ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME - 9

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 9

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

UGLEROD TOLALARINING POLIPROPILENNING FIZIK-MEXANIK XOSSALARIGA TA'SIRI

To'rayev Erkin Rustamovich
Toshkent kimyo texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti t.f.d.,
E-mail: Turaever@gmail.com
Gulnoza. Quluyeva
Toshkent davlat texnika universiteti
E-mail: Abdukarimovasaida1975@gmail.com
Nayima Bozorova
Toshkent kimyo texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti
E-mail: Najimabazarova@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur ishning maqsadi blok-sopolimer polipropilen asosidagi kompozitlarda maydalangan uglerod tolalari (5, 10 va 20 massa %) miqdorining struktura shakllanishi, fazalararo o'zaro ta'sirlar hamda fizik-mexanik xossalar majmuasiga ta'sir qonuniyatlarini aniqlash, shuningdek, mustahkamlik, qattiqlik, issiqlikka chidamlilik va o'lcham barqarorligi yuqori bo'lgan konstruksion materiallarni ishlab chiqishdan iborat. Aniqlanishicha, maydalangan uglerod tolalari 5, 10 va 20 massa % miqdorda kiritilganda kompozitning elastiklik moduli mos ravishda 2,73; 3,44 va 4,30 baravar, cho'zilishdagi mustahkamligi esa dastlabki blok-sopolimer polipropilenga nisbatan 1,28; 1,72 va 2,00 baravar ortadi. Ko'rsatildiki, blok-sopolimer polipropilenni maydalangan uglerod tolalari bilan armirlash materiallarning chiziqli kirishishini sezilarli darajada kamaytiradi: dastlabki polipropilen uchun 1,42 % bo'lgan ko'rsatkich tolalar miqdori mos ravishda 5, 10 va 20 massa % bo'lgan kompozitlarda 1,0 %, 0,82 % va 0,6 % gacha pasayadi. Shu bilan birga, kompozitlarning issiqlikka chidamliligi, zarbiy qovushqoqligi va mustahkamlik ko'rsatkichlari ortadi. Mexanik yuklamalar ta'sirida deformatsiyaning kamayishi va buyumlarning o'lcham barqarorligining yaxshilanishi aniqlanib, bu konstruksion maqsadlarga mo'ljallangan polipropilen kompozitsion materiallar yaratishda uglerodli armirlashning yuqori samaradorligini tasdiqlaydi. Mikrostrukturaviy tadqiqotlar maydalangan uglerod tolalarining polimer matritsa bo'ylab bir tekis taqsimlanganligini hamda mustahkam fazalararo adgeziya shakllanishini ko'rsatdi. Eng yuqori armirlovchi ta'sir 20 massa % maydalangan uglerod tolasi tarkibida kuzatilib, tashqi yuklamalarni samarali qabul qilish va qayta taqsimlashga qodir fazoviy strukturaning hosil bo'lishini ta'minlaydi.

Kalit so'zlar: polipropilen, maydalangan uglerod tolasi, maleinlangan poliolefin elastomer, elastiklik moduli, Izod bo'yicha zarbiy qovushqoqlik, yuklama ostida egilish harorati, fazalararo o'zaro ta'sirlar, kirishish.

Аннотация. Целью работы является установление закономерностей влияния содержания рублёных углеродных волокон (5, 10 и 20 мас. %) на формирование структуры, межфазные взаимодействия и комплекс физико-механических свойств композитов на основе блок-сополимера полипропилена, а также разработка материалов конструкционного назначения с повышенными прочностными характеристиками, жёсткостью, теплостойкостью и размерной стабильностью. Установлено, что при введении рублёного углеродного волокна в количестве 5, 10 и 20 мас.% модуль упругости композита возрастает в 2,73; 3,44 и 4,30 раза соответственно, а прочность при растяжении увеличивается в 1,28; 1,72 и 2,00 раза по сравнению с исходным блок-сополимером полипропилена. Показано, что армирование блок-сополимера полипропилена рублёными углеродными волокнами приводит к существенному снижению линейной усадки материалов с 1,42 % для исходного полипропилена до 1,0 %, 0,82 % и 0,6 % для композитов, содержащих соответственно 5, 10 и 20 мас.% волокна. Одновременно наблюдается повышение теплостойкости, ударной вязкости и прочностных характеристик композитов. Установлено снижение деформации под действием механических нагрузок и улучшение размерной стабильности изделий, что свидетельствует о высокой эффективности углеродного армирования при создании полипропиленовых композиционных материалов конструкционного назначения. Микроструктурные исследования показали равномерное распределение рублёных углеродных волокон в полимерной матрице и формирование прочной межфазной адгезии. Наиболее выраженный армирующий эффект наблюдается при содержании 20 мас.% рубленного углеродного волокна, что обеспечивает формирование пространственной структуры, способной эффективно воспринимать и перераспределять внешние нагрузки.

Ключевые слова: полипропилен, рублёное углеродное волокно, малеинизированный полиолефиновый эластомер, модуль упругости, ударная вязкость по Изоду, температура изгиба под нагрузкой, межфазные взаимодействия, усадка.

Abstract. The aim of this work is to determine the patterns of influence of the amount of crushed carbon fibers (5, 10 and 20 wt.%) in block-sopolimer polypropylene-based composites on structural formation, interphase interactions, and the complex of physical and mechanical properties, as well as to develop structural materials with high strength, hardness, heat resistance, and dimensional stability. It was established that when crushed carbon fibers are introduced in amounts of 5, 10, and 20 wt.%, the elastic modulus of the composite is 2.73; 3.44 and 4.30 times, and tensile strength is 1.28; 1.72 and 2.00 times. It was shown that

ISSN 3030-3907

the reinforcement of block-sopolimer polypropylene with crushed carbon fibers significantly reduces the linear shrinkage of materials: the indicator of 1.42% for the original polypropylene decreases to 1.0%, 0.82%, and 0.6% in composites with fiber content of 5, 10, and 20 wt.%, respectively. At the same time, the heat resistance, impact viscosity, and strength indicators of the composites increase. It was established that under the influence of mechanical loads, deformation decreases and the dimensional stability of products improves, which confirms the high efficiency of carbon reinforcement in the creation of polypropylene composite materials for structural purposes. Microstructural studies revealed that the crushed carbon fibers are evenly distributed across the polymer matrix, leading to the formation of robust interphase adhesion. The highest reinforcing effect is observed in 20 wt.% of crushed carbon fiber, which ensures the formation of a spatial structure capable of effectively absorbing and redistributing external loads.

Keywords: polypropylene, crushed carbon fiber, maleinated polyolefin elastomer, modulus of elasticity, impact viscosity according to Isod, bending temperature under load, interfacial interactions, shrinkage.

KIRISH.

Hozirgi vaqtda tolali hamda mikro- va nanodispers to‘ldirgichlar bilan modifikatsiyalangan aralashmalar va kompozitlarni o‘z ichiga olgan ko‘p komponentli polimer tizimlarni ishlab chiqishga qiziqish ortib bormoqda. Bu oddiy polimerlarda erishib bo‘lmaydigan ekspluatatsion xossalar majmuasini (zarbga chidamlilik, termostabillik, issiqlikka chidamlilik va mustahkamlik) shakllantirish zarurati bilan bog‘liq. Fundamental tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, ushbu materiallarning tuzilishi va xossalarini belgilovchi asosiy omillar fazalararo o‘zaro ta’sirlar hamda to‘ldirgichning polymer tarkibidagi disperslik darajasi bilan hisoblanadi [1,2,3].

Zamonaviy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, uglerod tolalarini qo‘shish polipropilenni modifikatsiyalashning samarali usuli hisoblanadi, chunki ular yuqori elastiklik moduliga va rivojlangan fazalararo sirtga ega. Bunday tizimlarda qayta ishlash jarayonida tolalarning yo‘nalishi bilan bog‘liq holda izotrop va mahalliy anizotrop sohalarning almashinuvidan iborat geterofazali morfologiya shakllanadi.

Uglerod tolalari fazalararo adgezion qatlam, makromolekulalarning harakatchanligi cheklangan zonalar hamda to‘ldirgich yuzasi yaqinida yo‘naltirilgan supramolekulyar tuzilmalar hosil bo‘lishiga yordam beradi. Kritik konsentratsiyaga erishilganda perkolatsion tolali tarmoq hosil bo‘lishi mumkin. Mazkur strukturaviy o‘zgarishlar polipropilenning kristallanish darajasini oshiradi va uning ekspluatatsion xossalarini, jumladan mustahkamligi, elastiklik moduli, issiqlikka chidamliligi hamda sudralishga qarshiligini yaxshilaydi [4,5].

ISSN 3030-3907

Uglerod tolalarini polipropilen matritsasiga kiritish materialning mexanik va termik xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilashi ko‘rsatilgan. Biroq bunday modifikatsiyaning samaradorligi ko‘p jihatdan tolalarning disperslanish darajasi va fazalararo o‘zaro ta’sir xarakteriga bog‘liq. Shu munosabat bilan poliolefin elastomer asosidagi kompatibilizatorlardan, xususan etilen-propilen elastomeridan (POE) foydalanish alohida ahamiyat kasb etadi. Ular “polimer–to‘ldirgich” chegarasida adgeziyaning yaxshilanishini va yanada bir jinsli morfologik tuzilmaning shakllanishini ta’minlaydi [6].

Ushbu sohada ko‘plab ilmiy ishlar mavjud bo‘lishiga qaramay, kompatibilizator va tola miqdori bilan strukturaning shakllanish xususiyatlari hamda polipropilen kompozitlarning zarbga chidamlilik ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlik masalalari yetarli darajada o‘rganilmagan. Bu ayniqsa polipropilen asosidagi tizimlar uchun, shuningdek, zarbiy qovushqoqlikni oshirish bilan bir vaqtda kirishish deformatsiyalarini kamaytirish zarur bo‘lgan hollarda dolzarb hisoblanadi [7].

Gipoteza sifatida shuni ilgari surish mumkinki, uglerod tolalarini polipropilenga kiritish fazalararo o‘zaro ta’sirlarni kuchaytiradi, rivojlangan fazalararo qatlam hosil bo‘lishiga va matritsa bo‘ylab kuchlanishlarning yanada bir tekis taqsimlanishiga olib keladi. Natijada materialning fizik-mexanik xossalari majmuasi yaxshilanadi.

Ishning maqsadi uglerod tolalari miqdorining fazalararo o‘zaro ta’sirlarga, morfologiyaga va polipropilenning fizik-mexanik xossalariga ta’sir qonuniyatlarini aniqlash, shuningdek, qayta ishlash texnologikligini va strukturaning barqarorligini saqlagan holda mustahkamlik hamda qattiqlik ko‘rsatkichlarini oshiruvchi optimal tola konsentratsiyalarini asoslashdan iborat.

TADQIQOTLAR METODOLOGIYASI.

Polimer matritsa sifatida Uz-Kor Gas Chemical korxonasi tomonidan ishlab chiqarilgan J-350 markali etilen bilan blok-sopolimerlangan polipropilen qo‘llanildi. Uning suyuqlanma oqim ko‘rsatkichi (MFI) 230 °C haroratda 10 g/10 min ni tashkil etadi (GOST 11645–73 bo‘yicha) va bu ko‘rsatkich PTR-LAB-02 (Rossiya) qurilmasida aniqlangan.

Armirlovchi to‘ldirgich sifatida SYT55 (T800-class) markali maydalangan uglerod tolasi (Xitoy) ishlatildi. Roving ko‘rinishidagi uglerod tolasi kompozit tayyorlash jarayonida polimer matritsa bo‘ylab bir tekis taqsimlanishini ta’minlash hamda dispersiyalanish darajasini oshirish maqsadida oldindan qo‘lda 5–7 mm uzunlikdagi bo‘laklarga maydalandi.

Kompatibilizator sifatida CMG5805 markali maleinlangan poliolefin elastomeri (Xitoy) qo‘llanildi. Ushbu materialning suyuqlanma oqim ko‘rsatkichi 190 °C haroratda 2 g/10 min ni tashkil etadi (GOST 11645 bo‘yicha).

ISSN 3030-3907

Kompaundlash jarayoni D.Ten (Xitoy) kompaniyasida ishlab chiqarilgan laboratoriya ikki shnekli ekstruderida 200–230 °C harorat oralig‘ida va shneklarning aylanish tezligi 100 ayl/min bo‘lgan sharoitda amalga oshirildi. Ekstruziyadan oldin barcha komponentlar 15 daqiqa davomida qo‘lda dastlabki aralashtirilib, so‘ng ekstruderga yuklandi.

Sinov namunalarini tayyorlash GOST 11262 va GOST 4647 talablariga muvofiq bosim ostida quyish usuli bilan amalga oshirildi. Bunda RAY-RAN (Buyuk Britaniya) kompaniyasining RR/TSMP markali inyeksion-quyish mashinasidan foydalanildi.

Mikrofotografik tadqiqotlar uchun namunalarni tayyorlash ISO 16700 standarti talablariga muvofiq amalga oshirildi. Zarrachalarning disperslik darajasi ISO 13322 standarti asosida tasvirlarni tahlil qilish yo‘li bilan baholandi. Tadqiqotlar JEOL (Yaponiya) kompaniyasining JSM-6610LV markali skanerlovchi elektron mikroskopida olib borildi.

NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI. Ko‘p fazali polipropilen kompozitsiyalari avtomobil sanoatida, xususan, interyer va eksteryer detallarini ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladi. Ushbu materiallarning iste’mol hajmida mazkur mahsulotlar salmoqli ulushni tashkil etadi. Bunday kompozitsiyalarga bir vaqtning o‘zida yuqori qattiqlik va zarbiy qovushqoqlikni ta’minlash, shuningdek, kirishish deformatsiyalarini minimal darajada saqlash kabi yuqori talablar qo‘yiladi. Bu esa materialshunoslik nuqtai nazaridan murakkab vazifalardan biri hisoblanadi.

1-jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, POE-g-MAH miqdori doimiy (5 mass.%) bo‘lgan sharoitda maydalangan uglerod tolalari miqdorining 5 mass.% dan 20 mass.% gacha oshirilishi polipropilen kompozitining qator fizik-mexanik xossalarini qonuniy ravishda yaxshilaydi. Xususan, egilishdagi elastiklik moduli va issiqlikka chidamlilikning ortishi kuzatiladi, bu esa yanada rivojlangan armirlangan strukturaning shakllanishi hamda yuklamaning matritsadan tolalarga samarali uzatilishi bilan izohlanadi.

Shu bilan birga, POE-g-MAH qo‘shilishi natijasida fazalararo adgeziyaning yaxshilanishi va energiyani sochuvchi mexanizmlarning, jumladan tolalarning matritsadan sug‘urib chiqishi hamda ularning buzilishi jarayonlarining faollashuvi hisobiga zarbiy qovushqoqlik ham ortadi. Suyuqlanma oqim ko‘rsatkichining (MFI) kamayishi eritmaning qovushqoqligi oshishi va makromolekulyar zanjirlar harakatchanligining cheklanishi bilan bog‘liq. Uzilishdagi nisbiy cho‘zilishning biroz kamayishi esa tizim qattiqligining ortishi va deformatsiyalanish qobiliyatining pasayishi bilan izohlanadi.

Umuman olganda, kompozit tarkibida qattiqlik, issiqlikka chidamlilik va zarbiy qovushqoqlik ko‘rsatkichlari oshgan, suyuqlanmaning oquvchanligi hamda

ISSN 3030-3907

plastiklik xossalari esa mo‘tadil darajada kamaygan muvozanatlashgan struktura shakllanadi.

1-jadval

POE-g-MAH ning PP/UT (polipropilen/uglerod tolasi) kompozitsiyalarining fizik-mexanik xossalariga ta’siri

Ko‘rsatkich nomi	**PP J350**	**PP +5% UT +5% POE-G-MAH**	**PP +10% UT +5% POE-G-MAH**	**PP +20% UT +5% POE-G-MAH**
Zichlik, g/sm^3	0,9	0,92	0,96	1,02
Suyuqlanma oqim ko‘rsatkichi (MFI), 230 °C, g/10 min	10	7	6	5
Cho‘zilishdagi mustahkamlik, MPa	25	32	43	50
+23 °C da kertiksiz Izod usuli bo‘yicha zarbiy qovushqoqlik	7	9	13	17
–30 °C da kertiksiz Izod usuli bo‘yicha zarbiy qovushqoqlik	2,5	4	5	7
Nisbiy uzayish, %	100	130	95	85
Egilishdagi elastiklik moduli, MPa	1280	3500	4400	5500
48 soatdan keyingi kirishish	1,42	1,0	0,82	0,6
1,8 MPa yuklama ostidagi issiqlikka chidamlilik, °C	45	47	50	53

Ma’lumki, POE yuqori molekulyar massaga ega bo‘lib, bu uning adgezion bog‘lanishlarni yaxshilashi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Manba [8] da molekulyar massaning adsorbsiya jarayonlariga ta’siri batafsil ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotlar natijasida molekulyar massa ortishi bilan elastomerning adsorbsiyasi kuchayishi aniqlangan, biroq g‘ovaksiz adsorbentlardan foydalanilganda bu ko‘rsatkich keskin kamayadi.

Shunday qilib, adabiyotlarda keltirilgan polimerlar, kompatibilizatorlar va elastomerlarning konsentrlangan suyuqlanmalardan adsorbsiyalanishiga turli

ISSN 3030-3907

omillarning ta’siri haqidagi ma’lumotlar tizimda konsentratsiya, harorat va boshqa texnologik parametrlar o‘zgarganda yuz beradigan strukturaviy hamda termodinamik o‘zgarishlarni kompleks ravishda hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi. Mazkur o‘zgarishlar suyuqlanmaning supramolekulyar tuzilishi qayta tashkil topishini, makromolekulyar zanjirlarning o‘zaro chigallanish darajasidagi o‘zgarishlarni, segmentlar harakatchanligining o‘zgarishini, shuningdek, fazalar chegarasidagi fazalararo o‘zaro ta’sirlarning transformatsiyasini o‘z ichiga oladi.

Shuni ham ta’kidlash kerakki, massa almashinuvi va adsorbsiya jarayonlarining kinetikasini belgilovchi suyuqlanmaning reologik xossalarini, shuningdek, dispers faza morfologiyasining (zarrachalar o‘lchami, shakli va taqsimlanishi) adsorbsion qatlamlar shakllanishiga ta’sirini ham hisobga olish zarur. Polipropilen, kompatibilizator va uglerod tolasi asosidagi ko‘p komponentli tizimlarda adsorbsiya jarayonlari komponentlarning o‘zaro raqobatli ta’siri hamda o‘tish fazalararo qatlamlar hosil bo‘lishi tufayli yanada murakkablashadi. Shu sababli kompozitsiyalarning xossalarini tavsiflash va prognoz qilish uchun suyuqlanma strukturasi, fazalararo hodisalar hamda kompozitlarning ekspluatatsion xususiyatlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni hisobga oluvchi tizimli yondashuv zarur hisoblanadi.

Geterogen polimer tizimlarda yaxshi dispersiyalangan dispers fazaning mavjudligi g‘ovak hosil bo‘lish jarayonining boshlanishini osonlashtiradi. Tajribalar natijasida material hajmida mikro g‘ovaklar hosil bo‘lishi aniqlangan bo‘lib, ular qo‘yilgan kuchlanishga dastlabki javob reaksiyasi (kavitatsiya) sifatida qaraladi. Kompatibilizator bilan modifikatsiyalangan polipropilenda cho‘zilish jarayonida elastomer bog‘lovchi zarrachalarining matritsadan ajralishi deformasiyaning dastlabki bosqichidayoq boshlanadi. Shu sababli mazkur zarrachalarni boshlang‘ich g‘ovaklar sifatida qarash mumkin [9].

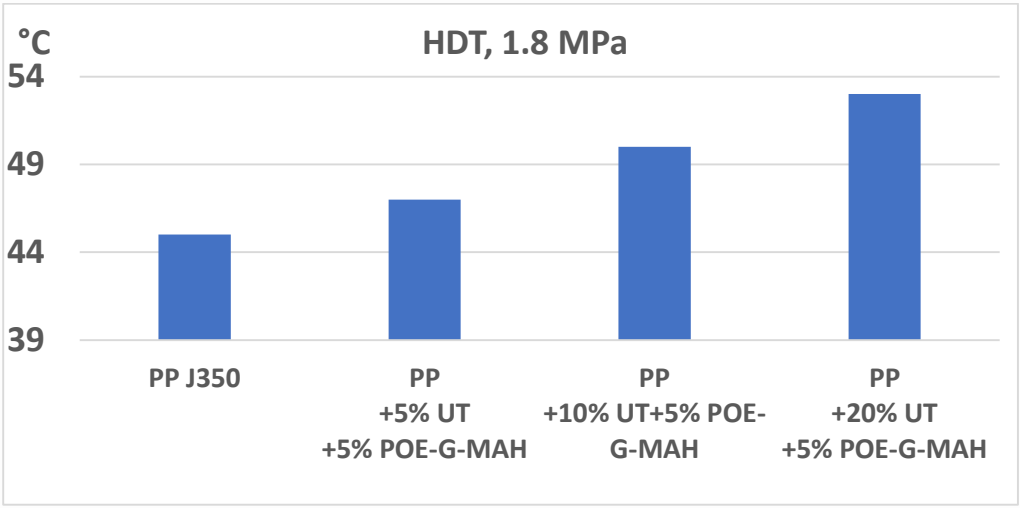
1-jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, uch fazali polipropilen kompozitsiyalari tarkibiga 20 mass.% uglerod tolasi (UT) va 5 mass.% POE-g-MAH kiritilganda egilishdagi elastiklik moduli 4,3 baravarga ortadi. Taxmin qilish mumkinki, qattiq va elastik komponentlar bir-birining kamchiliklarini kompensatsiyalaydi va natijada bazaviy blok-sopolimer polipropilenning fizik-mexanik xossalariga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.

Uglerod tolasi konsentratsiyasi ortishi bilan ham xona haroratida, ham manfiy haroratda Izod usuli bo‘yicha zarbiy qovushqoqlikning oshishi kuzatiladi. Bu kompozitning buzilishi uchun ko‘proq zarba energiyasi talab etilishini anglatadi. Shu sababli PP/UT tizimiga POE-g-MAH qo‘shilishi, hatto manfiy haroratlarda ham, zarbiy qovushqoqlikning ortishiga yordam beradi. Bizning fikrimizcha, bunda asosiy rolni makromolekulalarning segmentar harakatchanligi va kompozit tarkibidagi POE-g-MAH konsentratsiyasi o‘ynaydi.

ISSN 3030-3907

Kompozitning mustahkamlik va deformatsion xossalarining yaxshilanishiga eng ehtimoliy sabab polipropilen matritsasi bilan uglerod tolasi orasida rivojlangan fazalararo sohaning shakllanishidir. POE-g-MAH kiritilishi fazalar chegarasidagi adgezion o‘zaro ta’sirni yaxshilaydi, uglerod tolalarining matritsa hajmi bo‘ylab yanada bir tekis taqsimlanishini ta’minlaydi hamda fazalararo nuqsonlar sonini kamaytiradi. Natijada mexanik kuchlanishlar polimer matritsadan armirlovchi to‘ldirgichga samarali uzatiladi va kompozitning fizik-mexanik xossalari yaxshilanadi.

Kompozitlarning issiqlikka chidamliligi uglerod tolasi miqdorining ortishi bilan mos ravishda 4 %, 11 % va 18 % ga oshadi (1-rasm). Agar PP + 20 % UT + 5 % POE-g-MAH (T = 53 °C) va PP + 20 % UT (T = 53,5 °C) kompozitlarining issiqlikka chidamlilik ko‘rsatkichlari taqqoslansa, 5 mass.% POE-g-MAH qo‘shilishi kompozitning issiqlikka chidamliligini taxminan 0,5 °C ga biroz kamaytirishi kuzatiladi. Bu holat poliolefin elastomerining nisbatan harakatchan segmentlari mavjudligi bilan izohlanadi.



1-rasm. POE-g-MAH konsentratsiyasining PP/UT (polipropilen–uglerod tolasi) kompozitining issiqlikka chidamliligiga ta’siri.

Uglerod tolasi yuqori mustahkamlik va elastiklik moduli ko‘rsatkichlariga ega bo‘lgani sababli kompozit tarkibida mexanik yuklamalarning samarali uzatilishini ta’minlaydi. Polipropilen matritsasida uglerod tolalari geterogen kristallanish markazlari vazifasini bajarib, kristallanish darajasining ortishiga va yanada bir jinsli supramolekulyar strukturaning shakllanishiga yordam beradi. Bundan tashqari, tolalar yuzasi yaqinida makromolekulalarning harakatchanligi o‘zgargan fazalararo qatlam hosil bo‘lib, u material xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.

Polipropilenni uglerod tolasi bilan armirlash mustahkamlik, elastiklik moduli, issiqlikka chidamlilik va o‘lchamlar barqarorligining oshishiga, shuningdek, sudralish (creep) va chiziqli issiqlik kengayish koeffitsiyentining

ISSN 3030-3907

kamayishiga olib keladi. Armirlash samaradorligi tola va matritsa o‘rtasidagi fazalararo o‘zaro ta’sir mustahkamligi bilan belgilanadi. Adgeziyani yaxshilash maqsadida POE-g-MAH kompatibilizatori keng qo‘llaniladi. U fazalar chegarasida kuchlanishlarning samarali uzatilishini ta’minlab, kompozitlarning mexanik xususiyatlarini yaxshilaydi.

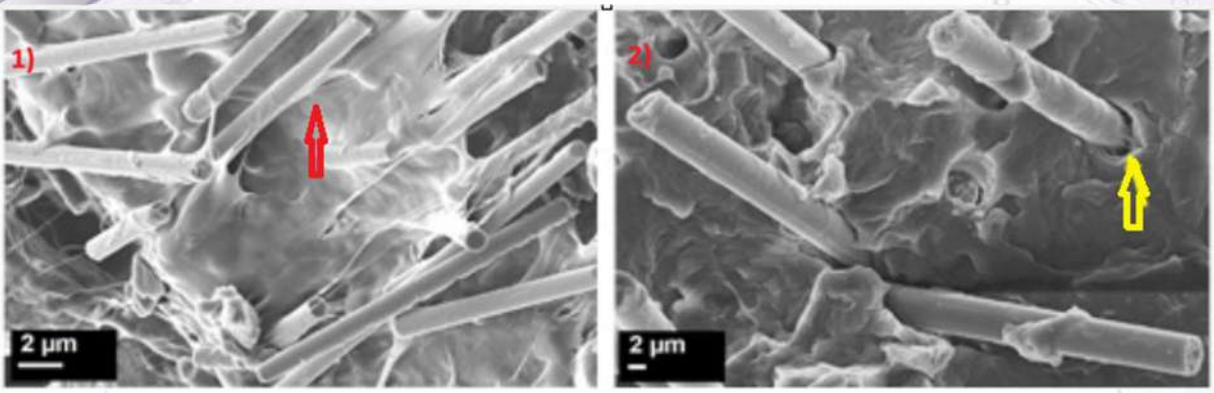
Shunday qilib, polipropilenning uglerod tolasi bilan mustahkamlanishi nafaqat tolalarning armirlovchi ta’siri, balki polimer matritsa strukturasining fazalararo darajada modifikatsiyalanishi bilan ham bog‘liq bo‘lib, bu materialning fizik-mexanik va issiqlik-fizik xossalarining sezilarli yaxshilanishini ta’minlaydi.

POE-g-MAH bilan modifikatsiyalangan va uglerod tolasi bilan armirlangan polipropilen asosidagi kompozitlarda struktura hosil bo‘lishi tizim komponentlari o‘rtasida rivojlangan fazalararo strukturaning shakllanishi natijasida yuz beradi. Uglerod tolasi polipropilen matritsasiga kiritilganda, tolalar armirlovchi karkas hosil qiladigan va polimer makromolekulalari ularning yuzasi yaqinida tartiblangan supramolekulyar struktura shakllantiradigan zarrachalararo o‘zaro ta’sir zonalari paydo bo‘ladi. POE-g-MAH fazalar chegarasida joylashib, polipropilen va uglerod tolasi o‘rtasidagi adgezion o‘zaro ta’sirni yaxshilaydi hamda mexanik kuchlanishlarning yanada samarali uzatilishini ta’minlaydi.

[4,7,10,11] manbalar mualliflarining ta’kidlashicha, PP-g-MAH kiritilgandan so‘ng uglerod tolasi yuzasida polimer qatlami hosil bo‘ladi va fazalararo adgeziya kompatibilizatorsiz namunaga nisbatan sezilarli darajada yaxshilanadi. Uglerod tolasining armirlovchi ta’siri, fazalararo qatlamning strukturani shakllantiruvchi roli va POE-g-MAH ning kompatibilizatsiyalovchi funksiyasining birgalikdagi ta’siri natijasida kompozitning barqaror fazoviy strukturasi hosil bo‘ladi. Bu esa modifikatsiyalanmagan polipropilen bilan solishtirganda materialning fizik-mexanik xossalari majmuasi hamda o‘lchamlar barqarorligining oshishiga olib keladi.

2-rasmda PP + 20 % UT + 5 % POE-g-MAH kompozitsiyasining mikrofotografiyalari PP + 20 % UT tizimi bilan taqqoslangan holda keltirilgan. Kompatibilizator qo‘llanilgan namunada polimer qatlami yaqqol kuzatiladi va fazalararo adgeziya kompatibilizatorsiz namunaga nisbatan sezilarli darajada yaxshilanadi. Bu natijalar [4,7,10,11] manbalarda keltirilgan ma’lumotlar bilan mos keladi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Polipropilen–uglerod tolasi kompozitsiyalari yuzasining mikrofotografiyalari: 1 — PP + 20 % UT + 5 % POE-g-MAH; 2 — PP + 20 % UT.

Ehtimol, bu holat POE-g-MAH tarkibidagi malein angidridning funksional guruhlari bilan uglerod tolasi yuzasidagi faol markazlar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir natijasida «PP/UT/POE-g-MAH» chegarasida mustahkam fazalararo qatlam hosil bo‘lishi bilan bog‘liqdir. Bu esa fazalararo taranglikning kamayishiga, tolalarning polimer matritsa tomonidan yaxshiroq ho‘llanishiga va fazalararo adgeziyaning ortishiga olib keladi.

POE-g-MAH dispers fazaning sterik barqarorlashuviga yordam berib, suyuqlanma holatida zarrachalarning aglomeratsiyasini oldini oladi hamda qattiq holatda fazalararo chegaraning mustahkamligini oshiradi. Natijada mexanik kuchlanishlarning matritsadan armirlovchi to‘ldirgichga uzatilishi yaxshilanadi, mikro yoriqlar hosil bo‘lish ehtimoli kamayadi va kompozitning fizik-mexanik xossalari ortadi.

Bundan tashqari, kompatibilizatorning mavjudligi kompozitsiya komponentlarining strukturaviy integratsiyalanish darajasini oshiradi. Bu elektron mikroskopik tadqiqotlar natijasida buzilish yuzasida sug‘urib chiqib ketgan tolalar va bo‘shliqlar sonining kamayishi bilan tasdiqlanadi. Fazalararo o‘zaro ta’sirning kuchayishi kompozitning elastiklik moduli, egilishdagi mustahkamligi, zarbiy qovushqoqligi va issiqlikka chidamliligining ortishiga yordam beradi. Adabiyot ma’lumotlariga ko‘ra, maleinlangan poliolefinning optimal miqdori fazalararo qatlam orqali yuklamaning yanada samarali uzatilishini ta’minlab, mustahkamlik va zarbiy qovushqoqlik ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada oshiradi.

Shunday qilib, PP/UT/POE-g-MAH tizimi komponentlarining kolloid-kimyoviy moslashuvchanligini yaxshilash, mustahkam fazalararo qatlam hosil bo‘lishi va fazalararo mustahkamlikning ortishi ishlab chiqilgan kompozitning fizik-mexanik hamda ekspluatatsion xossalarini yaxshilovchi asosiy omillar hisoblanadi.

XULOSA. PP/UT/POE-g-MAH tizimi asosida boshlang‘ich blok-sopolimer polipropilenga nisbatan yaxshilangan fizik-mexanik va issiqlik-fizik xossalar

ISSN 3030-3907

majmuasiga ega bo‘lgan kompozitlar ishlab chiqildi. Maydalangan uglerod tolasi va POE-g-MAH kompatibilizatorini birgalikda qo‘llash polimer matritsa bilan uglerod tolasi orasida rivojlangan fazalararo sohaning shakllanishiga hamda adgezion o‘zaro ta’sirning kuchayishiga olib kelishi aniqlandi.

Komponentlarning fazalararo moslashuvchanligining yaxshilanishi mexanik kuchlanishlarning polimer matritsadan uglerod tolasiga yanada samarali uzatilishini ta’minlashi ko‘rsatildi. Natijada kompozitlarning elastiklik moduli, cho‘zilishdagi mustahkamligi va issiqlikka chidamliligi sezilarli darajada ortadi. Mustahkam fazalararo qatlamning shakllanishi va tolalarning yanada bir tekis taqsimlanishi materialning strukturaviy yaxlitligini oshirib, fazalararo buzilish ehtimolini kamaytiradi.

Olingan natijalar PP/UT/POE-g-MAH tizimidan avtomobilsozlik, elektrotexnika va boshqa sanoat tarmoqlarida qo‘llash uchun mo‘ljallangan, ekspluatatsion xossalari oldindan belgilangan konstruksion polimer kompozitlarni yaratishda foydalanish istiqbolli ekanligini tasdiqlaydi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Sottiqulov E.S., Turaev E.R., Beknazarov X.S., Jalilov A.T. Issledovanie vliyaniya nanonapolniteley na strukturu i svoystva polipropilena **[**Investigation of the effect of nanofillers on the structure and properties of polypropylene**].** Tashkent, Kompozitsionnye materialy, 2017, 4, 34–36.
2. Marino Xanthos., Functional Fillers for Plastics. Deutschland, Wiley-vch, 2010, 189–210.
3. Lipatov Yu.S. Fiziko-khimicheskie osnovy napolneniya polimerov [Physicochemical principles of polymer filling] Moscow, Khimiya, 1991, 235–264.
4. Zhang Y., Yijun Li., Xuewei He., Mechanical interlock effect between polypropylene/carbon fiber composite generated by interfacial branched fibers. Composites Science and Technology, 2018, 167, 1–6. –DOI: 10.1016/j.compscitech.2018.07.030.
5. Shaikh H., Effect of carbon fiber as secondary filler on the electrical, thermal and rheological properties of carbon fiber/polypropylene composites. Journal of Polymer Engineering, 2020, 38(6). –DOI: 10.1515/polyeng-2017-0121.
6. Hamid Yazdani , Nayereh Sadat M. The effect of different mixing methods on morphology and mechanical properties of PP/EPDM/talc blend. Polymer and polymer composites. Sage Journals 2021, 4636–4649. – DOI: 10.1177. /Journals.sagepub.com
7. Ji-un Jang, Sang Jun Youn, Seong Yun Kim and Min Park. Effect of polypropylene-grafted-maleic anhydride content on physical properties of carbon

ISSN 3030-3907

fiber reinforced polypropylene composites. Functional Composites and Structures, 2020, 2, –DOI 10.1088/2631-6331/abd374.

8. Varga LJ and Barany T. Development of polypropylene-based single-polymer composites with blends of amorphous poly-alpha olefin and random polypropylene copolymer. Polymers, 2020, 12, 1429.

9. Zhenxian Chen, Yingying Wang, Zhao Li, Control of nano-cavitation in semi-crystalline polymer nanocomposites during uniaxial tension: In situ synchrotron X-ray study. Elsevier, 2024, 296, 126786.

10. Karsli N.G., Aytac A. Effects of maleated polypropylene on the morphology, thermal and mechanical properties of short carbon fiber reinforced polypropylene composites. Materials & Design, 2011, 32(7), 4069–4073. DOI: 10.1016/j.matdes.2011.03.021.

11. Harri Junaedi, Muneer Baig, Abdulsattar Dawood. Mechanical and Physical Properties of Short Carbon Fiber and Nanofiller-Reinforced Polypropylene Hybrid Nanocomposites. Polymers (Basel), 2020, 29,12(12), 2851. DOI: 10.3390/polym12122851

ISSN 3030-3907