bo'lishi, yetarli bo'lmasa sulfatli material qo'shilishini talab etadi [10].

Sement klinkerini maydalash jarayonini osonlashtirish uchun intensifikatorlar yaratish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Ba'zi manbalarda intensifikator sifatida kalsiy sulfat [11], kalsiy florid va natriy floridlar [12], ko'mir-ishqoriy reagent [13] qo'shish bo'yicha ishlarni ko'rish mumkin. Adabiyotlar tahlilidan shuni ko'rish mumkinki, sement klinkerini maydalashni osonlashtirish uchun intensifikatorlar yaratish va betonni termik chidamlilik xossalarini yaxshilash bo'yicha izlanishlar olib borish bugungi kun zaruriy talabidir.

Tadqiqot metodologiyasi. Intensifikatorlar sintez qilishda, ularning funksional ta'sirlarini hisobga olish kerak. Bunda intensifikatorga qo'shiladigan birikmalarning kimyoviy tuzilishini va kimyoviy-adsorbsion xususiyatlarini tasniflash zarur. Yaratilgan MI-1 [14] MI-2 intensifikatori [15] tarkiblari adabiyotlari bo'yicha yaratilgan.

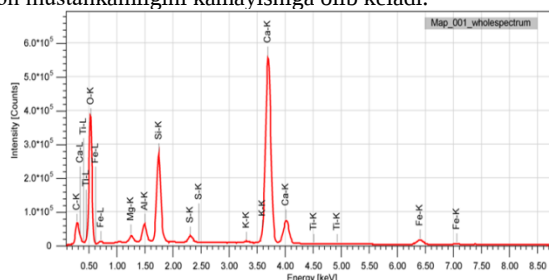
Portlandsement klinkeridan 2850 g miqdoriga 150 g gips hamda 1,25 g MI-1 intensifikatori qo'shib, rolikli barabanda 10 daqiqa davomida maydalandi. MI-2 intensifikatori ham xuddi shu miqdordagi portlandsement va gips bilan aralashtirildi va 10 daqiqa davomida maydalandi. Namunalarni 0,9 mm o'lchamli elakdan o'tkazildi. Har bir namunadan 450 gramdan o'lchab olinib, unga yarimfraksiyaga ajratilgan qumdan 1350 g qo'shib, 225 ml suv bilan qorishtirildi. 4 daqiqa davomida $n=140/62$ ayl/min tezlikda aralashtiriladi. Tayyor namunaning element tahlili skanirlovchi elektron mikroskopik va energiya-dispersion (SEM-EDA) usullarda Jeol JSM-IT200LA (Yaponiya) qurilmasida amalga oshirildi. Termal tahlil termodinamik asbonda – Thermo Scientific TA Instruments STD 650 (AQSh), K tipidagi (Low RG Silver) termojuft va alyuminiy tigelda amalga oshirildi.

Tahlil va natijalar. Intensifikatorlarni klinkerga qo'shib maydalash orqali olingan beton namunalarni mikrostrukturasini o'rganish uchun SEM tahlili o'tkazilganda, beton matrisasida kalsit (CaCO_3) miqdorining yuqoriligi aniqlandi. Namlik mavjud bo'lganda, kalsiy oksidining atmosferadagi karbonat anhidrid bilan reaksiyaga kirishishi natijasida qatlamli struktura hosil bo'ladi (1-rasm).



1-rasm. Sement klinkerini maydalash uchun yaratilgan MI-1-intensifikator qo'shib olingan beton namunasi SEM tasviri

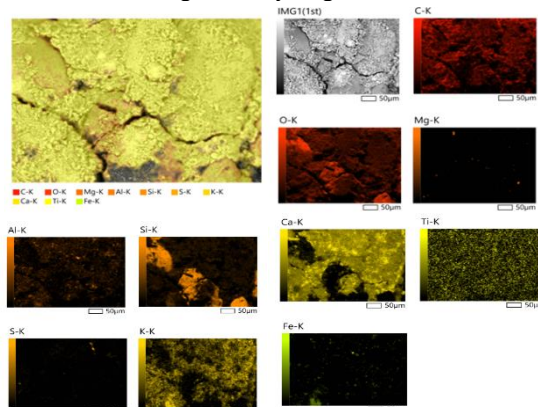
SEM tahliliga ko'ra, MI-1 intensifikatori qo'shib olingan beton kompozitsiyasining sinishi asosan kalsitning yuqori konsentratsiyasi bo'lgan joylardan o'tadi (1-rasm). Shunday qilib, kalsitning fazali komponentlari dispersligi qanchalik yuqori bo'lsa, ulardagi alyuminiy atomlarining konsentratsiyasi shunchalik yuqori bo'ladi va kremniy atomlarining konsentratsiyasi shunchalik past bo'ladi. Bu esa beton mustahkamligini kamayishiga olib keladi.



2-rasm. Sement klinkerini maydalash uchun yaratilgan MI-1-intensifikator qo'shib olingan beton namunasi SEM element tahlili

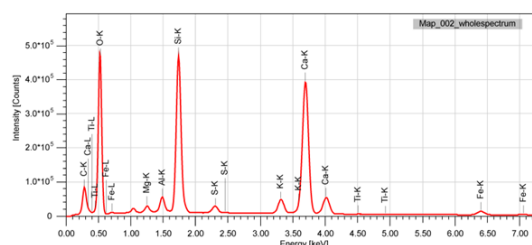
Shuningdek, beton namunasida sement klinkerining asosiy tarkiblari: CaO , SiO_2 , Al_2O_3 va Fe_2O_3 larining umumiy miqdori 95-97% ga yetgan. Ularga qo'shimcha ravishda kichik miqdorlarda MgO , SO_3 , TiO_2 va K_2O mavjudligi aniqlandi. Natijalar asosida beton tarkibida kalsit miqdorining yuqoriligini shunday tushintirish mumkin: sementni suv bilan aralashtirilganda sement donalarini yupqa plyonka bilan qoplaydigan $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ hosil qiladigan 3-5% miqdorda gips kiritilishi gidratatsiya reaksiyasini oldini oladi. Gips qo'shilmagan holatda esa, klinker donalarining yuzasi darhol plyonkalar shaklida hosil bo'ladi va kalsiy gidrosulfoalyuminatning yuqori sulfat shakli hosil bo'ladi va betonning mustahkamligini pasayishiga olib keladi. MI-2 intensifikatori qo'llab, olingan beton namunalardagi natijalar farqlanib, bir

qancha yoriqlar kuzatildi (3-rasm). Umuman olganda, mikrotuzilmada kremniy birikmalarini kalsitga nisbatan yuqori darajada ekanligini ko'rish mumkin. Bu esa, beton mustahkamligini kamayishiga olib keladi.



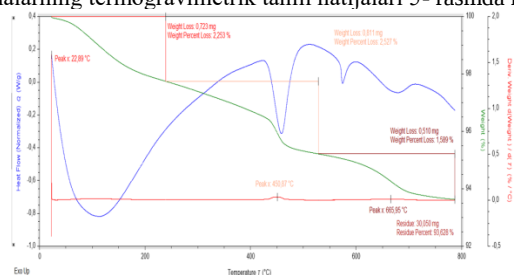
3-rasm. Sement klinkerini maydalash uchun yaratilgan MI-2 intensifikator qo'shib olingan beton namunasining SEM tasviri

4-rasmda SEM element tahlili asosida beton namunasida sement klinkerining tarkiblari: CaO , SiO_2 , Al_2O_3 va Fe_2O_3 lardan tashqari qo'shimcha ravishda kichik miqdorlarda MgO , SO_3 , TiO_2 , kaliy va uglerod oksidlari mavjudligi aniqlandi.



4-rasm. Sement klinkerini maydalash uchun yaratilgan MI-2 intensifikator qo'shib olingan beton namunasining SEM element tahlili

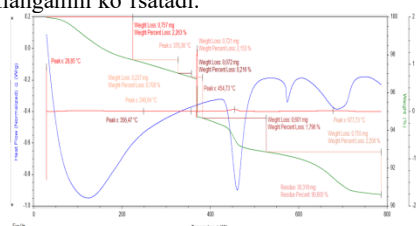
Qurilish sohaslarida betonning termik chidamliligi muhim ko'rsatkichlardan biri bo'lib, ma'lum bir haroratlarda uning tarkibiga qo'shilgan qo'shimchalar, kalsiy gidroksid va kristallogidratlarning parchalanishi bilan izohlanadi. Portlandsement klinkerini maydalash uchun yaratilgan MI-1 va MI-2 intensifikatorlarini qo'llab olingan beton namunalarini termik ta'sirga chidamliligi o'rganildi, hamda namunalarning termogravimetrik tahlil natijalari 5- rasmda keltirildi.



5-rasm. Sement klinkerini maydalash uchun yaratilgan MI-1 intensifikator qo'shib olingan beton namunasi differensial va termik tahlil natijalari

Olingan natijalardan ko'rinib turibdiki, 100°C gacha bo'lgan haroratda bog'lanmagan suvning sezilarli darajada ajralib chiqishi sodir bo'lgan. Suv molekullari 100°C dan 200°C gacha noorganik tuzlardagi kristallizatsion suvining ajralib chiqishi hisobiga massa 2,25% ga yo'qotilgan. 400°C bo'lgan haroratda karbonatlarning sement tosh (beton) asosan gidroaluminatlarning suvsizlanishi, shuningdek kalsiy gidrosulfoaluminatlarining parchalanishi va qayta kristallanishi tufayli yuzaga kelgan. 450°C haroratdan 600°C haroratgacha bo'lgan oraliqda, trikalsiy silikatning parchalanishi va undan yuqori haroratlarda karbonatlarning parchalanishi kuzatish mumkin. Massaning yo'qotilish 2,57% ni tashkil etgan. Ko'rinib turibdiki, MI-1 intensifikatorini qo'llab olingan beton namunasi 500°C haroratdan boshlab asosiy massani yo'qotgan va 800°C haroratgacha 93,6% massani saqlab qolgan.

Tadqiqotimizda MI-2 intensifikatori bilan olingan beton namunasini termik tahlili natijalari tahlil qilinganda (6-rasm), dastlabki endoeffekt 200°C va 300°C haroratda kuzatildi, namunaning massa yo'qotilishi 0,237 mg (0,708% umumiy miqdorga nisbatan) tashkil etdi. Bu esa suv ko'p sarflanganini ko'rsatadi.



6-rasm. Sement klinkerini maydalash uchun yaratilgan MI-2 intensivikator qo'shib olingan beton namunasining differensial va termik tahlil natijalari

Haroratning 370°C-450°C oralig'ida hosil bo'lgan endoeffekt gidroaluminatlar va silikatlar, gidroksidlar va karbonatlarning yo'q qilinishi tufayli sodir bo'lgan. Namunadagi massa yo'qotilishi ushbu harorat oralig'larida 0,6 mg (1,79% umumiy massaga nisbatan) miqdorni tashkil etgan. Shuningdek, 677°C harorat intervalida asosiy massa yo'qotilishi kuzatilib (0,755 mg), noorganik tuzlarning parchalanishi va kamroq darajada gidroksidlar va gidroaluminatlar suvsizlanishi tufayli sodir bo'lgan. 800°C haroratda vazn yo'qotish karbonatlarning parchalanishi bilan bog'liq. Natijalardan MI-2 intensivikator qo'shib maydalangan portlandsement asosidagi beton kam termik barqaror ekanligi o'rganildi.

Xulosa va takliflar. Yaratilgan yangi MI-1 va MI-2 intensivikatorlari portlandsement klinkerini maydalash jarayonida qo'llanilib, beton qorishmasi namunalari tadqiqi olib borildi. Namunalarni SEM element tahlillari uyg'unligida o'tkazilganda, MI-1 intensivikator bilan olingan beton matrisasida kalsit miqdorining yuqoriligi, MI-1 intensivikator bilan olingan beton matrisasida esa kremniy oksidi kalsitga nisbatan yuqoriligi aniqlandi. Shuningdek, differensial termogravimetrik tahlil natijalari MI-1 intensivikator bilan olingan beton strukturasi yuqori haroratlarga MI-1 intensivikator bilan olingan beton namunasiga qaraganda yuqori termik barqarorligi o'rganildi.

ADABIYOTLAR

1. Shakhova, L. D., Luginina, I. G., & Cherkasov, R. A. (2014). Intensification of Cement Grinding with Apply Grinding Aids with Modify Effect. *Modern Applied Science*, 8(6). doi:10.5539/mas.v8n6p296
2. Аликовский А.В и др. Интенсификатор помола цемента и способ его применения. Патент, РФ RU2558095 Опубликовано: 27.07.2015 Бюл. № 21.
3. Schumacher, G., & Juniper, L. (2013). Coal utilisation in the cement and concrete industries. *The Coal Handbook: Towards Cleaner Production*, 387–426. doi:10.1533/9781782421177.3.387
4. Moir, G. (2003). Cements. *Advanced Concrete Technology*, 3–45. doi:10.1016/b978-075065686-3/50277-9
5. Dhir, R. K., Brito, J. de, etc. (2017). Copper Slag in Cement Manufacture and as Cementitious Material. *Sustainable Construction Materials: Copper Slag*, 165–209. doi:10.1016/b978-0-08-100986-4.00005-5
6. Jackson, P. J. (1998). Portland Cement: Classification and Manufacture. *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*, 25–94. doi:10.1016/b978-075066256-7/50014-x
7. Зубехин А.П., Голованова С.П., Кирсанов П.В. "Супербелый портландцемент. Фазовый состав, технология" *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Тех-науки*, no. 1, 2004, pp. 41-44.
8. Гаврилюк М.Н., Семериков И.С. Синтез и изучение свойств портландцемента из известняка, фельзита и минерализатора // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 11-2. – С. 188-191
9. Николаенко Е.А.. "Исследования пуццолановых портландцементов на основе эффузивных горных пород" *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*, no. 1 (6), 2014, pp. 66-73.
10. Harrison, A. M. (2019). Constitution and Specification of Portland Cement. *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*, 87–155.
11. Besedin P.V., Panova O.A., "Thermal gravimetric analysis of plasticizing agents' effect on decarbonization of chalk and raw mix", *Cement and its application*, vol. 5, pp. 86-91, 2014.
12. Mishin, D.A., Kovalev, S.V., etc. (2023). White Cement Clinker Roasting Intensification. *BUILDINTECH BIT 2022. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 307. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20459-3_42
13. Bushueva N.P., Panova O., "The energy aspects of coal-alkaline additive's effect on dehydration of clay minerals", *Bulletin of BSTU*, 2016, vol 8, 180-184.
14. Kuvatov D.G., Turabjanov S.M. Maydalash intensivikator. Ixtiroga patent Uz IAP 07061. Byull. №9. 30.09.2022 y.
15. Kuvatov D.G., Turabjanov S.M. Sement klinkerini maydalash intensivikator. Foydali model № FAP 02089. Byull. №10. 30.10.2022 y.