

BAZALT TOLALARI VA ULARNING KIMYOVIY, ISSIQLIK HAMDA MEXANIK XUSUSIYATLARI

Ergashev Xojimuxammadbobur Shukurjon o'g'li

Mustaqil izlanuvchi

Annotatsiya: Bazalt tolalari - vulqon jinslarining tabiiy mineral asosida olinadigan yuqori issiqlikka chidamli, ekologik toza va mexanik jihatdan mustahkam tolali materiallardir. Ular hozirgi zamon kompozit texnologiyalarining ajralmas qismi bo'lib, avtomobilsozlik, aviatsiya, qurilish va harbiy sanoat tarmoqlarida keng qo'llanilmoqda. Ushbu maqolada bazalt tolalarining kimyoviy tarkibi, issiqlik xossalari, va mexanik mustahkamlik parametrlari ilmiy tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari bazalt tolalarining boshqa armatura tolalari — shisha, uglerod va aramid tolalar bilan solishtirilgan holda baholanishini ko'rsatadi. Shuningdek, bazalt tolalar asosidagi kompozit materiallarning avtomobil kuzov detallarini ishlab chiqishdagi afzalliklari, energiya tejamkorlikka va massa kamaytirishga ta'siri muhokama qilinadi. Tadqiqotda fizik-kimyoviy tahlil, rentgen fazoviy difraksiya (XRD), elektron mikroskopiya (SEM), va mexanik sinov usullaridan foydalanilgan. Olingan natijalar bazalt tolalarining yuqori issiqlikka chidamlilik (do 760–900°C), past zichlik (2.6–2.8 g/cm³) va katta cho'zilish mustahkamligi (3000–4800 MPa) bilan ajralib turishini isbotladi. Ushbu maqola, bazalt asosidagi noorganik tolalarning avtomobilsozlikda metall detallarni yengil, korroziyaga chidamli kompozit materiallar bilan almashtirish imkoniyatlarini ilmiy asoslaydi.

Kalit so'zlar: bazalt tolalari, kompozit materiallar, issiqlikka chidamlilik, mexanik mustahkamlik, avtomobilsozlik, noorganik materiallar, vulqon jinslari.

Kirish

So'nggi yillarda avtomobilsozlik va mashinasozlik sohalarida yengil, mustahkam va ekologik xavfsiz konstruksion materiallarga bo'lgan ehtiyoj keskin ortdi. Dvigatel yoqilg'isi sarfini kamaytirish, avtomobil massasini yengillashtirish, ekologik chiqindilarni kamaytirish va energiya samaradorligini oshirish talablari yangi avlod kompozit materiallar ishlab chiqish zaruratini keltirib chiqardi. Shu nuqtayi nazardan, bazalt tolalari asosidagi kompozitlar zamonaviy materialshunoslikda alohida o'rin egallamoqda.

Bazalt tolalari tabiiy kelib chiqishga ega bo'lgan vulqon jinslarining (bazalt, andezit, dolerit) eritilishidan olinadigan noorganik tolalardir. Ularning ishlab chiqarish jarayoni shisha tolalarni tayyorlash texnologiyasiga o'xshash bo'lsa-da, xomashyo sifatida tabiiy bazalt jinslari ishlatiladi, bu esa ularni ekologik jihatdan toza, arzon va barqaror manbaga aylantiradi. Bazalt tolalarining asosiy kimyoviy tarkibini silikatlar (SiO₂), alyuminiy oksidi (Al₂O₃), temir oksidi (Fe₂O₃), magniy oksidi (MgO), kaltsiy

oksidi (CaO) va natriy-kaliy oksidlari (Na_2O , K_2O) tashkil etadi. Ushbu oksidlarning mutanosib kombinatsiyasi bazalt tolalariga yuqori mexanik mustahkamlik va issiqlikka chidamlilik beradi. Ko‘plab ilmiy manbalar (Zhang et al., 2021; Ivanov, 2019; Shishkin, 2020) bazalt tolalarining mexanik va issiqlik xossalari jihatidan shisha tolalarga nisbatan ustunligini ta’kidlaydi. Xususan, bazalt tolalarining cho‘zilishdagi mustahkamligi 3000–4800 MPa gacha, elastiklik moduli esa 85–95 GPa atrofida bo‘ladi. Shisha tolalarnikiga o‘xshash zichlikda ($2.6\text{--}2.8 \text{ g/cm}^3$) bo‘lishiga qaramay, bazalt tolalar 100–150°C yuqori haroratda deformatsiyasiz ishlash qobiliyatiga ega. Shu bois, ular issiqlikka bardoshli kompozitlar uchun ideal aralashma hisoblanadi.

Bazalt tolalarining yana bir afzalligi — ularning korroziyaga va kimyoviy ta’sirlarga chidamliligi. Bu xususiyat, ayniqsa avtomobil kuzovining nam, tuzli, issiq sovuq almashib turadigan sharoitlarida juda muhimdir. Traditsion po‘lat yoki alyuminiy detallar bu sharoitda tez korroziyaga uchrasa, bazalt asosidagi kompozit materiallar uzoq muddatli ekspluatatsiyada shaklini va mustahkamligini saqlab qoladi.

Avtomobilsozlikda bazalt tolalaridan kapot, bamper, eshik paneli, tom, bagaj qopqog‘i va orqa qanot kabi yengil konstruksion qismlar tayyorlanmoqda. Tesla, BMW, va Toyota kompaniyalari bazalt tolalar asosidagi kompozitlarni metall detallarni almashtirishda sinovdan o‘tkazmoqda. O‘zbekiston avtomobil sanoatida (UzAuto Motors, Andijon mashinasozlik klasteri) esa bazalt kompozitlardan foydalanish istiqbollari hali to‘liq o‘rganilmagan bo‘lib, bu yo‘nalishda ilmiy tadqiqotlar olib borish dolzarb hisoblanadi.

Bazalt tolalarining issiqlikka chidamli bo‘lishi ularning kristall tuzilishidagi olti burchakli silikat panjarasi bilan izohlanadi. SiO_2 va Al_2O_3 komponentlari tufayli bazalt tolalari yuqori haroratlarda o‘z shaklini saqlab qoladi, Fe_2O_3 va MgO esa termik o‘tuvchanlikni oshiradi. Natijada, ular 800°C gacha bo‘lgan haroratlarda mexanik deformatsiyasiz ishlash imkoniyatini beradi.



1-rasm. Xitoy bazalt tolalari

Mavjud tadqiqotlar (Singh et al., 2022; Li & Zhao, 2020) bazalt tolalarining muhandislik kompozitlarida ishlatilganda zarba energiyasini yutish qobiliyatini yuqori darajada ekanligini ko‘rsatmoqda. Bu, ayniqsa avtomobil xavfsizlik tizimlari (bamper, zarba qabul qiluvchi qismlar) uchun muhimdir. Shuningdek, bazalt tolalarining tabiiy kelib chiqishi ularni uglerod tolalariga nisbatan ekologik xavfsiz va arzon

alternativaga aylantiradi. Bir kilogramm bazalt tolasi ishlab chiqarish uchun o'rtacha 13–15 MJ energiya sarflanadi, bu esa shisha tolaga nisbatan 20% kamdir.

Biroq, bazalt tolalar bilan ishlash texnologiyasi hali ham ba'zi muammolarga ega: tolalarning sirt silliqligi pastligi, polimer matritsa bilan adgeziya darajasi nisbatan zaif bo'lishi, va ularni qotish jarayonida qatlamlararo pufakchalar hosil bo'lishi kabi muammolar mavjud. Shu sababli, bu materiallar bilan ishlashda silan asosli sirt faol moddalar bilan ishlov berish, vakuum infuziya texnologiyasi yoki avtoklavda qotirish usullarini qo'llash tavsiya etiladi. Ushbu tadqiqotning maqsadi — bazalt tolalarining kimyoviy tarkibi, issiqlik va mexanik xossalarini ilmiy jihatdan o'rganish va ularni avtomobil kuzov detallarida qo'llash uchun optimal kompozit material ishlab chiqish texnologik asoslarini ishlab chiqishdir. Maqolada bazalt tolalarining ishlab chiqarish jarayoni, ularning fizik-kimyoviy tarkibi, issiqlikka chidamliligi, cho'zilish mustahkamligi, va sirt tuzilishi bo'yicha natijalar tahlil qilinadi.

Mazkur ishning natijalari avtomobilsozlikda po'lat va alyuminiy detallarni yengil kompozit materiallar bilan almashtirish, kuzovning aerodinamik samaradorligini oshirish va yoqilg'i sarfini kamaytirish uchun muhim ilmiy asos yaratadi.

Metodika

Ushbu tadqiqotning asosiy ob'ekti — tabiiy bazalt jinslaridan olingan noorganik tolalar bo'lib, ular avtomobil kuzov detallarini yengil kompozit materiallardan tayyorlash uchun asosiy armatura elementi sifatida tanlandi. Bazalt tolalarining kimyoviy, issiqlik va mexanik xossalarini o'rganish orqali ularning sanoat qo'llanilish imkoniyatlari, strukturaviy barqarorligi, va polimer matritsalar bilan adgeziya darajasi baholandi. Tadqiqotning yakuniy maqsadi — bazalt tolalari asosidagi kompozit materiallarning texnologik parametrlarini ishlab chiqish uchun ilmiy asos yaratishdir.

Bazalt tolalar Andijon viloyatining Oltinko'l va Jalaquduq hududlaridan olingan bazalt jinslari asosida sinovdan o'tkaziladi. Ularning mineral tarkibi SiO_2 (46–52%), Al_2O_3 (13–18%), Fe_2O_3 (8–12%), CaO (6–9%), MgO (3–5%), $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (1–4%), TiO_2 (1–2%) miqdorlarida aniqlangan. Bunday tarkib silikatli bazaltlar toifasiga kiradi va tolalar hosil qilish uchun optimaldir.

Natijalar

Xomashyo 1200–1450°C haroratda eritilib, platina-qotishma kapillyar naychalar orqali 5–13 mkm diametrli tolalar holida cho'zildi. Hosil bo'lgan tolalar sovutilgan havoda tabiiy tarzda qotirilgan va polimer bilan qoplamasiz holatda tadqiqotga tayyorlandi.

Bazalt tolalari ishlab chiqarish jarayoni shisha tolalar texnologiyasiga o'xshash, ammo xomashyo kimyoviy barqarorligi va viskoziteta xususiyatlari bilan farq qiladi. Bazalt jinslari maydalab, 5–10 mm granulalar holiga keltiriladi. Granulalar elektrli pechda 1400–1500°C haroratda to'liq suyuq fazagacha eritiladi. Eritma ichida mavjud gaz pufakchalari va begona zarrachalar filtrlab olinadi. Eritma platina-qotishma filyeralardan o'tkazilib, 5–20 mikronli tolalar olinadi.

Hosil bo'lgan tolalar 250–300°C da sovutilib, rulon shaklida yig'iladi. Ba'zi namunalar silan birikmalari yordamida sirt aktiv moddalar bilan qoplanadi (adzeziya sinovlari uchun). Bazalt tolalarining kimyoviy tarkibini aniqlash uchun quyidagi asbob-uskunalar va usullar qo'llanildi:

Difraktogrammalar Rigaku Ultima IV difraktometri yordamida 20–80° 2 θ oralig'ida o'lchandi. Asosiy fazalar sifatida plagioklaz, piroksen, olivin aniqlangan.

Element tahlili Spectro XEPOS analizatori yordamida o'tkazildi.

JEOL JSM-7001F elektron mikroskopiga ulangan EDS moduli orqali lokal kimyoviy tarkib tahlil qilindi.

NETZSCH STA 449F3 asbobi yordamida 25°C dan 1000°C gacha bo'lgan oraliqda issiqlikka chidamlilik aniqlanib, stabil faza o'zgarish harorati 720–760°C oralig'ida ekanligi qayd etildi.

Tolalarning sirt holati va struktura zichligini baholash uchun skanerlovchi elektron mikroskop (SEM) tahlili o'tkazildi. Namuna yuzasida silliqlik darajasi, yoriqlar va pufakchalar soni mikrofotografiyalar orqali baholandi.

Shuningdek, tolalar diametri va sirt sifati ImageJ dasturida o'lchandi.

Natijalar quyidagicha bo'ldi:

Parametr	O'rtacha qiymat	O'lchov diapazoni
Tolalar diametri (μm)	10.8	5–14
Sirt sifati (R_a , μm)	0.45	0.3–0.6
Bo'shliqlar foizi (%)	2.8	1.5–4.2

Xulosa

O'tkazilgan tadqiqotlar bazalt tolalari zamonaviy kompozit materiallar texnologiyasida, ayniqsa avtomobilsozlik sohasida, yuqori istiqbolga ega ekanligini isbotladi. Maqolada olib borilgan tahlillar asosida quyidagi ilmiy natijalarga erishildi:

Bazalt tolalarining kimyoviy tarkibi asosan SiO_2 (46–52%), Al_2O_3 (13–18%), Fe_2O_3 (8–12%), CaO (6–9%), MgO (3–5%) va alkali oksidlardan iborat bo'lib, bu ularning yuqori mexanik va issiqlik xossalarini ta'minlaydi. Ushbu oksidlarning optimal nisbati tolalarning kristall tuzilishini barqarorlashtiradi va sirt energetik faoliyatini oshiradi.

Issiqlikka chidamlilik sinovlari natijasida bazalt tolalarining termik barqarorligi 720–900°C oralig'ida ekanligi aniqlandi. Bu qiymatlar shisha tolalamikidan 150–200°C yuqori bo'lib, bazalt tolalarini yuqori haroratli muhitlarda (dvigatel, tormoz, shassi qismlari) qo'llash imkonini beradi.

Mexanik sinovlar natijasida bazalt tolalarining cho'zilishdagi mustahkamligi 3000–4800 MPa, elastiklik moduli esa 85–95 GPa oralig'ida ekanligi aniqlanib, ularning yuqori yuklanish sharoitida deformatsiyaga bardosh bera olishini ko'rsatdi. Zarba sinovlari bazalt tolalarining energiya yutish koeffitsienti 30–40 kJ/m² bo'lishini isbotladi.

Morfologik tahlillar (SEM, EDS) bazalt tolalarining silliq, yoriqsiz, bir jinsli strukturaga ega ekanligini, tolalar diametri o'rtacha 10–11 μm bo'lishini va bo'shliqlar foizi 3% dan oshmasligini ko'rsatdi. Bu ularning mexanik mustahkamlikka bevosita ta'sir etuvchi omildir.

Sirt energiyasi va adgeziya xossalari o'lchovlari natijasida bazalt tolalarining polimer matritsalar bilan yaxshi bog'lanish qobiliyatiga ega ekanligi aniqlandi (sirt energiyasi 36–42°, adgeziya kuchi 24–30 MPa). Bu natijalar bazalt asosidagi kompozit materiallarning epoksid, poliestar va fenol smolalar bilan yuqori mosligini tasdiqlaydi.

Bazalt tolalarining issiqlik o'tkazuvchanligi (1.2–1.4 W/m·K) va zichligi (2.65 g/cm³) ularni issiqlikni yutuvchi va yengil konstruksion materiallar sifatida samarali ishlatish imkonini beradi. Shu bois, ular avtomobil kuzovining energetik samaradorligini oshiruvchi komponentlar sifatida dolzarb ahamiyatga ega.

Olingan natijalar asosida bazalt tolalari avtomobil kuzov detallarida metall va shisha tolali kompozitlarni almashtiruvchi ekologik toza, mustahkam va yengil material sifatida tavsiya etilishi mumkin. Bu yo'nalishda ishlab chiqilgan texnologik yechimlar avtomobil massasini 25–30% kamaytirish va yoqilg'i sarfini 10–12% ga qisqartirish imkonini beradi.

Shu tariqa, bazalt tolalari asosidagi kompozit materiallar noorganik moddalarning istiqbolli qo'llanilish yo'nalishi bo'lib, ularning keng sanoat miqyosida joriy etilishi Yangi O'zbekistonning avtomobilsozlik va mashinasozlik tarmoqlarida innovatsion rivojlanishni ta'minlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Абрамов, В. М. Базальтовые волокна и материалы на их основе. — Москва: Машиностроение, 2019. — 285 с.
2. Zhang, Y., Li, P., & Zhao, Q. Thermal and mechanical properties of basalt fiber reinforced composites. // Composite Science and Technology, 2021, Vol. 212, pp. 108–124.
3. Ivanov, D. A. Technology of basalt fiber production and its application in automotive industry. — Saint Petersburg: SPbPU Press, 2019. — 180 p.
4. Shishkin, A. V. Comparative analysis of basalt and glass fibers in polymer matrices. // Journal of Materials Research and Technology, 2020, Vol. 9(4), pp. 8000–8012.
5. Singh, R., Kumar, A., & Patel, M. Experimental investigation of basalt fiber composites for structural applications. // Materials Today: Proceedings, 2022, Vol. 62, pp. 1839–1846.
6. Lee, J. & Cho, H. High-temperature performance of basalt fiber composites for automotive parts. // Composites Part B: Engineering, 2020, Vol. 198, pp. 108223.

7. Трофимов, И. В. Технологические особенности получения непрерывных базальтовых волокон. — Екатеринбург: УГТУ, 2018. — 154 с.

8. Li, X., & Zhao, Y. Mechanical characterization of basalt fiber reinforced epoxy composites under varying strain rates. // Materials Science Forum, 2020, Vol. 1018, pp. 211–218.