ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -3

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 3

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

UDK 666.193.2

BAZALT TOSHIDAN TOLA OLISHNING ZAMONAVIY USULLARI VA SIFATINI OSHIRISH YO‘LLARI

Jumanova Madina Safar qizi
Toshkent kimyo-texnologiya instituti Yangiyer filiali magistranti
E-mail: Mjumanova024@gmail.com
Adinayev Xidir Abdullayevich,
Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti dotsenti, k.f.d. (DSc)
E-mail: Xudir72@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqolada bazalt toshidan tola olishning zamonaviy usullari, ularning texnologik xususiyatlari, afzalliklari va kamchiliklari batafsil ko‘rib chiqilgan. Maqolada bazalt tolasining kimyoviy va fizik xossalari, ishlab chiqarish jarayonlari, sifat ko‘rsatkichlari hamda qo‘llanilish sohalari yoritilgan. Shuningdek, ishlab chiqarish jarayonida sifatni oshirishning innovatsion yo‘llari va ilg‘or xorijiy tajribalar tahlil qilingan. Tadqiqot natijasida bazalt tolasi ishlab chiqarishni yanada takomillashtirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: bazalt, bazalt tolasi, eritish texnologiyasi, tortish usuli, sentrifugal usuli, tola sifati, kompozit materiallar, issiqlik izolyatsiyasi, akustik izolyatsiya, yangi texnologiyalar.

Аннотация. В данной научной статье подробно рассмотрены современные методы получения волокна из базальтового камня, их технологические особенности, преимущества и недостатки. В статье освещены химические и физические свойства базальтового волокна, процессы производства, показатели качества, а также сферы его применения. Кроме того, проанализированы инновационные способы повышения качества в процессе производства и передовой зарубежный опыт. В результате исследования разработаны рекомендации по дальнейшему совершенствованию производства базальтового волокна.

Ключевые слова: базальт, базальтовое волокно, технология плавления, метод вытягивания, центробежный метод, качество волокна, композитные материалы, теплоизоляция, акустическая изоляция, новые технологии.

Abstract. This scientific article comprehensively examines modern methods of producing fiber from basalt rock, along with their technological characteristics, advantages, and disadvantages. The paper highlights the chemical and physical properties of basalt fiber, its manufacturing processes, quality indicators, and fields of application. Furthermore, innovative approaches to quality improvement during production and advanced foreign experiences are analyzed. Based on the research results, recommendations have been developed to further optimize basalt fiber production.

ISSN 3030-3907

Keywords: basalt, basalt fiber, melting technology, drawing method, centrifugal method, fiber quality, composite materials, thermal insulation, acoustic insulation, emerging technologies.

KIRISH.

Hozirgi kunda qurilish, sanoat, aviatsiya, avtomobilsozlik va boshqa ko‘plab sohalarda yangi, yuqori samarali materiallarni ishlab chiqarish va qo‘llash masalasi tobora dolzarblashib bormoqda. Bazalt - vulkanik kelib chiqishga ega bo‘lgan tabiiy tosh bo‘lib, u yerning bir qator mintaqalarida, jumladan, O‘rta Osiyo, Kavkaz, Sibirda keng tarqalgan. Ushbu toshdan olinadigan bazalt tolasi o‘zining noyob fizik-mexanik va kimyoviy xossalari bilan ajralib turadi hamda zamonaviy sanoatning ko‘plab sohalarida qo‘llanilmoqda. Bazalt tolasi ishlab chiqarish texnologiyasi XX asrning ikkinchi yarmida intensiv rivojlanib, bugungi kunda dunyo bo‘ylab keng miqyosda joriy etilmoqda. Ukraina, Rossiya, Xitoy, Yaponiya, AQSh va Yevropa mamlakatlarida bazalt tolasi ishlab chiqarish zavodlari faoliyat ko‘rsatmoqda. O‘zbekistonda ham ushbu sohaga qiziqish ortib bormoqda, chunki respublika hududida katta bazalt konlari mavjud bo‘lib, ular hali to‘liq o‘zlashtirilmagan. Bazalt tolasining asosiy xususiyatlaridan biri shuki, u shisha tolasiga nisbatan ancha kuchli, zanglamaydigan, kimyoviy ta’sirga chidamli va ekologik toza material hisoblanadi. Bazalt tolasidan tayyorlangan kompozit materiallar tarkibidagi po‘lat armaturalanuvchi elementlarni almashtira olishi mumkin, bu esa qurilishda katta iqtisodiy samara beradi. Bundan tashqari, bazalt tolasi yuqori temperatura va akustik izolyatsiya xususiyatlariga ham ega. Ushbu maqolada bazalt toshidan tola olishning eng zamonaviy texnologik usullari, xomashyo sifatiga qo‘yiladigan talablar, eritish va tola tortish jarayonlari, sifatni nazorat qilish metodlari va mahsulot sifatini oshirishning innovatsion yo‘llari kompleks tarzda o‘rganilgan. Tadqiqot davomida so‘nggi yillarda nashr etilgan ilmiy manbalar, patentlar va sanoat tajribalari tahlil qilingan. Bazalt - ultrabazik magmatik tog‘ jinsi bo‘lib, u asosan vulqon otilishlari natijasida hosil bo‘ladi. U yer qobig‘ining eng keng tarqalgan jinslaridan biri hisoblanadi [1-4]. Bazaltning asosiy mineral tarkibi plagioklaz, piroksen, olivin va magnetitdan iborat . Toshning rangi odatda qoradan to to‘q kulrang va yashilsimon ranglarni qamrab oladi. Bazalt toshining zichligi 2,7 dan 3,3 g/sm³ gacha bo‘lib, qattiqlik ko‘rsatkichi Mos shkalasi bo‘yicha 5-7 ni tashkil etadi. Bazalt toshlarining erish nuqtasi 1350°C dan 1500°C gacha bo‘ladi, bu esa ularni tola olish uchun qulay xomashyo sifatida belgilaydi [5-7]. Toshning kimyoviy tarkibi kondan konga farq qilishi mumkin, shuning uchun har bir kon uchun alohida texnologik parametrlar ishlab chiqilishi zarur. Amaliyotda bazaltning kimyoviy tarkibini bilish tola sifatini boshqarish va jarayonni optimallashtirish uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega. Bazaltning asosiy kimyoviy tarkibi quyidagi oksidlardan iborat: SiO_2 (44–

ISSN 3030-3907

52%), Al_2O_3 (12–18%), Fe_2O_3 + FeO (9–16%), CaO (6–12%), MgO (4–10%), $Na_2O + K_2O$ (2–5%), TiO_2 (1–3%) va boshqalar. Ushbu oksidlarning nisbati erish haroratini, qovushqoqligini, tola tortish qobiliyatini va tayyor tolaning mexanik xossalarini bevosita belgilaydi. SiO_2 miqdori ko‘p bo‘lsa, eritmaning qovushqoqligi ortadi, bu esa nozik tolalar tortishni qiyinlashtiradi. Al_2O_3 tolaning kimyoviy chidamliligini oshiradi va yuqori temperaturaga bardoshlilikni ta’minlaydi. Fe_2O_3 va FeO miqdori eritish jarayonining issiqlik balansini va eritma rangini belgilaydi. CaO va MgO tolaning elastikligini va siqilishga chidamliligini yaxshilaydi. Shuning uchun bazalt konini tanlashda kimyoviy tarkibni batafsil tahlil qilish zarurat hisoblanadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, tola tortish uchun eng qulay bazalt tarkibida SiO_2 45–52%, Al_2O_3 14–17%, FeO + Fe_2O_3 10–14% bo‘lishi kerak. Bunday tarkibdagi bazalt 1320–1450°C haroratda yaxshi erib, barqaror ipsimon tola beradi. Ko‘pgina Ukraina va Kavkaz bazalt konlari aynan shunday qulay kimyoviy tarkibga ega.

MUHOKAMA VA NATIJALAR. Bazalt tolasi ishlab chiqarish bir necha ketma-ket bosqichlardan iborat: xomashyoni qazib olish va tayyorlash, toshni eritish, eritmani gomogenlashtirish, tola tortish, tolani qayta ishlash (apretur qo‘llash) va tayyor mahsulotni qadoqlash. Har bir bosqich sifat va mahsuldorlik ko‘rsatkichlariga bevosita ta’sir qiladi. Xomashyoni tayyorlash bosqichida bazalt toshi kerakli fraksiyaga maydalanadi (odatda 20–80 mm), tozalanadi va quritiladi. Toshning namligi 0,5% dan oshmasligi kerak, aks holda pechda portlash xavfi tug‘iladi. Tosh tayyorlash bosqichida mineralogik va kimyoviy tahlillar o‘tkazilib, partiyaning texnologik mos kelishi tekshiriladi.

Eritish jarayoni - butun texnologik zanjirning eng energiya talab qiladigan va muhim bosqichidir. Bazalt toshini eritish uchun asosan elektr qarshilik pechlari, induksion pechlari va gaz alangali pechlari ishlatiladi. Har bir pech turi o‘zining afzallik va kamchiliklariga ega.

Elektr qarshilik pechlari (EQP) bazalt tolasi ishlab chiqarishda eng keng tarqalgan. Ularda tok o‘tkazuvchi elektrodlar orqali eritma qizdiriladi. EQP da harorat 1300-1500°C gacha olib boriladi, harorat nazorati yuqori aniqlikda amalga oshiriladi. Bu pechlarda eritma tarkibini bir tekis saqlash osonroq, shuning uchun tola sifati barqarorroq bo‘ladi. EQP ning asosiy kamchiligi - energiya sarfi yuqoriligi.

Gaz alangali pechlarda tabiiy gaz yoki suyuqlashtirilgan gaz yondiriladi va hosil bo‘lgan issiqlik energiyasi toshni eritadi. Bu pechlarda energiya sarfi nisbatan kamroq, lekin harorat maydonini bir tekis saqlash qiyinroq. Shuningdek, gaz pechlarida eritma yuza qismining oksidlanishi kuchayishi mumkin.

Induksion eritish pechlari yuqori chastotali elektromagnit maydoni yordamida toshni qizdiradi. Bu usulda harorat va tarkibni nazorat qilish juda

ISSN 3030-3907

qulay, lekin qurilma narxi va elektr sarfi yuqori. Hozirda bu texnologiya asosan laboratoriya va maxsus maqsadlar uchun qo‘llaniladi.

Forsunka yoki filera usuli bazalt tolasi ishlab chiqarishda eng keng qo‘llaniladigan texnologik yondashuv hisoblanadi. Ushbu usulda eritilgan bazalt massasi maxsus filera plitasi orqali o‘tkaziladi. Filera - bu ko‘plab mayda teshiklar (10 dan 4000 tagacha) jo‘natilgan platina-rodiy qotishmasidan yasalgan plita bo‘lib, u eritilgan massani nozik ipchalar ko‘rinishida o‘tkazadi. Har bir teshikdan chiqib kelgan suyuq bazalt massasi mexanik yoki pnevmatik usulda cho‘ziladi, soviydi va tolaga aylanadi. Forsunka usulida tolaning diametri teshik o‘lchamiga, eritma qovushqoqligiga va cho‘zish tezligiga bog‘liq holda 9-25 mkm oralig‘ida nazorat qilinadi. Nozikroq tolalar (9-13 mkm) yuqori texnik to‘qimachilik mahsulotlari va kompozitlar uchun, yo‘g‘onroq tolalar (17-25 mkm) esa issiqlik va akustik izolyatsiya materiallari uchun ishlatiladi. Forsunka usulining asosiy afzalligi - tolaning diametrini aniq nazorat qilish va uzluksiz ishlab chiqarish imkoniyati. Platina-rodiy fileralar juda qimmat (1 kg narxi 1000-3000 AQSh dollarini tashkil etishi mumkin), shuning uchun ularga ehtiyotkorlik bilan munosabatda bo‘lish va texnik xizmat ko‘rsatish zarur. Filera plitasi teshiklarining korroziyaga uchrashi yoki cho‘yilishi tola sifatini pasaytiradi. Zamonaviy fileralar 6-36 oy ishlab, so‘ng ta‘mirlanadi yoki almashtiriladi.

Sentrifugal usulda eritilgan bazalt massasi tez aylanuvchi disklar yoki barabanlar yordamida markazdan qochma kuch ta’sirida ingichka tolalarga bo‘linadi. Bu usul asosan paxta shaklidagi qisqa bazalt tolasi (bazalt vata) ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladi. Sentrifugal qurilmaning asosiy elementi - tez aylanuvchi rotor bo‘lib, u 3000-6000 ayl/min tezlikda aylanadi va eritilgan massani sentrifugal kuch yordamida mayda tomchilarga, so‘ngra tolalarga parchalaydi. Sentrifugal usulning afzalliklari: yuqori unumdorlik (1 soatda 3-10 tonna), nisbatan arzon qurilmalar va kam energiya sarfi. Kamchiligi - tolalar qisqa (3-50 mm) va diametr bo‘yicha bir xil emas (5-15 mkm oralig‘ida). Ushbu usul bilan olingan bazalt vata binolar izolyatsiyasi, quvurlarning issiqlik himoyasi va sanoat pechi astarlarida keng ishlatiladi. So‘nggi yillarda sentrifugal usulni takomillashtirish yo‘nalishida bir qator innovatsiyalar amalga oshirildi. Xususan, ko‘p bosqichli sentrifugal sistemalar joriy etilib, unda eritilgan massa ketma-ket bir necha rotordan o‘tkaziladi, bu esa tolaning diametrini yanada kichraytirish va bir xillik darajasini oshirish imkonini beradi.

Defibrizatsiya usulida eritilgan bazalt massasi yuqori bosimli bug‘ yoki havo oqimi yordamida ingichka tolalarga parchalanadi. Bu usul ham asosan izolyatsion vata ishlab chiqarishda qo‘llaniladi. Bug‘ yoki havo oqimi eritma oqimiga nisbatan kesib o‘tish yoki parallel yo‘nalishda ta’sir qilishi mumkin. Hosil bo‘lgan tolalar texnik ko‘rpa, plitalar va rulonlar ko‘rinishida

ISSN 3030-3907

shakllantirilib, maxsus bog‘lovchi moddalar (fenol-formaldegid smolasi va boshqalar) bilan mustahkamlanadi. Defibrizatsiya usulining afzalligi - oddiy qurilma va yuqori unumdorlik. Kamchiligi - tola diametrini nazorat qilish qiyinligi va maxsus zarrachalar (tola bo‘lmagan zarrachalar) hosil bo‘lishi. Ushbu muammo zamonaviy chiqindi ajratish sistemalari yordamida qisman hal etilmoqda.

So‘nggi yillarda kichik partiyalarda yuqori sifatli bazalt tolasi olish uchun lazer va plazma texnologiyalari o‘rganilmoqda. **Lazer usulida** lazer nuri eritilgan bazalt massasini aniq nuqtaga yo‘naltirilib, ultra nozik tola (1-5 mkm) hosil qilish mumkin. Plazma usulida esa plazma oqimi bazalt toshini ultra yuqori haroratda (>2000°C) eritib, nozik tolalar hosil qiladi. Bu usullar hali sanoat miqyosida keng qo‘llanilmaydi, lekin ilmiy tadqiqotlarda katta qiziqish uyg‘otmoqda.

Eritish pechida haroratni aniq nazorat qilish uchun termojuftlar va infraqizil pirometrlar ishlatiladi. Zamonaviy zavodlarda harorat nazorati avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi (SCADA) orqali amalga oshiriladi. Harorat +/-5°C aniqlikda nazorat qilinadi. Harorat ko‘tarilib ketsa, eritma qovushqoqligi kamayadi va tola uzilishi, harorat pasaysa esa eritma qovushqoqligi ortib, teshiklarning tiqilib qolishi mumkin. Zamonaviy bazalt tolasi zavodlarida kompyuter modellash va sun’iy intellekt algoritmlarini qo‘llash orqali pech haroratini va quvvatini optimal boshqarish mumkin. Bu texnologiyani joriy etish energiya sarfini 5-15% ga kamaytirishi va tola sifatini sezilarli darajada yaxshilashi aniqlangan.

Apretur - tola tortishdan so‘ng darhol tolalarga qo‘llaniladigan maxsus kimyoviy tarkib bo‘lib, u tolalarni mexanik shikastlanishdan himoya qiladi, ularni jamlaydi va keyingi qayta ishlash jarayonini (to‘qish, kompozit tayyorlash va hokazo) osonlashtiradi. Apretur tarkibiga odatda suvda eriydigan bog‘lovchi modda (polimer emulsiya), sirt faol modda (silanol, silan), yog‘lovchi komponent va antigistamin modda kiradi. So‘nggi yillarda nanoapletur tarkiblarini ishlab chiqish bo‘yicha intensiv tadqiqotlar olib borilmoqda. Nanotexnologiyaga asoslangan apretur tarkiblarida silikon dioksidi yoki alyuminiy oksidining nanotolalari qo‘shilishi tola mexanik mustahkamligini 10-20%, issiqlikka chidamliligini esa 15-30% ga oshirishi aniqlangan. Bunday nano-takomillashtirilgan bazalt tolasi aviatsiya va kosmik sanoatda keng qo‘llanilmoqda. Shuningdek, ekologik toza, formaldegidsiz apretur tarkiblarini ishlab chiqish ham muhim yo‘nalish hisoblanadi. Fenolik bog‘lovchi moddalar o‘rniga suv bazali polimer emulsiyalar qo‘llash ishchi muhitni yaxshilaydi va mahsulot ekologikligini oshiradi. Bazalt tolasi diametrini ishlab chiqarish jarayonida real vaqtda nazorat qilish sifatni boshqarishning muhim qismi hisoblanadi. An’anaviy usulda tola diametrini laboratoriyada optik mikroskop

ISSN 3030-3907

yordamida nazorat qilinsa, zamonaviy texnologiyalarda lazer difraktsion o‘lchov sistemalari qo‘llaniladi. Bu sistemalar tolalar oqimini uzluksiz skanerlaydi va o‘rtacha diametr hamda taqsimlanish egri chizig‘ini real vaqtda hisoblab beradi. Tola sifatini boshqarishning yangi yo‘nalishlaridan biri - kompyuter ko‘rishi (computer vision) va sun’iy intellektni qo‘llashdir. Kameralar va image processing algoritmlari yordamida tola iplarining uzilishi, tugunlar hosil bo‘lishi va diametr og‘ishlari avtomatik aniqlanib, tezkor tuzatish chorasi ko‘rilishi mumkin. Bu texnologiya tola sifatini sezilarli darajada yaxshilaydi va ishchilarning nazorat yukini kamaytiradi. Bazalt tolasi sifati asosan xomashyo - bazalt toshining kimyoviy va mineralogik tarkibiga bog‘liq. Shuning uchun zamonaviy korxonalarda xomashyoni qabul qilishda rontgen-fluoressensiya (XRF) spektrometriyasi, atom-emissiya spektroskopiyasi va X-nurlar difraksiyasi kabi ilg‘or tahlil metodlaridan keng foydalaniladi. XRF spektrometriya - tez, sezgir va xomashyoni buzmasdan tahlil qiluvchi usul bo‘lib, 3-5 daqiqa ichida asosiy oksidlarning konsentratsiyasini aniqlashga imkon beradi. So‘nggi avlod portativ XRF qurilmalari esa bevosita konlarda yoki qabul qilish maydonida ekspres-tahlil o‘tkazish imkonini beradi. Bu texnologiyani joriy etish xomashyo sifatini nazorat qilish va yomon partiyalarni dastlabki bosqichda rad etish imkonini beradi.

Bazalt tolasining sifatini baholashda bir qator standart ko‘rsatkichlar qo‘llaniladi. Asosiy mexanik ko‘rsatkichlar: uzilish kuchlanishi (1500–4840 MPa), elastiklik moduli (79–93 GPa), uzayish ko‘rsatkichi (3,1–3,2%). Fizik ko‘rsatkichlar: zichlik (2630–2800 kg/m³), tola diametri (9–25 mkm), tola uzunligi (uzluksiz yoki qisqa 6–50 mm). Issiqlik ko‘rsatkichlari: ishlash harorati (-269°C dan +700°C gacha), issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti (0,031–0,038 Vt/m·K). Kimyoviy chidamlilik ko‘rsatkichlari ham muhim ahamiyatga ega. Bazalt tolasi kuchli ishqorlar va kislotalarga nisbatan shisha tolasidan ancha chidamli. Xususan, kuchli ishqorli muhitda (masalan, beton tarkibida) shisha tolasi tezda buzilsa, bazalt tolasi o‘z mexanik xossalarini uzoq vaqt saqlaydi. Bu xususiyat bazalt tolasini beton armalashda qo‘llashda katta ustunlik beradi. Bazalt tolasi ishlab chiqarishda xalqaro va milliy standartlar katta rol o‘ynaydi. Eng keng qo‘llaniladigan standartlar: ASTM C1650 (AQSh), EN 13162-13171 seriyasi (Yevropa), GOST 17177 (Rossiya/MDH) va boshqalar. O‘zbekistonda O‘z DSt standartlari qo‘llaniladi. Sertifikatlash jarayonida laboratoriya sinovlari, ishlab chiqarish jarayoni auditlari va mahsulot namunaviy sinov natijalari e‘tiborga olinadi. ISO 9001 va ISO 14001 sertifikatlarini olish zamonaviy bazalt tolasi korxonalari uchun xalqaro bozorga chiqishda zarur shart hisoblanadi. Bu sertifikatlar mahsulot sifatini boshqarish va atrof-muhitga ta’sirni

ISSN 3030-3907

minimallashtirish tizimlarining mavjudligini tasdiqlovchi hujjatlar bo‘lib, xorijiy buyurtmachilar uchun ishonchlilik belgisidir.

Bazalt tolasining eng muhim qo‘llanilish sohalaridan biri - qurilish sanoatidir. Ushbu sohada bazalt tolasi asosan uch yo‘nalishda ishlatiladi: issiqlik va akustik izolyatsiya, beton va kompozit materiallarni armalashtirish hamda atirgul (geosetka) sifatida tuproq mustahkamlash. Bazalt tolasidan yasalgan plitalar va rulonlar binolar devorlari, shiftlari va pollarini izolyatsiyalashda keng qo‘llanilmoqda. Bazalt tolali armatura (BFPA - basalt fiber reinforced polymer armature) shisha tolali va po‘lat armaturaga muqobil sifatida rivojlanib bormoqda. BFPA ning afzalliklari: zang kirmasligi, yuqori kuchlanish mustahkamligi, yengilligi (po‘lat armaturaga nisbatan 4 marta engil) va kimyoviy chidamliligi. Ushbu materialdan yasalgan ko‘priklar, binolar poydevori va yer osti inshoatlari dengiz va iqlim o‘zgarishlariga nisbatan ancha chidamli bo‘ladi.

Avtomobilsozlik sanoatida bazalt tolasi kompozit materiallar tarkibida kuzov qismlarini, avariya himoya elementlarini va issiqlikdan himoya qiluvchi ekranlarni tayyorlashda ishlatiladi. Bazalt tolali kompozitlar karbon tolaga nisbatan ancha arzon, shisha tolaga nisbatan esa mexanik jihatdan yanada mustahkam. Elektromobil batareyalarini issiqlik va mexanik zarbalarga qarshi himoya qilishda ham bazalt tolasining qo‘llanilishi ortib bormoqda. Aviatsiya va kosmik sohada bazalt tolasi asosan issiqlik himoya qoplamalar, reaktiv dvigatel atrof elementlari va tovushni o‘zlashtiruvchi panellarda ishlatiladi. Bu sohada bazalt tolasining asosiy afzalligi - yuqori temperaturalarda (600°C gacha) mexanik xossalarini saqlab qolish qobiliyati va yengilligi. Bazalt tolasidan yasalgan quvurlar va idishlar agressiv kimyoviy muhitlarda (kislotalar, ishqorlar, sho‘r suv) uzoq muddatli ishlash uchun idealdir. Neft-gaz sanoatida bazalt tolali quvurlar yer osti gazonlar, quvurlari va saqlagichlarda keng qo‘llanilmoqda. Zamonaviy gidroizolyatsiya materiallariga bazalt tolasi qo‘shilishi ularning suv o‘tkazmaslik va mexanik mustahkamlik xossalarini 30-40% ga oshiradi.

Bazalt tolasi ishlab chiqarishda Ukraina an’anaviy ravishda etakchi davlatlardan biri hisoblanadi. Ukrainaning Desna, Kamianske va boshqa shaharlardagi zavodlari yiliga 30 000 tonnadan ortiq bazalt tolasi mahsulotlari ishlab chiqaradi. Ukraina texnologiyasi filera usulining takomillashtirilgan versiyasiga asoslanib, yuqori sifatli uzluksiz tola (continuous basalt fiber - CBF) ishlab chiqarishga ixtisoslashgan. Rossiyada Kavkaz mintaqasida katta bazalt konlari mavjud bo‘lib, Rossiya kompaniyalari asosan izolyatsion materiallar ishlab chiqarishga ixtisoslashgan. Xitoy so‘nggi o‘n yilliklarda bazalt tolasi ishlab chiqarish quvvatlarini jadal sur’atda kengaytirmoqda. Xitoyning Sichuan, Zhejiang va boshqa viloyatlarida 20 dan ortiq bazalt tolasi korxonasi faoliyat ko‘rsatmoqda va mamlakat yiliga 100 000 tonnadan ortiq bazalt tolasi mahsuloti

ISSN 3030-3907

ishlab chiqarmoqda. AQSh da Basalt America, Kamenny Vek-USA va boshqa kompaniyalar uzluksiz bazalt tolasi va kompozit materiallar ishlab chiqarishda faol. Yevropa mamlakatlarida bazalt tolasining qurilishda va avtomobilsozlikda qo‘llanilishi jadal oshib bormoqda. Avstriya, Germaniya, Italiya va Niderlandiyada bazalt tolasi asosidagi innovatsion qurilish materiallari ishlab chiqaruvchi bir qator kompaniyalar muvaffaqiyatli faoliyat ko‘rsatmoqda.

XULOSA. Ushbu ilmiy maqolada bazalt toshidan tola olishning zamonaviy usullari, texnologik xususiyatlari va sifatni oshirishning innovatsion yo‘llari keng ko‘lamda o‘rganildi. Tadqiqot natijalari asosida quyidagi xulosalar chiqarish mumkin: Bazalt tolasi o‘zining noyob fizik-mexanik, kimyoviy va issiqlik xossalari bilan zamonaviy sanoat materiallarining muhim segmentini egallaydi va xalqaro bozorda talabi tez sur’atlar bilan o‘sib bormoqda. Dunyo bo‘ylab bazalt tolasi bozori hajmi 2030 yilga kelib 500 million AQSh dollaridan oshishi prognoz qilinmoqda. Bazalt tolasi ishlab chiqarishda forsunka (filera), sentrifugal va defibrizatsiya usullari asosiy texnologik yo‘nalishlar hisoblanib, har birining o‘ziga xos qo‘llanilish sohalari mavjud. Forsunka usuli uzluksiz yuqori sifatli tola olish uchun, sentrifugal va defibrizatsiya usullari esa izolyatsion materiallar uchun mos keladi. Tola sifatini oshirishda xomashyo kimyoviy tarkibini nazorat qilish, eritma gomogenligini ta’minlash, apretur tarkiblarini optimallashtirish va zamonaviy nazorat tizimlarini joriy etish hal qiluvchi ahamiyatga ega. O‘zbekistonda bazalt tolasi sanoatini rivojlantirish uchun ob’ektiv shart-sharoitlar mavjud: katta xomashyo bazasi, qurilish sohasida kuchli talabning mavjudligi va xorijiy hamkorlik imkoniyatlari. Ushbu sohaga investitsiyalarni jalb qilish va ilmiy-texnologik salohiyatni mustahkamlash orqali respublika bazalt tolasi eksport qiluvchi mamlakatlar safiga qo‘shilishi mumkin. Atrof-muhit va mehnat xavfsizligi talablariga rioya qilish zamonaviy bazalt tolasi korxonalari uchun ajralmas shart hisoblanadi. Ekologik toza texnologiyalarni joriy etish sohaning barqaror rivojlanishini ta’minlaydi. Kelgusida bazalt tolasi sohasida nanotexnologiyalar, sun’iy intellekt va 3D chop etish texnologiyalari bilan integratsiyalashuv yanada kuchayadi. Bu esa bazalt tolasining yangi noyob xossalarini kashf etish va qo‘llanilish doirasini yanada kengaytirish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Deák T., Czigány T. Chemical composition and mechanical properties of basalt and glass fibers: A comparison. Textile Research Journal, 2009, 79(7): 645–651.
2. Fiore V., Scalici T., Di Bella G., Valenza A. A review on basalt fibre and its composites. Composites Part B: Engineering, 2015, 74: 74–94.
3. Иванов С.Л. Базальтовые волокна - производство и применение. Москва: Химия, 2018. – 320 с.

ISSN 3030-3907

4. Militký J., Kovačič V., Rubnerová J. Influence of thermal treatment on tensile failure of basalt fibers. Engineering Fracture Mechanics, 2002, 69: 1025–1033.
5. Sim J., Park C., Moon D.Y. Characteristics of basalt fiber as a strengthening material for concrete structures. Composites Part B: Engineering, 2005, 36(6): 504–512.
6. Pavlovski D.S., Mishukov B.V., Pavlovsky M.S. Basalt Fiber and Composite Materials Technology for Development of New Products. Proceedings of 8th International Conference on Composite Structures, 1995.
7. Liu Q., Shaw M.T., Parnas R.S., McDonnell A-M. Investigation of basalt fiber composite mechanical properties for applications in transportation. Polymer Composites, 2006, 27(1): 41–48.

ISSN 3030-3907