DOI: 10.65322/j.srd.05192026.130

SANOAT CHIQINDILARI ASOSIDA MODIFIKATSIYALANGAN SEROBETON: TARKIB, TUZILMA HOSIL BO‘LISHI VA TEXNOLOGIK OMILLAR TAHLILI

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

Annotatsiya. *Maqolada sanoatning oltingugurt saqlovchi ikkilamchi resurslaridan serobeton ishlab chiqarishda foydalanishning ilmiy-texnologik asoslari tahlil qilindi. Oltingugurtning allotropik o‘zgarishlari, mineral to‘ldiruvchilarning dispersligi, organik modifikatorlarning vazifasi va issiq aralashmani sovitish rejimining material xossalariga ta’siri tizimlashtirildi. Adabiyotlar asosida serobetonning afzalliklari bilan bir qatorda mo‘rtlik, termik sezgirlik va yong‘in xavfi kabi cheklovlari ham ko‘rsatildi. Mahalliy neftni qayta ishlash chiqindilarini qo‘llash uchun nazorat qilinishi zarur bo‘lgan ko‘rsatkichlar taklif etildi. Oltingugurtning 95,5 °C dagi rombik–monoklinik o‘tishi, 112,8–119,3 °C oralig‘idagi erishi va taxminan 160 °C dan yuqorida polimerlanib qovushqoqligi keskin ortishi texnologik rejimni tanlashda hisobga olinishi zarurligi ko‘rsatildi. Xomashyoni qabul qilishdan tayyor mahsulotni sinashgacha bo‘lgan sakkiz bosqichli texnologik ketma-ketlik va har bir bosqichning nazorat nuqtalari taklif etildi. Maqola sharh xarakteriga ega bo‘lib, keltirilgan sonli qiymatlar adabiyot ma’lumotlariga asoslanadi.*

Аннотация. *В статье проанализированы научно-технологические основы использования вторичных серосодержащих ресурсов промышленности при производстве серобетона. Систематизировано влияние аллотропных превращений серы, дисперсности минеральных заполнителей, функциональной роли органических модификаторов и режима охлаждения горячей смеси на свойства материала. На основе анализа научной литературы наряду с преимуществами серобетона выявлены его ограничения, связанные с хрупкостью, термической чувствительностью и пожарной опасностью. Предложены показатели, подлежащие контролю при использовании отходов местной нефтеперерабатывающей промышленности. Показано, что при выборе технологического режима необходимо учитывать ромбо-моноклинный переход серы при 95,5 °C, её плавление в интервале 112,8–119,3 °C и резкое повышение вязкости вследствие полимеризации выше примерно 160 °C. Предложена восьмиэтапная технологическая последовательность – от приёмки сырья до испытания готовой продукции – с контрольными точками для каждого этапа. Статья носит обзорный характер, приведённые численные значения основаны на литературных данных.*

Abstract. *This review examines the scientific and technological basis for using sulfur-containing industrial by-products in the production of sulfur concrete. The effects of sulfur allotropic transformations, the fineness of mineral fillers, the role of organic modifiers and the cooling regime of the hot mix on material properties are systematised. Based on the literature, the advantages of sulfur concrete are discussed together with its limitations, such as brittleness, thermal sensitivity and fire hazard. It is shown that the rhombic-to-monoclinic transition of sulfur at 95.5 °C, its melting at 112.8–119.3 °C and the sharp increase in viscosity due to polymerisation above about 160 °C must be taken into account when selecting the processing regime. An eight-stage technological sequence with control points, from raw material acceptance to testing of the finished product, and a set of quality-control indicators for local waste streams are proposed. The article is a review, and the numerical values cited are based on published data.*

Kalit so‘zlar: *serobeton, texnik oltingugurt, sanoat chiqindisi, termoplastik bog‘lovchi, modifikator, mineral to‘ldiruvchi, kristallanish, chidamlilik.*

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.130

Ключевые слова: *серобетон, техническая сера, промышленные отходы, термопластичное вяжущее, модификатор, минеральный наполнитель, кристаллизация, долговечность.*

Keywords: *sulfur concrete, technical sulfur, industrial by-products, thermoplastic binder, modifier, mineral filler, crystallisation, durability.*

Kirish. Qurilish materiallari ishlab chiqarishda ikkilamchi xomashyoni jalb etish resurs tejamkorligi va sanoat chiqindilarini boshqarish bilan bog‘liq muhim vazifadir. Neft-gaz sanoatida hosil bo‘ladigan oltingugurt sement o‘rnini bosuvchi termoplastik bog‘lovchi sifatida ko‘rib chiqilmoqda. Serobetonning qotishi sementli betonnikidan farqli ravishda, asosan, eritilgan bog‘lovchining sovishi va kristallanishi bilan belgilanadi [1–3]. Shu sababli xomashyo tarkibi, isitish rejimi va sovitish sharoitlari tayyor mahsulotning mexanik hamda ekspluatatsion xossalarini shakllantiradi.

Tadqiqot obyekti va usullari. Tadqiqotda sanoat chiqindilari asosida modifikatsiyalangan serobeton ishlab chiqarishning ilmiy-texnologik asoslarini o‘rganish, oltingugurtli bog‘lovchining fizik-kimyoviy xususiyatlarini tahlil qilish hamda modifikatsiyalovchi qo‘shimchalarning material xossalariga ta’sirini baholashga alohida e’tibor qaratildi. Tadqiqot materiallari sifatida ikkilamchi texnik oltingugurt, mineral to‘ldiruvchilar hamda tarkibida to‘yinmagan uglevodorodlar mavjud bo‘lgan neft sanoati chiqindilariga oid ilmiy ma’lumotlardan foydalanildi.

Tadqiqot metodologiyasi ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish, mavjud natijalarni tizimlashtirish, fizik-kimyoviy jarayonlarning o‘zaro bog‘liqligini aniqlash va texnologik yechimlarni qiyosiy baholash usullariga asoslandi. Bunda oltingugurtning allotropik o‘zgarishlari, harorat ta’sirida qovushqoqligining o‘zgarishi, kristallanish jarayoni hamda organik modifikatorlarning bog‘lovchi xossalariga ta’siri nazariy jihatdan o‘rganildi. Tahlil uchun 2020–2026-yillarda xalqaro jurnallarda chop etilgan serobeton bo‘yicha sharh maqolalari [1–4] hamda serobetonni aralashtirish va yotqizish bo‘yicha me’yoriy qo‘llanma [5] tanlandi.

Natijalar va muhokama. Oltingugurt saqlovchi chiqindilar bir xil xomashyo emas: ular elementar oltingugurt ulushi, mineral qoldiqning kimyoviy tarkibi, namligi va zarracha o‘lchamlari bilan farqlanadi. Dastlabki saralashda ushbu ko‘rsatkichlarni aniqlash qorishmani aralashtirish rejimini tanlash uchun zarur hisoblanadi. Mineral qismdagi kvars, karbonat va sulfatli komponentlar to‘ldiruvchi sifatida qatnashishi mumkin, ammo ularning mavjudligi mahsulot sifatini yaxshilashni kafolatlamaydi.

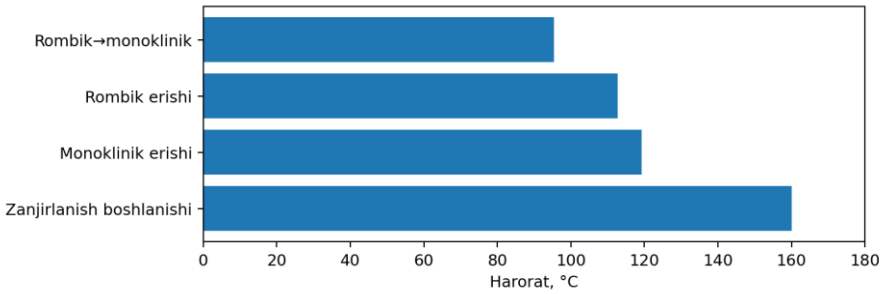
1-jadval

Ikkilamchi xomashyo va komponentlar uchun tavsiya etilgan nazorat ko‘rsatkichlari

Komponent	Tekshiriladigan ko‘rsatkich	Texnologik ahamiyati
Texnik oltingugurt	aralashmalar, erish xatti-harakati	Bog‘lovchi faza barqarorligi
Mineral qoldiq	Granulometriya, kimyoviy-mineral tarkib	Qadoqlanish va kontakt zonasi
Organik modifikator	Tarkib, termik barqarorlik, moslik	Mo‘rtlik va kristallanishni boshqarish
Tayyor serobeton	Mustahkamlik, suv shimuvchanlik, termik va kimyoviy chidamlilik	Qo‘llanishga yaroqlilik

Oltingugurtning xossalariga haroratning ta’siri katta. Oltingugurt taxminan 95,5 °C da rombik shakldan monoklinik shaklga o‘tadi, rombik va monoklinik oltingugurtning erish nuqtalari mos ravishda 112,8 va 119,3 °C atrofida qayd etilgan. Taxminan 160 °C dan yuqorida eritmada oltingugurt halqalarining polimerlanishi (zanjirlanishi) boshlanadi va qovushqoqlik keskin ortadi (1-rasm) [1, 4]. Shu sababli serobeton aralashmasini tayyorlash eritish nuqtasidan yuqori, lekin polimerlanish boshlanadigan haroratdan past oraliqda olib boriladi.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.130



1-rasm. Oltingugurtning harorat ta’sirida fazaviy o‘zgarishlari

Mineral kukunning maydalanish darajasi bog‘lovchining tarqalish yuzasini va zarrachalararo bog‘liqligini belgilaydi. Juda yirik fraksiyalar bir jinslilikni pasaytirishi, haddan tashqari mayda fraksiyalar esa eritma sarfi va reologiyasiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu bois optimal granulometrik tarkibni faqat alohida komponent bo‘yicha emas, balki umumiy aralashmaning zich qadoqlanishi va ishlov berish qulayligi asosida tanlash maqsadga muvofiq.

Organik modifikatorlarning oltingugurtning qotish jarayoniga ta’sirini laboratoriya sinovlari orqali aniqlash mumkin. Modifikatsiyalanmagan oltingugurtli bog‘lovchini qurilishda to‘g‘ridan to‘g‘ri qo‘llash tavsiya etilmaydi; uning fizik-kimyoviy xossalari yaxshilangach, u kommunikatsiya qurilishida, jumladan quvur va lotoklarda agressiv muhit ta’sirida betonning yemirilishini oldini olish uchun qo‘llanishi mumkin [2, 3].

2-jadval

Modifikatsiyalangan serobetonning asosiy afzalliklari va cheklovlari

Ko‘rsatkichlari	Potensial afzallik	Cheklov yoki tekshiruv
Qotish	Sovitishda tez mustahkamlanish	Termik kuchlanish va yoriqlanish
Suvli muhit	Past suv o‘tkazuvchanlikka erishish imkoniyati	G‘ovaklik va choklar nazorati
Kimyoviy muhit	Ayrim kislota va tuzlarga chidamlilik	Muhitga xos uzoq muddatli sinov
Harorat	Suvsiz qotish texnologiyasi	Yumshash va yong‘in xavfi
Resurslar	Ikkilamchi oltingugurtdan foydalanish	Tozalash, isitish va emissiya xarajatlari

Tadqiqotlarda modifikatsiyalangan serobetonning siqilishdagi mustahkamligi ko‘pincha 40–60 MPa diapazonida uchrashi, ayrim optimallashtirilgan tarkiblar bundan yuqori natija berishi qayd etilgan [3]. Bu qiymatlar turli tarkib va sinov sharoitlariga oid adabiyot ma’lumotlari bo‘lib, mahalliy xomashyo uchun tajriba yo‘li bilan tasdiqlanishi lozim.

Serobetonni ishlab chiqarish texnologik ketma-ketligi va har bir bosqichdagi nazorat nuqtalari serobetonni aralashtirish va yotqizish bo‘yicha qo‘llanma [5] tavsiyalarini hisobga olgan holda 3-jadvalda keltirilgan.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.130

3-jadval

Ishlab chiqarishning tavsiya etiladigan texnologik ketma-ketligi

№	Amal	Nazorat nuqtasi
1	Xomashyoni qabul qilish va saralash	S miqdori, ifloslik, namlik
2	Mineral fraksiyalarni quritish va elash	Granulometrik tarkib
3	Oltingugurtni eritish	Harorat va ushlab turish vaqti
4	Modifikatorni kiritish va aralashtirish	Bir jinslilik, xavfsiz ish rejimi
5	To‘ldiruvchilar bilan issiq aralashtirish	Harorat, qovushqoqlik
6	Qoliplash va zichlash	G‘ovaklik, shakl barqarorligi
7	Boshqariladigan sovitish	Termik gradient va yoriqlar
8	Tayyor mahsulotni sinash	Mustahkamlik va chidamlilik

Mahalliy sharoitda Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodi chiqindilarini qo‘llash istiqboli xomashyoning haqiqiy kimyoviy tarkibi va xavfsizligiga bog‘liq. Tarkibida to‘yinmagan uglevodorodlar bo‘lgan modifikatorlar qo‘shilishi oltingugurt hidini kamaytirishi mumkin, ammo bu samara, shuningdek isitishda SO_2 va boshqa gazlarning ajralishi hamda energiya sarfi tajriba yo‘li bilan baholanishi lozim.

Xulosalar. 1. Oltingugurt saqlovchi sanoat chiqindilarini serobeton bog‘lovchisi sifatida baholashda elementar oltingugurt miqdori bilan birga mineral aralashmalar va namlikni ham hisobga olish zarur.

2. Serobetonning xossalari eritish-aralashtirish-sovitish zanjiridagi harorat rejimiga hamda to‘ldiruvchilarning granulometrik tarkibiga bog‘liq.

3. Organik modifikatsiyalash mo‘rtlik va kristallanish bilan bog‘liq kamchiliklarni kamaytirishning istiqbolli yo‘li bo‘lsa-da, uning samarasi muayyan chiqindi tarkibi uchun tajriba bilan tasdiqlanishi kerak.

4. Materialni agressiv muhitda qo‘llash imkoniyati bilan bir qatorda termik sezgirlik, yong‘in xavfi va emissiya ko‘rsatkichlarini majburiy tekshirish lozim.

5. Keyingi tadqiqotlarda mahalliy xomashyo uchun optimal tarkibni ko‘p omilli eksperiment asosida tanlash va mustahkamlik, suv shimuvchanlik, sovuqbardoshlik hamda uzoq muddatli chidamliligini o‘rganish alohida ahamiyatga egadir.

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. Qureshi M.U., Al-Shamakhi A., Rumhi M. va boshq. Utilisation of sulphur by-products in diverse civil engineering applications: A systematic review // Materials. – 2026. – Vol. 19, No. 4. – 784.

4. Wang Q., Snoeck D. To boldly go where no one has gone before: Sulfur concrete, a promising construction material fulfilling the demands for a sustainable future on celestial objects: A review // Materials Today. – 2024. – Vol. 72. – P. 301–317.

5. ACI 548.2R-93. Guide for Mixing and Placing Sulfur Concrete in Construction. – Farmington Hills: American Concrete Institute, 1993 (reapproved 1998).