DOI: 10.65322/j.srd.05192026.41

REZINOTEXNIKA BUYUMLARINING YEYILISHGA BARDOSHLILIGINI OSHIRISHDA MINERAL TO‘LDIRUVCHILARDAN FOYDALANISHNING ZAMONAVIY YONDASHUVLARI.

Ibadullayev A., *t.f.d., professor,*
Tursunov N.Q., *t.f.d., professor,*
Yusupova X.A.*, tadqiqotchi,*
Email: xurshidayusupova01@gmail.com
Toshkent davlat transport universiteti

Annotatsiya. *Ushbu maqolada mashinasozlikda qo‘llaniladigan rezinotexnika buyumlarining yeyilishga bardoshliligini oshirishda mineral to‘ldiruvchilardan foydalanishning zamonaviy yondashuvlari tahlil qilingan. Rezina kompozitsiyalarining ekspluatatsion xususiyatlariga mineral to‘ldiruvchilarning turi, miqdori, zarracha o‘lchami, dispersligi, sirt xususiyatlari hamda polimer matritsasi bilan o‘zaro ta’sirining ta’siri ko‘rib chiqilgan. Mineral to‘ldiruvchilarning rezina kompozitsiyalarining mustahkamligi, qattiqligi, elastikligi va yeyilishga bardoshliligini shakllantirishdagi o‘rni yoritilgan. To‘ldiruvchilarni modifikatsiyalash, ularning polimer matritsasida bir tekis taqsimlanishini ta’minlash va kompozitsiyaning strukturaviy xususiyatlarini boshqarish masalalariga e’tibor qaratilgan. Mavjud tadqiqotlar tahlili asosida mineral to‘ldiruvchining optimal tarkibi va miqdorini tanlash, fazalararo o‘zaro ta’sirni kuchaytirish hamda texnologik jarayon parametrlarini takomillashtirish rezinotexnika buyumlarining yeyilishga bardoshliligini oshirishning muhim shartlari ekanligi asoslangan.*

Abstract: *This article analyzes modern approaches to using mineral fillers to enhance the wear resistance of rubber products used in mechanical engineering. It examines the influence of the type, content, particle size, dispersity, and surface properties of mineral fillers—as well as their interaction with the polymer matrix—on the performance characteristics of rubber compositions. The role of mineral fillers in determining the strength, hardness, elasticity, and wear resistance of rubber compositions is highlighted. Attention is focused on issues such as filler modification, ensuring uniform distribution within the polymer matrix, and controlling the structural properties of the composition. Based on an analysis of existing research, the study establishes that selecting the optimal composition and quantity of mineral fillers, enhancing interfacial interaction, and optimizing processing parameters are crucial factors for improving the wear resistance of rubber products.*

Аннотация: *В данной статье анализируются современные подходы к использованию минеральных наполнителей для повышения износостойкости резиновых изделий, применяемых в машиностроении. Рассматривается влияние типа, количества, размера частиц, дисперсии, поверхностных свойств минеральных наполнителей и их взаимодействия с полимерной матрицей на эксплуатационные свойства резиновых композиций. Подчеркивается роль минеральных наполнителей в формировании прочности, твердости, эластичности и износостойкости резиновых композиций. Уделяется внимание вопросам модификации наполнителей, обеспечения их равномерного распределения в полимерной матрице и контроля структурных свойств композиции. На основе анализа существующих исследований делается вывод о том, что выбор оптимального состава и количества минерального наполнителя, усиление межфазного взаимодействия и улучшение параметров технологического процесса являются важными условиями повышения износостойкости резиновых изделий.*

Kalit so‘zlar: *rezinotexnika buyumlari, rezina kompozitsiyasi, mineral to‘ldiruvchi, yeyilishga bardoshlilik, elastomer, kaolin, kizilgiya, modifikatsiya, polimer matritsa, vulkanizatsiya.*

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.41

Keywords: *rubber products, rubber composition, mineral filler, wear resistance, elastomer, kaolin, Kizilgiya, modification, polymer matrix, vulcanization.*

Ключевые слова: *резиновые изделия, резиновая композиция, минеральный наполнитель, износостойкость, эластомер, каолин, кизельгур, модификация, полимерная матрица, вулканизация.*

Kirish. Mashinasozlikda qo‘llaniladigan rezinotexnika buyumlari turli mexanizm va konstruksiyalarning ishonchli ishlashini ta’minlaydigan muhim elementlardan biri hisoblanadi. Ular zichlagichlar, manjetalar, muhrlovchi detallar, amortizatsiya elementlari, vibratsiyani kamaytiruvchi qismlar, elastik birikmalar va boshqa ko‘plab buyumlar shaklida ishlatiladi. Bunday buyumlar ekspluatatsiya jarayonida mexanik yuklanish, takroriy deformatsiya, ishqalanish, harorat o‘zgarishi hamda moylar va boshqa ishchi muhitlarning ta’siriga uchraydi. Ushbu omillarning birgalikdagi ta’siri rezina materiallarining strukturaviy holatini o‘zgartirib, ularning fizik-mexanik xususiyatlari pasayishiga va yeyilish jarayonining jadallashishiga olib kelishi mumkin.

Rezinotexnika buyumlarining yeyilishi ularning xizmat muddati va ekspluatatsion ishonchliligini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Yeyilish natijasida buyumlarning geometrik o‘lchamlari o‘zgaradi, zichlash qobiliyati pasayadi, sirt qatlamida shikastlanishlar yuzaga keladi va ayrim hollarda mexanizmning umumiy ishlash samaradorligi kamayadi. Shu sababli rezina kompozitsiyalarining yeyilishga bardoshliligini oshirish materialshunoslik, polimerlar texnologiyasi va mashinasozlik sohalarining dolzarb ilmiy-amaliy vazifalaridan biri hisoblanadi.

Rezina materiallarining ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilashning samarali yo‘nalishlaridan biri ularning tarkibiga mineral to‘ldiruvchilar kiritishdir. Mineral to‘ldiruvchilar kompozitsiyaning faqat tannarxini kamaytiruvchi komponentlar bo‘lib qolmay, balki uning qattiqligi, mustahkamligi, deformatsiyaga qarshiligi, issiqlik xususiyatlari va yeyilishga bardoshliligini boshqarishda ham muhim vazifani bajaradi. Biroq to‘ldiruvchining samaradorligi uning kimyoviy tarkibigagina emas, balki zarracha o‘lchami, dispersligi, sirt faolligi, elastomer bilan mosligi va kompozitsiyada taqsimlanish darajasiga ham bog‘liq.

Mineral to‘ldiruvchining miqdorini oshirish har doim ham yeyilishga bardoshlilikning ortishiga olib kelmaydi. To‘ldiruvchi zarrachalarining aglomeratsiyasi, matritsada notekis taqsimlanishi yoki polimer bilan fazalararo bog‘lanishning yetarli bo‘lmasligi kompozitsiyada mahalliy kuchlanishlar to‘planishiga sabab bo‘lishi mumkin. Natijada yoriqlar hosil bo‘lishi va rivojlanishi tezlashib, materialning ekspluatatsion xususiyatlari yomonlashishi ehtimoli mavjud. Shuning uchun mineral to‘ldiruvchilarni tanlash va ulardan foydalanish masalasini kompleks ravishda o‘rganish talab etiladi.

O‘zbekiston hududida mavjud bo‘lgan Angren kaolini, kizilgiya, bentonit va volastonit kabi mahalliy mineral xomashyolarni rezina kompozitsiyalarida qo‘llash alohida ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Bunday xomashyolardan samarali foydalanish import qilinadigan ayrim mineral komponentlar o‘rnini bosish, mahalliy resurslardan foydalanish ko‘lamini kengaytirish va rezinotexnika buyumlarining xususiyatlarini maqsadli boshqarish imkoniyatlarini yaratishi mumkin.

Mazkur maqolaning maqsadi mineral to‘ldiruvchilarning rezina kompozitsiyalari xususiyatlariga ta’sirini xorijiy va mahalliy ilmiy tadqiqotlar asosida tahlil qilish, yeyilishga bardoshlilikni belgilovchi asosiy omillarni aniqlash hamda mahalliy mineral xomashyolar asosida takomillashtirilgan kompozitsiyalar yaratish uchun istiqbolli ilmiy-texnologik yo‘nalishlarni belgilashdan iborat.

Adabiyotlar tahlili. Rezina kompozitsiyalarida mineral to‘ldiruvchilardan foydalanish materialshunoslik va polimerlar texnologiyasining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Dastlab ular asosan mahsulot tannarxini kamaytirish uchun qo‘llanilgan bo‘lsa, keyingi

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.41

tadqiqotlarda mineral komponentlarning mustahkamlovchi, strukturani boshqaruvchi va funksional xususiyatlariga alohida e'tibor qaratilgan. Ilmiy izlanishlar mineral to'ldiruvchilarning elastomerlarning fizik-mexanik va viskoelastik xossalariga sezilarli ta'sir ko'rsatishini tasdiqlaydi [1, 2].

Mineral to'ldiruvchilarning samaradorligi ularning kimyoviy-mineralogik tarkibi, zarracha o'lchami, dispersligi, solishtirma sirt maydoni va elastomer bilan o'zaro ta'siriga bog'liq. Mayda dispers zarrachalar polimer matritsasi bilan kontakt yuzasini oshiradi, biroq aglomeratsiya kompozitsiyaning bir jinsliligini pasaytirishi mumkin. Shu sababli to'ldiruvchining optimal miqdorini aniqlash, bir tekis taqsimlanishini ta'minlash va zarur hollarda sirtini modifikatsiyalash muhim ahamiyatga ega.

Silika, kaolin, talk, kalsiy karbonat va montmorillonit kabi mineral komponentlar rezina kompozitsiyalarining turli xususiyatlarini boshqarishda qo'llaniladi. Ularning samaradorligi zarracha tuzilishi, sirt faolligi va polimer bilan mosligiga bog'liq. Xususan, kaolinning plastinkasimon strukturasi hamda zarracha o'lchami elastomer bilan o'zaro ta'siriga ta'sir ko'rsatadi. E. Teshabayeva, M. Vapaev va A. Ibadullayevning tadqiqotlari mineral to'ldiruvchilarni modifikatsiyalash orqali rezina kompozitsiyalarining xususiyatlarini boshqarish imkoniyatlarini yoritadi [3].

M. Vapaev, E. Teshabayeva va A. Ibadullayev modifikatsiyalangan Angren kaolini asosidagi rezina aralashmalarining texnologik va elastik-mustahkamlik xususiyatlarini o'rgangan [4]. A. Ibadullayev, E. Teshabayeva va Ya. Seydabdullayev esa SKI-3 va SKMS-30ARK kauchuklari asosidagi bentonit bilan to'ldirilgan kompozitsiyalarni tadqiq qilgan [5]. Shuningdek, vollastonitni rezina aralashmalarida qo'llash imkoniyatlari ham o'rganilgan [6]. Ushbu izlanishlar mineralning samaradorligini baholashda uning tarkibi bilan bir qatorda kauchuk turi, to'ldiruvchi miqdori va aralashtirish sharoitlarini ham hisobga olish zarurligini ko'rsatadi.

Mahalliy mineral xomashyolardan foydalanish bo'yicha tadqiqotlarda Angren koni kizilgiyasining fizik-kimyoviy va strukturaviy xususiyatlari hamda uni boyitish imkoniyatlari ko'rib chiqilgan [7]. Shuningdek, mineral komponentlarni mashinasozlik uchun mo'ljallangan kompozitsion elastomer materiallarda qo'llash masalalari yoritilgan [8]. Bu natijalar mahalliy xomashyoni tayyorlash, boyitish va modifikatsiyalash orqali uning rezina kompozitsiyalaridagi samaradorligini oshirish mumkinligini ko'rsatadi.

Xorijiy va mahalliy tadqiqotlar tahlili mineral to'ldiruvchilarning samaradorligi kimyoviy tarkib, disperslik, sirt modifikatsiyasi, elastomer bilan fazalararo bog'lanish va vulkanizatsiya sharoitlariga bog'liqligini ko'rsatadi. Biroq ushbu omillarning rezinotexnika buyumlarining yeyilishga bardoshliligiga kompleks ta'sirini aniqlash qo'shimcha tajribalarni talab qiladi. Shu bois to'ldiruvchilarni baholashda qattiqlik va mustahkamlik bilan bir qatorda ishqalanish koeffitsiyenti, massa yo'qotilishi, yeyilish intensivligi hamda sirt qatlamining strukturaviy barqarorligini ham hisobga olish zarur.



1-rasm. Mineral to'ldiruvchilar asosida rezina kompozitsiyalarini tayyorlash bosqichlari va ularning xususiyatlarga ta'siri

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.41

Metodologiya. Mazkur maqola adabiyotlar tahliliga asoslangan ilmiy sharh xarakteriga ega. Tadqiqot metodologiyasi rezina kompozitsiyalarida mineral to‘ldiruvchilardan foydalanish, ularni modifikatsiyalash, elastomerlarning fizik-mexanik xususiyatlari va yeyilishga bardoshliligini o‘rganishga bag‘ishlangan ilmiy manbalarni tahlil qilish hamda umumlashtirishga asoslandi.

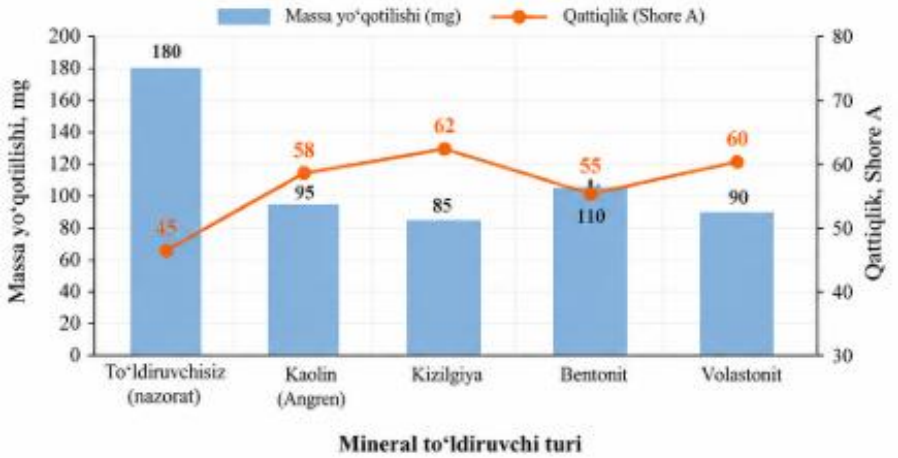
Tahlil jarayonida mineral to‘ldiruvchilarning turi va tarkibi, zarracha o‘lchami, dispersligi, sirt xususiyatlari, polimer matritsasi bilan fazalararo ta’siri va vulkanizatsiya sharoitlari asosiy tahlil mezonlari sifatida olindi. Xorijiy manbalarda yoritilgan umumiy ilmiy yondashuvlar mahalliy mineral xomashyolarga oid tadqiqotlar bilan qiyosiy ravishda ko‘rib chiqildi.

Tadqiqotda tavsifiy, qiyosiy va umumlashtiruvchi tahlil usullaridan foydalanildi. Tavsifiy tahlil mineral to‘ldiruvchilarning asosiy xususiyatlarini aniqlashga, qiyosiy tahlil turli mineral komponentlar va ularni modifikatsiyalash yondashuvlarining o‘ziga xos jihatlarini ajratishga, umumlashtirish esa rezinotexnika buyumlarining yeyilishga bardoshliligini oshirish uchun istiqbolli ilmiy-texnologik yo‘nalishlarni belgilashga xizmat qildi.

Maqolada mustaqil laboratoriya tajribasi o‘tkazilmaganligi sababli, unda yangi tajribaviy natijalar yoki muayyan tarkib uchun aniqlangan optimal miqdorlar keltirilmaydi. Tahliliy xulosalar foydalanilgan adabiyotlarda bayon qilingan ma’lumotlarni umumlashtirish asosida shakllantirildi. Yeyilishga bardoshlilikni miqdoriy baholash uchun kelgusida namunalarni bir xil sharoitda tayyorlash, nazorat va modifikatsiyalangan kompozitsiyalarni qiyosiy sinash hamda olingan natijalarni statistik qayta ishlash maqsadga muvofiq.

Tadqiqot natijalari va muhokamasi. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, rezinotexnika buyumlarining yeyilishga bardoshliligi mineral to‘ldiruvchining kimyoviy-mineralogik tarkibi, zarracha o‘lchami, dispersligi va elastomer bilan o‘zaro ta’siriga bog‘liq. Mayda dispersli to‘ldiruvchilar polimer bilan kontakt yuzasini oshiradi, biroq ularning notekis taqsimlanishi va aglomeratsiyasi materialda kuchlanishlar to‘planishi hamda yoriqlar paydo bo‘lishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shu bois mineral yuzasini modifikatsiyalash va to‘ldiruvchini bir tekis taqsimlash muhim hisoblanadi.

Adabiyotlar tahlilida kremniy dioksidi, kaolin, bentonit, vollastonit hamda Angren kaolini kabi mahalliy mineral xomashyolardan foydalanish imkoniyatlari yoritilgan. Biroq ularning samaradorligi mineralning xususiyatlari, elastomer turi va to‘ldiruvchi miqdoriga bog‘liq bo‘lib, optimal tarkibni tajribalar orqali aniqlash talab etiladi.



2-rasm. Turli mineral to‘ldiruvchilarning rezina kompozitsiyasi qattiqligi va massa yo‘qotilishiga ta’siri

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.41

Mineral to‘ldiruvchilarning ta’sirini baholashda faqat qattiqlik va mustahkamlik ko‘rsatkichlari bilan cheklanmasdan, ishqalanish koeffitsiyenti, yeyilish intensivligi, massa yo‘qotilishi va sirt tuzilishini ham o‘rganish lozim. Buning uchun mineral xomashyoni tavsiflash, uni maydalash va dispersiyalash, zarur hollarda modifikatsiyalash, elastomer bilan aralashtirish hamda vulkanizatsiyadan so‘ng fizik-mexanik va tribologik sinovlarni o‘tkazish maqsadga muvofiq.

Mavjud adabiyotlarda tajriba sharoitlari turlicha bo‘lgani sababli barcha mineral to‘ldiruvchilar samaradorligini bevosita taqqoslash cheklangan. Kelgusida modifikatsiyalangan va modifikatsiyalanmagan minerallarni turli konsentratsiyalarda, bir xil sinov sharoitida tekshirish hamda natijalarni real foydalanish sharoitida baholash zarur.

Xulosa. O‘tkazilgan adabiyotlar tahlili mineral to‘ldiruvchilardan foydalanish rezinotexnika buyumlarining fizik-mexanik va tribologik xususiyatlarini boshqarishning istiqbolli yo‘nalishi ekanligini ko‘rsatdi. Mineral komponentlarning samaradorligi ularning kimyoviy-mineralogik tarkibi, zarracha o‘lchami, dispersligi, sirt xususiyatlari va elastomer matritsasi bilan fazalararo bog‘lanishiga bog‘liq. Shu sababli yeyilishga bardoshlilikni oshirishda to‘ldiruvchi turi va miqdorini tanlash bilan birga, uning kompozitsiyada bir tekis taqsimlanishini ta’minlash hamda texnologik jarayonlarni muvofiqlashtirish zarur.

Xorijiy va mahalliy tadqiqotlar silika, kaolin, bentonit, montmorillonit, kalsiy karbonat va volastonit kabi mineral komponentlarning rezina kompozitsiyalarida qo‘llanish imkoniyatlarini ko‘rsatadi. O‘zbekiston olimlarining Angren kaolini va kizilgiyasiga oid ishlari mahalliy mineral xomashyolarni boyitish va modifikatsiyalash orqali ularning texnologik xususiyatlarini boshqarish mumkinligini asoslaydi. Biroq bunday xomashyolarning samaradorligini baholashda tarkibning barqarorligi, zarrachalarning dispersligi, elastomer bilan mosligi va iqtisodiy jihatlar ham hisobga olinishi kerak.

Rezinotexnika buyumlarining yeyilishga bardoshliligini oshirish uchun mineral to‘ldiruvchining optimal konsentratsiyasini aniqlash, fazalararo bog‘lanishni kuchaytirish, zarrachalarning aglomeratsiyasini kamaytirish va vulkanizatsiya sharoitlarini muvofiqlashtirish muhim vazifalar hisoblanadi. Kelgusida mahalliy mineral xomashyolar asosida olingan kompozitsiyalarni standartlashtirilgan laboratoriya sinovlarida tekshirish, ularning mexanik va tribologik ko‘rsatkichlarini qiyoslash hamda real ekspluatatsiya sharoitida baholash maqsadga muvofiq. Bunday yondashuv mahalliy resurslar asosida yuqori yeyilishga bardoshli va uzoq xizmat qiluvchi rezinotexnika buyumlarini ishlab chiqish uchun ilmiy-amaliy asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ibadullaev A., Negmatov S.S., Teshabaeva E.U. Влияние дисперсных наполнителей на вязкоупругие свойства невулканизованных эластомеров // Композиционные материалы. – Ташкент, 2003. – № 2. – С. 5–7.
2. Ibadullaev A., Teshabaeva E.U., Negmatov S.S., Tadzhabaeva G.S. Исследование физико-механических свойств минеральных наполнителей и методы их модификации // Композиционные материалы. – Ташкент, 2006. – № 1. – С. 27–29.
3. Teshabaeva E.U., Vapaev M., Ibadullaev A. Модификация минеральных наполнителей и их влияние на свойства резин // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2016. – № 3–4. – С. 125–128.
4. Vapaev M.D., Teshabaeva E.U., Ibadullaev A. Properties of model rubber compounds with modified Angren kaolin // Chemistry and Chemical Engineering. – 2019. – № 3. DOI: 10.70189/1992-9498.1082.
5. Ibadullaev A., Teshabaeva E.U., SeydAbdullaev Ya. Исследование свойств эластомерных композиций на основе комбинации каучуков СКИ-3+СКМС-30АРК,

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.41

наполненных бентонитом // Композиционные материалы. – Ташкент, 2016. – № 2. – С. 34–38.

6. Ibadullaev A., Yusupbekov A.H., Abdurashidov T.R. Использование волластонита в качестве наполнителя резиновых смесей // Каучук и резина. – 1984. – № 8. – С. 20–22.

7. Samandarov H., Ibadullaev A., Vapaev M., Teshabaeva E. Wear-resistant elastic composite materials working in difficult conditions // Инженер. – 2026. DOI: 10.56143/6zspcq21.

8. Ibadullaev A.S., Aminov Sh.S., Samandarov H.O., Teshabaeva E.U., Akhmadjonov S.A. Композиционные эластомерные материалы для применения в машиностроении // Universum: технические науки. – 2026. – № 3(144). DOI: 10.32743/UniTech.2026.144.3.22245.

9. Vanderbilt Rubber Handbook. Mineral Fillers for Rubber. University of Cincinnati.

10. The Use of Natural Minerals as Reinforcements in Mineral-Reinforced Polymers: A Review of Current Developments and Prospects // Polymers. – 2024.