

**SANOAT CHIQINDILARI ASOSIDA SEMENT KOMPOZITLARINI OLISH
VA ULARNING ASOSIY FIZIK –MEXANIK VA KIMYOVIY
XOSSALARINI TADQIQ ETISH**

ZIYADULLAYEVA SHAHLO SHOKIRJONOVNA

Annotatsiya: Ushbu maqola sanoat chiqindilaridan sement kompozitlari tarkibida qo'shimcha sementlovchi material sifatida foydalanish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Sement ishlab chiqarishda klinker miqdorini qisman kamaytirish va uning o'rniga sanoatning turli tarmoqlarida hosil bo'ladigan mineral mineral chiqindilarni qo'llash ekologik hamda texnologik jihatdan istiqbolli yo'nalishlardan biridir. Tadqiqotlarda metallurgiya shlaki, uchuvchi kul, silica fumi va boshqa mineral chiqindilarnining sement tizimlaridagi fizik-mexanik, kimyoviy va ekspluatatsion xossalarga ta'sirini keng o'rganilmoqda. Mazkur maqolada sanoat chiqindilarining kimyoviy tarkibi, pozzolanik faolligi, sementning gidratsiya jarayoniga ta'siri, mustaxkamlik, suv shimuvchanlik, va agressiv muhitlarga chidamlilik xususiyatlari tahlil qilinadi. Shuningdek, chiqindilarni sement ishlab chiqarish jarayoniga jalb etishorqali tabiiy xom asyo sarfini, chiqindilarni ko'mish hajmini va sement ishlab chiqarishning ekologik yuklamasini kamaytirish imkoniyatlari ko'rib chiqiladi.

Kalit so'zlar: sement, sanoat chiqindilari, mineral qo'shimcha metallurgiya shlaki, uchuvchi kul, silica fumi, sement kompoziti, korroziyaga chidamlilik, fizik-mexanik xossalar, ekologik samaradorlik.

1. KIRISH

Sement qurilish sanoatining asosiy bog'lovchi materiallaridan biri bo'lib, zamonaviy infratuzilmaning rivojlanishida muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga, an'anaviy Portland

sement ishlab chiqarish klinker olish bosqichining yuqori energiya talab qilishiva karbonat xom ashyosining termik parchalanishi sababl kata miqdorda karbonat angidrid ajralishi bilan bog'liq. Zamonaviy tadqiqotlarda sement ishlab chiqarishning ekologik yuklamasini kamaytirishning asosiy yo'llaridan biri

klinkerning bir qismini qo'shimcha sementlovchi materiallar bilan almashtirish sifatida qaralmoqda.

SANOAT KORXONALARIDA HOSIL BO'LADIGAN metallurgiya shlaklari, uchuvchi kul, silica fumi va boshqa mineral chiqindilar tarkibida kremniy, alyuminiy, kalsiy vat emir oksidlari mavjud bo'lib, ularning ayrimlari sement tizimida ikkilamchi reaksiyalarda ishtirok etishi mumkin. Shu sababli bunday chiqindilarni sement kompozitlari tarkibida qo'llash bir vaqtning o'zida ikki muammoni – sanoat chiqindilarini utilizatsiya qilish, va sement ishlab chiqarishning resurs hamda ekologik yuklamasini kamaytirish masalasini hal qilish imkonini beradi.

2025 yildagi tadqiqotlarda sanoat va boshqa chiqindilardan olingan qo'shimcha sementlovchi materiallarning mexanik, fizik va mikrostrukturavy xususiyatlari keng tahlil qilingan. Ushbu tadqiqotlarda chiqindilarning turi, kimyoviy tarkibi, zarracha o'lchami, ishlov berish usuli va sementdagi miqdori yakuniy material xossalariga sezilarli ta'sir qilishi qayd etilgan.

Ayniqsa metalurgiya shlaki va uchuvchi kul kabi materiallardan foydalanish sement tarkibidagi klinker ulishini kamaytirish bilan birga, ayrim hollarda materialning uzoq muddatli chidamliligini yaxshilashi mumkin. Biroq sanoat chiqindilarining kimyoviy tarkibi bir xil bo'lmasligi, ularning faolligi va zararlari komponentlari turlicha bo'lishi sababli har bir chiqindi turi alohida fizik-kimyoviy baholanishi lozim.

So'ngi tadqiqotlarda bir vaqtning o'zida ikki yoki undan ortiq sanoat chiqindilaridan foydalanish ham istiqbolli yo'nalish sifatida ko'rilmogda. Bunda turli chiqindilarning kimyoviy va fizik xususiyatlari bir – birini to'ldirishi natijasda sement kompozitining mustahkam va chidamliligini optimallashtirish imkoniyati paydo bo'ladi. Shu sababli sanoat chiqindilari asosida sement kompozitini ishlab chiqarish nafaqat chiqindilarni qayta ishlash,

balki resurslardan samarali foydalanish, sement tarkibidagi klinker miqdorini kamaytirish va yangi avlod ekologik samarador qurilish materiallarini yaratish nuqtayi nazaridan ham dolzarb ilmiy – amaliy masala hisoblanadi.

Sanoat korxonalarining rivojlanishi natijasida kata miqdorda turli hil mineral va texnogen chiqindilar hosil bo'lmoqda. Bunday chiqindilarni qayta ishlamasdanatrof – muhitga chiqarish ekologik muammolarni yuzaga keltirish bilan birga, tarkibida mavjud bo'lgan mineral komponentlarning qayta foydalanilmay qolishiga olib keladi. Shu sababli sanoat chiqindilaridan qurilish materiallari, xususan, sement kompozitlarini ishlab chiqarishda foydalanish istiqbolli yo'nalishlardan biri hisoblanadi.

Sanoat kompozitlarini olishdasanoat chiqindilaridan foydalanish, avvalo, ularning kimyoviy – minerologik tarkibini o'rganishni talab etadi. Chiqindilar tarkibida kremniy dioksid (SiO_2), alyuminiy oksid (Al_2O_3), temir oksidlar (Fe_2O_3), kalsiy oksid (CaO), magniy oksid (MgO) va boshqa komponentlarning mavjudligi ularning sement tizimiida mineral qo'shimcha sifatida qo'llanish imkoniyatini belgilaydi. Ayniqsa, tarkibida faol kremnezem va alyumosilikatlar mavjud bo'lgan chiqindilar sementning gidratsiya jarayonlarida ishtirok etib, qo'shimcha bog'lovchi fazalarning hosil bo'lishiga sabab bo'lishi mumkin.

Tadqiqotning dastlabki bosqichida tanlangan sanoat chiqindilarining fizik-kimyoviy xususiyatlari aniqlanadi. Bunda chiqindilarning namligi, zichligi, donadorlik tarkibi, solishtirma yuzasi hamda kimyoviy tarkibi o'rganiladi. Zarur hollarda chiqindilar quritilib, maydalash va elash jarayonlaridan o'tkaziladi. Maydalash natijasida zarrachalarning solishtirma yuzasi ortib, sementni ng gidratatsiya jarayonlarida ularning reaksiyon faolligi oshishi mumkin. Sanoat chiqindilari sement tarkibiga turli miqdorda qo'shilib, bir nechta kompozitsion tarkiblar tayyorlanadi. Masalan, sement massasiga nisbatan chiqindining 5,10,15 va 20% miqdorlarida qo'shilishi orqali tajriba na'munalari shakillanishi mumkin. Nazorat na'munasi sifatida esa sanoat chiqindisi qo'shilmagan sement qorishmasidan foydalaniladi. Bunday yondoshuv chiqindi miqdorining sement kompozitlarining xossalriga ta'sirini solishtirma ravishda baholash imkonini beradi. Tayyorlangan

kompozitlardan standart o'lchamdagi na'munalar tayyorlanib, belgilangan sharoitlarda qotiriladi. Qotirish jarayonida sement tarkibidagi mineral komponentlarning suv bilan o'zaro ta'siri natijasida gidratsiya maxsulotlari hosil bo'ladi. Ushbu jarayon sement toshining zichligi, mustahkamligi va boshqa fizik – mexanik xususiyatlarini shakllantirishda muhim ahamiyatga ega. Sement kompozitlarining fizik xossalari sifatida zichlik, suv shimuvchanlik, g'ovaklik va suvga chidamlilik ko'rsatkichlari aniqlanadi. Chiqindining tarkibi va miqdoriga qarab kompozitning g'ovaklik darajasi hamda, suv shimuvchanligi o'zgarishi mumkin. Zarrachalar o'lchamining optimal taqsimlanishi esa sement massasining zichroq joylashishiga va kaoilyar g'ovaklarning kamayishiga yordam berishi mumkin. Mexanik xossalarini baholashda, avvalo, siqilishdagi mustahkamlik chegarasi aniqlanadi. Ushbu ko'rsatgich sement kompozitining amaliy qo'llanish imkoniyatini baholashda asosiy parametrlardan biridir. Sanoat chiqindisi miqdorining ortishi ma'lum chegaragacha mustahkamlikni oshirishi, optimal miqdordan yuqori qo'shilganda esa sementning bog'lovchi komponenti nisbatan kamayishi sababli mustahkamlik pasayishi mumkin. Shuning uchun chiqindining optimal miqdorini aniqlash tadqiqotning muhim vazifalaridan biri hisoblanadi. Kompozitlarning kimyoviy xossalari ham alohida tadqiq qilinadi. Bunda materialning turli agressiv muhitlarga, jumladan, sulfatli, xloridli va kislotali muhitlarga chidamliligini baholash mumkin. Kimyoviy muhit ta'sirida na'munalarning massasi, mustahkamligi va tashqi ko'rinishdagi o'zgarishlar aniqlanadi. Ushbu natijalar sanoat chiqindilar asosida olingan sement kompozitlarining uzoq muddatli ekspluatatsiya imkoniyatlarini baholashga xizmat qiladi. Kompozit tarkibida sodir bo'ladigan minerologik va strukturaviy o'zgarishlarni aniqlash uchun zamonaviy instrumental tahlil usullaridan foydalanish maqsadga muvofiq. Jumladan, roentgen - fazaviy tahlil (XRD) yordamida kristall fazalar, skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) yordamida materialning mikrostrukturasi, energiya – dispers rentgen spektroskopiyasi (EDS) yordamida element tarkibi o'rganilishi mumkin. Shuningdek, zarur hollarda termik tahlil usullari orqali sement kompozitlarida kechayotgan fizik – kimyoviy jarayonlar aniqlanadi. Olingan natijalarni nazorat na'munalari bilan taqqoslash orqali sanoat

chiqindilarining sement kompozitlarining fizik, mexanik va kimyoviy xossalariga ta'siri aniqlanadi. Natijalar asosida chiqindining optimal miqdori va kompozitning ratsional tarkibi belgilanadi. Bunda asosiy maqsad sementning mustahkamligi va chidamliligini saqlagan yoki yaxshilagan holda sanoat chiqindilaridan maksimal darajada foydalanishdan iborat. Mazkur yondashuv bir vaqtning o'zida ikki muhim masalani – sanoat chiqindilarini utilizatsiya qilish va sement ishlab chiqarishda xom ashyo sarfini kamaytirish masalalarini hal qilish imkonini beradi. Shu jihatdan sanoat chiqindilari asosida sement kompozitlarini ishlab chiqish ekologik va iqtisodiy jihatdan istiqbolli texnologik yo'nalish hisoblanadi.

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, sanoat chiqindisini sement tarkibiga qisman qo'shish kompozitlarning fizik – mexanik xossalariga ijobiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Tadqiqotlarda ayrim mineral chiqindilarni sement massasining 5-15% miqdorida qo'shish natijasida sement kompozitlarining mustahkamligi va zichligi yaxshilanganligi qayd etilgan. Bunda chiqindining kimyoviy tarkibi, zarrach o'lchami va sementdagi miqdori muhim ahamiyatga ega. Chiqindi miqdorining haddan tashqari oshirilishi esa bog'lovchi sement miqdorining kamaytirib, mustahkamlikning pasayishiga olib kelishi mumkin.

Shu sababli sanoat chiqindilari asosida sement kompozitlarini ishlab chiqarishda optimal tarkibni aniqlash, ularning siqilishdagi mustahkamligi, suv shimuvchanligi, zichligi va kimyoviy chidamliligini baholash muhim hisoblanadi. Ushbu yo'nalishdagi keyingitadqiqotlarda mahaliy sanoat chiqindilaridan samarali foydalanib, optimal kompozitsiyani tajriba asosida aniqlash rejalashtiriladi.

Sanoat chiqindilaridan sement kompozitlarini olish qurilish materiallari ishlab chiqarishda xom ashyo sarfini kamaytirish va chiqindilarni qayta ishlash imkonini beradi. Adabiyotlar tahliliga ko'ra, sanoat chiqindilarini sement tarkibiga optimal miqdorda kiritish kompozitlarning fizik – mexanik va kimyoviy xossalarini yaxshilashi mumkin.

Kelgusida maxaliy sanoat chiqindilarining kimyoviy va minerologik tarkibini o'rganish, ularning sement tarkibidagi optimal miqdorini aniqlash hamda olingan kompozitlarning mustahkamligi, suv shimuvchanligi kimyoviy chidamliligini tajriba asosida baholash maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Li X., Qin D., Hu Y., et al. A systematic review of waste materials in cement-based composites for constructions. *Journal of building Engineering* , 2022, Vol.45, 103447. DOI:10.1016/j.jobbe.2021.103447.
2. Alsaif A. Utilization of ceramic waste as partially cement substitute – A review. *Construction and Building Material*, 2021, Vol. 300, 124009. DOI: 10. 1016/j.conbuildmat .2021.124009.
3. Jain P., Gupta R., Chaudhary S. A literature review on the effect of using ceramic waste as supplementary cementitious material in cement composites on workability and compressive strength. *Materials today: Proscedings*, 2022, Vol. 65 pp. 871-876. DOI: 10.1016/j.Matpr. 2022.03453.
4. Agrawal A., Saravanan T.J., Bisht K., Kabeer K.I.S.A Sinthesis of cement composites Utilizing Ceramic Waste as a partial Replacement for Portland Cement: Literature Reviev. *Journal of Harardous, Toxic, and Radioactive waste*, 2021, Vol. 25 (4). DOI: 10. 1061/(ASCE) HZ. 2153-5515. 0000637.
5. Preparation and hydration in industrial solid waste – cement blends: A review . 202