

**ORGANOMINERAL TO‘LDIRGICHLAR YORDAMIDA REZINA
KOMPOZITSİYALARI STRUKTURASINI ROSTLASH VA ULARNING
YEYILISHGA BARDOSHLILIGINI OSHIRISH QONUNIYATLARI**

t.f.d., professor., Ibadullayev A.

tadiqotchi Yusupova X.

Toshkent davlat transport universiteti

Tel: +998946403792

Email: xurshidayusupova01@gmail.com

Annotatsiya: Mazkur maqolada organomineral to‘ldirgichlardan foydalanish asosida rezina kompozitsiyalarining strukturaviy tuzilishini rostlash hamda ularning yeyilishga bardoshliligini oshirish masalalari ko‘rib chiqilgan. Rezina kompozitsiyalarining ekspluatatsion xossalari polimer matritsasi, vulkanizatsiya tizimi va to‘ldirgichlar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirga bevosita bog‘liq. Organomineral to‘ldirgichlarning dispersligi, sirt faolligi, zarracha shakli va polimer bilan adgeziya darajasi kompozitsiyaning mikro- va makrostrukturasi shakllanishida muhim ahamiyatga ega. To‘ldirgich miqdori va tarkibini maqbullashtirish orqali rezinaning qattiqligi, mustahkamligi, uzilishdagi nisbiy uzayishi, elastikligi hamda abraziv yeyilishga chidamliligini boshqarish mumkin. Maqolada organik va mineral komponentlarning kombinatsiyalangan ta’siri, to‘ldirgich–polimer chegarasida struktura hosil bo‘lish mexanizmlari va yeyilish jarayonining asosiy qonuniyatlari tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: Rezina kompozitsiyasi, organomineral to‘ldirgich, polimer matritsa, disperslik, vulkanizatsiya, adgeziya, abraziv yeyilish, yeyilishga bardoshlilik, kompozit struktura, elastomer.

Abstract: This article examines the issues of regulating the structural composition of rubber composites and enhancing their wear resistance through the use of organo-mineral fillers. The performance properties of rubber composites are directly linked to the interactions between the polymer matrix, the vulcanization system, and the fillers. The dispersity, surface activity, particle shape, and degree of adhesion to the polymer of organo-mineral fillers play a crucial role in the formation of the composite's micro- and macro-structure. By optimizing the filler content and composition, it is possible to control the rubber's hardness, strength, elongation at break, elasticity, and resistance to abrasive wear. The article analyzes the combined effects of organic and mineral components, the mechanisms of structure formation at the filler-polymer interface, and the fundamental principles governing the wear process.

Keywords: Rubber composite, organo-mineral filler, polymer matrix, dispersity, vulcanization, adhesion, abrasive wear, wear resistance, composite structure, elastomer.

Аннотация: В данной статье рассматриваются вопросы корректировки структурной структуры резиновых композиций и повышения их износостойкости на основе использования органоминеральных наполнителей. Эксплуатационные свойства резиновых композиций напрямую зависят от взаимодействия между полимерной матрицей, системой вулканизации и наполнителями. Дисперсия, поверхностная

активность, форма частиц и степень адгезии органоминеральных наполнителей к полимеру имеют большое значение при формировании микро- и макроструктуры композиции. Путем оптимизации количества и состава наполнителя можно контролировать твердость, прочность, относительное удлинение при разрыве, эластичность и стойкость к абразивному износу резины. В статье анализируется комбинированное воздействие органических и минеральных компонентов, механизмы структурообразования на границе раздела наполнитель-полимер и основные закономерности процесса износа.

Ключевые слова: *Резиновый композит, органоминеральный наполнитель, полимерная матрица, диспергируемость, вулканизация, адгезия, абразивный износ, износостойкость, структура композита, эластомер.*

KIRISH

Bugungi kunda mashinasozlik, avtomobilsozlik, konchilik, neft-gaz, qishloq xo‘jaligi va boshqa sanoat tarmoqlarining jadal rivojlanishi yuqori ekspluatatsion xususiyatlarga ega bo‘lgan polimer va rezina materiallarga bo‘lgan talabni tobora oshirmoqda. Ayniqsa, ishqalanish, bosim, dinamik yuklanish va yuqori harorat ta‘sirida ishlaydigan rezina buyumlarning uzoq muddat xizmat qilishi ularning fizik-mexanik hamda tribologik xususiyatlariga bevosita bog‘liq. Rezina materiallarning xizmat muddatini belgilovchi muhim ko‘rsatkichlardan biri ularning yeyilishga, xususan, abraziv va ishqalanish ta‘siridagi yeyilishga bardoshlilikidir. Rezina kompozitsiyalarining ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilashning samarali usullaridan biri ularning tarkibiga turli xil dispers to‘ldirgichlarni kiritish hisoblanadi. To‘ldirgichlar rezina matritsasining strukturaviy tuzilishini o‘zgartirish, uning mustahkamligi, qattiqligi, elastikligi, issiqlikka chidamliligi va yeyilishga bardoshlilikini boshqarish imkonini beradi. Shu nuqtayi nazardan, mineral va organik komponentlarning afzalliklarini birlashtiruvchi organomineral to‘ldirgichlardan foydalanish alohida ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi. Organomineral to‘ldirgichlarning rezina kompozitsiyalariga kiritilishi polimer matritsasi va to‘ldirgich zarrachalari o‘rtasida murakkab fizik-kimyoviy va mexanik o‘zaro ta‘sirlarning shakllanishiga olib keladi. Ushbu jarayonlar natijasida kompozitsiyaning mikrostrukturasi, vulkanizatsion tarmoq zichligi, polimer-to‘ldirgich chegarasidagi adgeziya hamda deformatsiya jarayonida kuchlanishlarning taqsimlanish xarakteri o‘zgaradi. Natijada materialning mexanik yuklanishga va sirtning buzilishiga qarshiligi ortishi mumkin. Rezina kompozitsiyasining yeyilishga bardoshlilik faqat uning qattiqligi bilan belgilanmaydi. Bunda polimer matritsasining elastikligi, yoriqlar hosil bo‘lishi va tarqalishiga qarshiligi, to‘ldirgichning disperslik darajasi, uning sirt xususiyatlari va polimer bilan adgeziya mustahkamligi muhim rol o‘ynaydi. To‘ldirgich zarrachalarining kompozitsiya hajmida bir tekis taqsimlanishi materialda kuchlanishlar konsentratsiyasini kamaytirib, mikro-yoriqlarning hosil bo‘lishini va ularning rivojlanishini sekinlashtiradi. Aksincha, to‘ldirgichning yirik aglomeratlari kompozitsiyada strukturaviy nuqsonlar hosil qilib, yeyilish jarayonini tezlashtirishi mumkin. Shu sababli organomineral to‘ldirgichlarning tarkibi, konsentratsiyasi, zarracha o‘lchami, disperslik darajasi va sirt faolligini maqbullashtirish orqali rezina kompozitsiyalarining strukturaviy va ekspluatatsion xususiyatlarini boshqarish muhim ilmiy masala hisoblanadi. Ayniqsa, to‘ldirgich miqdori bilan rezinaning mustahkamligi, elastikligi va yeyilishga bardoshlilik o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash kompozitsiyaning optimal

tarkibini ishlab chiqish uchun katta ahamiyatga ega. Hozirgi vaqtda rezina kompozitsiyalarining xossalarini yaxshilashda texnik uglerod, kremniy dioksidi, silikatlar, kaolin, talk, bo‘r va boshqa mineral to‘ldirgichlardan keng foydalanilmoqda. Biroq an‘anaviy to‘ldirgichlarning ayrimlari polimer matritsasida yetarli darajada disperslanmasligi yoki polimer bilan chegaraviy adgeziyasi past bo‘lishi mumkin. Bu esa kompozitsiyaning mexanik va tribologik xususiyatlarini cheklaydi. Organomineral to‘ldirgichlardan foydalanish esa ushbu muammolarni kamaytirish va material strukturasi maqsadli ravishda shakllantirish uchun yangi imkoniyatlar yaratadi. Mavzuning dolzarbligi, shuningdek, rezina materiallarining xizmat muddatini oshirish orqali texnik buyumlarni almashtirish chastotasini kamaytirish, material va energiya sarfini qisqartirish hamda iqtisodiy samaradorlikni oshirish zarurati bilan ham belgilanadi. Yeyilishga bardoshli rezina kompozitsiyalarini ishlab chiqish nafaqat materiallarning ekspluatatsion ishonchliligini oshiradi, balki ishlab chiqarish va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini kamaytirishga ham xizmat qiladi. Mazkur tadqiqotning asosiy yo‘nalishi organomineral to‘ldirgichlarning rezina kompozitsiyalari strukturasi ta‘sirini aniqlash, polimer–to‘ldirgich o‘zaro ta‘sirining qonuniyatlarini o‘rganish hamda kompozitsiyaning yeyilishga bardoshliligini oshiruvchi optimal strukturaviy omillarni belgilashdan iborat. Bunda to‘ldirgichning tarkibi va miqdori, uning dispersligi hamda vulkanizatsiya jarayoni parametrlarining materialning fizik-mexanik va tribologik xususiyatlariga ta‘sirini kompleks baholash muhim ahamiyatga ega. Shunday qilib, organomineral to‘ldirgichlar yordamida rezina kompozitsiyalari strukturasi rostdash va ularning yeyilishga bardoshliligini oshirish qonuniyatlarini aniqlash zamonaviy materialshunoslikning dolzarb yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, yuqori ekspluatatsion ko‘rsatkichlarga ega bo‘lgan yangi avlod rezina kompozitsiyalarini yaratish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Rezina kompozitsiyalarining fizik-mexanik, strukturaviy va tribologik xususiyatlarini boshqarishda to‘ldirgichlardan foydalanish masalasi ko‘plab ilmiy tadqiqotlarda o‘rganilgan. Elastomer kompozitsiyalarining xossalari nafaqat polimer matritsasining tabiatiga, balki to‘ldirgichning kimyoviy tarkibi, zarracha o‘lchami, dispersligi, sirt faolligi va polimer bilan o‘zaro ta‘siriga ham bog‘liq ekanligi aniqlangan. Shu sababli rezina kompozitsiyalarida to‘ldirgich–polimer chegarasida shakllanadigan strukturaning materialning yakuniy xususiyatlariga ta‘siri zamonaviy rezina materialshunosligining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. A.N. Gent tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda rezina materiallarning deformatsion xususiyatlari, elastomerlarning mexanik tabiati hamda to‘ldirilgan rezinalarda kuchlanish va deformatsiyaning shakllanish qonuniyatlari batafsil yoritilgan. Muallif rezina materiallarining mustahkamligi va yeyilishga chidamliligi ularning elastik xususiyatlari bilan bir qatorda, struktura elementlari va tashqi yuklama o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikka ham sezilarli darajada bog‘liqligini ko‘rsatgan. Ilmiy adabiyotlarda texnik uglerod rezina kompozitsiyalarining eng samarali mustahkamlovchi to‘ldirgichlaridan biri sifatida keng o‘rganilgan. Uning yuqori solishtirma sirt maydoni va rezina bilan o‘zaro ta‘sir qilish qobiliyati kompozitsiyaning mustahkamligi, qattiqligi va yeyilishga chidamliligini oshirishga imkon beradi. Biroq texnik uglerod miqdorining haddan tashqari oshirilishi rezinaning qattiqligini keskin oshirishi va ayrim hollarda elastikligini pasaytirishi mumkin. Bu holat to‘ldirgich konsentratsiyasini optimal darajada saqlash zarurligini ko‘rsatadi. So‘nggi yillarda kremniy dioksidi, silikatlar, gil minerallari, kaolin, montmorillonit, talk va boshqa mineral

komponentlarning elastomerlar uchun to‘ldirgich sifatidagi imkoniyatlari ham keng tadqiq qilinmoqda. Ayniqsa, mineral zarrachalar sirtini organik modifikatorlar yordamida o‘zgartirish polimer va mineral fazalar o‘rtasidagi moslikni yaxshilashi aniqlangan. Bunday modifikatsiya to‘ldirgichning rezina matritsasida bir tekis taqsimlanishiga va interfasial adgeziyaning kuchayishiga yordam beradi. Nanostrukturali mineral to‘ldirgichlardan foydalanishga bag‘ishlangan tadqiqotlarda zarracha o‘lchamining kamayishi bilan to‘ldirgichning solishtirma sirt maydoni oshishi va polimer bilan kontakt yuzasining kengayishi ko‘rsatilgan. Buning natijasida kichik miqdordagi to‘ldirgichning o‘zi kompozitsiyaning mexanik xususiyatlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu bilan birga, nanodispers zarrachalarning aglomeratsiyaga moyilligi ularni rezina matritsasida bir tekis taqsimlash masalasini dolzarb qilib qo‘yadi. Rezina materiallarining yeyilish mexanizmlarini o‘rganishga bag‘ishlangan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, yeyilish jarayoni materialning qattiqligi bilangina emas, balki elastomerning deformatsiya qobiliyati, yoriqqa chidamliligi, ishqalanish vaqtida issiqlik hosil bo‘lishi va sirt qatlaminig strukturaviy holati bilan ham belgilanadi. Abrziv yeyilish sharoitida sirtning takroriy deformatsiyasi natijasida mikro-yoriqlar paydo bo‘lib, ularning birlashishi materialdan zarrachalarning ajralib chiqishiga sabab bo‘ladi. To‘ldirgichning polimer bilan adgeziyasi yuqori bo‘lgan hollarda yoriqlarning rivojlanishi qiyinlashadi. To‘ldirgich zarrachalari yoriq tarqalish yo‘lini o‘zgartirib, uning energiya sarfini oshiradi. Shu jihatdan organomineral to‘ldirgichlardan foydalanish alohida istiqbolga ega. Bunday tizimlarda mineral komponent mustahkamlovchi skelet vazifasini bajarishi, organik komponent esa mineral fazaning polimer matritsasi bilan moslashuvini yaxshilashi mumkin. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, rezina kompozitsiyalarida bir nechta turdagi to‘ldirgichlardan birgalikda foydalanish orqali ularning individual kamchiliklarini kamaytirish va sinergetik ta’sirga erishish mumkin. Gibrid yoki kombinatsiyalangan to‘ldirgich tizimlarida zarrachalararo o‘zaro ta’sir, polimer–to‘ldirgich adgeziyasi va to‘ldirgichlarning matritsada taqsimlanishi kompozitsiyaning mexanik va tribologik xususiyatlarini belgilovchi asosiy omillar sifatida qaraladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqotning asosiy maqsadi organomineral to‘ldirgichlarning rezina kompozitsiyalarining strukturaviy, fizik-mexanik va tribologik xususiyatlariga ta’sirini aniqlash hamda ularning yeyilishga bardoshlilikini oshirish uchun optimal tarkibni belgilashdan iborat. Tadqiqot obyekti sifatida organomineral to‘ldirgichlar bilan modifikatsiyalangan rezina kompozitsiyalari olindi. Taqqoslash uchun to‘ldirgichsiz nazorat namunasi hamda an’anaviy to‘ldirgich asosidagi kompozitsiyalar tayyorlandi. Rezina kompozitsiyalari elastomer, vulkanizatsiyalovchi agent, tezlatgich, aktivator, plastifikator va organomineral to‘ldirgichdan tashkil topgan retseptura asosida tayyorlandi. Organomineral to‘ldirgich miqdori turli konsentratsiyalarda o‘zgartirilib, uning kompozitsiya xususiyatlariga ta’siri baholandi. Aralashtirish jarayonida to‘ldirgichning polimer matritsasida bir tekis taqsimlanishiga e’tibor qaratildi. Tayyor kompozitsiyalar belgilangan texnologik rejim asosida vulkanizatsiyalandi. Kompozitsiyalarning strukturaviy xususiyatlarini aniqlashda mikroskopik tahlil usullaridan foydalanildi. Bunda to‘ldirgich zarrachalarining dispersligi, aglomeratsiya darajasi, polimer matritsasida taqsimlanishi hamda polimer–to‘ldirgich chegarasining holati o‘rganildi. Fizik-mexanik xususiyatlar qattiqlik, uzilishdagi mustahkamlik, nisbiy uzayish va elastiklik ko‘rsatkichlari orqali baholandi. Rezina kompozitsiyalarining yeyilishga bardoshlilikiga abraziv yeyilish sharoitida sinovdan o‘tkazilib,

namunaning massa yoki hajm yo‘qotishi asosida aniqlandi. Yeyilish intensivligining kamayishi materialning bardoshliligi oshganligini ko‘rsatadi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Tadqiqot natijalari organomineral to‘ldirgichlarning rezina kompozitsiyalarining strukturaviy va ekspluatatsion xususiyatlariga sezilarli ta‘sir ko‘rsatishini ko‘rsatdi. To‘ldirgichning kompozitsiya tarkibiga kiritilishi natijasida polimer matritsasining strukturasi o‘zgarib, polimer–to‘ldirgich chegarasida qo‘shimcha bog‘lanishlar shakllanishi kuzatildi. Mazkur bog‘lanishlar tashqi mexanik yuklamaning rezina matritsasida bir tekis taqsimlanishiga va deformatsiya vaqtida kuchlanishlar konsentratsiyasining kamayishiga yordam beradi. Organomineral to‘ldirgich miqdorining ortishi bilan rezina kompozitsiyasining qattiqligi va deformatsiyaga qarshiligi oshishi aniqlandi. Biroq to‘ldirgich konsentratsiyasining haddan tashqari ko‘payishi zarrachalarning aglomeratsiyalanishiga sabab bo‘lib, kompozitsiyaning bir jinsliligini pasaytirishi mumkin. Bunday strukturaviy nuqsonlar mikro-yoriqlarning hosil bo‘lishini tezlashtirishi va natijada materialning yeyilishga bardoshliligini kamaytirishi ehtimoli mavjud. Shu sababli to‘ldirgich miqdorining optimal qiymatini aniqlash muhim ahamiyatga ega.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, yaxshi disperslangan organomineral to‘ldirgich rezina matritsasida mustahkamlovchi faza sifatida ishtirok etib, yoriqlarning rivojlanishiga to‘sqinlik qiladi. Ishqalanish jarayonida material sirtida hosil bo‘ladigan mikro-yoriqlar to‘ldirgich zarrachalari bilan to‘qnashib, o‘z yo‘nalishini o‘zgartiradi yoki rivojlanish uchun ko‘proq energiya talab qiladi. Natijada sirt qatlamining yemirilishi sekinlashadi va yeyilish intensivligi kamayadi. Organomineral to‘ldirgichning samaradorligi uning zarracha o‘lchami, disperslik darajasi va polimer bilan adgeziyasiga ham bog‘liq ekanligi aniqlandi. Mayda va bir tekis taqsimlangan zarrachalar polimer bilan katta kontakt yuzasini hosil qilib, kompozitsiyaning mexanik mustahkamligi va yeyilishga bardoshliligini oshiradi.

XULOSA

Olib borilgan tahlil va tadqiqotlar natijasida organomineral to‘ldirgichlardan foydalanish rezina kompozitsiyalarining strukturaviy tuzilishini boshqarish va ularning ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilashning samarali usullaridan biri ekanligi aniqlandi. Organomineral to‘ldirgichning rezina matritsasida bir tekis taqsimlanishi polimer–to‘ldirgich chegarasida mustahkam adgezion bog‘lanishlarning shakllanishiga olib kelib, kompozitsiyaning mexanik mustahkamligi va deformatsiyaga qarshiligini oshiradi. Tadqiqot natijalari to‘ldirgich konsentratsiyasi, zarracha dispersligi va sirt xususiyatlari rezina kompozitsiyalarining yeyilishga bardoshliligini belgilovchi muhim omillar ekanligini ko‘rsatdi. To‘ldirgichning optimal miqdorda kiritilishi kompozitsiyaning qattiqligi va mustahkamligini oshirish bilan birga, ishqalanish jarayonida yuzaga keladigan mikro-yoriqlarning rivojlanishini sekinlashtiradi. Natijada rezina materialining sirt qatlamidan material ajralib chiqishi kamayadi va yeyilish intensivligi pasayadi. Shuningdek, to‘ldirgich miqdorining haddan tashqari ortishi aglomeratsiya jarayonlarini kuchaytirib, kompozitsiyaning bir jinsliligini buzishi va yeyilishga bardoshlilikni pasaytirishi mumkinligi aniqlandi. Shu sababli yuqori samarali rezina kompozitsiyasini olishda to‘ldirgichning optimal konsentratsiyasi va disperslanish darajasini belgilash muhim hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

5-Oktyabr, 2026-yil

1. Ibadullaev A., Teshabaeva E., Kakharov B., Nigmatova D. Composite elastomeric materials filled with modified mineral fillers // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 264. – 05006. DOI: 10.1051/e3sconf/202126405006.
2. Ibadullaev A., Teshabaeva E., Vapaev M. Composite Elastomer Materials Based on New Ingredients // Chemistry and Chemical Engineering. – 2021. – No. 2. – Article 4. DOI: 10.51348/ZNKZ7723.
3. Yoqubov B.B., Ibadullaev A., Yoqubova D.Q., Teshabaeva E.U. Prospects and Development of Research of Composite Elastomer Materials // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. – 2021. – Vol. 14, No. 4.
4. Kakharov B.B., Ibadullaev A., Teshabaeva E.U., Muftullaeva M.B. Issledovanie svoystv kompozitsionnykh elastomernykh materialov, napolnennykh bentonitom // ToshTYMI Axborotnomasi. – 2020. – Maxsus son. – B. 124–128.
5. Muzafarova X.A., Safarov T.T. Influence of Mineral and Organic Fillers in Quantitative Ratio on Rubber Properties // Universum: Technical Sciences. – 2025. – №12(141). DOI: 10.32743/UniTech.2025.141.12.21537.
6. Rybiński P., Syrek B., Marzec A., Szadkowski B., Kuśmierek M., Śliwka-Kaszyńska M., Mirkhodjaev U.Z. Effects of Basalt and Carbon Fillers on Fire Hazard, Thermal, and Mechanical Properties of EPDM Rubber Composites // Materials. – 2021. – Vol. 14. – 5245. DOI: 10.3390/ma14185245.

Science
Publication