

MUHANDISLIK

& IQTISODIYOT

*ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal*

2026-YIL
IYUN/6-SON, IV-QISM



Milliy nashrlar

OAK: <https://oak.uz/pages/4802>

05.00.00 - Texnika fanlari

08.00.00 - Iqtisodiyot fanlar



Google
Scholar

ISSN INTERNATIONAL
STANDARD
SERIAL
NUMBER
INTERNATIONAL CENTRE

OpenAIRE



ISSN: 3060-463X



muhandislik **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Elektron nashr, 2026-yil, iyun.

Bosh muharrir:

Zokirova Nodira Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

Bosh muharrir o'rinbosari:

Shakarov Zafar G'afarovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

Tahrir hay'ati:

Abduraxmanov Kalendar Xodjayevich, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich, texnika fanlari doktori, professor

Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shaumarov Said Sanatovich, texnika fanlari doktori, professor

Turayev Bahodir Xatamovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Allayeva Gulchexra Jalgasovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Arabov Nurali Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Xamrayeva Sayyora Nasimovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bobonazarova Jamila Xolmurodovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Irmatova Aziza Baxromovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,

Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Amanov Otabek Amankulovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Qurbonov Samandar Pulatovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tabayev Azamat Zaripbayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sxay Lana Aleksandrovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Ismoilova Gulnora Fayzullayevna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kasimova Nargiza Sabitdjanovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kalanova Moxigul Baxritdinovna, dotsent

Ashurzoda Luiza Muxtarovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

Bauyetdinov Majit Janizaqovich, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD

Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sultonov Shavkatjon Abdullayevich, Kimyo fanlari doktori, (DSc)

Jo'raeva Malohat Muhammadovna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.

Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor

Kalonova Moxigul Baxritdinovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent

Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Norboyev Odil Abrayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Pardaev Umidjon Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Xolmirzayev Ulug'bek Abdulazizovich, Iqtisodiyot fanlari doktori (DSc)

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

- 05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
05.01.07 – Matematik modellashtirish
05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
05.02.08 – Yer usti majmualari va uchish apparatlari
05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
05.04.01 – Telekommunikatsiya va kompyuter tizimlari, telekommunikatsiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
05.05.05 – Issiqlik texnikasining nazariy asoslari
05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi
05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatish
05.08.06 – "G'ildirakli va gusenisali mashinalar va ularni ishlatish" (texnika fanlari)
05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
10.00.06 – Qiyosiy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
08.00.02 – Makroiqtisodiyot
08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
08.00.05 – Xizmat ko'rsatish tarmoqlari iqtisodiyoti
08.00.06 – Ekonometrika va statistika
08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
08.00.11 – Marketing
08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
08.00.13 – Menejment
08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK

Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

Muassis: "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

Hamkorlarimiz:

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-texnologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti



MUNDARIJA

EPOKSID-DIAN VA FENOLFORMALDEGID GIBRID BOG'LOVCHISI ASOSIDA YUQORI YEYILISH VA KORROZIYABARDOSH ANTIFRIKSION QOPLAMALAR YARATISH	10
---	----

Bakirov Lutfillo Yuldoshaliyevich



EPOKSID-DIAN VA FENOLFORMALDEGID GIBRID BOG'LOVCHISI ASOSIDA YUQORI YEYILISH VA KORROZIYABARDOSH ANTIFRIKSION QOPLAMALAR YARATISH

Bakirov Lutfillo Yuldoshaliyevich

Andijon davlat texnika instituti

Transport logistikasi kafedrasini mudiri, t.f.f.d, professor

E-mail: lutfillobakirov33@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada ekspluatatsiya sharoitida barqaror ishlash xususiyatiga ega bo'lgan ED-20 epoksid-dian smolasi va fenolformaldegid smolasining 1:1 massaviy nisbatdagi aralashmasi asosida KMN-100 markali fenalkaminli qotirgich bilan qotiriladigan gibrilid reaktoplast bog'lovchi asosida yeyilishbardosh kompozitlar yaratish masalasi tahlil qilingan. Tadqiqot obyekti sifatida tarkibida yong'oq po'chog'i piroliz qoldig'i va alyuminiy fosfatining 9:1 massaviy nisbatdagi aralashmasi, bazalt ishlab chiqarishining changsimon chiqindilari hamda ko'mirni boyitishning changsimon chiqindilari komponentlari mavjud bo'lgan uchta turli tarkibdagi kompozit namunalari olingan. Har bir tarkibning fazaviy va struktura tahlili rentgen difraksiyon (XRD) usuli yordamida o'tkazilgan bo'lib, amorflik darajasi, kristallanish ko'rsatkichlari, hosil bo'lgan kristall va organik fazalar aniqlangan. Tahlil natijalariga ko'ra, ikkinchi tarkib eng yuqori amorflik darajasi va Lithium Potassium Silicate (KLiSiO_4) fazasining mavjudligi hisobiga eng past chiziqli yeyilish (11,2 mkm) va ishqalanish koeffitsiyenti (0,20) ko'rsatkichlarini namoyon etgani aniqlangan. Olingan natijalar asosida ekspluatatsion barqarorlikni ta'minlash uchun material tarkibini ilmiy asoslangan tanlash mezonlari ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: kompozit material, rentgen difraksiyon tahlil (XRD), ekspluatatsion barqarorlik, amorf faza, kristallanish, yeyilishga chidamlilik, ishqalanish koeffitsiyenti, bazalt chiqindilari, epoksid smola, fenolformaldegid smolasi.

Аннотация. В данной статье проанализирован вопрос создания износостойких композитов на основе гибридного реактопластового связующего, отверждаемого фенолкаминовым отвердителем марки KMN-100, на основе смеси эпоксидно-диановой смолы ED-20 и фенолформальдегидной смолы в массовом соотношении 1:1, обладающих устойчивыми эксплуатационными характеристиками. В качестве объектов исследования были выбраны три типа композитных образцов, содержащих смесь пиролизного остатка скорлупы грецкого ореха и фосфата алюминия в массовом соотношении 9:1, пылевидные отходы производства базальта и пылевидные отходы обогащения угля. Фазовый и структурный анализ каждого состава проводился методом рентгеновской дифракции (XRD), в ходе которого определялись степень аморфности, показатели кристаллизации, а также образующиеся кристаллические и органические фазы. Согласно результатам анализа, второй состав показал наилучшие характеристики, включая наивысшую степень аморфности и наличие фазы Lithium Potassium Silicate (KLiSiO_4), что обеспечило минимальный линейный износ (11,2 мкм) и коэффициент трения (0,20). На основе полученных результатов разработаны научно обоснованные критерии выбора состава материала для обеспечения эксплуатационной стабильности.

Ключевые слова: композитный материал, рентгеновский дифракционный анализ (XRD), эксплуатационная стабильность, аморфная фаза, кристаллизация, износостойкость, коэффициент трения, отходы базальта, эпоксидная смола, фенолформальдегидная смола.

Abstract. This article analyzes the development of wear-resistant composites based on a hybrid thermosetting binder cured with KMN-100 phenalkamine hardener, formed from a 1:1 mass ratio blend of ED-20 epoxy-dian resin and phenol-formaldehyde resin, characterized by stable operational properties. Three different composite samples were studied, containing a 9:1 mass ratio mixture of walnut shell pyrolysis residue and aluminum phosphate, powdered basalt production waste, and coal beneficiation dust waste. Phase and structural analysis of each composition was carried out using X-ray diffraction (XRD), determining the degree of amorphousness, crystallization indices, and the formation of crystalline and organic phases. According to the results, the second composition demonstrated the best performance, including the highest amorphous content and the presence of the



Lithium Potassium Silicate (KLiSiO_4) phase, resulting in the lowest linear wear ($11.2 \mu\text{m}$) and friction coefficient (0.20). Based on the findings, scientifically grounded criteria for material composition selection to ensure operational stability were developed.

Keywords: composite material, X-ray diffraction (XRD), operational stability, amorphous phase, crystallization, wear resistance, friction coefficient, basalt waste, epoxy resin, phenol-formaldehyde resin.

KIRISH

Bugungi kunda mashinasozlik, paxta va to'qimachilik sanoati, shuningdek, pnevmotransport tizimlarida qo'llaniladigan ishqalanuvchi-yeyiladigan konstruksiya elementlarining ishonchliligini oshirish muhim amaliy muammo bo'lib qolmoqda. Zamonaviy qoplama ishlab chiqarish texnologiyalarida polimer matritsali kompozit materiallar, xususan, ED-20 epoksid-dian smolasi va fenolformaldegid smolasining 1:1 massaviy nisbatidagi gibrid bog'lovchisi asosida olingan tarkiblar keng qo'llanilmoqda, chunki ular yengillik, korroziyaga chidamlilik va texnologik moslashuvchanlik kabi afzalliklarga ega.

Biroq, kompozit materialning ekspluatatsion xossalari faqat asosiy bog'lovchi komponent bilan emas, balki tarkibga kiritilgan to'ldiruvchilar, sanoat chiqindilari asosidagi mineral qo'shimchalar va texnologik jarayon parametrlari bilan ham belgilanadi. Shu sababli, mos material tarkibini tanlashda eksperimental tahlil usullaridan foydalanish, jumladan rentgen difraksiya tahlil (XRD) orqali materialning fazaviy tuzilishini, amorflik va kristallanish darajasini aniqlash muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

Polimer kompozitsion materiallar asosida yuqori yeyilishga va korroziyaga bardoshli antifriktsion qoplamalar yaratish bugungi kunda neft-gaz, kimyo, transport va mashinasozlik sanoatining dolzarb ilmiy yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, ekstremal ishqalanish sharoitida ishlovchi metall konstruksiyalarni himoyalash uchun epoksid bog'lovchilarni modifikatsiyalash va ularning strukturaviy shakllanish qonuniyatlarini o'rganish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etmoqda.

Korolev va hammualliflar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda oltingugurt asosidagi kompozitsion qurilish materiallarining issiqlik-fizik xususiyatlari chuqur o'rganilgan. Tadqiqot natijalarida kompozitsion materiallarning issiqlik o'tkazuvchanligi, issiqlik sig'imi va strukturaviy zichligi ularning ekspluatatsion xususiyatlariga sezilarli ta'sir ko'rsatishi aniqlangan [1,5]. Mazkur ilmiy natijalar epoksid-fenolformaldegid tizimlarida issiqlik almashinuvi va polimer tarmog'ining shakllanish mexanizmini tahlil qilish uchun muhim nazariy asos bo'lib xizmat qiladi.

So'nggi yillarda O'zbekiston olimlari tomonidan polimer kompozitsion materiallarning kimyoviy va mexanik barqarorligini oshirish bo'yicha keng ko'lami tadqiqotlar olib borilmoqda. Gadamov va hammualliflari gidrofob hamda issiqlikka chidamli organomineral kompozitsion materiallarning agressiv suyuqlik muhitidagi kimyoviy chidamliligini tadqiq qilganlar [2]. Tadqiqot natijalari organomineral to'ldirgichlarning polimer matritsada bir tekis taqsimlanishi korroziy muhitda himoya samaradorligini sezilarli darajada oshirishini ko'rsatgan.

Ziyamuxamedova va hammualliflari texnologik rezervuarlar uchun himoya qoplamalari tarkibini ishlab chiqish bo'yicha tadqiqotlar olib borib, epoksid asosidagi kompozitsiyalarga faol mineral to'ldirgichlar qo'shilishi qoplamalarning agressiv muhitlarga chidamliligini oshirishini eksperimental ravishda isbotlaganlar [3]. Ushbu natijalar gibrid bog'lovchilar asosida antifriktsion qoplamalar yaratishda tarkibni optimallashtirish zarurligini ko'rsatadi.

Kompozitsion materiallarning mikrostrukturasi ko'p jihatdan to'ldirgich zarrachalarining dispersligi va ularning polimer matritsa bilan o'zaro ta'siriga bog'liq. Shu nuqtai nazardan, Ziyamuxamedova va hammualliflari mexanoaktivatsiya jarayonining polimer kompozitlarda to'ldirgich zarrachalarining faollashuviga ta'sirini modellashtirganlar [4]. Tadqiqot natijalari mexanik faollashtirish natijasida zarrachalarning sirt energiyasi ortishi, bu esa bog'lovchi bilan adgezion bog'lanishning kuchayishiga olib kelishini ko'rsatgan. Mazkur holat epoksid-dian va fenolformaldegid smolalari asosida hosil bo'ladigan fazalararo bog'lanishlarni mustahkamlashda muhim omil hisoblanadi.

Polimer qoplamalarning strukturaviy moslashuvchanligi masalalari Ziyamuxamedova va hammualliflari tomonidan batafsil o'rganilgan [6]. Mualliflar polimer kompozitsiyalar ekspluatatsiya davomida ichki kuchlanishlarni qayta taqsimlash orqali mikroshtikastlanishlarning rivojlanishini sekinlashtirishini aniqlaganlar. Bu xususiyat antifriktsion qoplamalar uchun ayniqsa muhim bo'lib, uzoq muddatli ishqalanish jarayonida xizmat muddatining ortishiga xizmat qiladi.

Metall konstruksiyalarning korroziyadan himoyalashida polimer qoplamalarning roli Nurqulov va hammualliflari tomonidan tadqiq etilgan [7]. Ular polimer kompozitsiyalar metall yuzasida zich himoya qatlami

hosil qilib, elektrokimyoviy korroziya tezligini sezilarli darajada kamaytirishini ko'rsatganlar. Shuningdek, Rahmatov tomonidan neft-gaz sanoati uskunalarning ekspluatatsiya sharoitlari tahlil qilinib, geterokompozit materiallardan foydalanish orqali uskunalar xizmat muddatini sezilarli uzaytirish mumkinligi asoslab berilgan [8].

Epoksid bog'lovchilarni geliotexnologik faollashtirish usuli orqali modifikatsiyalash masalalari Ziyamuxamedova, Rahmatov va Nafasov tomonidan o'rganilgan [9]. Tadqiqotlarda geliotexnologik ishlov berish polimerlanish jarayonining jadallashishiga, strukturaning zichlashishiga va fizik-mexanik xossalarning yaxshilanishiga olib kelishi aniqlangan. Ushbu natijalar gibridd bog'lovchilar hosil bo'lish kinetikasini tadqiq etishda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Epoksid kompozitsiyalarni mexanokimyoviy modifikatsiyalash usullari ilk bor Ziyamuxamedova va hammualliflari tomonidan ishlab chiqilgan [10]. Mualliflar tabiiy minerallarni mexanik faollashtirish natijasida epoksid smolalar bilan o'zaro ta'siri kuchayishini, buning natijasida kompozitsiyaning mexanik mustahkamligi va issiqlikka chidamliligi ortishini ko'rsatganlar. Ushbu yondashuv gibridd epoksid-fenolformaldegid tizimlarini yaratishda ham dolzarb hisoblanadi.

Kompozitsion materiallarda struktura hosil bo'lish jarayonining matematik modellashtirilishi Miradullaeva va hammualliflari tomonidan amalga oshirilgan [11]. Tadqiqotlarda reologik parametrlarning vaqt bo'yicha o'zgarishi polimer tarmog'ining shakllanish bosqichlarini tavsiflash imkonini berishi aniqlangan. Bu natijalar gibridd bog'lovchilarning qotish kinetikasini va optimal texnologik rejimlarini aniqlashda muhim nazariy asos hisoblanadi.

Khalimov va hammualliflari armaturalangan polimer kompozitsion materiallarning fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'rganib, mineral to'ldirgichlar va armaturalovchi komponentlar birgalikda qo'llanganda kompozitsiyalarning mexanik mustahkamligi, issiqlik barqarorligi va ekspluatatsion xususiyatlari sezilarli yaxshilanishini aniqlaganlar [12]. Bu natijalar antifriksion qoplamalar tarkibini ishlab chiqishda kompleks modifikatsiya usullaridan foydalanish maqsadga muvofiqligini ko'rsatadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot obyekti sifatida uchta turli nisbatda tayyorlangan kompozit material namunalari olindi. Barcha tarkiblarning asosini ED-20 epoksid-dian smolasi va fenolformaldegid smolasining 1:1 massaviy nisbatdagi gibridd reaktoplast matritsasi tashkil etib, KMN-100 markali fenalkaminli qotirgich ishlatildi. To'ldiruvchi komponentlar sifatida yong'oq po'chog'i piroliz qoldig'i bilan alyuminiy fosfatining 9:1 massaviy nisbatdagi aralashmasi, bazalt ishlab chiqarishining changsimon chiqindilari (fraksiya o'lchami 0,063–0,001 mm) hamda ko'mirni boyitishning changsimon chiqindilari (fraksiya o'lchami 0,063–0,0001 mm) turli nisbatlarda qo'llanildi. Namunalar standart texnologik rejim bo'yicha tayyorlangan bo'lib, qotirish jarayoni bir xil sharoitlarda amalga oshirildi, bu esa natijalarning qiyosiy tahlil uchun ishonchligini ta'minladi [2].

Namunalarning faza tarkibi va struktura xususiyatlarini aniqlash uchun rentgen difraksion tahlil (XRD) usuli qo'llanildi. XRD-6100 rentgen nurlari difraktometri materiallar ustida rentgen tahlillarini o'tkazish, ularning kristallanish darajalarini aniqlash, materiallar strukturasi qoldiq kuchlanishlarni aniqlash va ko'plab materiallar tahlillarini o'tkazish uchun mo'ljallangan [3]. (1-rasm)



1-rasm. XRD-6100 rentgen nurli difraktometri.

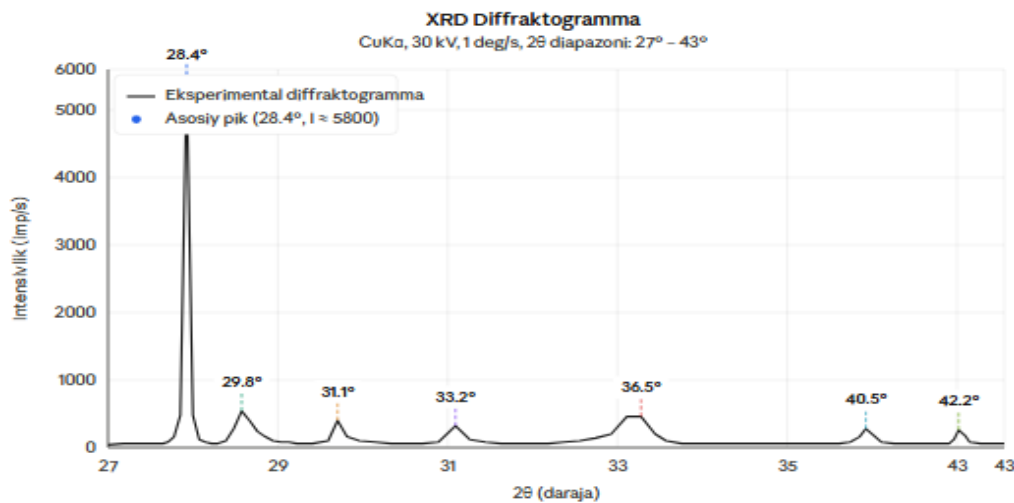
Difraktogrammalar 2θ burchak oralig'ida olindi va olingan piklarning intensivligi, kengligi hamda joylashish burchaklari mos kristallografik ma'lumotlar bazasi bilan taqqoslandi. Bu usul materialdagi amorf va kristall fazalar nisbatini, shuningdek, hosil bo'lgan mineral va organik birikmalarni aniqlash imkonini berdi.

Har bir tarkib bo'yicha olingan difraktogrammalar quyidagi ko'rsatkichlar bo'yicha tahlil qilindi: amorflik darajasi, kuzatilgan piklar soni va ularning intensivligi, aniqlangan asosiy kristall fazalar, organik fazalarning mavjudligi. Olingan struktura ma'lumotlari materiallarning ekspluatatsion sinovlarida qayd etilgan chiziqli yeyilish



va ishqalanish koeffitsiyenti ko'rsatkichlari bilan o'zaro solishtirildi, bu esa struktura-xossa bog'liqligini aniqlash imkonini berdi [4–5].

Birinchi tarkibning rentgen difraksiyon tahlili natijasida olingan diffraktogramma material tarkibida amorf fazaning ustunlik qilishini ko'rsatdi (2-rasm).

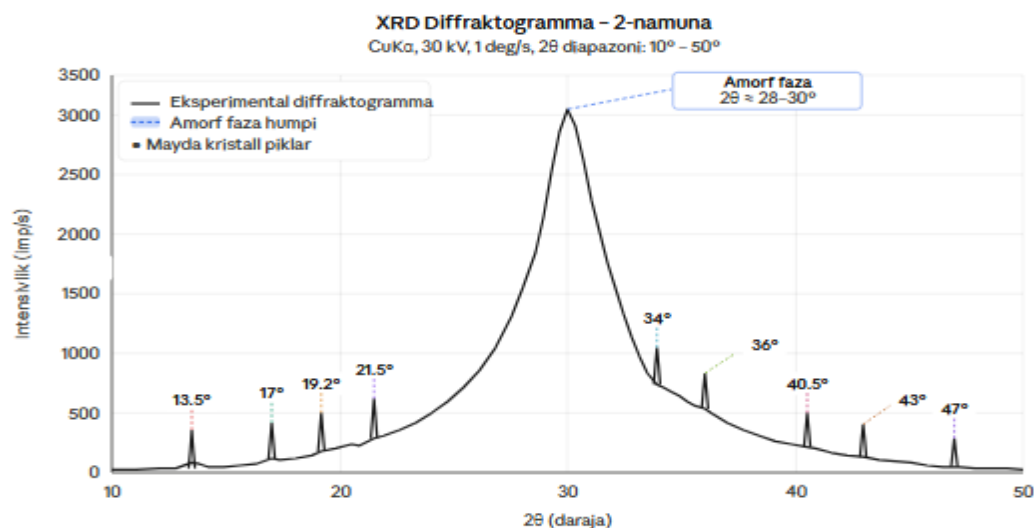


2-rasm. 1-namunaning fazalar grafigi

Xususan, $2\theta = 17\text{--}20^\circ$ oralig'ida kuzatilgan keng va past intensivlikdagi pik gibrid epoksid-fenolformaldegid matritsasining tartibsiz molekulyar tuzilishini ifodalaydi. Mazkur amorf holat polimer kompozit materiallarga xos bo'lib, ularning elastiklik hamda zarba yuklamalariga bardoshlilikini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

$2\theta = 26\text{--}28^\circ$ diapazonida nisbatan aniqroq pik kuzatildi, bu pik yong'oq po'chog'i piroliz qoldig'i va alyuminiy fosfati aralashmasi tarkibidagi kremniy-alyuminiy oksid birikmalari bilan bog'liq ekanligi aniqlandi. Bazalt chiqindisiga xos kremniy dioksid fazasining mavjudligi kompozit materialning qattqlik xossalarini oshirishga xizmat qiladi. Fazaviy tahlil natijalariga ko'ra, tarkibda Manganese Nickel, Aluminium fosfat (AlPO_4) hamda Aluminium-Mis-Rux (Al_2CuZn_7) birikmalari mavjudligi qayd etildi. Ko'mirni boyitish chiqindisidagi karbonizatsiyalangan fraksiya materialning yeyilishga qarshiligini oshirishda muhim rol o'ynaydi [6–7].

Ikkinchi tarkibning diffraktogrammasi birinchi tarkibga nisbatan ayrim farqli jihatlar bilan tavsiflanadi (3-rasm).



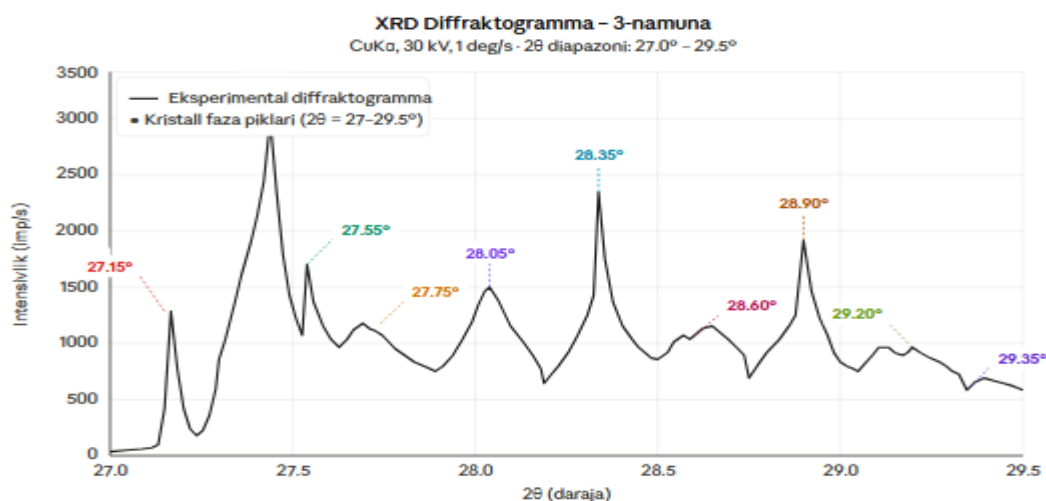
3-rasm. 2-namunaning fazalar grafigi

Grafikda ko'rinib turibdiki, $2\theta = 20\text{--}25^\circ$ oralig'ida qayd etilgan asosiy pikning keng va baland shaklda

namoyon bo'lishi amorflik darajasining yuqoriligidan dalolat beradi. Bu gibrid matritsada KMN-100 fenalkaminli qotirgichning smola bilan o'zaro reaksiyasini to'liq amalga oshirganligini ko'rsatadi. $2\theta = 5-15^\circ$ oralig'idagi past burchakli sohada bir nechta kichik piklar kuzatildi, ular gibrid epoksid-fenolformaldegid matritsasidagi organik zanjirlarning tarmoqlangan tuzilishiga xos [8].

Fazaviy tahlilda Lithium Potassium Silicate (KLiSiO_4) fazasi aniqlandi. Ushbu faza bazalt ishlab chiqarish chiqindilari va yong'och po'chog'i piroliz qoldig'i komponentlarining o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'lgan bo'lib, materialning issiqlikka chidamliligi hamda kimyoviy barqarorligini oshirishga xizmat qiladi. Bundan tashqari, tarkibda oz miqdorda Sodium Hydroxide va Silver fazalari ham qayd etildi. Ko'mirni boyitishning changsimon chiqindisi tarkibidagi uglerod fraksiyasi ishqalanish koeffitsiyentining kamayishiga ma'lum darajada ta'sir ko'rsatishi mumkin. Mazkur tarkib bo'yicha o'tkazilgan sinov natijalarida chiziqli yeyilish 11,2 mkm, ishqalanish koeffitsiyenti esa 0,20 qiymatni tashkil etdi.

Uchinchi tarkibning rentgen difraksion tahlili avvalgi tarkiblardan sezilarli darajada farq qiluvchi natijalarni ko'rsatdi (4-rasm).



4-rasm. 2-namunaning fazalar grafigi

Difraktogrammada piklar sonining ko'pligi, ularning notekis intensivlikda va bir-biriga yaqin joylashganligi material tarkibida kristallanish darajasi yuqori ekanligini bildiradi. Polimer kompozitlarda kristallanishning ortishi ayrim hollarda materialning mo'rtlashishiga hamda yeyilishga chidamlilik xossalari pasayishiga olib kelishi mumkin. Xususan, $2\theta = 26-27^\circ$ oralig'ida o'tkir va yuqori intensivlikdagi pik $\text{BaS}_2\text{N}_5\text{O}_3$ fazasiga tegishli ekanligi aniqlandi. Organik fazalar — 1,2-dimetilbenzol (C_8H_{10}) va 4-nitrofenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_3$) — mavjudligi KMN-100 qotirgich bilan gibrid matritsa o'rtasidagi reaksiyaning to'liq yakunlanmaganligidan dalolat beradi. Bu holat ehtimol ko'mirni boyitish chiqindisidagi ayrim komponentlarning qotirgich faolligiga salbiy ta'siri bilan izohlanadi [9].

TAHLIL VA NATIJALAR

Olib borilgan XRD tahlili natijalarini umumlashtirish shuni ko'rsatadiki, kompozit materialning ekspluatatsion xossalari, xususan, yeyilishga chidamliligi va ishqalanish koeffitsiyenti, bevosita uning faza tarkibi va kristallanish darajasi bilan uzviy bog'liqdir. Birinchi tarkibda amorflik darajasi o'rtacha bo'lib, asosiy mustahkamlovchi ta'sirni yong'och po'chog'i piroliz qoldig'i va alyuminiy fosfati aralashmasi tarkibidagi mineral birikmalar ko'rsatadi [10–11].

Ikkinchi tarkibning eng yuqori amorflik darajasiga ega bo'lishi va Lithium Potassium Silicate (KLiSiO_4) mineral fazasining shakllanishi material strukturasi zichligini va bir tekisligini oshirgan. KMN-100 fenalkaminli qotirgich bilan gibrid matritsa o'rtasidagi reaksiyaning to'liq amalga oshishi, shuningdek, bazalt chiqindilari va yong'och po'chog'i piroliz qoldig'ining sinergetik ta'siri natijasida material ichki kuchlanishlarni yaxshiroq taqsimlay olish xususiyatiga ega bo'ldi. Aynan shu omillar yig'indisi natijasida ikkinchi tarkib eng past chiziqli yeyilish (11,2 mkm) va eng past ishqalanish koeffitsiyenti (0,20) ko'rsatkichlariga erishgan.

Uchinchi tarkibda kuzatilgan yuqori kristallanish darajasi va organik fazalarning mavjudligi materialning mo'rtlashishiga va ekspluatatsion barqarorlikning pasayishiga sabab bo'ldi. Ko'mirni boyitish chiqindisidagi



ayrim fraksiyalar to'ldiruvchi sifatida samarali bo'lsa-da, optimal disperslik diapazoni va qotirgich bilan moslik masalalariga alohida e'tibor qaratish lozim.

Shunday qilib, uch tarkib o'rtasidagi qiyosiy tahlil amorflik darajasi bilan ekspluatatsion barqarorlik o'rtasida bevosita bog'liqlik mavjudligini ko'rsatdi. Gibrid ED-20/fenolformaldegid matritsasi KMN-100 qotirgich bilan optimal kombinatsiyada, bazalt chiqindilari va yong'oq po'chog'i piroliz qoldig'i to'ldiruvchilari ishtirokida eng yuqori tribologik ko'rsatkichlarni ta'minlaydi [12].

XULOSA VA TAKLIFLAR

O'tkazilgan tadqiqot natijalariga ko'ra, uchta tarkib orasida ikkinchi tarkib — ED-20 va fenolformaldegid smolasining 1:1 gibrid matritsasi, KMN-100 fenalkaminli qotirgich hamda bazalt chiqindilari va yong'oq po'chog'i piroliz qoldig'i to'ldiruvchilar kombinatsiyasi — eng yuqori amorflik darajasi va eng mukammal faza tuzilishiga ega ekanligi aniqlandi. Tarkibda shakllangan Lithium Potassium Silicate (KLiSiO_4) fazasi materialning issiqlikka va kimyoviy ta'sirlarga chidamliligini ta'minlovchi asosiy omil bo'lib, bu uning past chiziqli yeyilishi (11,2 mkm) va ishqalanish koeffitsiyenti (0,20) ko'rsatkichlarida o'z aksini topdi. Uchinchi tarkibda kuzatilgan yuqori kristallanish darajasi va reaksiyasi to'liq yakunlanmagan organik fazalarning mavjudligi esa materialning mo'rtlashishi va yeyilishga chidamliligi pasayishiga olib kelishi aniqlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Королев Е. В., Киселев Д. Г., Прошина Н. А., Альбакасов А. И. Теплофизические свойства серных строительных материалов // Вестник МГСУ. – 2011. – № 8. – С. 249–253.
2. Gadamov D., Ziyamuhammedova U., Miradullaeva G. Chemical resistance of a hydrophobic-hemostable organomineral composite material in aggressive liquid media // AIP Conference Proceedings. – 2024. – Vol. 3045, No. 1. – AIP Publishing.
3. Ziyamukhamedova U., Rakhmatov E., Dustqobilov E., Nafasov J., Ziyamukhamedov J. Development of protective coating compositions for process tanks // AIP Conference Proceedings. – 2023. – Vol. 2789, No. 1. – AIP Publishing.
4. Ziyamukhamedova U., Evlen H., Nafasov J., Jalolova Z., Turgunaliyev E., Rakhmatov E. Modeling of the process of mechano activation of filler particles in polymer composites // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 401. – P. 05027. – EDP Sciences.
5. Королев У. В., Киселев Д. Г., Порошина Н. А., Альбакасов А. И. Теплофизические свойства серных строительных материалов // Вестник МГСУ. – 2011. – № 8. – С. 249–253.
6. Ziyamukhamedova U., Djumabaev A., Urinov B., Almatayev T. Features of structural adaptability of polymer composite coatings // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 264. – P. 05011. – EDP Sciences.
7. Nurkulov F., Ziyamukhamedova U., Rakhmatov E., Nafasov J. Slowing down the corrosion of metal structures using polymeric materials // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 264. – P. 02055. – EDP Sciences.
8. Рахматов Э. А. Анализ условий эксплуатации металлоконструкций и пути увеличения срока службы производственных оборудования нефтегаза применением гетерокомпозиционных материалов // Universum: технические науки : электронный научный журнал. – 2023. – № 11(116).
9. Ziyamukhamedova U., Rakhmatov E., Nafasov J. Optimization of the composition and properties of heterocomposite materials for coatings obtained by the activation-heliotechnological method // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1889, No. 2. – P. 022056. – IOP Publishing.
10. Ziyamukhamedova U., Djumabaev D., Shaymardanov B. Mechanochemical modification method used in the development of new composite materials based on epoxy binder and natural minerals // Turkish Journal of Chemistry. – 2013. – Vol. 37, No. 1. – P. 51–56.
11. Miradullaeva G., Rakhmatov E., Bozorov O., Ziyamukhamedova U., Shodiev B. Mathematical modeling of rheological properties during structure formation of heterocomposite potting materials and coatings and their application // Proceedings of ECEE 2020: Energy, Environmental and Construction Engineering 3. – Springer International Publishing. – 2021. – P. 346–355.
12. Khalimov S., Nishonov F., Begmatov D., Mohammad F. W., Ziyamukhamedova U. Study of the physico-chemical characteristics of reinforced composite polymer materials // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 401. – P. 05039. – EDP Sciences.

muhandislik

& iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Ingliz tili muharriri: Feruz Hakimov

Musahhih: Zokir Alibekov

Sahifalovchi va dizayner: Abdurahmon Qurbonov

2026. № 6

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali 26.06.2023-yildan
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan
№S-5669245 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.
Litsenziya raqami: №095310.

**Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod
tumani 15-mavze 19-uy**





+998 93 718 40 07



<https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal>



t.me/yait_2100