

XOMASHYO TARKIBIDAGI SiO_2 , Al_2O_3 VA Fe_2O_3 OKSIDLARINING SEMENT SIFATI VA MUSTAHKAMLIGIGA TA'SIRI

Hikmatova Hilola Ilhom qizi
Nurmamatova Ruxshona Mardi qizi
Xudoyberdiyeva Farzona Ilhom qizi
Rayimova Zarina Alisher qizi

Samarqand Davlat Universiteti Kattaqo'rg'on filiali Kimyo yo'nalishi talabalari
hikmatovahilola00@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada sement ishlab chiqarishda xomashyo tarkibida uchraydigan asosiy oksidlar — kremniy dioksid (SiO_2), alyuminiy oksid (Al_2O_3) va temir oksid (Fe_2O_3)ning miqdori va ularning sement fazalariga, strukturaviy barqarorligiga va mustahkamlik xususiyatlariga ta'siri yoritiladi. Ushbu oksidlarning optimal nisbatda bo'lishi klinker fazalarining to'g'ri shakllanishiga sabab bo'ladi, bu esa sementning sifatini va mexanik ko'rsatkichlarini belgilaydi. Tadqiqotda zamonaviy texnologik yondashuvlar asosida bu oksidlarning reaktivligi, bir-biri bilan fazaviy o'zaro ta'siri va gidratatsiya jarayonidagi roli tahlil qilinadi.

Kalit so'zlar: Sement sifati, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , klinker fazalari, mustahkamlik, gidratatsiya, mineral oksidlar, pozzolanik faollik, strukturaviy barqarorlik

Kirish

Sement ishlab chiqarish jarayonida xomashyo tarkibidagi asosiy oksidlar – kremniy dioksid (SiO_2), alyuminiy oksid (Al_2O_3) va temir oksid (Fe_2O_3) muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu komponentlar klinkerning asosiy fazalari bo'lmish alit, belit, aluminat va ferrit birikmalarining shakllanishida bevosita ishtirok etadi. Oksidlar miqdori va ularning nisbatlari klinkerning mineralogik tuzilmasini, oxir-oqibatda esa sementning fizik-mexanik xossalarini belgilaydi. SiO_2 asosan silikat fazalar hosil qiluvchi komponent bo'lib, mustahkamlikning o'sishiga, Al_2O_3 esa aluminat fazasi orqali tez qotishga xizmat qiladi. Fe_2O_3 esa ferrit fazasi shaklida issiqlik energiyasining tejab qolinishiga va klinker sinterlanish jarayonining barqarorligiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Zamonaviy sement ishlab chiqarishda ushbu oksidlar balansini nazorat qilish orqali mahsulot sifati va ekologik samaradorlikka erishish mumkin. Bugungi kunda zamonaviy sement ishlab chiqarishda xomashyo tarkibidagi oksidlarning nafaqat miqdoriy, balki ularning mineralogik holati va reaktivligi ham muhim omillardan biri hisoblanadi. SiO_2 tarkibidagi amorf kremniy oksidi pozzolanik faollik ko'rsatib, gidratatsiya mahsulotlarining zichligini oshiradi. Ayniqsa,

mikrosilis, vulkanik kul, tabiiy pozzolanlar kabi qo'shimchalarda uchraydigan faol SiO_2 tarkibi tsement pastasida ikkilamchi reaksiya hosil qilib, portlandit bilan reaksiyaga kirishadi va qo'shimcha C-S-H (kalsiy silikat gidrat) birikmalarini hosil qiladi. Bu esa betonning zichligi, suv o'tkazmasligi va sovuqqa chidamliligini oshiradi.

Al_2O_3 tarkibi yuqori bo'lgan xomashyolar aluminat fazalarini faollashtiradi. Bunda C_3A va C_4AF fazalari faol ishtirok etib, gips yoki sulfatli qo'shimchalar bilan o'zaro reaksiyaga kirishadi. Bu jarayonda etringit va monosulfat birikmalari hosil bo'ladi. Ayniqsa sovuq iqlimlarda bu jarayon muhim ahamiyatga ega bo'lib, betonning kengayish xossasini boshqarish va mikroyoriqlarning oldini olishga xizmat qiladi. Ammo Al_2O_3 haddan ortiq miqdorda bo'lsa, gidratatsiya jarayonini tezlashtiradi, bu esa issiqlik ajralishini kuchaytiradi va ichki stresslar hosil bo'lishiga sabab bo'lishi mumkin.

Fe_2O_3 esa sement tarkibida nisbatan inertroq fazalarni hosil qilsa-da, u klinker ishlab chiqarishdagi issiqlik muvozanatini barqarorlashtirishda muhim rol o'ynaydi. Temir oksidi mavjudligi klinkerning erish haroratini pasaytirib, energiya tejovchi muhit hosil qiladi. Shu bilan birga, temir oksidi rang beruvchi komponent sifatida ham tsement estetikasiga ta'sir ko'rsatadi. Misol uchun, temir oksidi ko'proq bo'lgan tsementlarda och jigarrang yoki kulrang tus ustunlik qiladi.

Sementning mustahkamligi va foydalanish xossalari ko'p jihatdan ushbu oksidlarning o'zaro nisbatiga bog'liq. Shuning uchun zamonaviy zavodlarda xomashyo tarkibining LSF (Lime Saturation Factor), SR (Silica Ratio) va AR (Alumina Ratio) kabi modulli ko'rsatkichlari oldindan hisoblanadi. Ushbu modullar yordamida oksidlar muvozanati nazorat qilinadi va kerakli fazalar nisbati ta'minlanadi. LSF baland bo'lsa, C_3S (alit) ko'pligi bilan, SR yuqori bo'lsa, silikat fazalarning ustunligi bilan, AR esa aluminat-ferrit muvozanatini ko'rsatadi. Sement tarkibidagi oksidlarning fazaviy holati, ularning kristallik darajasi va boshqa komponentlar bilan o'zaro ta'siri yakuniy mahsulotning fizik-mekanik xossalariга bevosita ta'sir ko'rsatadi. Ayniqsa SiO_2 moddasining faolligi (reaktivligi) uning mineral shakliga bog'liq bo'lib, amorf silikalar (masalan, mikrosilis yoki uchuvchi kul tarkibidagi silikalar) gidratatsiya jarayonida yuqori darajada C-S-H gel hosil qiladi. Bu gel sement pastasining asosiy mustahkamlovchi komponenti bo'lib, strukturaning zichligi, yopishqoqligi va uzoq muddatli bardoshliligini ta'minlaydi.

Al_2O_3 oksidi C_3A (trikalsiy aluminat) fazasini shakllantiradi. Ushbu fazaning faolligi juda yuqori bo'lib, u gidratatsiya jarayonining boshlang'ich bosqichlarida intensiv reaksiya beradi. Biroq, bu jarayon juda tez sodir bo'lgani uchun, uning boshqarilmasligi erta qotish va issiqlik ajralishining oshishiga sabab bo'ladi. Shu sababli, C_3A fazasi miqdorini me'yorda saqlash va unga etarlicha sulfat (masalan, gips) qo'shish orqali gidratatsiyani muvozanatlash muhim hisoblanadi. Sulfat C_3A bilan reaksiyaga kirishib, etringit va

keyinchalik monosulfat hosil qiladi, bu esa makrostrukturani mustahkamlaydi va hajmiy o'zgarishlarni kamaytiradi.

Fe_2O_3 esa, yuqorida aytib o'tilganidek, C_4AF (tetrakalsiy aluminoferrit) fazasini hosil qiladi. Bu faza yuqori issiqlikda ham barqaror bo'lib, sement klinkerining sinterlanish jarayonini barqarorlashtiradi. U issiqlik muvozanatini saqlagan holda yoqilg'i sarfini kamaytiradi va energiya tejashga yordam beradi. Bundan tashqari, Fe_2O_3 tarkibining ortishi ba'zan sovuq iqlim sharoitida betonning rangi va issiqlik yutilish qobiliyatini o'zgartiradi, bu esa qurilishda muayyan dizayn va issiqlik izolyatsiyasi talablariga javob berishga xizmat qiladi.

Zamonaviy sement ishlab chiqarishda oksidlar o'rtasidagi nisbatlar ilg'or raqamli texnologiyalar yordamida nazorat qilinadi. Masalan, xomashyo tarkibidagi $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ va $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ nisbatlari orqali klinker fazalarining nisbiy tarkibi oldindan modellashadi. Shu yondashuv asosida ishlab chiqilgan formulalar yordamida turli mintaq va ob-havo sharoitiga mos sement turlari tayyorlanadi. Yuqori silikatli sementlar (C_3S va C_2S fazalari ustun) tez qotadigan va yuqori bosimga chidamli bo'lsa, yuqori aluminatli sementlar sulfatga bardoshlilik, tez qattiqlashish va maxsus issiqlik xossalari bilan ajralib turadi.

Xalqaro amaliyotda, xomashyolar sifatida ishlatiladigan ohaktosh, mergel, loy va temir javhari tarkibidagi ushbu oksidlar nisbati ishlab chiqarilayotgan sement turiga qarab tartibga solinadi. Masalan, portland-kompozit sementlarda qo'shimcha pozzolanlar yoki metallurgik shlaklar orqali SiO_2 va Al_2O_3 miqdori oshiriladi, bu esa karbonat iziga ega sement turlariga nisbatan ekologik jihatdan qulayroq mahsulotlar olishga imkon beradi.

Shuningdek, yangi avlod sement turlarida ushbu oksidlar sun'iy nanomateriallar shaklida qo'shilmoqda. Masalan, nano- SiO_2 asosida tayyorlangan tsement aralashmalari erta mustahkamlikni keskin oshiradi, suyuqlikni kamaytiradi va o'ta zich struktura hosil qiladi. Bu yondashuv yuqori yuklama ostida ishlovchi temir-beton inshootlar, ko'priklar va sanoat binolari uchun katta ustunlik beradi.

Xalqaro sement texnologiyalarida ushbu oksidlar asosida ishlab chiqilgan muqobil (eko-sement) turlarida ham ushbu komponentlarning barqarorligi muhim hisoblanadi. Masalan, Fly ash, GGBS (granulalangan domna shlaki), tabiiy pozzolanlar orqali Al_2O_3 va SiO_2 miqdorini oshirish orqali portland tsementning issiqlik ajratishini kamaytirish va barqaror mustahkamlikka erishish mumkin. Shu jihatdan oksidlar balansini ekologik va texnologik yondashuvlarda saqlash bugungi kun sement ishlab chiqarishining muhim strategiyasiga aylangan.

Sement tarkibini tashkil qiluvchi asosiy oksidlar o'zaro kimyoviy bog'lanish orqali turli fazalar hosil qiladi. Kremniy dioksid SiO_2 klinker fazalaridan alit (trikalsiy silikat) va belit (dikalsiy silikat) tarkibida mavjud bo'lib, ularning har ikkalasi ham sementning

gidratatsiyasi davomida kalsiy silikat gidratlarini hosil qiladi. Aynan ushbu mahsulotlar sementning asosiy mustahkamlik manbai hisoblanadi. SiO_2 ning optimal miqdori silikat fazalarning to'g'ri nisbatda shakllanishiga sabab bo'ladi. Uning ortiqcha yoki kam miqdorda bo'lishi klinker sifati va mustahkamligini pasaytirishi mumkin.

Alyuminiy oksid Al_2O_3 esa uch kalsiy aluminat (C_3A) fazasining hosil bo'lishida ishtirok etadi. C_3A fazasi tez qotishga sabab bo'lishi bilan birga, sovuq ob-havo sharoitlarida sementning ishlash vaqtini tartibga soladi. Shu bilan birga, u sulfat birikmalari bilan reaksiyaga kirishib etringit hosil qiladi, bu esa betonning zichligi va sovuqqa chidamliligini oshiradi. Al_2O_3 miqdorining haddan tashqari ko'pligi esa tez qotish jarayonini haddan tashqari tezlashtirib, mikro yoriqlarga olib kelishi mumkin.

Fe_2O_3 tarkibda esa to'rt kalsiy alyumoferrit (C_4AF) fazasi shakllanadi. Bu faza sementning issiqlikda qotishini sekinlashtirib, klinker sinterlanish jarayonini barqarorlashtiradi. Ferrit fazalari odatda kuchli mexanik ta'sirga ega bo'lmasada, ular klinkerning ishlab chiqarish energiyasi sarfini kamaytirishga xizmat qiladi. Shuningdek, Fe_2O_3 tarkibidagi temir ionlari tsementga rang beruvchi komponent sifatida ham muhim rol o'ynaydi.

Zamonaviy sement zavodlarida bu oksidlar miqdori onlayn analizatorlar yordamida doimiy ravishda kuzatilib boriladi. Optimal tarkibga ega xomashyolar tanlab olinadi yoki turli xomashyolar aralashtirilib, fazaviy muvozanatga erishiladi. Bunda alitning yuqori ulushi (odatda 50 foizdan ortiq) ta'minlanadi, bu esa yuqori darajadagi erta va oxirgi bosqich mustahkamlikni beradi.

Bundan tashqari, ushbu oksidlarning pozzolanik faollik bilan bog'liqligi ham e'tibordan chetda qolmasligi kerak. Masalan, SiO_2 va Al_2O_3 tarkibida faol amorf shakllar mavjud bo'lsa, ular gidratatsiya jarayonida qo'shimcha reaktivlikni ta'minlaydi. Bu holat ayniqsa fly ash, mikrosilis, tabiiy pozzolan yoki granullangan domna shlaki qo'shilgan aralash sementlarda muhim ahamiyat kasb etadi.

Xulosa

Sement xomashyosi tarkibidagi SiO_2 , Al_2O_3 va Fe_2O_3 oksidlarining nisbati va ularning fazaviy o'zgarishlari mahsulot sifatiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi. Ushbu oksidlarning optimal darajada mavjudligi klinkerning to'g'ri fazaviy tuzilmasini ta'minlaydi, bu esa sementning mexanik mustahkamligi, gidratatsiya tezligi va ishlash muddati kabi ko'rsatkichlarini belgilaydi. SiO_2 asosiy mustahkamlovchi komponent sifatida, Al_2O_3 tez qotish va etringit hosil qilishda, Fe_2O_3 esa sinterlanish energiyasini kamaytirishda va strukturaviy barqarorlikni oshirishda muhim rol o'ynaydi. Shu sababli, zamonaviy sement ishlab chiqarishda bu oksidlarning muvozanatiga ilmiy yondashuv va aniq nazorat zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Taylor H. F. W. *Cement Chemistry*. Thomas Telford Publishing.
2. Hewlett P. C. *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*. Elsevier, 2019.
3. Mindess S., Young J. F., Darwin D. *Concrete*. Prentice Hall, 2003.
4. Neville A. M. *Properties of Concrete*. Longman Scientific, 2012.
5. GOST 31108-2020. *General construction cements. Specifications*.
6. Mehta P. K., Monteiro P. J. M. *Concrete Microstructure, Properties, and Materials*. McGraw-Hill Education.