DOI: 10.65322/j.srd.05192026.52

ROTORLI SHLAK CHIQINDISIDAN FOYDALANIB, SILIKAT MATERIALLARI ISHLAB CHIQARISH

Eminov A.A., *t.f.d., k.i.x.,*
Mullajonova Z.S., *tadqiqotchi,*
E-mail: mullajonovaziyodabonu4@gmail.com,
Umumiy va noorganik kimyo instituti

Annotatsiya. *Ushbu maqolada rotorli shlak chiqindilaridan samarali foydalanish asosida silikat materiallari uchun glazur tarkibini ishlab chiqishning ilmiy-amaliy jihatlari yoritilgan. Sanoat chiqindilarini ikkilamchi xomashyo sifatida qayta ishlash, ularning fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'rganish hamda keramik buyumlar sirtida sifatli shishasimon qoplama hosil qilish dolzarb ilmiy masalalardan biri hisoblanadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi rotorli shlakning kimyoviy va mineralogik tarkibini aniqlash, uning glazur hosil qiluvchi komponentlar bilan o'zaro ta'sirini baholash va silikat materiallari yuzasiga mos optimal tarkibni ishlab chiqishdan iborat. Taklif etilayotgan tadqiqotda rentgen-fluoresans tahlili, rentgen-fazaviy tahlil, termik tahlil hamda yuqori haroratli laboratoriya sinovlaridan foydalanish nazarda tutiladi. Shlak asosidagi glazur tarkibini ishlab chiqish tabiiy xomashyolar sarfini kamaytirish, sanoat chiqindilaridan foydalanish samaradorligini oshirish va ekologik xavfsiz qurilish materiallari ishlab chiqarishga xizmat qilishi mumkin.*

Аннотация. *В статье освещаются научно-практические аспекты разработки состава глазури для силикатных материалов на основе эффективного использования шлака вращающихся печей. Переработка промышленных отходов в качестве вторичного сырья, исследование их физико-химических свойств и создание высококачественных стекловидных покрытий на керамических поверхностях являются актуальными научными задачами. Основная цель исследования – определение химического и минералогического состава шлака, оценка его взаимодействия с глазуреобразующими компонентами и разработка оптимального состава, пригодного для нанесения на поверхность силикатных материалов. Исследование включает применение методов рентгенофлуоресцентного и рентгенофазового анализа, термического анализа, а также проведение высокотемпературных лабораторных испытаний. Разработка состава глазури на основе шлака способствует снижению расхода природного сырья, повышению эффективности утилизации промышленных отходов и производству экологически безопасных строительных материалов.*

Abstract*. This article highlights the scientific and practical aspects of developing a glaze composition for silicate materials based on the effective utilization of rotary slag waste. Processing industrial waste as a secondary raw material, investigating its physicochemical properties, and creating high-quality vitreous coatings on ceramic surfaces are considered pressing scientific issues. The primary objective of the study is to determine the chemical and mineralogical composition of rotary slag, evaluate its interaction with glaze-forming components, and develop an optimal composition suitable for the surfaces of silicate materials. The proposed research involves the use of X-ray fluorescence analysis, X-ray phase analysis, thermal analysis, and high-temperature laboratory testing. Developing a slag-based glaze composition can help reduce the consumption of natural raw materials, improve the efficiency of industrial waste utilization, and facilitate the production of environmentally safe construction materials.*

Kalit so'zlar: *rotorli shlak, sanoat chiqindilari, glazur, silikat materiallari, shishasimon qoplama, ikkilamchi xomashyo, keramik materiallar, fizik-kimyoviy xususiyatlar, termik ishlov berish.*

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.52

***Ключевые слова**: шлак вращающихся печей, промышленные отходы, глазурь, силикатные материалы, стекловидное покрытие, вторичное сырье, керамические материалы, физико-химические свойства, термическая обработка.*

***Keywords:** rotary slag, industrial waste, glaze, silicate materials, vitreous coating, secondary raw material, ceramic materials, physicochemical properties, thermal treatment.*

Kirish. Bugungi kunda qurilish materiallari sanoatida energiya va tabiiy resurslardan oqilona foydalanish, ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan chiqindilarni qayta ishlash hamda ekologik jihatdan samarali texnologiyalarni joriy etish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, metallurgiya va boshqa sanoat tarmoqlarida hosil bo‘ladigan shlak chiqindilarini qurilish materiallari ishlab chiqarish jarayonlariga jalb etish tabiiy xomashyo resurslarini tejash imkonini beradi [1,2].

Silikat materiallari sanoatida glazur keramik buyumlar sirtiga surtiladigan va yuqori harorat ta’sirida erib, shishasimon qatlam hosil qiladigan maxsus tarkib hisoblanadi. Glazur qoplamasi mahsulotning tashqi ko‘rinishini yaxshilash bilan birga uning suv shimuvchanligi, kimyoviy barqarorligi, sirt qattiqligi va gigiyenik xususiyatlariga ham ta’sir ko‘rsatadi [3,4].

An’anaviy glazur tarkiblarida kremniy dioksidi, dala shpati, kaolin, kalsiy va magniy birikmalari hamda boshqa mineral komponentlardan foydalaniladi. Ayrim tarkiblarda shisha hosil bo‘lish haroratini pasaytiruvchi qo‘shimchalar ham qo‘llaniladi. Biroq tabiiy mineral xomashyolarni qazib olish va qayta ishlash iqtisodiy xarajatlarni oshirishi mumkin. Shu sababli tarkibida glazur hosil bo‘lishiga xizmat qiluvchi oksidlar mavjud bo‘lgan sanoat shlaklarini muqobil xomashyo sifatida o‘rganish ilmiy va amaliy jihatdan muhimdir.

Rotorli shlakning glazur ishlab chiqarishdagi istiqboli uning kimyoviy tarkibi, mineralogik fazalari, erish xususiyatlari va termik barqarorligiga bog‘liq. Shlak tarkibida kremniy, kalsiy, alyuminiy, magniy va temir oksidlari mavjud bo‘lishi mumkin. Biroq ularning miqdori shlakning kelib chiqishi va ishlab chiqarish texnologiyasiga qarab farqlanadi. Shu sababli mazkur chiqindini glazur tarkibiga kiritishdan oldin uning xususiyatlarini kompleks ravishda o‘rganish zarur.

Tadqiqotning dolzarbligi rotorli shlak chiqindisini ikkilamchi xomashyo sifatida qo‘llash orqali silikat materiallari uchun texnologik talablarga javob beradigan glazur tarkibini ishlab chiqish va resurs tejamkor ishlab chiqarish imkoniyatlarini baholash bilan belgilanadi [5].

Tadqiqotning maqsadi va vazifalari. Tadqiqotning asosiy maqsadi rotorli shlak chiqindisidan foydalanib, silikat materiallari yuzasida mustahkam, bir tekis va yetarli darajada kimyoviy barqaror glazur qoplamasini hosil qilishga mo‘ljallangan tarkibni ishlab chiqishdan iborat.

Mazkur maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

- rotorli shlakning kimyoviy va mineralogik tarkibini aniqlash;
- shlakning maydalanuvchanligi, erish xususiyatlari va termik xatti-harakatlarini o‘rganish;
- glazur tarkibidagi shlak ulushining qoplama xususiyatlariga ta’sirini baholash;
- shlakni dala shpati, kvars, kaolin va kalsiy-magniyli komponentlar bilan birgalikda qo‘llash imkoniyatini aniqlash;
- laboratoriya sharoitida bir nechta tajriba tarkiblarini tayyorlash;
- kuydirish harorati va texnologik parametrlarning glazur sifati bilan bog‘liqligini aniqlash;
- optimal tarkibni fizik-kimyoviy va texnologik ko‘rsatkichlar asosida tanlash.

Rotorli shlakning fizik-kimyoviy xususiyatlari. Rotorli shlakning glazur ishlab chiqarishdagi ahamiyati, avvalo, uning oksidli tarkibi va yuqori haroratda o‘zgarish xususiyatlari bilan belgilanadi. Shlak tarkibida SiO_2, CaO, Al_2O_3, MgO va temir oksidlari kabi komponentlar uchrashi mumkin. Ularning glazur hosil bo‘lish jarayonidagi vazifalari bir-biridan farq qiladi.

Kremniy dioksidi (SiO_2) shishasimon fazaning asosiy hosil qiluvchilaridan biri hisoblanadi. Alyuminiy oksidi (Al_2O_3) glazurning qovushqoqligi, strukturaviy barqarorligi va

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.52

ayrim mexanik xususiyatlariga ta’sir ko‘rsatadi. Kalsiy oksidi (CaO) va magniy oksidi (MgO) muayyan tarkiblarda flyus, ya’ni erishni osonlashtiruvchi komponentlar vazifasini bajarishi mumkin. Temir oksidlari esa qoplamaning rangiga, oksidlanish-qaytarilish sharoitidagi o‘zgarishlariga va ayrim hollarda erish xususiyatlariga ta’sir etadi.

Shlakning tarkibida kristall fazalarning ko‘pligi yoki erkin oksidlarning mavjudligi uning yuqori haroratdagi xatti-harakatlarini o‘zgartirishi mumkin. Masalan, ayrim kalsiyli fazalar namlik bilan reaksiyaga kirishishi yoki hajmiy o‘zgarishlarni yuzaga keltirishi ehtimoli mavjud. Shuning uchun shlakni dastlabki tayyorlash, maydalash, elash va zarur hollarda qo‘shimcha termik ishlov berish masalalari ham o‘rganilishi lozim.

Rotorli shlakning glazur uchun yaroqliligini aniqlashda quyidagi tahlillar tavsiya etiladi:

1. Rentgen-fluoresans tahlili (XRF) – asosiy oksidlarning miqdorini aniqlash.
2. Rentgen-fazaviy tahlil (XRD) – kristall fazalar va mineral birikmalarni identifikatsiya qilish.
3. Differensial skanerlovchi kalorimetriya yoki termogravimetrik tahlil (DSC/TGA) – qizdirish vaqtida yuz beradigan termik jarayonlarni o‘rganish.
4. Maydalik va granulometrik tahlil – shlak zarrachalarining o‘lcham taqsimotini aniqlash.
5. Yuqori haroratli sinovlar – erish, yumshash va qoplama hosil bo‘lish xususiyatlarini baholash.

Mazkur tahlillar asosida shlakning glazur tarkibidagi maqbul ulushini belgilash va texnologik cheklovlarni aniqlash mumkin.

Glazur tarkibini ishlab chiqishning ilmiy asoslari. Glazur tarkibini ishlab chiqishda asosiy vazifa shlakning kimyoviy tarkibini hisobga olgan holda shisha hosil qiluvchi, erishni tartibga soluvchi va qoplama barqarorligini ta’minlovchi komponentlar nisbatini tanlashdan iborat.

Tarkibni ishlab chiqishda shlakni yagona asosiy komponent sifatida qo‘llash emas, balki uni an’anaviy mineral xomashyolar bilan birgalikda ishlatish maqsadga muvofiq. Bunda shlak tarkibidagi oksidlarning umumiy glazur tizimiga ta’siri hisobga olinadi.

Dastlabki tajriba formulalarini quyidagi massa ulushlarida taklif etish mumkin.

1-jadval

Rotorli shlak asosidagi glazur uchun dastlabki tajriba tarkiblari

Xomashyo komponenti	**A tarkib, %**	**B tarkib, %**	**C tarkib, %**
Rotorli shlak	20	30	40
Dala shpati	35	30	25
Kvars qumi yoki maydalangan kvars	20	15	12
Kaolin	10	10	8
Bo‘r ($CaCO_3$)	10	10	10
Dolomit	5	5	5
Jami	**100**	**100**	**100**

Izoh: jadvaldagi tarkiblar laboratoriya tajribalarini rejalashtirish uchun taklif qilingan dastlabki formulalardir. Ular optimal yoki tajribada tasdiqlangan tarkiblar hisoblanmaydi. Amaliy sinovlardan oldin shlakning haqiqiy kimyoviy tarkibi aniqlanishi, komponentlar nisbati esa oksidli balans va erish xususiyatlari asosida qayta hisoblanishi kerak.

A tarkibida shlakning ulushi nisbatan kam bo‘lib, an’anaviy glazur komponentlarining ta’sirini taqqoslash imkonini beradi. B tarkibida shlak ulushi oshirilgan bo‘lib, uning qoplama hosil qilish xususiyatlariga ta’sirini o‘rganish ko‘zda tutiladi. C tarkibida esa shlak ulushi yanada yuqori bo‘lib, chiqindidan foydalanish darajasini oshirish imkoniyati tekshiriladi.

Ushbu tarkiblarni taqqoslash orqali shlak ulushining erish jarayoni, qoplamaning bir tekisligi, rang o‘zgarishi va sirt nuqsonlariga ta’sirini aniqlash mumkin. Biroq shlak tarkibidagi

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.52

temir, magniy yoki boshqa komponentlar miqdori yuqori bo‘lsa, mazkur formulalarga qo‘shimcha tuzatishlar kiritish talab etiladi.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqot laboratoriya sharoitida ketma-ket bosqichlarda amalga oshirilishi tavsiya etiladi.

Xomashyoni tayyorlash. Dastlab rotorli shlak begona aralashmalardan tozalanadi, quritiladi va laboratoriya tegirmonida maydalanadi. Zarrachalarning o‘lchami bir xil bo‘lishi uchun maydalangan material elakdan o‘tkaziladi. Boshqa komponentlar ham belgilangan texnologik talablarga muvofiq tayyorlanadi.

Shlakning kelib chiqishi noma’lum yoki tarkibida xavfli elementlar bo‘lishi ehtimoli mavjud bo‘lsa, uning kimyoviy va ekologik xavfsizlik ko‘rsatkichlari alohida tekshiriladi.

Glazur massasini tayyorlash. Tanlangan komponentlar belgilangan massa nisbatlarida tortilib, quruq holda aralashtiriladi. Keyin suv qo‘shish orqali suspenziya tayyorlanadi. Suspenziyaning qovushqoqligi, zichligi va cho‘kish tezligi nazorat qilinadi.

Glazur suspenziyasi keramik yoki boshqa mos silikat asosli namunalar yuzasiga bir xil qalinlikda surtiladi. Qoplama qalinligi, namuna yuzasining tozaligi va quritish sharoitlari barcha tajribalarda bir xil saqlanishi kerak.

Termik ishlov berish. Glazur surtilgan namunalar dastlab quritiladi, so‘ng laboratoriya pechida kuydiriladi. Kuydirish harorati asos materialining xususiyatlari, glazurning oksidli tarkibi va dastlabki termik sinovlar natijalariga qarab belgilanadi.

Dastlabki sinovlar uchun 1000–1200 °C oralig‘idagi haroratlarni o‘rganish mumkin. Ushbu diapazon universal tavsiya emas: glazur va asos materialining o‘zaro mosligi hamda erish xususiyatlari asosida torroq ishchi diapazon tanlanadi. Harorat bilan bir qatorda qizdirish tezligi, ushlab turish vaqti va sovitish rejimi ham qayd etilishi zarur.

Olingan qoplamani baholash. Kuydirilgan namunalarning sifatini baholashda quyidagi ko‘rsatkichlardan foydalanish tavsiya etiladi:

- qoplamaning bir tekisligi va silliqligi;
- yaltiroqlik darajasi va rang bir xilligi;
- pufakchalar, yoriqlar, teshikchalar va ko‘chish kabi nuqsonlar;
- asos materialiga yopishish mustahkamligi;
- suv va kimyoviy muhit ta’siriga chidamlilik;
- termik ta’sir va harorat o‘zgarishlariga bardoshlilik;
- zarur hollarda glazur tarkibidagi elementlarning eritmaga ajralib chiqishi.

Glazur sifati faqat tashqi ko‘rinish asosida baholanmasligi kerak. Ayniqsa, maishiy yoki oziq-ovqat bilan kontaktda bo‘ladigan buyumlar uchun kimyoviy barqarorlik va xavfli elementlarning migratsiyasi alohida ahamiyatga ega.

Natijalar va ularning ilmiy muhokamasi. Rotorli shlak asosida glazur tarkibini ishlab chiqishda asosiy ilmiy masala shlak ulushi bilan qoplamaning texnologik va ekspluatatsion xususiyatlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlashdir.

Shlak ulushi oshirilganda glazurning oksidli tarkibi o‘zgaradi. Bu o‘zgarish erish harorati, yuqori haroratdagi qovushqoqlik, kristallanishga moyillik, rang va sirtning shakllanishiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Ta’sirning yo‘nalishi va darajasi esa shlakning haqiqiy tarkibiga bog‘liq bo‘ladi.

Agar shlak tarkibidagi shisha hosil qiluvchi va flyus komponentlari o‘zaro mos nisbatda bo‘lsa, ularning birgalikdagi ta’siri glazur massasining erishi va sirt bo‘ylab tarqalishiga yordam berishi mumkin. Aksincha, oksidlar nisbatining nomuvofiqligi yuqori qovushqoqlik, to‘liq erimaslik, kristallanish yoki qoplamada nuqsonlar paydo bo‘lishiga olib kelishi ehtimoli mavjud.

Temir oksidlari mavjudligi glazurning rangini o‘zgartirishi mumkin. Shu sababli rotorli shlakdan foydalanish orqali tabiiy rangli qoplamalar olish imkoniyati ham o‘rganilishi mumkin.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.52

Biroq rangning yakuniy ko‘rinishi temirning kimyoviy shakli, kuydirish atmosferasi va boshqa oksidlar bilan o‘zaro ta’siriga bog‘liq.

Tadqiqotda uchta dastlabki tarkibni bir xil sharoitlarda sinash shlak ulushining ta’sirini ajratib baholashga imkon beradi. Keyingi bosqichda eng yaxshi natija ko‘rsatgan tarkibning komponentlar nisbati va kuydirish rejimi optimallashtiriladi.

Ilmiy tahlilning muhim qismi tajriba natijalarini miqdoriy ko‘rsatkichlar orqali ifodalashdan iborat. Buning uchun har bir tarkib bo‘yicha nuqsonli namunalar ulushi, yopishish mustahkamligi, suv yoki kimyoviy muhitga chidamlilik, sirt xususiyatlari va boshqa tanlangan ko‘rsatkichlar qayd etilishi lozim.

Hozirgi bosqichda aniq laboratoriya natijalari mavjud bo‘lmaganligi sababli muayyan tarkibning ustunligi, optimal kuydirish harorati yoki glazurning fizik-mexanik ko‘rsatkichlari bo‘yicha miqdoriy xulosa chiqarish mumkin emas. Bunday xulosalar faqat tajribalar o‘tkazilgandan keyin shakllantiriladi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati. Rotorli shlakni glazur tarkibiga kiritish sanoat chiqindilaridan foydalanish samaradorligini oshirishga xizmat qilishi mumkin. Agar laboratoriya sinovlari natijasida shlak asosidagi glazurning sifat ko‘rsatkichlari tasdiqlansa, ushbu texnologiya silikat va keramik materiallar ishlab chiqarishda muqobil xomashyo manbai sifatida qo‘llanishi mumkin.

Mazkur yondashuvning kutilayotgan amaliy afzalliklari quyidagilardan iborat:

1. Tabiiy mineral xomashyolarning bir qismini ikkilamchi xomashyo bilan almashtirish imkoniyati.
2. Sanoat chiqindilarini utilizatsiya qilishga sarflanadigan resurslardan samaraliroq foydalanish.
3. Xomashyo xarajatlarini kamaytirish imkoniyatini baholash.
4. Tarkib va kuydirish rejimini boshqarish orqali glazurning texnologik xususiyatlarini moslashtirish.
5. Chiqindilarni qayta ishlashga asoslangan resurs tejamkor ishlab chiqarish texnologiyalarini rivojlantirish.

Shu bilan birga, iqtisodiy samaradorlik shlakni tashish, quritish, maydalash, kimyoviy tahlil qilish va qo‘shimcha ishlov berish xarajatlarini hisobga olgan holda aniqlanishi kerak. Ekologik samaradorlik esa faqat chiqindi sarfining kamayishi bilan emas, balki energiya iste’moli, chang hosil bo‘lishi va potensial xavfli elementlarning atrof-muhitga ajralish ehtimoli bilan ham baholanishi zarur.

Xulosa. Rotorli shlak chiqindisidan foydalanib silikat materiallari uchun glazur tarkibini ishlab chiqish sanoat chiqindilarini qayta ishlash va ikkilamchi xomashyodan foydalanish nuqtayi nazaridan istiqbolli ilmiy-amaliy yo‘nalish hisoblanadi.

Tadqiqot doirasida rotorli shlakning kimyoviy va mineralogik tarkibini aniqlash, uning glazur hosil qiluvchi komponentlar bilan o‘zaro ta’sirini o‘rganish hamda shlak ulushi turlicha bo‘lgan tajriba tarkiblarini ishlab chiqish taklif etildi. Dastlabki formulalar glazur tarkibidagi shlak ulushining ta’sirini tizimli ravishda tekshirishga xizmat qiladi.

Shlakning glazur ishlab chiqarishga yaroqliligi, avvalo, uning oksidli tarkibi, erish xususiyatlari, termik barqarorligi va ekologik xavfsizligiga bog‘liq. Shu sababli optimal tarkibni tanlash faqat laboratoriya sinovlari, fizik-kimyoviy tahlillar va olingan qoplamaning sifat ko‘rsatkichlarini taqqoslash asosida amalga oshirilishi lozim.

Kelgusidagi tadqiqotlarda glazur tarkibining matematik optimallashtirilishi, kuydirish rejimining aniqlanishi, qoplamaning mexanik va kimyoviy xususiyatlari hamda ishlab chiqarishning texnik-iqtisodiy samaradorligini baholash maqsadga muvofiq. Ushbu yondashuv rotorli shlak chiqindisidan foydalanishning ilmiy asoslangan texnologiyasini ishlab chiqish uchun zarur shart-sharoit yaratadi.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.52

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Kingery W. D., Bowen H. K., Uhlmann D. R. *Introduction to Ceramics*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1976.
2. Eppler R. A., Eppler D. R. *Glazes and Glass Coatings*. Westerville, Ohio: The American Ceramic Society, 2000.
3. Hamer F., Hamer J. *The Potter's Dictionary of Materials and Techniques*. 5th ed. London: A&C Black, 2004.
4. Rahaman M. N. *Ceramic Processing and Sintering*. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 2003.
5. Dondi M., Marsigli M., Venturi I. Microstructure and mechanical properties of porcelain stoneware tiles. *Journal of the European Ceramic Society*, 1999.