DOI: 10.65322/j.srd.05192026.131

SANOAT CHIQINDILARI ASOSIDA MODIFIKATSIYALANGAN SEROBETONNING MIKROSTRUKTURASI VA MUSTAHKAMLIK XOSSALARI O‘RTASIDAGI BOG‘LIQLIK

Yusupov Sh.R., *katta o‘qituvchi,*
E-mail: shakan7777777s@gmail.com,
Namangan davlat texnika universiteti

Annotatsiya. *Maqolada ikkilamchi texnik oltingugurt va neft sanoati chiqindilari asosida modifikatsiyalangan serobetonning tuzilma hosil bo‘lish mexanizmi ilmiy manbalar asosida tahlil qilingan. Oltingugurt bog‘lovchisining kristallanishi, mineral to‘ldiruvchi bilan kontakt zonasi, g‘ovaklik va organik modifikatorning mustahkamlikka ta’siri o‘zaro bog‘liq omillar sifatida ko‘rib chiqilgan. Tuzilma xususiyatlarini aniqlash usullari hamda qurilish buyumlari uchun amaliy ahamiyati asoslangan. Mikrostrukturaviy omillar – oltingugurtning kristallanishi, to‘ldiruvchi granulometriyasi, kontakt zonasi, organik modifikator va sovitish rejimining mustahkamlikka ehtimoliy ta’siri hamda ularni tekshirish usullari (XRD, DSC, SEM/EDS, FTIR) tizimlashtirildi. Xomashyo tahlilidan ekspluatatsion sinovlargacha bo‘lgan besh bosqichli kompleks baholash dasturi taklif etildi. Maqola sharh xarakteriga ega bo‘lib, mikrostruktura va mustahkamlik o‘rtasidagi bog‘liqlikni miqdoriy tasdiqlash uchun tajriba tadqiqotlari talab etiladi.*

Аннотация. *На основе научных публикаций проанализированы механизмы структурообразования модифицированного серобетона с использованием вторичной технической серы и отходов нефтяной промышленности. Рассмотрена взаимосвязь кристаллизации серного вяжущего, контактной зоны, пористости и прочностных свойств. Обосновано значение методов исследования микроструктуры для строительных изделий. Систематизированы микроструктурные факторы – кристаллизация серы, гранулометрия заполнителя, контактная зона, органический модификатор и режим охлаждения, – их вероятное влияние на прочность и методы их исследования (XRD, DSC, SEM/EDS, FTIR). Предложена пятиэтапная комплексная программа оценки – от анализа сырья до эксплуатационных испытаний. Статья носит обзорный характер; для количественного подтверждения связи микроструктуры и прочности требуются экспериментальные исследования.*

Abstract. *This article analyzes structure formation in modified sulfur concrete incorporating recovered technical sulfur and petroleum-industry residues. The relationships between binder crystallization, the aggregate–binder interfacial zone, porosity, organic modification and mechanical performance are examined using published research. The relevance of microstructural characterization to construction applications is discussed. Microstructural factors – sulfur crystallisation, filler grading, the interfacial zone, the organic modifier and the cooling regime – are systematised together with their probable effect on strength and the methods used to examine them (XRD, DSC, SEM/EDS, FTIR). A five-stage comprehensive assessment programme, from raw material analysis to service-condition testing, is proposed. The article is a review; experimental studies are required to confirm the microstructure–strength relationship quantitatively.*

Kalit so‘zlar: *serobeton, ikkilamchi oltingugurt, mikrostruktura, mineral to‘ldiruvchi, neft sanoati chiqindisi, kristallanish, g‘ovaklik, siqilishdagi mustahkamlik.*

Ключевые слова: *серобетон, вторичная сера, микроструктура, минеральный наполнитель, модификатор, кристаллизация, прочность.*

Keywords: *sulfur concrete, recovered sulfur, microstructure, mineral filler, organic modifier, crystallization, compressive strength.*

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.131

Kirish. Qurilish materiallari ishlab chiqarishda ikkilamchi xomashyodan foydalanish tabiiy resurslar sarfini kamaytirish va sanoat chiqindilarini foydali mahsulotga aylantirishning muhim yo‘nalishlaridan biridir. Neft-gaz sanoatidan ajratib olinadigan texnik oltingugurt sementga muqobil bog‘lovchi komponent sifatida qo‘llanilishi mumkin. Oltingugurtli betonning qotishi sement gidratatsiyasidan farqli ravishda eritmaning sovishi va qattiq fazaning shakllanishi bilan bog‘liq bo‘lib, bu jarayon materialning ichki tuzilishi va mustahkamligiga bevosita ta’sir qiladi [1, 2].

Serobetonning yuqori zichlikka ega bo‘lishi, suv shimuvchanligining pastligi va ayrim kimyoviy muhitlarga chidamliligi uning sanoat pollari, himoya qoplamalari, muhandislik tarmoqlari hamda maxsus yig‘ma buyumlarda qo‘llanishiga qiziqishni oshirmoqda. Shu bilan birga, oltingugurtning fazaviy o‘zgarishlari, sovishdagi hajmiy qisqarish, mo‘rtlik va haroratga sezgirlik kabi omillar material xossalarining barqarorligini cheklashi mumkin [1, 2].

Tadqiqot maqsadi – ilmiy manbalar asosida sanoat chiqindilari bilan modifikatsiyalangan serobetonning mikrostrukturaviy omillari va mustahkamlik xossalari o‘rtasidagi bog‘liqlikni tizimlashtirish hamda mahalliy xomashyo uchun ularni tekshirishning kompleks dasturini taklif etishdan iborat.

Tadqiqot obyekti va usullari. Tadqiqotda serobeton bo‘yicha 2020–2024-yillarda chop etilgan sharh va tajriba ishlari [1–3] qiyosiy tahlil qilindi. Har bir mikrostrukturaviy omil uchun tuzilmadagi o‘zgarish, uning mustahkamlikka ehtimoliy ta’siri va tekshirish usuli ajratib olinib, jadval ko‘rinishida umumlashtirildi.

Natijalar va muhokama. ***Materiallarning o‘zaro ta’siri.*** Oltingugurtli kompozitlarda mineral zarrachalar yukni qabul qiluvchi omil hisoblanadi, qotgan oltingugurt esa zarrachalar orasidagi bog‘lovchini hosil qiladi. Bog‘lovchining mineral to‘ldiruvchi yuzasini qanchalik bir tekis qoplashi, zarrachalar orasidagi bo‘shliqlarning to‘lishi va sovitish sharoiti materialning yaxlitligini belgilaydi. To‘ldiruvchining donadorlik tarkibi maqbul tanlanganda zarrachalar zich joylashadi va bog‘lovchiga bo‘lgan talab kamayishi mumkin. Aksincha, ortiqcha mayda fraksiya eritmaning qovushqoqligini oshirib, aralashtirish va qoliplashni murakkablashtiradi.

Oltingugurtning kristallanishi jarayonida ichki kuchlanishlar paydo bo‘lishi mumkin. Ayniqsa, bog‘lovchi va mineral zarrachalarning issiqlik deformatsiyalari farqlanganda kontakt zonasi zaiflashadi. Bunday holatda umumiy g‘ovaklik kichik bo‘lsa ham, mikrocho‘kishlar yoki mikrodarzlar siqilish va cho‘zilishdagi mustahkamlikka salbiy ta’sir ko‘rsatishi ehtimoli mavjud. Shuning uchun serobeton sifatini faqat zichlik orqali emas, balki g‘ovaklarning shakli, tarqalishi va o‘zaro bog‘liqligini aniqlash zarur [1, 2].

Organik modifikatorlar oltingugurtning kristallanish xususiyatlari va bog‘lovchi fazaning deformatsiyalanish qobiliyatiga ta’sir qilishi mumkin. Neft sanoati chiqindilarining modifikator sifatida qo‘llanishi ularning uglevodorod tarkibi, to‘yinmagan birikmalar ulushi va termik ishlov berishga bog‘liq. Biroq bir turdagi modifikator bo‘yicha aniqlangan optimal miqdorni boshqa chiqindi tarkibiga bevosita ko‘chirish ilmiy jihatdan asosli emas; har bir xomashyo uchun tarkibiy va fizik-kimyoviy xususiyatini aniqlash zarur hisoblanadi [2].

Mikrostrukturaviy omillarning serobeton xossalariga ehtimoliy ta’siri va ularni tekshirish usullari 1-jadvalda umumlashtirilgan.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.131

1-jadval

Mikrostrukturaviy omillarning serobeton xossalariga ta’siri

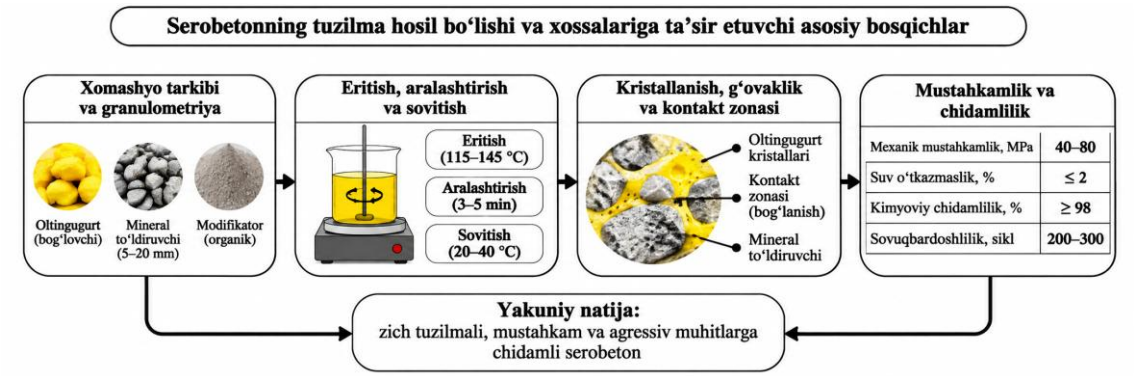
Omil	Tuzilmadagi o‘zgarish	Mustahkamlikka ehtimoliy ta’siri	Tekshirish usuli
Oltingugurtning kristallanishi	Faza tarkibi va ichki kuchlanishlarning o‘zgarishi	Mikrodarzlar tufayli mo‘rtlik ortishi mumkin	XRD, DSC
To‘ldiruvchi granulometriyasi	Zarrachalar joylashishi va bo‘shliqlar hajmi	Zich skelet yuk ko‘tarishni yaxshilashi mumkin	Elak tahlili, zichlik
Kontakt zonasi	Bog‘lovchi-to‘ldiruvchi tutashuvining yaxlitligi	Zaif zona cho‘zilishdagi mustahkamlikni pasaytirishi mumkin	SEM/EDS
Organik modifikator	Kristallanish va bog‘lovchi faza xossalarining o‘zgarishi	Samaradorlik tarkib va dozaga bog‘liq	FTIR, DSC, mexanik sinov
Sovitish rejimi	Harorat gradienti va qisqarish kuchlanishlari	Notekis sovitish darzlar xavfini oshirishi mumkin	Termik nazorat, vizual/SEM

Mikrostruktura va mustahkamlik o‘rtasidagi bog‘liqlik. Serobetonning siqilishdagi mustahkamligiga mineral to‘ldiruvchining zichligi va bog‘lovchining xossalari katta ta’sir ko‘rsatadi. Siqilishdagi mustahkamlikni aniqlashda yuklash rejimi ham muhim ahamiyatga ega. Bog‘lovchi yoki to‘ldiruvchi yetarlicha mustahkam bo‘lmasa, yuk ta’sirida beton yemiriladi. Cho‘zilishdagi mustahkamlik esa, odatda, mikrodarzlar va darzlarning ochilishi bilan belgilanadi. Shu sababli eksperimental tadqiqotlarda faqat siqilishdagi mustahkamlikni aniqlash yetarli emas.

Fediuk hamda boshqa tadqiqotchilar [1] oltingugurtli betonlar haqidagi sharhida tarkib, modifikatsiya va ekspluatatsion xossalarning o‘zaro bog‘liqligini ko‘rsatgan. Amanova va boshqa tadqiqotchilar [2] modifikatsiyalash usullarini texnologik va amaliy mezonlar asosida umumlashtirgan. Szajerski va hammualliflarning [3] chiqindi to‘ldiruvchili oltingugurt-polimer kompozitlar bo‘yicha maxsus radiatsion tadqiqoti esa fizik ta’sir natijasida mikrostruktura va mexanik ko‘rsatkichlar birgalikda o‘zgarishi mumkinligini ko‘rsatadi. Shu sababli mahalliy ikkilamchi oltingugurt asosidagi materialni baholashda mikrostrukturaviy va mexanik sinovlarni yagona dasturda tashkil etish maqsadga muvofiq. Xususan, bir xil tarkibdagi namunalarda SEM tasvirlari, XRD difraktogrammalari va siqilishdagi mustahkamlik natijalari o‘zaro bog‘lab tahlil qilinsa, mustahkamlikdagi farqning qaysi tuzilmaviy omillar bilan izohlanishi aniqlashtiriladi.

Serobetonning tuzilma hosil bo‘lishi va xossalariga ta’sir etuvchi asosiy bosqichlar 1-rasmda sxematik ko‘rsatilgan. Sxemadagi sonli qiymatlar taxminiy bo‘lib, muayyan tarkib uchun tajriba yo‘li bilan aniqlanishi lozim.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.131



1-rasm. Serobetonning tuzilma hosil bo‘lishi va xossalariga ta’sir etuvchi asosiy bosqichlar sxemasi

2-jadval

Serobeton mikrostrukturasini baholashning kompleks dasturi

Tadqiqot bosqichi	Aniqlanadigan ko‘rsatkich	Ilmiy vazifa	Qurilishdagi amaliy ahamiyati
Xomashyo tahlili	Oltingugurt tozaligi, modifikator tarkibi	Xomashyo o‘zgaruvchanligini baholash	Barqaror ishlab chiqarish
Tuzilma tahlili	Faza tarkibi, kontakt zonasi, mikrodarz	Nuqsonlar kelib chiqishini aniqlash	Brakni kamaytirish
Mexanik sinov	Siqilish va cho‘zilishdagi mustahkamlik	Tuzilma–mustahkamlik bog‘liqligini baholash	Buyum turini asosli tanlash
Fizik sinov	Zichlik, suv shimuvchanlik	G‘ovaklik bilan bog‘liqlikni tekshirish	Nam muhitdagi ishlash
Ekspluatatsion sinov	Sovuqbardoshlik, kimyoviy muhit	Uzoq muddatli barqarorlikni baholash	Maxsus muhitga moslik

Sanoat sharoitida serobeton tarkibini tanlashda faqat maksimal mustahkamlikka erishish emas, balki qizdirish energiyasi, qoliplash qulayligi, sovitish davomiyligi va xomashyo tarkibining takrorlanuvchanligi ham hisobga olinishi kerak. Xususan, kanalizatsiya elementlari va kimyoviy muhitga duchor bo‘ladigan buyumlar uchun suv shimuvchanlik hamda muhitga chidamlilik, mexanik yuklangan buyumlar uchun esa siqilish va cho‘zilishdagi mustahkamlik birgalikda tekshirilishi zarur. Materialning qo‘llanish sohasi yakuniy sinov natijalari va tegishli me’yoriy talablar asosida belgilanadi.

Xulosalar. 1. Modifikatsiyalangan serobetonning mustahkamligi oltingugurt bog‘lovchisining fazaviy holati, mineral to‘ldiruvchi zarrachalarining joylashishi va kontakt zonasining yaxlitligi bilan o‘zaro bog‘liq ekanligi ilmiy manbalar tahlili asosida ko‘rsatildi; bu bog‘liqlik miqdoriy jihatdan tajriba bilan tasdiqlanishi lozim.

2. Organik modifikator va sovitish rejimi kristallanish jarayoniga ta’sir etuvchi muhim texnologik omillar hisoblanadi; ularning samaradorligi xomashyoning kimyoviy tarkibiga bog‘liq bo‘lgani sababli mahalliy chiqindilar uchun alohida tekshirish talab etiladi.

3. Serobetonning fizik-mexanik xossalarini ishonchli baholash uchun SEM/EDS, XRD va termik tahlillarni siqilish, cho‘zilish, suv shimuvchanlik hamda chidamlilik sinovlari bilan uyg‘unlashtirish maqsadga muvofiq.

4. Mikrostrukturani boshqarishga asoslangan yondashuv maxsus muhitlarda ishlatiladigan yig‘ma buyumlar va himoya elementlari uchun tarkib tanlashga ilmiy asos yaratadi; aniq qo‘llanish sohasi tajriba va me’yoriy sinovlar bilan tasdiqlanishi kerak.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.131

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Fediuk R., Amran Y.H.M., Mosaberpanah M.A. va boshq. A critical review on the properties and applications of sulfur-based concrete // Materials. – 2020. – Vol. 13, No. 21. – 4712. – DOI: 10.3390/ma13214712.

2. Amanova N., Turaev K., Shadhar M.H. va boshq. Sulfur-based concrete: Modifications, advancements, and future prospects // Construction and Building Materials. – 2024. – Vol. 435. – 136765. – DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2024.136765.

3. Szajerski P., Celinska J., Gasiorowski A. va boshq. Radiation induced strength enhancement of sulfur polymer concrete composites based on waste and residue fillers // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 271. – 122563. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.122563.