

**POLIMERLAR KIMYOSI VA FIZIKASI INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH
ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

POLIMERLAR KIMYOSI VA FIZIKASI INSTITUTI

BERDINAZAROV QODIRBEK NURIDIN O‘G‘LI

**POLIPROPILEN VA UNING ASOSIDAGI POLIMER ARALASHMALARDA
NANOSTRUKTURALAR TURINI HOSIL QILISH, TUZILISHI VA
XUSUSIYATLARI**

**01.04.06 – Polimerlar fizikasi
02.00.12 – Nanokimyo, nanofizika va nanotexnologiya**

**FIZIKA - MATEMATIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent – 2023

**Fizika - matematika fanlari bo‘yicha falsafa (PhD) doktori
dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
физико – математическим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on Physics and
Mathematics sciences**

Berdinazarov Qodirbek Nuridin o‘g‘li Polipropilen va uning asosidagi polimer aralashmalarda nanostrukturalar turini hosil qilish, tuzilishi va xususiyatlari.....	3
Бердиназаров Кодирбек Нуридин угли Формирование, строение и свойства наноструктур в полипропилене и полимерных смесях на его основе	21
Berdinazarov Qodirbek Nuridin ugli Formation of various nanostructures in polypropylene and polymer blends based on it, structure and properties.....	39
E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati Список опубликованных работ List of published works.....	43

**POLIMERLAR KIMYOSI VA FIZIKASI INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH
ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

POLIMERLAR KIMYOSI VA FIZIKASI INSTITUTI

BERDINAZAROV QODIRBEK NURIDIN O‘G‘LI

**POLIPROPILEN VA UNING ASOSIDAGI POLIMER ARALASHMALARDA
NANOSTRUKTURALAR TURINI HOSIL QILISH, TUZILISHI VA
XUSUSIYATLARI**

**01.04.06 – Polimerlar fizikasi
02.00.12 – Nanokimyo, nanofizika va nanotexnologiya**

**FIZIKA - MATEMATIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent – 2023

Fizika - matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.2.PhD/FM890 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Polimerlar kimyosi va fizikasi institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (polchemphys.uz) va «Ziyonet» axborot-ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Ashurov Nigmat Rustamovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Abduraxmonov Umarbek
fizika - matematika fanlari doktori, professor

Ataxanov Abdumutolib Abdupatto o'g'li
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

“Fan va taraqqiyot” Davlat unitar korxonasi

Dissertatsiya himoyasi Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti huzuridagi DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01 raqamli Ilmiy kengashning 2023 yil «__» _____ soat _____ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100128, Toshkent shahri, Abdulla Qodiriy ko'chasi, 7^b uy. Tel.:(+99871) 241-85-94, faks: (+99871) 241-26-61, e-mail: polymer@academy.uz).

Dissertatsiya bilan Polimerlar kimyosi va fizikasi institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (__ raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100128, Toshkent shahri, Abdulla Qodiriy ko'chasi, 7^b uy. Tel.:(+99871) 241-85-94).

Dissertatsiya avtoreferati 2023 yil «__» _____ kuni tarqatildi.

(2023 yil «__» _____ dagi __ raqamli reyestr bayonnomasi).

S.S.Negmatov

Ilmiy darajalar beruvchi bir martalik Ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor, akademik

I.N.Nurgaliyev

Ilmiy darajalar beruvchi bir martalik Ilmiy kengash ilmiy kotibi, f.-m.f.d., katta ilmiy xodim

S.Sh.Rashidova

Ilmiy darajalar beruvchi bir martalik Ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, k.f.d., professor, akademik

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyoda polimer materiallarning qo'llanilish sohalari kengayib borishi polimer materiallarning elastik mustahkamligi va maxsus xususiyatlarini oshiradigan innovatsion yondashuvlarni talab qiladi. Yangi polimer turlarini ishlab chiqarishga qaratilgan texnologiyalarni ishlab chiqish va uni sanoatga joriy qilishdan ko'ra ancha tejamkor bo'lgan mavjud polimerlar asosida yangi polimer materiallarini yaratish alohida dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

Bugungi kunda jahonda nanostrukturali polimer aralashmalar va to'ldirilgan polimer kompozitlarni yaratish, material¹larning xususiyatlari bilan morfologik va strukturaviy xususiyatlari o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlashga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar jadal olib borilmoqda. Bu borada tarkibiga qatlamli silikat (organik modifikatsiyalangan montmorillonit) nanokompozitlarini kiritgan holda kristallanuvchi polipropilen va poliamid-6 polimerlari asosida ko'pkomponentli nanostrukturali polimer kompozit materiallarini olish muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

Respublikamizda mahalliy xomashyolar asosida import o'rnini bosuvchi va eksportga mo'ljallangan raqobatbardosh yangi polimer nanokompozitlar va aralashmalar yaratish sohasini rivojlantirishda ilmiy izlanishlarni yuqori darajada tashkil etish va mahalliy poliolfenlar asosida yangi xossalarga ega materiallar sohasini rivojlantirish bo'yicha keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, polimer kompozitlar va aralashmalarni yaratish borasida muhim natijalarga erishilmoqda. O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida¹ hamda 2030- yilgacha bo'lgan ilm- fanni rivojlantirish konsepsiyasida² "...mahalliy xomashyo resurslarini chuqur qayta ishlash asosida yuqori qo'shimcha qiymatli tayyor mahsulot ishlab chiqarish..." vazifalari belgilab berilgan. Bu borada kristallanuvchi polipropilen va poliamid-6 polimerlari asosida tarkibga qatlamli silikat nanozarrachalarini kiritgan holda, ko'pkomponentli nanostrukturali polimer kompozit materiallarini shakllantirish usullarini boshqarib, xususiyatlarni yaxshilash va qo'llanilish sohasini kengaytirishga yo'naltirilgan ilmiy-amaliy tadqiqotlar muhim ahamiyatga ega.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018- yil 17- yanvardagi PQ- 3479-sonli "Mamlakat iqtisodiyoti tarmoqlarining talab yuqori bo'lgan mahsulot va xom ashyo turlari bilan barqaror ta'minlash chora-tadbirlari to'g'risida"gi, 2021-yil 13-fevraldagi PQ-4292-sonli "Kimyo sanoatini korxonalarini yanada isloh qilish va moliyaviy sog'lomlashtirish, yuqori qo'shilgan qiymatli kimyoviy mahsulotlar ishlab chiqarishni rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori, 2021-yil 19-martlagi PQ-5032-sonli "Fizika sohasidagi ta'lim sifatini oshirish va ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28- yanvardagi PF-60-son "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risidagi" Farmoni.

² O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 29-oktyabrdagi PF-6097-son "Ilm-fanni 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risidagi" Farmoni.

Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalarini rivojlanishi ustuvor yoʻnalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot Respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII. “Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar” ustuvor yoʻnalishlariga muvofiq bajarilgan.

Muammoni oʻrganilganlik darajasi. Dunyoning koʻpgina mamlakatlarida polimer kompozitlar va aralashmalarning xususiyatlarini oʻrganish hamda amaliyotda qoʻllash boʻyicha ilmiy izlanishlar jadallik bilan olib borilmoqda. Chop etilgan ishlarning koʻpchiligi polimer matritsada toʻldiruvchi yoki dispers faza zarrachalarini taqsimotini yaxshilash imkoniyatlari va bunda kompatibilizatorlarning nanostrukturaviy morfologiyani barqarorlashtirishda roli va ahamiyati va fazalararo adgeziyani oshirishning xususiyatlarga taʼsirlarini oʻrganishga bagʻishlangan. Polimer kompozitlar va aralashmalarda nanotuzilmalarni hosil qilishning asosiy bosqichlarini nazariy jihatdan yondashuvlar asosida ularning mexanizmlarini oʻrganish boʻyicha ilmiy yoʻnalishni rivojlantirishga C.Macoska, G.Groeninckx, P.Moldenaers, K.Zdiri, Y.Dong, M.Afshari, P.Motamedi, M.Almeida, H.Dennis, N.S. Yenikolopov, A.A.Berlin, Y.S. Lipatov, V.N.Kuleznev, V.G.Kulichixin va bir qator ilmiy maktablar hissa qoʻshishgan. Polipropilen (PP), poliamid-6 (PA6) va qatlamli silikatlar asosidagi polimer kompozitlar va aralashmalarda toʻldiruvchi yoki dispers faza taqsimotini yaxshilashda kompatibilizatorlar muhim ahamiyatga ega ekanligiga I.Vermesch, B. Favis, Z.Fang, A.Wilkinson, J.Duvall va boshqa olimlarning ilmiy tadqiqot ishlarini taʼkidlab oʻtish zarur.

Respublikamizda mazkur yoʻnalish rivojiga akademiklar S.Sh. Rashidova, S.S. Negmatov, professorlar A.T. Jalilov, N.R. Ashurov va boshqalar oʻz ilmiy izlanishlari bilan ushbu yoʻnalishdagi tadqiqotlardagi muammolarni hal etishga oʻz hissalarini qoʻshgan.

Ushbu izlanishlarga qadar adabiyotlarda koʻpkomponentli nanostrukturali polimer tizimlariga asoslangan tadqiqotlarda strukturaning shakllanishi muammolari va ularning reologik xossalarga taʼsiri, kristallanish va erish jarayonlarining xususiyatlari, morfologiya hosil boʻlish dinamikasi va ularning materialning elastik-mustahkamlik va maxsus xususiyatlari bilan bogʻliqligi yetarlicha oʻrganilmagan. Mazkur yoʻnalishda fundamental va amaliy izlanishlarni amalga oshirish PP asosida yuqori ekspluatatsiyon xossalarga ega polimer nanokompozitlar va polimer aralashmalar olish istiqbollari yuzaga keltiradi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bogʻliqligi.

Dissertatsiya ishi Polimerlar kimyosi va fizikasi institutida bajarilayotgan “Oʻzbekistonda ishlab chiqarilgan poliolefinlar asosida nanokompozitsion polimer – polimer aralashmalar materiallari” mavzusidagi fundamental loyihasi (2020-2024 y.) va Belarussiyaning Yakuni Kupal nomidagi Grodny davlat universiteti hamkorligidagi MRB-AN-2019-18 “Texnologik uskunalari va transport komunikatsiyalarining funksional elementlari uchun nanokompozit termoplast materiallari” mavzusidagi qoʻshma ilmiy amaliy loyiha (2019-2021 yy.) doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi polipropilen va poliamid-6 asosidagi polimer aralashmalarida nanotuzilmalarni hosil qilish va bu tuzilmalarni polimer

aralashmalarining morfologiyasini shakllantirishdagi rolini va ularning o'zaro reologik, termik va elastik-mustahkamlik xususiyatlariga ta'sirini aniqlashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

- modifikatsiyalangan qatlamli silikatlar bilan PP va PA6 kompozitlarida nanotuzilmalar hosil qilish asoslarini o'rganish;

- turli nisbatlarda PP/PA6 polimer aralashmalariga malein guruhleri tutgan PP kompatibilizator sifatida kiritib hosil bo'ladigan strukturalarni o'rganish, aralashmalarning reologik xossalari orqali morfologiya rivojlanish dinamikasini boshqarish;

- PP/PA6 polimer aralashmalarining boshlang'ich komponentlarini qatlamli silikatlar asosidagi nanokompozitlar bilan almashtirish orqali morfologiya rivojlanishi va reologik xususiyatlarga nanokompozitlarning ta'sirini qiyosiy baholash;

- aralashmalarning termik xususiyatlari - kristallanish va erish jarayonlariga komponentalar tarkibidagi nanostrukturalarning ta'sirini baholash;

- ko'pkomponentli nanostrukturali polimer aralashmalarining elastik-mustahkamlik xususiyatlarini o'rganish va aralashmalarning olish sharoitlari va strukturaviy xususiyatlari o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash.

Tadqiqot ob'yekti – izotaktik PP, PA6, ularning qatlamli silikatlar (Cloisite15A, Cloisite20A va Cloisite30B) asosidagi nanokompozitlari va ko'p komponentli nanostrukturali polimer aralashmalari.

Tadqiqotning predmeti PP, PA6 va qatlamli silikatlar (Cloisite20A va Cloisite30B) kompozitlarda va malein guruhleri payvandlangan polipropilen (MA-p-PP) ishtirokidagi PP/PA6 polimer aralashmalarda nanostrukturalar hosil bo'lishini aniqlash, PP/PA6 aralashmalariga ularning qatlamli silikatlar asosidagi nanokompozitlarni qo'shgan holda ko'pkomponentli tizimlarning strukturaviy va elastik-mustahkamlik xususiyatlari o'rtasidagi korrelyatsiyon bog'liqligini aniqlash.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqotlarda reologik tahlillar, skanerlovchi elektron mikroskopiya, rentgen nurlari difraksiyasi tahlili, diferensial skanerlovchi kalorimetr, termo-gravimetrik analiz va mexanik tahlil usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

kompatibilizator tarkibi va aralashtiruvchi qurilmalarning konstruktiv xususiyatlariga bog'liq bo'lgan, PP asosidagi interkalyatsiyalangan va eksfoliatsiyalangan nanostrukturalarni shakllantirish shartlari aniqlandi;

ilk bor PP/PA6 aralashmasida PP va PA6 asosidagi nanokompozitlarning kompatibilizatsiyalash - dispers fazaning nano o'lchamlardagi zarrachalarini barqarorlashtiruvchi effekti topildi;

ilk bor nanokompozitlar ishtirokidagi aralashmalarda komponentalarining erishi va kristallanish haroratlarida sezilarli o'zgarishlar aniqlandi (PA6 matritsa bo'lgan hollarda uchta erish cho'qqisi paydo bo'lib, nomukammal kristallitlar hosil bo'lishi tufayli polipropilen fazasining erish temperaturasi sezilarli pasayadi. PP matritsa bo'lganda esa PA fazasi kristallanmasdan amorf holatda qoladi);

eksfoliatsiyalangan PA6 nanokompozitlari interkalyatsiyalangan PP (15%) bilan solishtirganda elastiklik moduli va mexanik kuchlanish (50% dan ortiq) ni kuchaytirishda samaraliroq ekanligi aniqlandi, xuddi shu tendensiya ularning aralashmalarida ham namoyon bo'ladi, klassik kompatibilizator va PP

nanokompozitlari aralashmasi optimal mexanik xossalar - elastiklik moduli (30%), mexanik kuchlanish (55 MPa) va yaxshilangan deformatsiya qiymatlarini (360%) namoyon etishi aniqlandi.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

PP va qatlamli silikatlar asosidagi polimer kompozitlarda nanostrukturalarni shakllantirish uchun optimal sharoitlar va komponentalarning optimal nisbatlari aniqlangan;

interkalyatsiyalangan, eksfoliatsiyalangan tuzilmalar va ularni turlicha nisbatlarda hosil qilish, texnologik asbob-uskunalarining turi (plastograf, bir va ikki shnekli ekstruder) ga bog'liq bo'lishi aniqlangan;

matritsa yuqori modulli komponenta (PA6) bo'lganda aralashmalar uchun elastiklik moduli va oquvchan holatga o'tishdagi kuchlanish qiymatlari oshishi yaqqolroq namoyon bo'ldi, nanokompozitlar asosida kompatibilizatsiyalangan PP/PA6 aralashmalarining faqat morfologiyasi yaxshilanib, fazalararo adgeziya muammosi yechilmasdan, adgeziya faqat MA-p-PP asosidagi kompatibilizatorni kiritish bilan kuchayishi topilgan;

elastiklik modulining ortishi organik modifikatsiyalangan montmorillonit (OMMT) zarrachalari eksfoliatsiyalanganda yuzaga kelsa, oquvchan holatga o'tishdagi kuchlanish klassik kompatibilizator MA-p-PP kiritilganda ortishi namoyon bo'lgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. PP, PA6 va qatlamli silikatlar asosidagi nanokompozitlar va polimer aralashmalarining xossalarini o'rganish bo'yicha o'tkazilgan tajribalar natijalari zamonaviy fizik-kimyoviy usullar bilan aniqlangan. Tadqiqot natijalari asosida polimer dispers fazasi va modifikatsiyalangan qatlamli silikat zarrachalari dispersiyasi bilan kechadigan fizik-kimyoviy jarayonlar kinetikasi nazariyasiga muvofiq xulosalar chiqarilgan. Olingan ilmiy-amaliy natijalar matematik usullar yordamida hisoblanib, xalqaro va respublika ilmiy anjumanlarida muhokamalar qilingan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati polimer nanokompozitlar va polimer aralashmalar olishda optimal sharoitlar va tarkiblar hamda xususiyatlarni boshqarish mexanizmlarini aniqlashdan iborat. PP, PA6 va qatlamli silikatlar asosida mexanik mustahkam va termik barqaror polimer nanokompozitlar va polimer aralashmalar olingan.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati import o'rinini bosuvchi, eksportga yo'naltirilgan yuqori ekspluatatsiyon xossalarga ega polimer nanokompozitlar va polimer aralashmalar yaratishdan iborat. Yaratilgan polimer nanokompozitlar va polimer aralashmalar an'anaviy polimer materiallardan ko'ra mexanik mustahkam va termik barqaror ekanligi ko'rsatilgan.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. "Polipropilen va uning asosidagi polimer aralashmalarda nanostrukturalar turini hosil qilish, tuzilishi va xususiyatlari" bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

O'zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligining foydali modelga patenti olingan (FAP 01873, 25.03.2021 y.). Natijada polimer nanokompozitlar va polimer aralashmalar asosidagi materiallar sanoatda ishlatiladigan metal konstruksiyalar o'rnini bosuvchi arzon va sifatli detallardan foydalanish imkonini bergan;

PP, PA6 va qatlamli silikatlar asosidagi polimer nanokompozitlar va polimer aralashmalar “Fan va taraqqiyot” DUK da Davlat ilmiy-texnika dasturi doirasida 2018-2020 yillarda bajarilgan Ф-7-93- sonli “Turli xil maqsadga yo‘naltirilgan samarali kompozitsiyon polimer materiallarni olish uchun kompozitsiyalar komponentlarini fizik-kimyoviy o‘zaro ta’sir mexanizmini tadqiq etish va ularning xossalarini o‘zgarishi va boshqarilish qonuniyatlarini o‘rganish” mavzusidagi fundamental loyihada qo‘llanilgan (Toshkent davlat texnika universiteti “Fan va taraqqiyot” DUK ning 2023 yil 8-iyundagi 485-01 sonli ma’lumotnomasi). Natijada polimer matritsada to‘ldiruvchini gomogen taqsimlash va kristal strukturasi boshqarish orqali polimer kompozitlarning mexanik xususiyatlarini yaxshilashga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiya bo‘yicha olingan asosiy natijalar 4 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma’ruza qilingan va muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e’lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 11 ta ilmiy ish chop etilgan, bulardan O‘zbekiston Respublikasi Oliy Attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy nashrlarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 5 ta ilmiy maqola, jumladan, 2 ta respublika va 3 ta xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish qismi, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 108 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsad va vazifalari, obyektlari va predmetlari belgilangan, O‘zbekiston Respublikasida fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, uning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslangan, nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etish istiqbollari bo‘yicha xulosa qilingan hamda nashr etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Polipropilen asosidagi polimer kompozitlar va aralashmalarda nanotuzilmalar hosil qilish”** nomli birinchi bobida PP, PA6 va qatlamli silikatlar asosida polimer kompozitlarda va polimer aralashmalarda nanotuzilmalar hosil qilishning nazariy asoslari va xorijiy ilmiy nashrlarda e’lon qilingan suyuqlanmada polimer aralashma va kompozitlarni shakllantirish bo‘yicha tajribaviy natijalar, morfologiya rivojlanishi, kompatibilizatorning taqsimotini va mexanik xossalarini yaxshilashdagi rolga bag‘ishlangan adabiyotlar sharhi keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Tadqiqot ob’yektlari va usullari”** nomli ikkinchi bobida tadqiqot obyektlari, aralashtirish jarayonlari amalga oshirilgan qurilmalar (bir shnekli, ikki shnekli ekstruderlar va plastograf), mexanik va reologik tahlillar uchun namunalar tayyorlash usullari, termik, mexanik, morfologik, reologik va strukturaviy xususiyatlarini tekshirish usullari bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

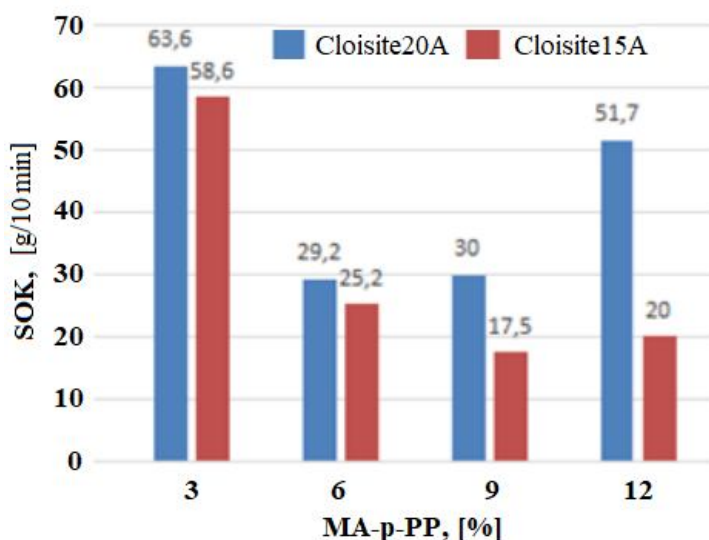
Dissertatsiyaning “Polipropilen va qatlamli silikatlar asosidagi nanostrukturali kompozitsion materiallar” nomli uchinchi bobi PP va modifikatsiyalangan 2 xil qatlamli silikat – MMT asosidagi polimer kompozitsiyon materiallarda interkalyatsiyalangan va eksfoliatsiyalangan nanotuzilmalar hosil bo‘lish mexnizmlari va kompozitsiyon materialning reologik, mexanik va termik xususiyatlari o‘rganilib bu xususiyatlarga nanotuzilmalarning ta’sirini o‘rganishga bag‘ishlangan.

Dastlab aralashtirish jarayonidagi termo-mexanik ta’sirlarning PP ga ta’siri o‘rganilgan. PP turli xil termik va mexanik ta’sirlar va bu jarayonlarda suyuqlanma holatida bo‘lgan PP ga havo tarkibidagi kislorodning ta’siri o‘rganilgan. PP qayta ishlash jarayonida asosan zanjir uzilish natijasida makro molekulyar o‘zgarishlarga uchrashi va bu degradatsiyon jarayonlar kristal struktura va mexanik xossalarda o‘z aksini ko‘rsatishi aniqlangan.

PP va qatlamlar orasidagi modifikator miqdori bilan farq qiluvchi ikki xil OMMT – Cloisite15A va Cloisite20A asosidagi kompozitlarga to‘ldiruvchilar bir xil 3 mas.% miqdorida kiritilib, MA-p-PP kompatibilizatorning miqdori o‘zgartirilib borildi.

Olingan polimer kompozitsiyon materiallarning oquvchanlik xususiyatlarini tahlil qilish suyuqlanmaning oquvchanlik ko‘rsatkichi (SOK) usuli orqali o‘rganilganda PP ga MA-p-PP kiritilishi uning oquvchanligini oshirishi ma’lum bo‘ldi.

MA-p-PP ning molekulyar og‘irligining kichikligi sababidan PP bilan aralashtirilganda oquvchanlik ortib qovushqoqlik kamayib boraveradi. Kompozitlarda esa bu biroz boshqacha kechadi, ya’ni MA-p-PP miqdorining ortishi 1-rasmda ko‘rsatilganidek o‘zgarib boradi.



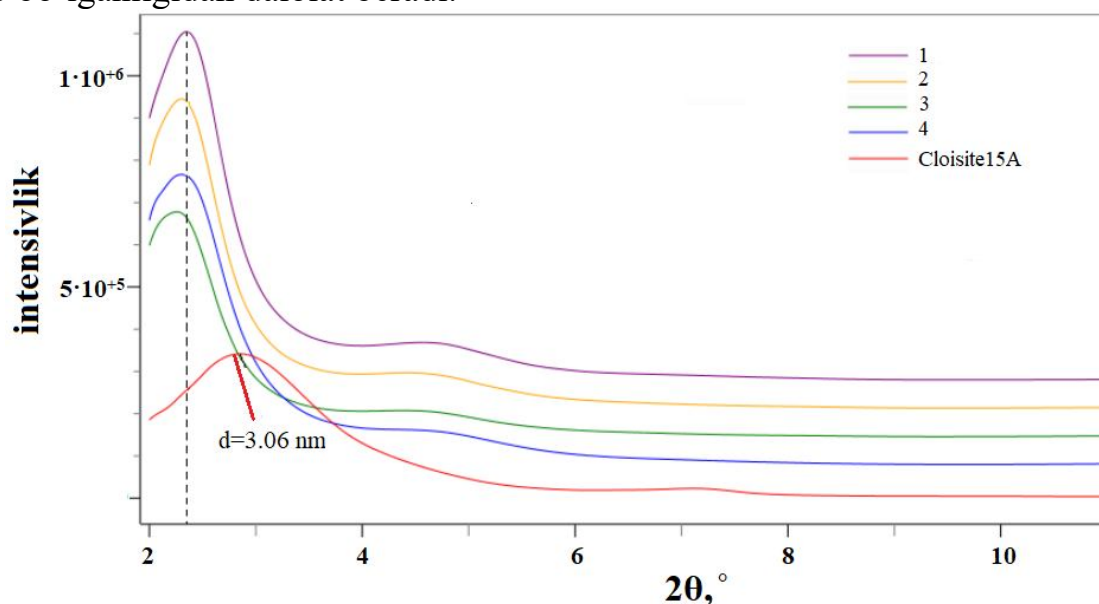
1-rasm. PP, Cloisite15A va Cloisite20A asosidagi polimer kompozitlar tarkibidagi MA-p-PP miqdorini suyuqlanmaning oquvchanlik ko‘rsatkichiga ta’siri

PP va MA-p-PP aralashmalaridan farqli ravishda kompozitlar oquvchanlik ko‘rsatkichlari MA-p-PP ning miqdori ortishi bilan bir tekisda ortib bormasdan, Cloisite15A da 9 mas.% gacha kamayib borib, 12 mas.% ga yetganda biroz ortadi. Cloisite20A asosidagi kompozitlarda esa 6 mas.% da eng kichik oquvchanlik qiymatlarini namoyon etib, 9 va 12 mas.% larda yana ko‘tarilishni boshlaydi. Bu jarayon PP va qatlamli silikatlarining o‘zaro ta’sirini yuzaga keltiradigan kompatibilizator vazifasini bajaruvchi MA-p-PP ning aralashtirish jarayonida ma’lum bir qismi qatlamli silikatlar qatlamlari orasidagi hajmga kirishi, qolgan qismi esa PP

fazada qolishi bilan bog'liq. Cloisite15A da 9 mas.% gacha bo'lgan MA-p-PP qatlamlararo hajmga yetib borsa, Cloisite20A da 6 mas.% miqdordagi MA-p-PP kompozitlar uchun kompatibilizatorga to'yinish miqdoridir.

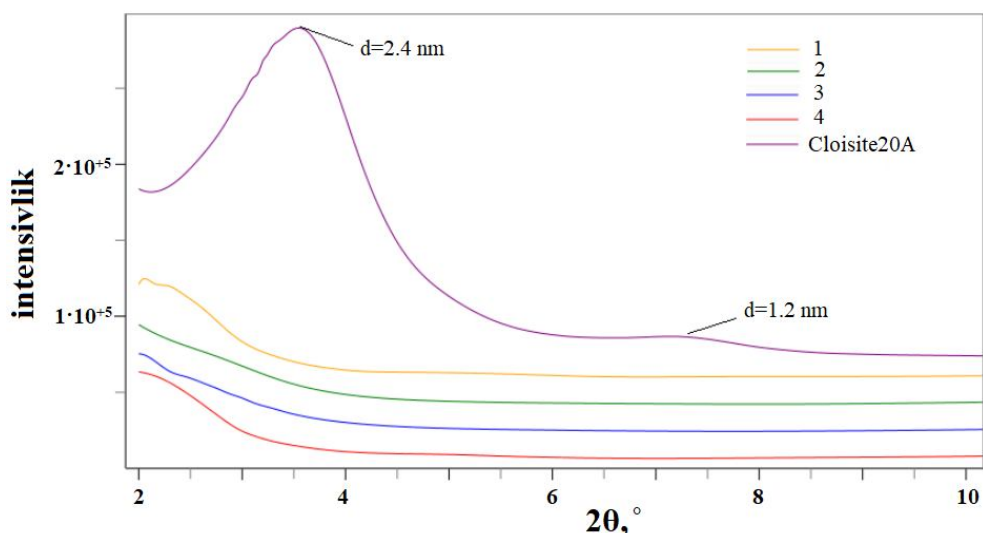
Rentgen nurlari difraksiyasi (RND) usuli kristal tuzilmalarni tahlil qilish uchun qo'llaniladigan usul bo'lib, u interferensiyalangan monoxromatik rentgen nurlarini difraksiyasini o'rganishga asoslangandir. MMT ham o'zaro parallel joylashgan qatlamlardan tashkil topganligi sababli kristal tuzilma hisoblanadi. Kompozitlar olish jarayonida polimer makromolekulalarining qatlamlar orasiga kirishi natijasida bu kristal strukturada o'zgarishlar amalga oshadi. Shunga ko'ra RND tahlillari PP matritsada OMMT zarrachalarini taqsimotini o'rganishda samarali usul hisoblanadi.

2-rasmda PP, MA-p-PP va Cloisite15A asosidagi polimer kompozitlarning kichik burchaklardagi RND egri chiziqlari keltirilgan bo'lib, qatlamlararo masofa $d=3.06$ nm bo'lgan Cloisite15A polimer makromolekulalari qatlamlar orasiga kirishi natijasida bu masofa kengayib, 9 mas.% MA-p-PP kompatibilizator sifatida kiritilgan namunada 3.95 nm gacha ortadi. Bundan tashqari, 9 mas.% MA-p-PP kiritilgan namunada intensivlik eng kichik qiymatlarni tashkil etishi interkalyatsiyalangan tuzilmalardan tashqari malum bir miqdorda eksfoliatsiyalangan tuzilmalarning ham paydo bo'lganligidan dalolat beradi.



2-rasm. PP, MA-p-PP va Cloisite15A asosidagi polimer kompozitlarning difraktogrammalari, MA-p-PP miqdori 1-3%, 2-6%, 3-9% va 4-12%.

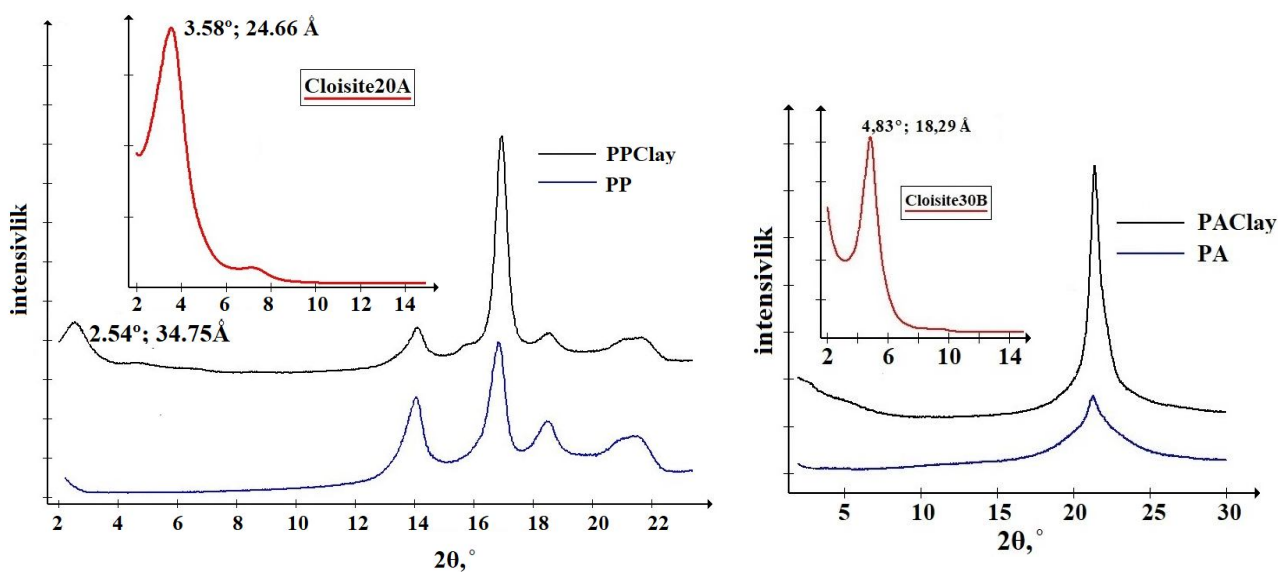
Cloisite20A asosidagi polimer kompozitlarda esa 3 mas.% MA-p-PP ishtirokida olingan 20A3 namunadan tashqari barcha tarkiblarda eksfoliatsiyalangan strukturalar yuzaga kelgani 4-rasmda tasvirlangan. Qatlamlari orasidagi masofa $d=2,4$ nm bo'lgan Cloisite20A ning $3,6^\circ$ dagi intensiv cho'qqi kichik burchaklarga siljib ko'rinmay ketishi qatlamlarning o'zaro parallelligini yuqotib PP matritsada qalinligi 1 nm bo'lgan individual disklar sifatida taqsimlanishidan dalolat beradi. 15A3 namunada esa eksfoliatsiyalanish uchun zarur bo'lgan funksiyonal guruhlar (kompatibilizator)ning yetishmasligi natijasida interkalyatsiyalangan strukturalar hosil bo'ladi.



3-rasm. PP, MA-p-PP va Cloisite20A asosidagi polimer kompozitlarning difraktogrammalari, MA-p-PP miqdori 1-3%, 2-6%, 3-9% va 4-12%.

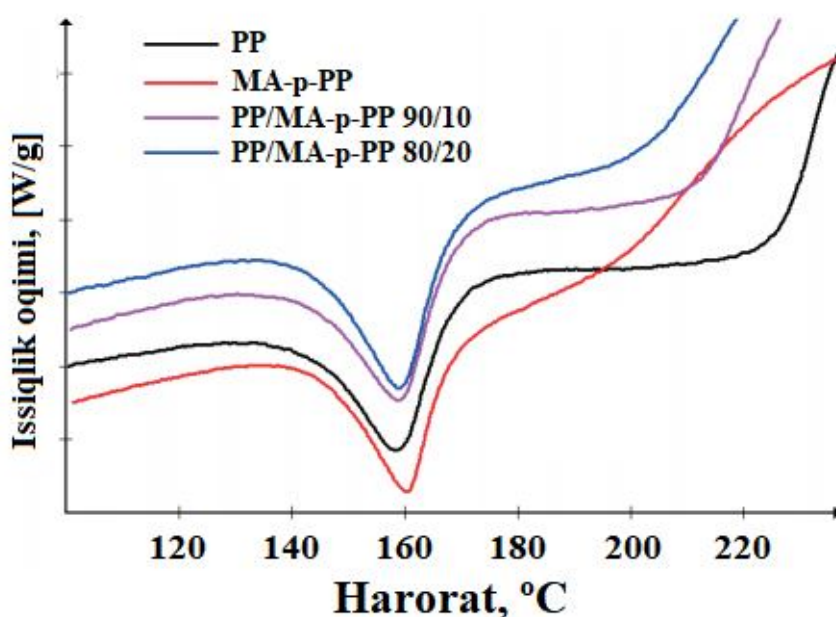
Reologik va RND tahlillari natijalari PP matritsada Cloisite15A interkalyatsiyalangan, Cloisite20A eksfoliyatsiyalangan tuzilmalar hosil qilishi aniqlandi.

Ikki shnekli ekstruderda PP, PA6 va OMMT asosida olingan kompozitlarning RND natijalari 4-raslarda ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki PP va Cloisite20A kompozitlarida qatlamlar orasiga PP makromolekulalari kirishi natijasida d masofa 24.66 dan 34.75 Å gacha ortib interkalyatsiyalangan nanotuzilmalar hosil bo'ladi. PA6 va Cloisite30B kompozitlarida qatlamlar orasidagi masofani ko'rsatuvchi 4.83° dagi cho'qqi tekislanib ketib eksfoliyatsiyalangan strukturalar hosil bo'ladi. Bu hosil bo'lgan strukturalarning kompozitsiyon materialning ekspluatatsiyon xususiyatlarga ta'sirlarini baholash uchun mexanik va termik (termogravimetrik analiz (TGA) va diferensial skanerlovchi kalorimetr (DSK)) tahlillari amalga oshirildi.



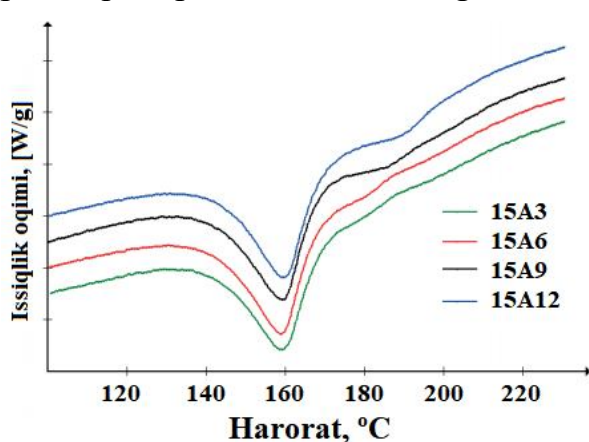
4-rasm. PP, PA6 va ularning qatlamli silikatlar bilan kompozitlarining difraktogrammalari

5-rasmda DSK natijalari keltirilgan bo‘lib, unda PP ga MA-p-PP qo‘shilishi natijasida aralashmada ro‘y beradigan termik jarayonlar tasvirlangan. PP 160°C da suyuqlangandan keyingi qizdirish ta‘sirida 220°C dan yuqori haroratlarda havodagi kislorod ta‘sirida oksidlanish jarayonlarini boshdan kechirib, degradatsiyaga uchraydi. MA-p-PP qovushqoq oquvchan holatga o‘tgandan so‘ng darhol oksidlanishni yuzaga keltiradi. Bu ikki komponentning aralashmalari esa har ikki tashkil etuvchining oraliq xususiyatlarini namoyon qilib, MA-p-PP ning miqdori ortishi bilan oksidlanish jarayoni ham nisbatan pastroq haroratlarda boshlanadi. Demak, MA-p-PP miqdori ortishi bilan oksidlanish jarayoni yanada tezlashadi.

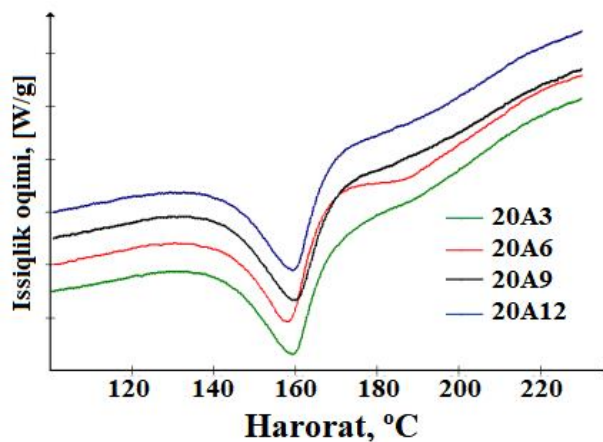


5-rasm. PP va MA-p-PP aralashmalarining DSK tahlili

Cloisite15A asosidagi kompozitlarda MA-p-PP ning miqdori ortishi bilan oksidlanish jarayoniga kirishish aksincha sekinlashganligini ko‘rish mumkin (6.a-rasm). Reologik hamda RND tahlillar natijalariga mos holda 9 va 12 mas.% MA-p-PP ni o‘z ichiga olgan namunalarda oksidlanish jarayonlari nisbatan sekinroq va pastroq temperaturalarda amalga oshadi.



a



b

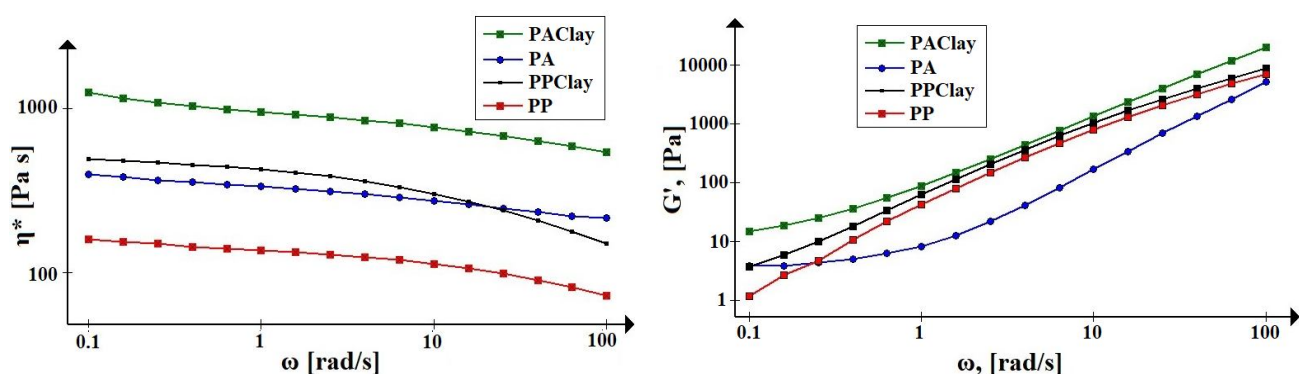
6-rasm. PP, MA-p-PP, Cloisite15A (a) va Cloisite20A (b) asosidagi polimer kompozitlarning DSK tahlillari,

Cloisite20A ishtirokidagi polimer kompozitlarda MA-p-PP 6 mas.% gacha miqdorida oshirilishi oksidlanish jarayoni boshlanish temperaturasini va jadalligini pasaytirib, kompatibilizator miqdorining yanada 9 va 12 mas.% larga ortishi yana oksidlanish jarayonini jadallashtirib yuboradi (6.b-rasm).

Kompozitlarda oksidlanish jarayonidagi o'zgarishlar nanostruktura shakllanishi natijasida havoni tarkibidagi kislorodning PP makromolekulariga yetib borishi mobaynida bosib o'tadigan yo'li uzunligini uzaytirib o'tkazuvchanlik xususiyatlarini yaxshilash bilan birgalikda termik barqoroligini oshirsa, PP makromolekularining Cloisite15A va Cloisite20A qatlamlari orasida qolishi ham zanjir uzulishi natijasida hosil boladigan uchuvchi moddalar va radikallarni bloklab, ro'y beradigan ikkilamchi reaksiyalarni oldini olib, termik barqororlikni yaxshilaydi.

Mexanik xususiyatlarni o'rganishda cho'zilish moduli (E), oquvchanlik holatiga o'tish kuchlanishi (σ) va deformatsiya (ϵ) qiymatlari o'lchandi. PP ga MA-p-PP qo'shilishi PP ning E va σ ni kamaytirib ϵ ni orttirib, uni yanada elastikroq bo'lishiga olib keladi. Cloisite15A asosidagi kompozitlarda, MA-p-PP ortishi bilan, PP/MA-p-PP aralashmasidan farqli o'laroq, E va σ ham ortadi. Aslida, to'ldiruvchining tarkibi o'zgarmas 3 % dir. Buning sababi, RND dan ko'rinib turganidek, matritsada nanoo'lchamlarda taqsimlangan qatlamli silikat zarralarining hosil bo'lishidir. Cloisite20A asosidagi kompozitlar uchun kompozitning MA-p-PP bilan to'yinganligi, MA-p-PP miqdori 6 % bo'lganda sodir bo'ladi. Mexanik xususiyatlar - E va σ ham aynan 20A6 namunada eng katta (mos ravishda 1090 va 37,6 MPa) qiymatlarni namoyon qiladi. Kompatibilizatorning qo'shilishi aralashtirish va quyish jarayonida kompozitning oksidlanishi hisobiga mexanik xususiyatlarning yana pasayishiga olib keladi.

Dissertatsiyaning «**Polipropilen va poliamid 6 asosidagi polimer aralashmalar**» nomli to'rtinchi bobida PP va PA6 asosidagi an'anaviy kompatibilizator ishtiroki va uning ishtirokisiz polimer aralashmalar bilan birgalikda PP, PA6 va qatlamli silikatlar asosidagi nanostrukturalarga ega bo'lgan aralashmalarning reologik, morfologik, termik, strukturaviy va mexanik xususiyatlari taqqoslanib o'rganilgan.



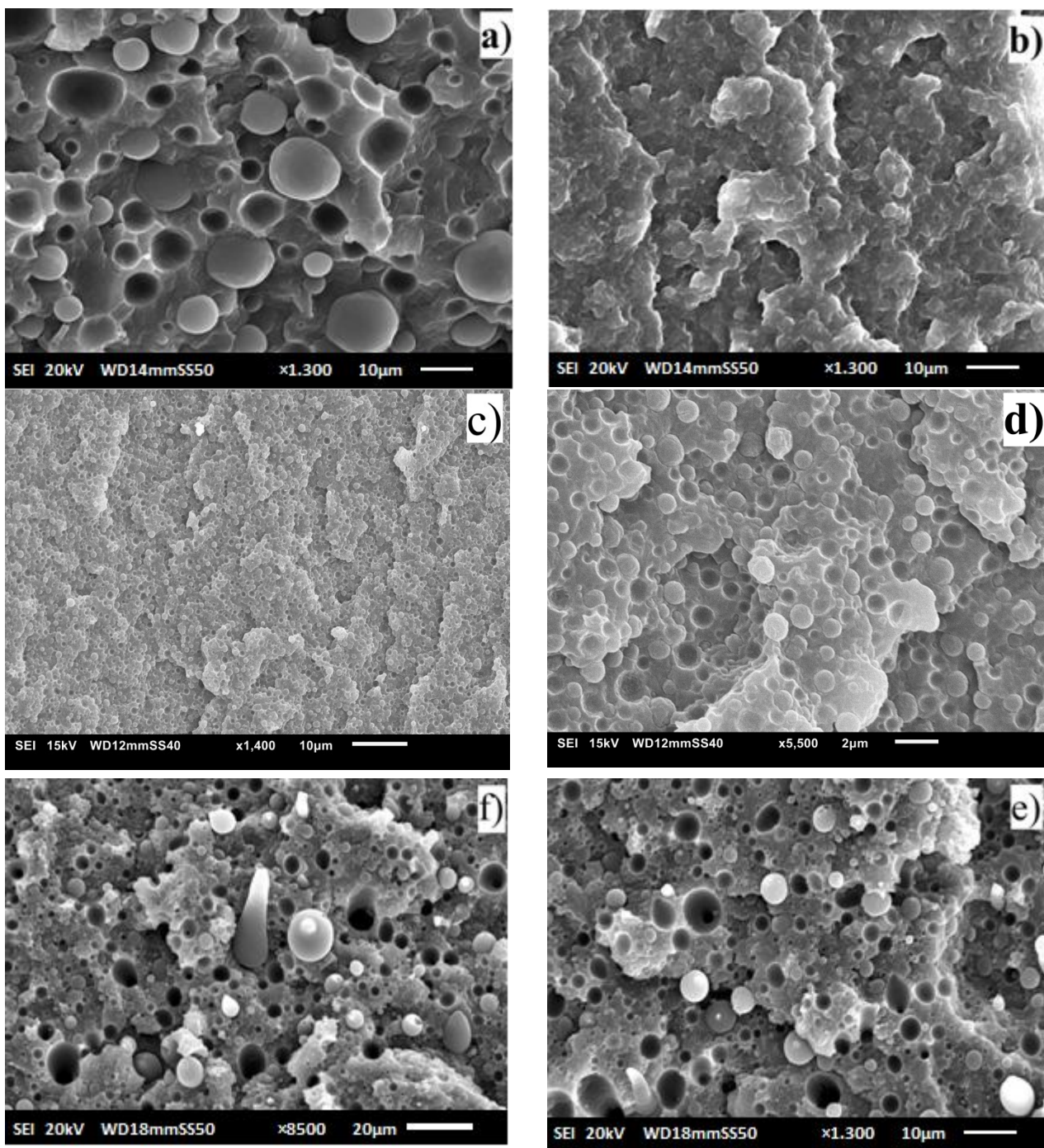
7-rasm. PP, PA6 va ular asosida 3 mas. % qatlamli silikatlar (Cloisite30B va Cloisite20A) ishtirokidagi kompozitlarning kompleks qovushqoqligi va dinamik moduli

7-rasmda modifikatsiyalangan MMT bilan PA6 va PP asosidagi aralashmalar va nanokompozitlardagi boshlang'ich komponentlarning kompleks qovushqoqligi va dinamik modulining o'zaro bog'liqligi misol sifatida keltirilgan. Xuddi shunday egri chiziqlar barcha kompozitsiyalar qovushqoqlik va dinamik moduli qiymatlari uchun ham olingan.

PA6 va PP uchun 1 rad/s (polimer aralashmasi hosil bo'lish shartlariga mos keladigan) siljish maydoni gradiyentida komponentlarning qovushqoqlik qiymatlari bir-biriga yaqin. Bu, esa o'z navbatida, dispers fazada zarrachalarni taqsimlash uchun zaruriy shart-sharoitlarni ta'minlaydi. Bundan tashqari, nanokompozitlarning qovushqoqligi qatlamli silikat zarrachalarining taqsimlanish darajasiga, ya'ni MMT qatlamlararo bo'shlig'iga makromolekulalar interkalyatsiyasi darajasiga bevosita bog'liq bo'lgan anizotropiya koeffitsientiga juda sezgir ekanligi ma'lum. Eksfoliatsiyalangan PA6 nanokompozitlarining qovushqoqligi interkalyatsiyalangan PP nanokompozitlari bilan solishtirganda sezilarli darajada yuqori.

Barcha namunalar uchun murakkab qovushqoqlik siljish maydoni gradiyentining oshishi bilan kamayadi. Toza komponentlar asosidagi PA/PP 80/20 va 50/50 aralashmalarga MA-p-PP kompatibilizator va qatlamli silikatlar to'ldiruvchi sifatida kiritilgandan so'ng, murakkab qovushqoqlik qiymatlari sezilarli darajada oshadi. PA/PP 80/20 va 50/50 aralashmalari uchun eng yuqori murakkab qovushqoqlik qiymatlari komponentlarga mos keladigan nanokompozitlar bilan almashtirilganda yani PAClay/PPClay 80/20 va 50/50 namunalarda kuzatiladi. Bunday reologik xususiyatlar aralashtirish jarayonida kompozitsiyaning tuzilishi bilan, ya'ni komponentlar o'rtasidagi o'ziga xos o'zaro ta'sirlarning turli darajadagi paydo bo'lishi bilan bog'liq. Yuqorida ta'kidlab o'tilgan kompozitsiyalarda PPClay tarkibidagi MA-p-PP mavjud bo'lib uning miqdori 6 % massani tashkil etadi. Ma'lumki MA-p-PP, PA6 makromolekulalari bilan reaksiyaga kirishib, PP bilan PA6 ning payvandlangan sopolimerini hosil qiladi. Bundan tashqari aralashtirish jarayonida PP ning degradatsiyasi ham kuzatilishi mumkin.

Skanerlovchi elektron mikroskop (SEM) ostida namunalarning kriyo-singan sirtini tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, kompatibilizator ishtirokidagi aralashmalardagi dispers faza zarrachalarining o'lchami an'anaviy PA/PP 80/20 aralashmalar bilan solishtirganda 7-8 baravar kichik ekanligini ko'rsatadi (8-rasm). Kompatibilizatorsiz olingan namunalar aralashmalari uchun sirtidan yulib olingan va sirtga yopishib turgan dispers fazaning zarralari aniq ko'rinadi. PP fazasini interkalyatsiyalangan PP nanokompoziti bilan almashtirishda bir xil tarkibdagi aralashma uchun PA fazasida bir tekis taqsimlangan dispers faza zarrachalarining o'lchami o'rtacha 500 ± 150 nm ni tashkil qiladi.



8-rasm. PA/PP aralashmasining 80/20 nisbatdagi namunalarning SEM tasvirlari. a) PA/PP, b) PA/PP/PP-g-MA, c) va d) PA/PPClay, e) va f) PAClay/PP.

Interkalyatsiyalangan PP nanokompoziti ushbu polimerlar aralashmasi uchun klassik MA-p-PP bilan solishtirganda samaraliroq kompatibilizator sifatida ishlaydi. PA fazasini eksfoliatsiyalangan PAClay nanokompoziti bilan almashtirish ham biroz kompatibilizatsiya ta'sirini ko'rsatadi (10-rasm e, f). Bu namuna dispers PP fazasining o'lchamlari 3-14 μm oralig'ida o'zgarib turadigan klassik aralashma bilan solishtirganda 1-8 μm keng intervalda zarracha hajmi taqsimotiga ega. Kompatibilizatsiya effektining yo'qligi eksfoliatsiyalangan MMT zarrachalari PA6 fazasining asosiy qismida taqsimlanganligi bilan bog'liq bo'lib, buning natijasida

dispers faza zarralarining birlashish (koalesensiya) jarayonida MMT ning qatnashmasligiga olib keladi. Xuddi shunday holat PA6 fazasi dispers faza vazifada bo'lgan PAClay/PP 20/80 namunada ham morfologiya rivojlanishida kuzatiladi

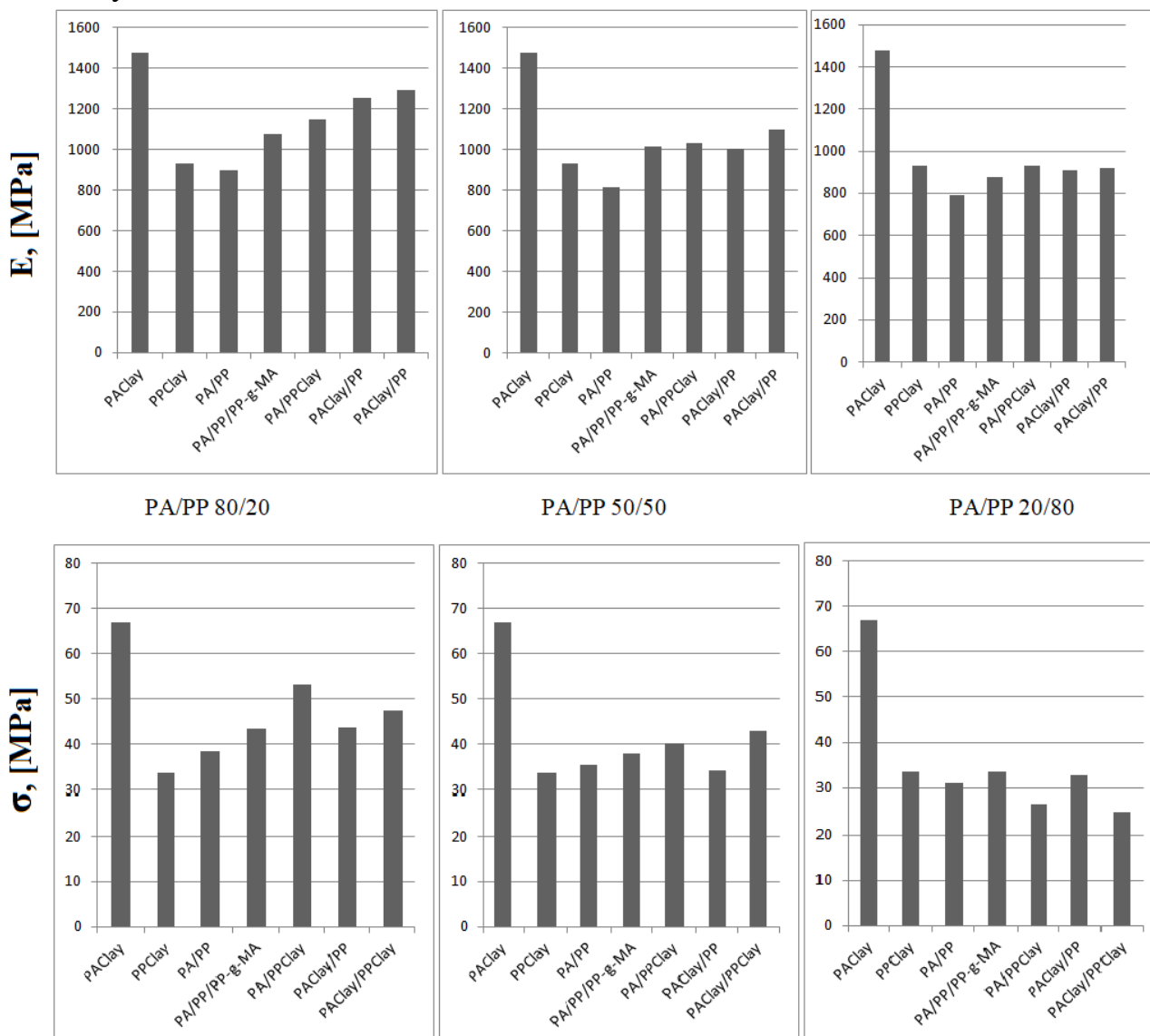
PA6 ning erish temperaturasi (T_e) $T_e = 224^\circ\text{C}$ bo'lib, bu adabiyot ma'lumotlariga mos keladi. 3% og'irlikdagi Cloisite30B ning kiritilishi T_e ni 212°C gacha pasaytiradi, dastlabki T_e ning kichik PA6 fazasi saqlanib qoladi. Bu hodisa, eksfoliatsiyalangan nanokompozitning hosil bo'lishi ya'ni PA6 peptid guruhining Cloisite30B yuzasidagi modifikator bilan intensiv o'zaro ta'siri bilan bog'liq bo'lib, natijada molekulyar harakatchanlikni cheklash orqali tuzilishda nomukammal kristallitlarning shakllanishi sodir bo'ladi. PA makrozanjirlarida nomukammal kristallitlar shakllanadi va ular nisbatan past haroratda erish jarayoni kuzatilishiga sabab bo'ladi. PPClay kompozitda esa PP, Cloisite20A ning qatlamlararo bo'shlig'ida interkalyatsiyalanishida bu sirtga kuchsiz bog'langanligi sababli PP ning T_e deyarli o'zgarishsiz qoladi, bu temperatura toza PP va uning kompozitsiyasi uchun $T_e = 162^\circ\text{C}$. PA6 va PP ning kristallanish harorati mos ravishda 170°C va 129°C haroratlarda namoyon bo'ladi.

Qatlamli silikatlar asosidagi nanokompozitlar olishda yakuniy kompozitning mexanik mustahkamlik xususiyatlariga xususan, elastiklik moduliga, fazalararo adgeziyadan tashqari, modifikatsiyalangan MMT dispersiyasi ham ta'sir qiladi, ya'ni anizotropiya koeffitsienti (aspect ratio - zarracha uzunligining qalinligiga nisbati).

PP, PA6 Cloisite30B va Cloisite20A bilan nanokompozitlari va shu jumladan ularning turli xil (80/20, 50/50, 20/80) nisbatdagi aralashmalari, elastiklik moduli (E), oquvchan holatga o'tish kuchlanishi (σ) va nisbiy uzayishi (ϵ) qiymatlari 9 - rasmda diagrammalar shaklida tasvirlangan. Bu diagramma bizga alohida komponentlardan ko'p komponentli kompozitsiyalarga o'tishda ushbu parametrlarning qanday o'zgarishini tahlil qilish imkonini beradi.

Elastiklik moduli qiymatlari polimerlar uchun biroz farq qiladi ya'ni PA6, PP ga qaraganda biroz kattaroq qiymatni ko'rsatadi, interkalyatsiyalangan PP nanokompozitda E ning qiymati PP bilan taqqoslaganda 10% ga oshadi va eksfoliatsiyalangan PA6 nanokompoziti uchun elastiklik moduli 50% dan ortiq yaxshilanadi, bu avvalgi tadqiqotlarda e'lon qilingan shunga o'xshash tadqiqotlarning natijalari bilan mos keladi. PA6 va Cloisite30B o'rtasidagi o'zaro ta'sirning mavjudligi sababli bu eksfoliatsiyalangan nanokompozit E va σ ning qiymatlari bo'yicha ko'proq o'sishni ko'rsatdadi. ϵ esa yuqorida ta'kidlab o'tilgan o'zaro ta'sirning mavjudligi hisoboga PA6 makromolekulalarining harakati cheklanishi va buning natijasida uning qiymatlarini kamayishi kuzatiladi. Interkalyatsiyalangan PP nanokompozitlarida esa MMT bilan PP makromolekulalari bevosita o'zaro ta'sirlashmasdan MA-p-PP orqali ta'sirlashadi, ya'ni malein angidridning malein guruhlari Cloisite20A ning sirti bilan ta'sirlashsa PP qismi, PP bilan termodinamik jihatdan moyil bo'lganligi uchun PP matritsada Cloisite20A ning taqsimotini

ta'minlaydi.



9-rasm. Olingan polimer aralashmalarining mexanik xususiyatlari gistogrammalari

PA6/PP 80/20 seriyadagi polimer aralashmalar uchun elastiklik moduli qo'shimchalar qoidasiga ko'ra oraliq qiymatlarni qayd etadi. MA-p-PP ni kompatibilizator sifatida kiritish orqali qovushqoqlikni kuchaytirib, elastiklik modulning 20% ga oshishiga olib keladi. PPni interkalyatsiyalangan nanokompozit bilan, PA6 ni eksfoliatsiyalangan nanokompozit bilan almashtirish va ularni kompatibilizator ishtirokisiz bir vaqtning o'zida almashtirish elastiklik modulining mos ravishda 28%, 40% va 44% ga oshishini namoyon qiladi. Mexanik mustahkamlik bo'yicha eng yaxshi qiymatlar PA asosidagi eksfoliatsiyalangan nanokompozitda namoyon bo'ladi, PP ning interkalyatsiyalangan nanokompozitida esa bu parametrlar sezilarli o'zgarishlarga uchramaydi.

Mexanik xususiyatlardagi shunga o'xshash o'zgarishlar PA6/PP aralashmasi kompozitsiyalari 50/50 va 20/80 uchun topilgan. Elastiklik modulining qiymati 24-30% oraliqda o'zgarib turadi, oquvchan holatga o'tishdagi kuchlanish esa o'rtacha 10% gacha o'zgaradi, ε esa 15% dan kamroq darajada tushadi. PA6 fazasi dispers

faza (20 mas.%) vazifasini bajaradigan kompozitsiyalarda elastiklik modulining dastlabki tarkibiga nisbatan o'zgarishi 15% dan oshmaydi, oquvchan holatga o'tishdagi kuchlanish deyarli o'zgarmaydi. PP ni, PP nanokompoziti bilan almashtirish va PPnanokompozitni, PA6 nanokompozit bilan bir vaqtning o'zida aralashtirishda σ qiymatlari 20% dan ko'proqqa kamayadi.

PA6 uzluksiz faza va PP dispers faza bo'lgan aralashmalarda kompatibilizatorni kiritish va asl komponentlarni almashtirish bilan elastik modulni oshirishning sezilarli ta'siri mavjud. Kompatibilizator ishtirokidagi kompozitsiyalar yaxshi fazalararo adgeziyani ta'minlab, PP dispers fazasining zarrachalarini bir xil taqsimlanishi tufayli, bu kompozitsiya yuqori elastik modul va deformatsiyalanish qobiliyatini (360%) namoyon qiladi. Olingan natijalar, keyingi tadqiqotlarda nanokompozitlar asosidagi tarkiblarga kompatibilizatorning maqbul miqdorini kiritish orqali, ham fazalararo adgeziyani kuchaytirib, ham polimer dispers fazasining taqsimotini yaxshilab kompozitsiyalar olish va sinovdan o'tkazish kerakligini ko'rsatadi.

XULOSA

“Polipropilen va uning asosidagi polimer aralashmalarda nanostrukturalar turini hosil qilish, tuzilishi va xususiyatlari” mavzusida falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. PP/Cloisite20A va PA/Cloisite30B tizimlarida interkalyatsiyalangan va eksfoliatsiyalangan nanostrukturalarning hosil bo'lish xususiyatlari aniqlandi (kompatibilizatoridan foydalangan holda va foydalanmasdan), bu tuzilmalarning hosil bo'lish darajasi va nisbati ko'p jihatdan PP kompozitsiyalarining molekulyar tuzilishiga, kompatibilizator va uning tarkibiy xususiyatlari, shuningdek, aralashtiruvchi qurilmalar (plastograf, bir va ikki shnekli ekstruder) ga bog'liqligi aniqlandi;

2. Birinchi marta PP/PA6 aralashmalariga qatlamli silikatlar asosida nanokompozitlarni kiritish yo'li bilan qovushqoqlikni ortishi tufayli dispers faza zarralarining birlashishi (koelessensiya) jarayonini sekinlashtirishga yordam berib, dispers fazaning nano o'lchamli zarrachalarini barqarorlashtirish bilan bog'liq bo'lgan kompatibilizatsiyon effekt topildi va bu effekt PA6 matritsa bo'lgan tarkiblarda yaqqolroq namoyon bo'ladi;

3. O'rganilayotgan tizimlar uchun erish harorati (T_e) va kristallanish (T_{kr}) sezilarli o'zgarishlarga uchrashi aniqlandi (PP/PA6 aralashmalarda PP matritsa bo'lgan kompozitsiyalar uchun, boshlang'ich T_e ga qo'shimcha ravishda, past haroratlar tomon siljigan uchta zaif erish cho'qqisi kuzatiladi, shunga o'xshash hodisa PP ni interkalyatsiyalangan nanokompozit bilan almashtirilgan aralashmalarda komponentlarning miqdori teng va PA6 matritsa bo'lgan kuzatiladi. Bu PA6 ning fraksiyonal kristallanishi - qatlamli silikatning alohida eksfoliatsiyalangan zarralari yuzasi va fazalar orasidagi hajmdagi ya'ni oraliq qatlamda hosil bo'ladigan kristallitlarning mukammalligi bilan tavsiflanadi. Hech bir fazaning T_{kr} qiymatlari deyarli o'zgarmaydi, faqatgina PP matritsasi bo'lgan kompozitsiya bundan mustasno, chunki PA6 fazasining kristallanish jarayoni allaqachon tugallangan sababli

kristallanish qiyinlashadi va T_{kr} ning sezilarli darajada pasayishi (120-92°C) kuzatiladi.)

4. Interkalyatsiyalangan PP tuzilmalar elastiklik modulini (E) 15% ga oshishi aniqlandi, eksfoliatsiyalangan PA6 tuzilmalari esa 50% dan ko'proq ortish imkonini beradi. PP/PA6 aralashmalarida toza komponentalar o'rniga nanokompozitlardan foydalanish, E ning 45% gacha ko'tarilishiga yordam beradi, mexanik kuchlanish qiymati σ - 45 MPa ga teng va deformatsiya qiymatlarida esa sezilarining darajada (10% gacha) pasayishi qayd etildi.

5. Toza komponentlar asosidagi aralashmalarni klassik kompatibilizator ishtirokidagi aralashmalar bilan solishtirganda, fazalararo adgeziya muammosi hal etilmaydi, aralashmada kompatibilizator va PP asosidagi nanokompozitning mavjudligi optimal kombinatsiyani aniq namoyon etadi ya'ni E 30% ga oshib, mexanik kuchlanish 55 MPa darajasida saqlanib qoladi va deformatsiya 360% tashkil etishi aniqlandi.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ
СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТЕ ХИМИИ И ФИЗИКИ ПОЛИМЕРОВ**
ИНСТИТУТ ХИМИИ И ФИЗИКИ ПОЛИМЕРОВ

БЕРДИНАЗАРОВ КОДИРБЕК НУРИДИН УГЛИ

**ФОРМИРОВАНИЕ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУР В
ПОЛИПРОПИЛЕНЕ И ПОЛИМЕРНЫХ СМЕСЯХ НА ЕГО ОСНОВЕ**

01.04.06 – Физика полимеров

02.00.12 – Нанохимия, нанофизика и нанотехнология

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ФИЗИКО – МАТЕМАТИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент - 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером B2023.2.PhD/FM890.

Диссертация выполнена в Институте химии и физики полимеров.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский) (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.polchemphys.uz) и информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель:	Ашуров Нигмат Рустамович доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Абдурахманов Умарбек доктор физико-математических наук, профессор Атаханов Абдумуталиб Абдупатто угли доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	Государственное унитарное предприятие «Фан ва тараккиёт»

Защита диссертации состоится «__» _____ 2023 г. в ____ часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01 при Институте химии и физики полимеров по адресу: 100128, г.Ташкент, ул. Абдулла Кадыри, 7^б. Тел. (99871) 241-85-94, факс: (99871) 241-26-61, e-mail: polymer@academy.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института химии и физики полимеров за №__ (Адрес: 100128, г. Ташкент, улица Абдулла Кадыри 7^б. Тел.: (99871) 241-85-94).

Автореферат диссертации был разослан «__» _____ 2023 года.
(протокол рассылки № __ от “__” _____ 2023 года).

С.С.Негматов

Председатель разового Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор,
академик

И.Н.Нурғалиев

Ученый секретарь разового Научного совета по
присуждению ученых степеней д.ф.-м.н.,
старший научный сотрудник

С.Ш.Рашидова

Председатель разового Научного семинара при научном
совете по присуждению учёных степеней,
д.х.н., профессор, академик

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. В мире с расширением области применения полимерных материалов настоятельно требуют инновационных подходов к поиску путей усиления упруго-прочностных и специальных свойств полимерных материалов. Создание новых полимерных материалов на основе производимых значительно экономичнее нежели разработка технологии получения нового полимера и доведение его до промышленного производства.

Сегодня в мире интенсивно ведутся научные исследования, направленные на создание наноструктурных полимерных смесей и наполненных композитов, выявлению корреляционных зависимостей морфологии и структурных особенностей с конечными эксплуатационными характеристиками материалов. В связи с этим важной задачей является получение многокомпонентных наноструктурных композиционных полимерных материалов на основе кристаллизующихся полимеров полипропилена и полиамид-6 с включением в композицию нанокompозитов со слоистым силикатом (органический модифицированный монтмориллонит).

В Республике проводятся широкомасштабные мероприятия по созданию конкурентоспособной полимерной продукции на основе местного сырья и поддержке отечественных производителей, где особое внимание уделяется вопросам создания импортозамещающей и экспортоориентированной продукции. В Стратегии развития нового Узбекистана¹ и в Концепции развития науки до 2030² года были поставлены задачи «... производство готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на основе глубокой переработки ресурсов местного сырья...». В связи с этим особенно актуальны научные и практические исследования, направленные на управление методами формирования многокомпонентных наноструктурированных композиционных полимерных материалов на основе кристаллизующихся полимеров полипропилена и полиамид-6 с включением в композицию нанокompозитов со слоистым силикатом, улучшение их свойств и расширение области применения.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, поставленных Указом Президента Республики Узбекистан ПП-№3479 от 17 января 2018 г «О мерах по стабильному обеспечению отраслей экономики страны востребованными видами продукции и сырья», Указом Президента ПП- №4292 от 13 февраля 2021 г «О мерах по дальнейшему реформированию и финансовому оздоровлению предприятий химической промышленности, развитию производства химической продукции с высокой добавленной стоимостью», ПП-№5032 от 19 марта 2021 г «О мерах по повышению качества образования и совершенствованию научных

¹ Указ Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28.01.2022 г. «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

² Указ Президента Республики Узбекистан № УП-6097 от 29.10.2020 г. «Об утверждении Концепции развития науки до 2030 года».

исследований в области физики», также другими правовыми документами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологии в Республике. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий в республике: VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. Во многих странах мира интенсивно ведутся научные исследования по изучению свойств полимерных композитов и смесей и их применение на практике. Большинство опубликованных работ посвящено возможности улучшения распределения частиц наполнителя или дисперсной фазы в полимерной матрице, а также роли и значению компатибилизаторов в стабилизации наноструктурной морфологии, усилении межфазной адгезии и их проявление на конечных эксплуатационных характеристиках. Значительный вклад в решении этих проблем внесли С. Macoska, G. Groeninckx, P. Moldenaers, K. Zdiri, Y. Dong, M. Afshari, P. Motamedi, M. Almeida, H. Dennis, Н.С. Ениколопов, А.А. Берлин, Ю.С. Липатов, В.Н. Кулезнев, В.Г. Куличихин и ряд научных школ.

I. Vermesch, B. Favis, Z. Fang, A. Wilkinson, J. Duvall убедительно продемонстрировали что компатибилизаторы играют важную роль в улучшении распределения наполнителя или дисперсной фазы в полимерных композитах и смесях на основе полипропилена (ПП), полиамида (ПА6) включая и системы со слоистыми силикатами.

В нашей республике академики С.Ш. Рашидова, К.С. Негматов, профессора А.Т. Джалилов, Н.Р. Ашуров и другие своими научными исследованиями внесли свой весомый вклад в решении проблем в этом направлении.

На наш взгляд в аналогичных исследованиях на основе многокомпонентных наноструктурных полимерных систем недостаточно изучены проблемы структурообразования и их влияние на реологическое поведение, особенности процессов кристаллизации и плавления, динамика формирования морфологии и их взаимосвязи с упруго-прочностными и специальными свойствами материалов.

Связь диссертационного исследования с планами научно – исследовательских работ научно – исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с научно-исследовательскими (фундаментально-ориентированных) планами Института химии и физики полимеров по государственным грантам: «Наноконпозиционные полимер-полимерные материалы на основе различных полиолефинов, производимых в Узбекистане» (2020-2024 гг.); совместный научно-практический проект Института химии и физики полимеров и Гродненского государственного университета имени Якуни Купала - MRB-AN-2019-18 «Наноконпозитные термопластичные материалы для функциональных элементов технологического оборудования и транспортных коммуникаций» (2019- 2021 гг.).

Целью исследования является создание наноструктурных полимерных смесей на основе полипропилена и полиамида-6, выявление роли нанокompозитов исходных полимеров со слоистыми силикатами на формировании морфологии смеси и их корреляции с реологическими данными, термическими характеристиками (температура кристаллизации и плавления) и конечными упруго-прочностными свойствами.

Задачи исследования:

- изучение особенностей формирования нанокompозитов ПП и ПА6 с модифицированными слоистыми силикатами;

- исследование структурообразования полимерных смесей ПП/ПА6 при различных соотношениях в присутствии и без компатибилизатора в виде малеинизированного ПП, контроль динамики развития морфологии смесей во взаимосвязи с реологическим поведением;

- создание полимерных смесей ПП/ПА6 при замене исходных компонентов на нанокompозиты со слоистыми силикатами, сравнительная оценка роли последних на морфологию и реологическое поведение смесей;

- исследование термических характеристик, ответственных за процессы кристаллизации и плавления смесей во взаимосвязи со структурными особенностями, выявление роли компонентов смеси;

- исследования упруго-прочностных характеристик полученных многокомпонентных наноструктурных полимерных смесей и установление корреляционных зависимостей с условиями формирования и структурными особенностями смесей.

Объектом исследования являлись изотактический ПП, ПА6, нанокompозиты на их основе со слоистыми силикатами (Cloisite15A, Cloisite20A и Cloisite30B) и их многокомпонентные наноструктурные полимерные смеси.

Предмет исследования заключался в раздельном выявлении особенностей формирования наноструктур в полимерных смесях ПП/ПА6 в присутствии малеинизированного ПП (ПП-g-MA), в системах ПП и ПА6 со слоистыми силикатами (Cloisite20A, Cloisite30B, соответственно), смеси ПП и ПА6 с включением нанокompозитов на их основе со слоистыми силикатами, установление корреляционных зависимостей структурных особенностей многокомпонентных систем с конечными упруго-прочностными характеристиками.

Методы исследования. В исследованиях использовались реологический метод, сканирующая электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, дифференциальный сканирующий калориметр, термогравиметрический анализ и методы оценки механических свойств.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

- выявлены условия формирования интеркалированных и эксфолированных наноструктур на основе ПП, которые определяются содержанием компатибилизатора и конструктивных особенностей смесителей;

- впервые обнаружен компатибилизирующий эффект нанокompозитов на основе ПП и ПА6 в смеси ПП/ПА6, стабилизирующий наноразмерные

частицы дисперсной фазы;

- впервые выявлены существенные изменения температур плавления и кристаллизации исходных компонентов смеси в присутствии нанокompозитов (в случае полиамидной матрицы три пика плавления и заметное падение $T_{пл}$ ПП-фазы, вызванные несовершенством кристаллитов и в варианте ПП-матрицы аморфизация ПА-фазы).

- установлено, что эксфоилированные нанокompозит ПА6 более эффективны в усилении E и σ_T (более 50%) по сравнению с полипропиленовыми (15%), такая же тенденция проявляется при их присутствии в смесях ПП/ПА6, наличие классического компатибилизатора и нанокompозита ПП демонстрирует оптимальное сочетание усиления E (30%), сохранение σ_T (55 МПа) и удовлетворительную деформативность (360%).

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

Определены оптимальные условия и оптимальные соотношения компонентов для формирования наноструктур в полимерных композитах на основе ПП и слоистых силикатов;

Обнаружено влияние условия формирования интеркалированных, эксфоилированных структур и их присутствие в различных соотношениях в зависимости от вида технологического оборудования (пластограф, одно-двухшнековый экструдер);

Выявлено что эффекты усиления модуля упругости и напряжения при пределе текучести более выражены для смесей с высокомодульной матрицей (ПА6), компатибилизированные на основе нанокompозитов ПП и ПА6 только оптимизируют морфологию смеси, но не решают проблемы межфазной адгезии, усиление адгезии реализуется только при введении компатибилизатора на основе малеинизированного ПП;

Корреляционные зависимости модуля упругости с напряжением при пределе текучести свидетельствует об однозначных направлениях усиления жесткости и предела текучести посредством диспергирования частиц органический модифицированный монтмориллонит (ОММТ) до эксфоилированного состояния и обязательном введении классических компатибилизаторов, соответственно.

Достоверность результатов исследования. Результаты экспериментов, проведенных по изучению свойств нанокompозитов и полимерных смесей на основе ПП, ПА6 и слоистых силикатов, определены современными физико-химическими методами. По результатам исследований сделаны выводы в соответствии с теорией кинетики физико-химических процессов, сопровождающих диспергирование полимерной дисперсной фазы и частиц модифицированного слоистого силиката. Полученные научные и практические результаты обработаны математическими методами и обсуждались на международных и республиканских научных конференциях.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов заключается в определении оптимальных условий, составов и механизмов управления эксплуатационными свойствами полимерных нанокompозитов и полимерных смесей на их основе. Получены

механически прочные и термически стабильные полимерные нанокомпозиты и полимерные смеси на основе ПП, ПА6 и слоистых силикатов.

Практическая значимость результатов заключается в создании экспортоориентированных полимерных нанокомпозитов и полимерных смесей с высокими эксплуатационными свойствами, заменяющих импорт. Показано, что созданные полимерные нанокомпозиты и полимерные смеси значительно превосходят по механическим и термическим характеристикам традиционные полимерные материалы на основе ПП и ПА6.

Внедрение результатов исследований. На основании полученных научных результатов по формированию, строению и свойствам наноструктур в полипропилене и полимерных смесях на его основе:

получен патент Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на полезную модель (FAP 01873, 25.03.2021). В результате материалы на основе полимерных нанокомпозитов и полимерных смесей позволили использовать дешевые и качественные детали, заменяющие металлические конструкции, используемые в промышленности;

полимерные нанокомпозиты и полимерные смеси на основе ПП, ПА6 и слоистых силикатов использованы в рамках фундаментального проекта Ф-7-93 «Исследование механизма физико-химического взаимодействия компонентов композиций для получения эффективных композиционных полимерных материалов различного назначения, а также изучение закономерностей изменения и контроля их свойств» (письмо № 485-01 от 8 июня 2023 года, ГУП «Фан ва таракиёт»). В результате удалось улучшить механические свойства полимерных композитов за счет управления гомогенным распределением наполнителя в полимерной матрице и управления кристаллической структурой.

Апробация результатов исследования. Основные результаты по диссертации представлялись на 4 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, 5 статей, из них 2 в республиканских и 3 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 108 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, выявлены объекты и предмет исследований, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность и раскрыты научная и практическая значимость полученных результатов, сформулированы выводы, отмечены перспективы внедрения в

практику результатов исследования, а также приводятся сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

Первая глава диссертации под названием **«Формирование наноструктур в полимерных композитах и смесях на основе полипропилена»** содержит теоретические основы формирования наноструктур в полимерных композитах и полимерных смесях вообще, и в частности, на основе ПП, ПА6 и слоистых силикатов, а также экспериментальные исследования по созданию наноструктур в полимерных материалах. Рассмотрены результаты исследований полимерных смесей и композитов, опубликованные в зарубежных научных изданиях, развитие морфологии, распределение компатибилизатора и его роль в улучшении механических свойств. Выявлены ряд нерешенных проблем, которые легли в основу цели и задач диссертационной работы.

Во второй главе диссертационной работы под названием **«Объекты и методы исследования»** описаны объекты исследования, устройства, используемые для процессов смешивания (одношнековые, двухшнековые экструдеры и пластограф), методы проведения исследований: реологические, термические, морфологические, структурные характеристики и испытания механических свойств.

В третьей главе диссертации **«Наноструктурированные композиционные материалы на основе полипропилена и слоистых силикатов»** Изучены различные термические и механические воздействия на ПП, а также влияние окружающей среды на структуру ПП в вязкотекучем состоянии в процессах смешения со слоистым силикатом. Установлено, что при переработке ПП при повышенных температурах наблюдается разрыв макроцепей, процессы деградации отражаются на кристаллической структуре и механических свойствах.

Приведены результаты исследований формирования интеркалированных и эксфолиированных наноструктур в полимерных композиционных материалах на основе ПП и двух типов модифицированных слоистых силикатов, предложены механизмы формирования нанокомпозитов, определяющие реологическое поведение, показатели механических и термических свойств композитов. Композиты на основе ПП, двух видов ОММТ - Cloisite15A и Cloisite20A, различающихся количеством модификатора между слоями, были наполнены 3 мас.% ОММТ, а количество компатибилизатора ПП-g-МА варировалось в интервале с 3 до 12. мас.%.

При анализе реологических свойств, полученных полимерных композиционных материалов методом определения показателя текучести (ПТР) установлено, что добавление низкомолекулярной ПП-g-МА к ПП приводит к заметному падению вязкости смеси.

При введении в композицию частиц слоистого силиката при различных содержаниях малеинизированного полипропилена показатель текучести композиции проходит через минимум в области 7-8% вес. ПП-g-МА. Минимальные величины ПТР для композиций ПП с Cloisite20A и Cloisite 15A составляют 6% и 9% вес. соответственно. Этот процесс обусловлен тем, что

определенная часть ПП-g-МА, выполняющая роль компатибилизатора, в процессе смешения диффундирует в межслоевое пространство (МП) частиц слоистого силиката.

Более плотная сетка модификатора в Cloisite15A ограничивает диффузию макромолекул ПП-g-МА в межслоевое пространство монтмориллонита и поэтому для таких композиций увеличение вязкости проявляется при больших содержаниях компатибилизатора.

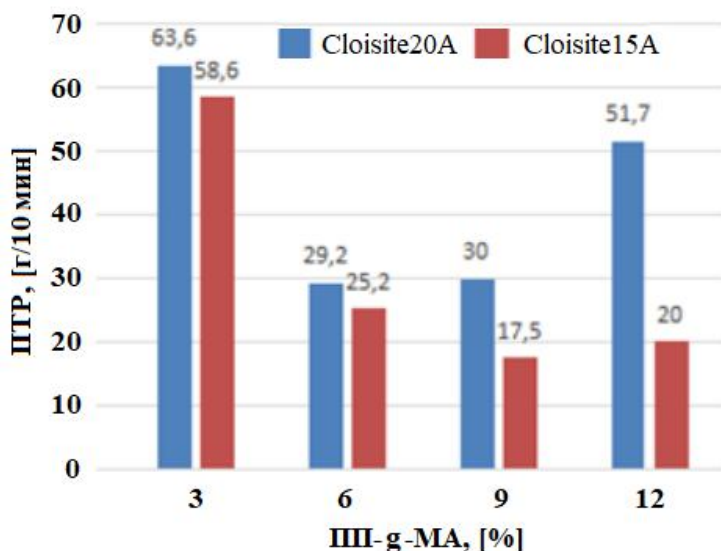


Рисунок 1. Влияние содержания ПП-g-МА на ПТР полимерных композитов на основе ПП, Cloisite15A, Cloisite20A

Рентгеноструктурный анализ является прямым методом контроля процесса структурообразования кристаллических структур. Кристаллический ОММТ представляет собой слоистую структуру, эксфолиация которых приводит к высокой поверхности в интервале 600-700 м²/г. В результате диффузии макромолекул компатибилизатора в МП глины в процессе смешения можно наблюдать по изменению кристаллической структуры слоистых силикатов.

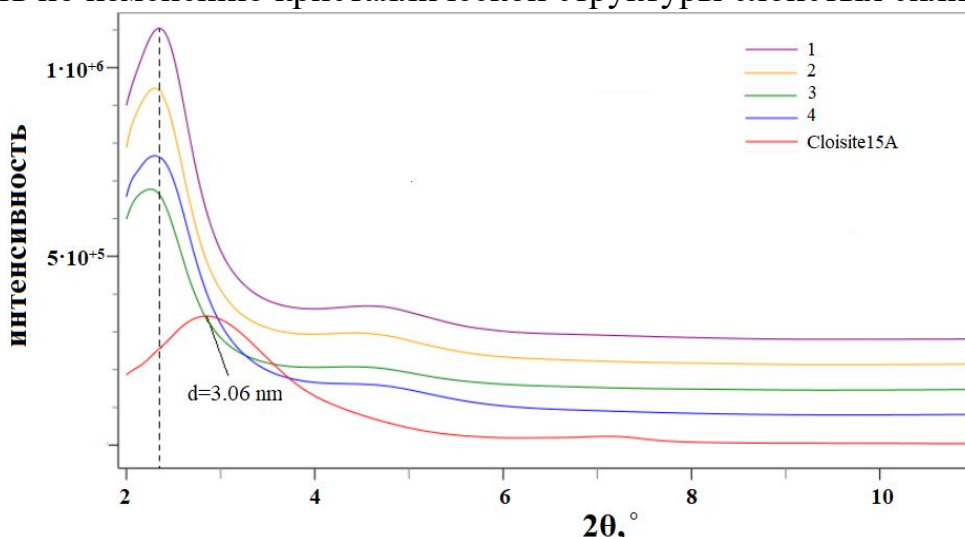


Рисунок 2. Дифрактограммы полимерных композитов на основе ПП, ПП-g-МА и Cloisite15A, содержания ПП-g-МА 1-3%, 2-6%, 3-9% и 4-12%.

На рис. 2 представлены дифрактограммы полимерных композитов на основе ПП, ПП-g-МА и Cloisite15A в области 2θ - 2-10°, полученных на пластографе Брабендера. Межслоевое расстояние Cloisite15A составляет $d=3,06$

нм, внедрение полимерных макромолекул в МП Cloisite15A приводит к увеличению расстояния до $d=3,95$ нм, при содержании 9 мас.% ПП-g-МА. При этом интенсивность пика наименьшая у образца 15A9 с 9 мас.% ПП-g-МА, что указывает на наличие некоторого количества эксфолиированных структур, помимо интеркалированных.

В полимерных композитах на основе Cloisite20A, частично эксфолиированные структуры проявляются для всех составов, кроме образца 20A3, полученного с 3 мас.% ПП-g-МА (рис. 3). Интенсивный пик при $3,6^\circ$ Cloisite20A с расстоянием между слоями $d=2,4$ нм в композициях не проявляется, что свидетельствует о полной эксфолиации. В образце 15A3 интеркалированные структуры образуются из-за дефицита содержания компатибилизатора, необходимых для эксфолиации.

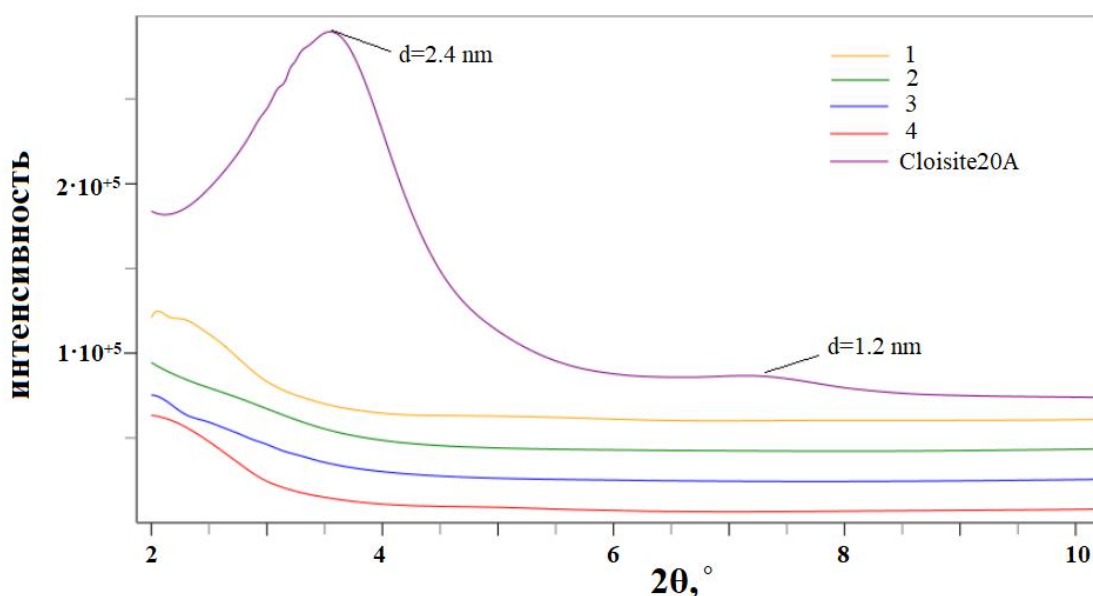
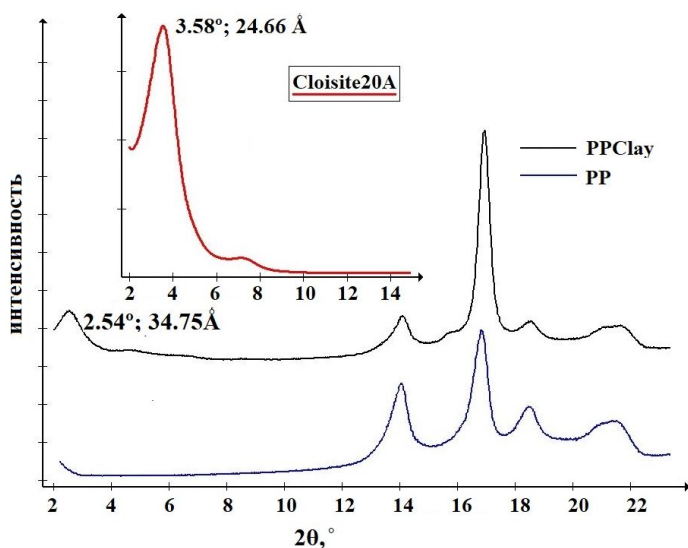


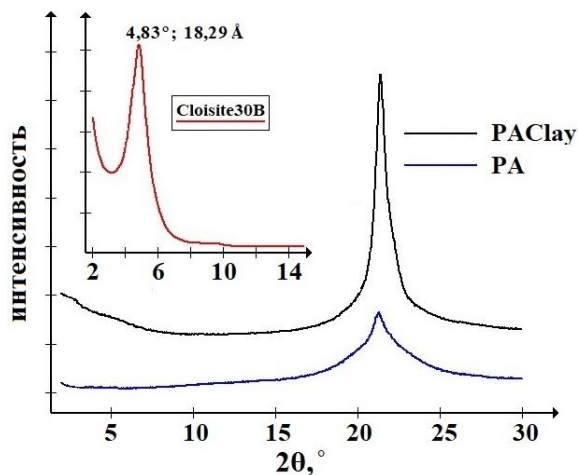
Рисунок 3. Дифрактограммы полимерных композитов на основе ПП, ПП-g-МА и Cloisite20A, содержания ПП-g-МА 1-3%, 2-6%, 3-9% и 4-12%.

Результаты реологического и рентгеноструктурного анализа показали, что в матрице ПП Cloisite15A образует преимущественно интеркалированные, а Cloisite20A эксфолиированные структуры. Для оценки влияния этих структур на свойства композитов были проведены механические и термические (ТГА и ДСК) испытания.

Совершенно иная ситуация наблюдается при получении композитов на основе ПП и ПА6 на двухшнековом экструдере. Все остальные полимерные смеси в дальнейшем получали именно в этих условиях. В целом результаты рентгеноструктурных данных для ПА6 и ПП показаны на рисунке 4. Как видно из рисунка, в результате внедрения макромолекул ПП-g-МА между слоями композитов ПП и Cloisite20A образуются интеркалированные наноструктуры с увеличением расстояния d от $24,66$ до $34,75$ Å. В композитах ПА6 и Cloisite30B (пик при $2\theta - 4,83^\circ$), пик, соответствующий глине не проявляется, что указывает на образование эксфолиированных структур.



а



б

Рисунок 4. Дифрактограммы ПА6 (а), ПП(б) и их композитов со слоистыми силикатами

На рис. 5 представлены результаты ДСК, описывающие тепловые процессы, а именно, плавление происходящие в смеси в результате добавки ПП-g-МА к ПП. Температуры плавления при введении компатибилизатор остаются неизменными, выше 160°C. ПП подвергается окислению под действием кислорода воздуха, то есть начинает деградировать, ПП-g-МА окисляется сразу после перехода в вязкотекучее состояние. Смеси этих двух компонентов проявляют промежуточные свойства и по мере увеличения количества ПП-g-МА процесс окисления начинается при относительно более низких температурах.

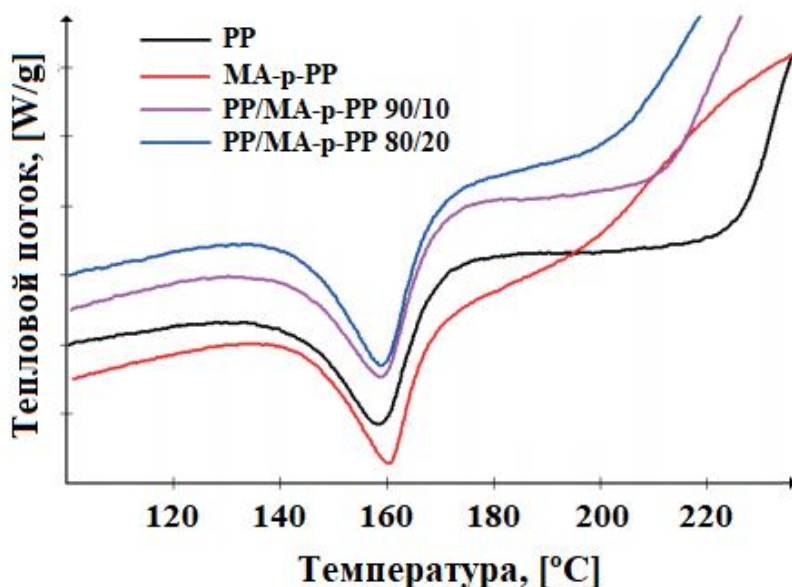


Рисунок 5. ДСК кривые смесей ПП и ПП-g-МА

В композитах на основе Cloisite15A видно, что с увеличением количества ПП-g-МА инициирование процесса окисления, наоборот, замедляется (рис. 6.а). По результатам реологического и рентгеноструктурного анализа, процессы окисления образцов, содержащих 9 и 12 мас.% ПП-g-МА, протекают

относительно медленнее то есть, при более низких температурах. Причиной наблюдаемого эффекта является диффузия компатибилизатора и связывание с поверхностью слоев ОММТ (водородная связь).

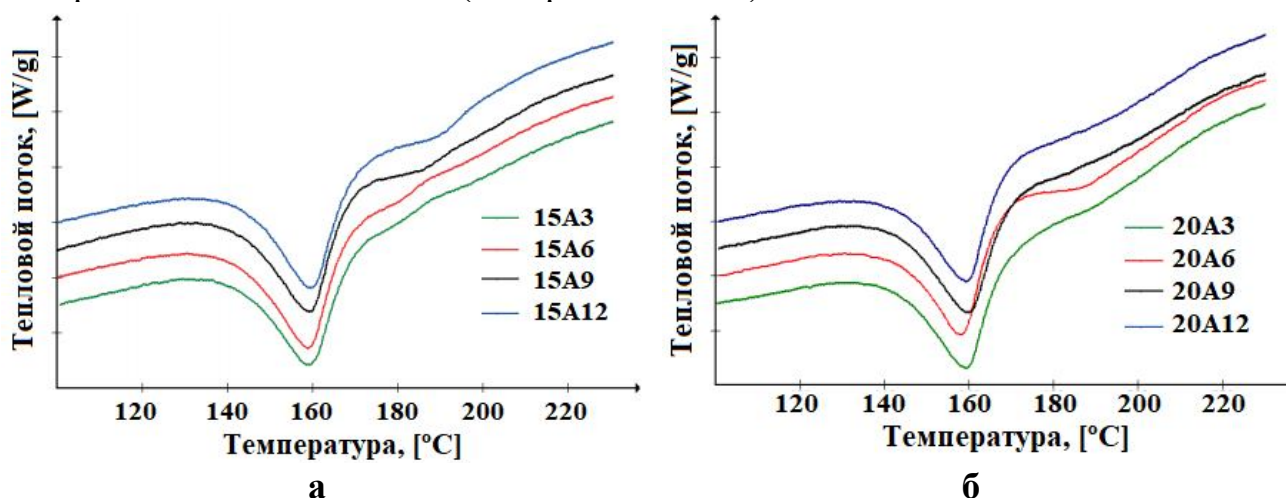


Рисунок 6. ДСК кривые полимерных композитов на основе ПП, ПП-g-МА, Cloisite15A (а) и Cloisite20A (б).

Увеличение количества ПП-g-МА до 6 мас.% в полимерных композитах с Cloisite20A снижает температуру начала и скорость процесса окисления, а увеличение количества компатибилизатора до 9 и 12 мас.% еще больше ускоряет процесс окисления (рис. 6.б).

Изменение процесса окисления в композитах обусловлено образованием наноструктур (барьерный эффект). Увеличение длины пути молекул кислорода к макромолекулам ПП приводит к снижению проницаемости и, как следствие, к повышению термостабильности. Размещение макромолекул ПП между слоями Cloisite15A и Cloisite20A способствует повышению термостабильности за счет блокирования летучих веществ и радикалов, образующихся в результате разрыва цепи, и предотвращения вторичных реакций.

Добавление ПП-g-МА к ПП снижает E и σ_T ПП и увеличивает ϵ , делая его более эластичным. В композитах на основе Cloisite15A при увеличении ПП-g-МА значения E и σ_T также увеличиваются, в отличие от смеси ПП/ПП-g-МА. Причиной наблюдаемого процесса является формирование слоистых силикатных частиц, распределенных в матрице на наноуровне (данные рентгеноструктурного анализа). Для композитов на основе Cloisite20A формирование интеркалированных структур происходит при содержании ПП-g-МА 6%. Показатели - E и σ_T у образца 20A6 также показывают наибольшие (соответственно 1090 и 37,6 МПа) значения. Увеличение низкомолекулярного компатибилизатора приводит к дальнейшему снижению механических свойств, из-за пластификации полипропиленовой матрицы.

В четвертой главе диссертации «**Полимерные смеси на основе полипропилена и полиамида б**» традиционные полимерные смеси на основе ПП и ПА6 были получены с компатибилизаторами и без них. Для изучения влияния наноструктур на свойства, компоненты смеси ПП/ПА6 были заменены соответствующими композитами с интеркалированной структурной на основе

ПП и эксфолиированных на основе ПА6, рассмотрены реологические, морфологические, термические, структурные и механические свойства смесей.

На рис. 9 в качестве примера представлена зависимость комплексной вязкости и динамического модуля исходных компонентов в смесях и нанокомпозитах на основе ПА6 и ПП с модифицированным ММТ. Аналогичные кривые были получены для всех составов.

Для ПА6 и ПП значения вязкости компонентов близки друг к другу при градиенте скорости сдвига 1 рад/с (соответствует условиям образования полимерной смеси). Это, в свою очередь, обеспечивает необходимые условия для диспергирования частиц дисперсной фазы. Кроме того, известно, что вязкость нанокомпозитов очень чувствительна к коэффициенту анизотропии, который напрямую связан со степенью распределения слоистых силикатных частиц, то есть степенью интеркаляции макромолекул в межслоевое пространство ММТ. Вязкость эксфолиированных нанокомпозитов ПА6 значительно выше по сравнению с интеркалированными нанокомпозитами ПП.

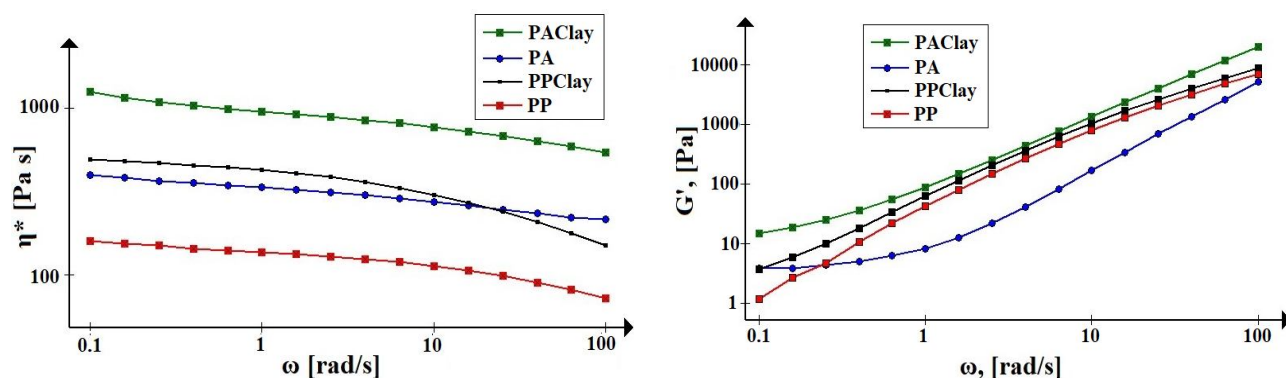


Рисунок 7. Комплексная вязкость и динамический модуль композитов с ПА6, ПП и 3 мас % слоистых силикатов (Cloisite30В и Cloisite20А)

Для всех образцов, как обычно, комплексная вязкость уменьшается с увеличением градиента скорости сдвига. Добавление в смеси ПА6/ПП 80/20 и 50/50 на основе чистых компонентов компатибилизатора ПП-g-МА и ОММТ значения комплексной вязкости существенно возрастают. Наибольшие значения вязкости композитов для смесей ПА6/ПП 80/20 и 50/50 наблюдаются при замене компонентов соответствующими нанокомпозитами (ПА6Clay/ППClay 80/20 и 50/50). Такое реологическое поведение связано с возникновением специфических взаимодействий между компонентами на разных уровнях. Вышеупомянутые композиции содержат ПП-g-МА в ППClay, его количество составляет 6% по массе. Известно, что ПП-g-МА реагирует с макромолекулами ПА6 и образует привитой сополимер ПП и ПА6. Кроме того, как отмечалось ранее деградация ПП также может вносить свой вклад.

Анализ криоразрушенных поверхностей образцов методом сканирующей электронной микроскопом (СЭМ) показал, что размер частиц дисперсной фазы в смесях с компатибилизатором в 7-8 раз меньше по сравнению с образцами обычного ПА/ПП 80/20 смесей (рис. 8). Для смесей образцов, полученных без компатибилизатора, хорошо видны частицы дисперсной фазы, вырванные с поверхности образцов, свидетельствующие о слабой межфазной адгезии. При

замене фазы ПП интеркалированным наноккомпозитом ПП средний размер частиц дисперсной фазы, равномерно распределенных в фазе ПА6, составляет 500 ± 150 нм.

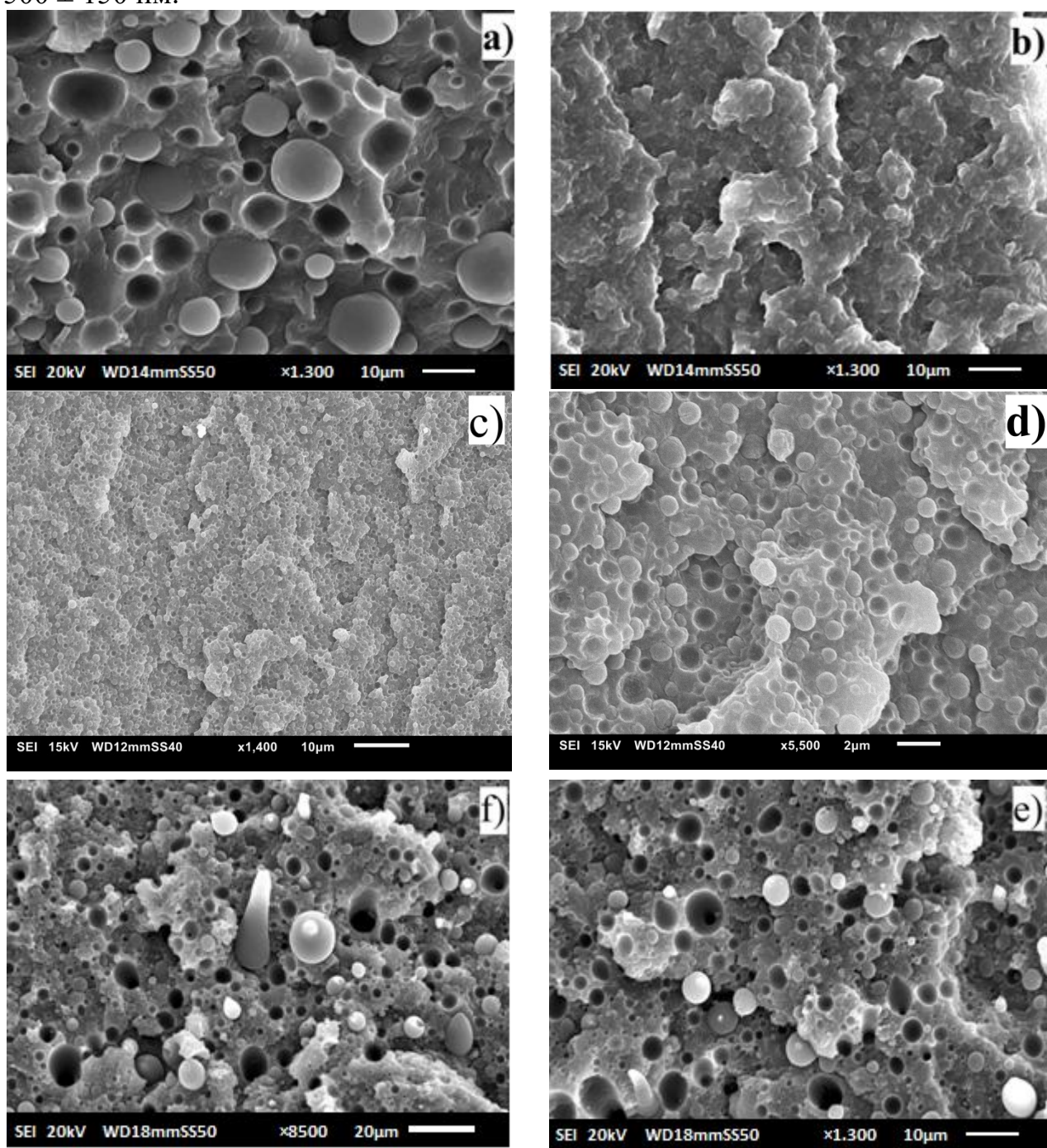


Рисунок 8. СЭМ-изображения серии смесей ПА6/ПП с соотношением 80/20. а) ПА6/ПП, б) ПА6/ПП/ПП-g-MA, с) и d) ПА6/ППClay, е) и f) ПА6Clay/ПП.

Интеркалированный наноккомпозит ПП действует как более эффективный компатибилизатор для этой полимерной смеси, равный с классическим ПП-п-МА. Замена ПА6 на эксфолиированный наноккомпозит ПА6Clay также демонстрирует небольшой компатибилизирующий эффект (рис. 10 d, e). Данный образец имеет широкий спектр размеров частиц дисперсной фазы в диапазоне 1-8 мкм по сравнению с классической смесью, где размер дисперсной фазы ПП варьируется в диапазоне 3-14 мкм. Слабый эффект

компатибилизации по-видимому, обусловлен тем, что эксфолированные частицы ОММТ распределяются в основной части фазы ПА6, и большая разница вязкости компонентов смеси не способствует замедлению процесса коалесценции частиц дисперсной фазы. Аналогичная ситуация наблюдается и при развитии морфологии образца ПАСlay/ПП 20/80, где фаза ПА6 представляет собой дисперсную фазу.

Отмеченные особенности сформированных структур в смесях ПП/ПА6 несомненно должны свое отражение на термических параметрах, температуры плавления ($T_{пл}$) и кристаллизации ($T_{кр}$). Температура плавления ПА6 составляет $T_{п} = 224^{\circ}\text{C}$, что согласуется с литературными данными. Введение 3 мас.% Cloisite30В снижает температуру $T_{п}$, до 212°C , при этом остается небольшая фаза ПА6 с исходной $T_{п}$. Это явление связано с образованием эксфолированного нанокompозита, то есть интенсивным взаимодействием пептидной группы ПА6 с модификатором в МП Cloisite30В, приводящим к образованию несовершенных кристаллитов в структуре за счет ограничения молекулярной подвижности. По этой причине пик плавления смещается в сторону низких температур. В композите ППСlay, ПП-g-МА интеркалируется в межслоевое пространство Cloisite20А, наличие слабых водородных связей с поверхностью ОММТ, практически не сказывается на температуре плавления чистого ПП и его композита. $T_{кр}$ ПА и ПП составляет 170°C и 129°C , соответственно.

В смесях температура плавления ПП остается неизменной, а температура кристаллизации снижается при уменьшении количества ПП от 80 до 20 мас.% во всех сериях смесей.

Частичная замена фазы ПП на ПП-g-МА незначительно влияет на значения $T_{п}$. Такая же ситуация наблюдается и для $T_{кр}$ состава ПА6/ПП/ПП-g-МА 72/18/10, а при уменьшении массовой доли фазы ПА6 до 45 и 18 % $T_{кр}$ не наблюдается. Причина наблюдаемого явления неизвестна, возможно, реакция между амидной группой ПА6 и малеиновой группой ПП препятствует процессу кристаллизации ПА6 для этих составов. Добавление ММТ вместо ПП-g-МА приводит к появлению интенсивного пика кристаллизации фазы ПА6, при более высоких температурах относительно ПА6. Введение интеркалированного нанокompозита ПП в состав ПА6/ПП 80/20 (в случае ПА6/PPСlay 80/20) приводит к появлению трех пиков плавления фазы ПА6 при $208,5^{\circ}\text{C}$, $213,5^{\circ}\text{C}$ и 223°C . Наблюдаемая фракционная кристаллизация включает незначительную долю ПА фазы с исходной структурой, а два низкотемпературных пика предположительно связаны с условиями кристаллизации на поверхностях интеркалированных структур ПП и на поверхностях доменных тактоидов различного размера.

Комплексная оценка упруго-прочностных характеристик многокомпонентных наноструктурных полимерных смесей (E , ϵ_p и σ) приводилась с учетом морфологических и реологических данных, а также влияние фазового состояния компонентов смеси. Модуль упругости (E) и предел текучести (σ) нанокompозитов с ПА, ПП, Cloisite30В и Cloisite20А,

включающие их смеси в различных соотношениях (80/20, 50/50 и 20/80) показаны в виде гистограмма на рис. 9. Прямые линии соответствуют модулем упругости и пределам текучести чистых компонентом смеси, то есть ПП и ПА6.

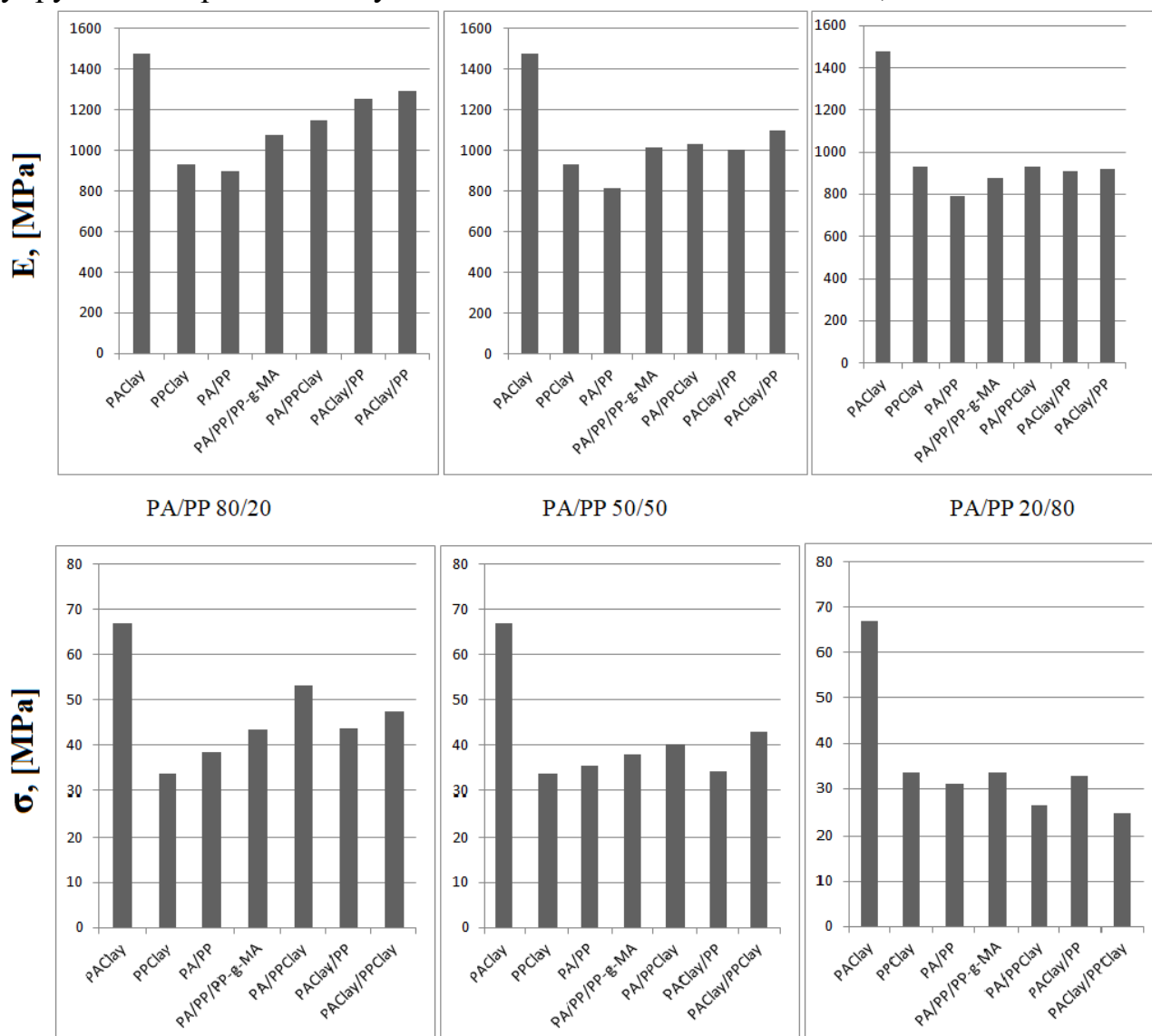


Рисунок 9. Гистограммы механических свойств полученных полимерных смесей

Исходные модули упругости незначительно разнятся (у ПА6 выше), у интеркалированного нанокompозита ПП на 10% а у эксфолированного нанокompозита ПА6 усиление по модулю упругости превышает 50%, соответствующие аналогичным результатом полученным в других работах. Незначительный эффект уселения по пределу текучести наблюдается в соответствующих нанокompозитах на основе ПП и ПА6. Деформативность интеркалированного нанокompозита уменьшается более чем в 4 раза, тогда как у эксфолированного нанокompозита деформативность в определенной мере сохраняется, наблюдается двухкратное снижение ϵ_p .

Модуль упругости полимерных смесей серии ПА6/ПП 80/20 (включающих различные композиции) имеют промежуточное значение, соответствующие правилу аддитивности. За счет введения ПП-g-MA в качестве компатибилизатора вязкость увеличивается, а модуль упругости увеличивается

на 20%. Замена ПП интеркалированным наноккомпозитом, ПА6 эксфолированным наноккомпозитом и их одновременная замена без присутствия компатибилизатора показывает увеличение модуля упругости на 28%, 40% и 44%, соответственно.

Аналогичные изменения механических свойств выявлено для составов смеси ПА/ПП 50/50 и 20/80. Усиление по модулю упругости колебется в интервале 24-30%, предел текучести в среднем на 10%, в то время как ϵ_p катастрофически падает, менее чем 15%. Для состава композиции в которой полиамидная фаза выступает в роли дисперсной фазы (20% вес) усиление по модулю упругости по сравнению с исходным составом не превышает 15% предел текучести остается практически без изменений, за исключением композиции с заменой ПП на наноккомпозит ПП и одновременное смешение наноккомпозитов ПП и ПА6, σ для этих составов снижается более чем 20%.

Резюмируя данный раздел исследований можно констатировать, что в смеси в которых ПА является непрерывной фазой, а ПП дисперсной обнаружены заметные эффекты усиления модуля упругости при введении компатибилизатора и замены исходных компонентов на соответствующие наноккомпозиты. Наибольший интерес представляет композиция с компатибилизатором, благодаря хорошей межфазной адгезии, равномерного распределение ПП частиц дисперсной фазы, данная композиция проявляет высокий модуль упругости и деформативность (360%) превосходящий аналогичной показатель исходных компонентов. Данное явление должно быть апробировано и для составов, включающих наноккомпозиты посредством введения оптимального количества компатибилизатора, т.е. компатибилизирующий эффект наноккомпозитов на эффективное диспергирование полимерной дисперсной фазы принять дополнительному меры по усилению межфазной адгезии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертационной работе на соискание ученой степени доктора философии (PhD) на тему: «Формирование, строение и свойства наноструктур в полипропилене и полимерных смесях на его основе» сформулированы следующие выводы:

1. Выявлены особенности формирования интеркалированных и эксфолированных наноструктур в системах PP/Cloisite20A и PA/Cloisite30B (с использованием компатибилизатора и без, соответственно), уровень и соотношение этих структур в значительной степени зависит для ПП композитов от молекулярных характеристик компатибилизатора и его содержания, а также технологических условия смешения (пластограф, одно – и двухшнековый экструдер);

2. Впервые обнаружен компатибилизирующий эффект, связанный со стабилизацией наноразмерных частиц дисперсной фазы в смесях ПП/ПА, при введении наноккомпозитов на их основе со слоистыми силикатами, причем данный эффект наиболее выражен для ПА, ввиду повышенной вязкости,

способствующий замедлению процесса коалесценции частиц дисперсной фазы;

3. Установлено, что температуры плавления ($T_{пл}$) и кристаллизации ($T_{кр}$) для исследованных систем претерпевают существенные изменения (для смеси ПП/ПА помимо исходных $T_{пл}$ для составов с ПП матрицей наблюдается слабо выраженные три пика плавления, смещенные в сторону низких температур, подобное наблюдается и для равных составов и при избытке ПА фазы при замене ПП компонента на интеркалированный наноккомпозит, что свидетельствует о фракционной кристаллизации ПА - фазы, связанных с поверхностью индивидуальных эксфолиированных частиц слоистого силиката, в объеме и промежуточного слоя между ними, отличающиеся совершенством кристаллитов. В то же время $T_{кр}$ каждой из фаз практически остаются без изменений за исключением композиции с ПП матрицей, в которых наблюдается значительное падение $T_{кр}$ (120-92°C), вызванные жесткими условиями кристаллизации в уже завершеном процессе кристаллизации ПАб фазы);

4. Установлено, что интеркалированные структуры ПП приводят к увеличению модуля упругости (E) на 15%, тогда как эксфолиированные структуры ПА дают прирост более 50%. Использование наноккомпозитов в смесях ПП/ПА взамен исходных компонентов, также способствует усилению E до 45% при промежуточных величинах предела текучести σ_T - 45МПа, отмечается существенное снижение (до 10%) относительного удлинения при разрушении (ϵ_p).

5. Выявлено, что по сравнению с классическим компатибилизатором PP-g-MA, наноккомпозиты на основе смешиваемых компонентов не решают проблемы межфазной адгезии, наличие компатибилизатора в смеси и наноккомпозита на основе ПП наглядно демонстрирует оптимальное сочетания – усиления по E более чем на 30%, сохранение σ_T на уровне 55 МПа и удовлетворительную деформативность – 360%.

**ONE-TIME SCIENTIFIC COUNCIL AT THE SCIENTIFIC COUNCIL
ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01
AT THE INSTITUTE OF POLYMER CHEMISTRY AND PHYSICS**

INSTITUTE OF POLYMER CHEMISTRY AND PHYSICS

BERDINAZAROV QODIRBEK NURIDIN UGLI

**FORMATION OF VARIOUS NANOSTRUCTURES IN POLYPROPYLENE
AND POLYMER BLENDS BASED ON IT, STRUCTURE AND PROPERTIES**

**01.04.06 – Polymer physics
02.00.12 – Nanochemistry, nanophysics and nanotechnology**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR
OF PHILOSOPHY (PhD) ON PHYSICAL – MATHEMATICAL SCIENCES**

Tashkent – 2023

The theme of the doctor of philosophy (PhD) is registered at the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan № B2023.2.PhD/FM890.

The dissertation was carried out at the Institute of Polymer Chemistry and Physics.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online (polchemphys.uz) and on the website of “ZiyoNET” information-educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor:

Ashurov Nigmat
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Abdurakhmonov Umarbek
doctor of physical and mathematical sciences, professor

Atakhanov Abdumutalib
doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

State Unitary Enterprise «Fan va Tarakkiyot»

The defense of the dissertation will take place on «__» _____ 2023 at «__» o'clock at a meeting of Scientific council DSc.02/30.12.2019.K/FM/T.36.01 at the Institute of Polymer Chemistry and Physics (Address: 100128, Tashkent city, Abdulla Kadiry str., 7^b, Ph.: (998-71) 241-85-94; fax: (998-71) 241-26-61; e-mail: polymer@academy.uz).

The dissertation can be reviewed at the Informational Resource Centre of Institute of Polymer Chemistry and Physics (registration number _____ (Address: 100128, Tashkent city, Abdulla Kadiry str., 7^b, Ph.: (998-71) 241-85-94;).

The abstract of the dissertation has been distributed on «__» _____ 2023 y.

(Protocol at the register № _____ dated «__» _____ 2023 y).

S.Negmatov

Chairman of the one-time scientific council
for awarding the scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor, academician

I.Nurgaliev

Scientific secretary of one-time scientific council
for awarding the scientific degrees,
doctor of physical and mathematical sciences, senior researcher

S.Rashidova

Chairman of scientific seminar under one-time scientific council
for awarding the scientific degrees,
doctor of chemical sciences, professor, academician

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to obtain nanostructured polymer blends based on polypropylene and polyamide-6, to identify the role of nanocomposites based on initial polymers and layered silicates on the formation of the morphology of the blend and their correlation with rheological features, thermal characteristics (crystallization and melting temperatures) and final elastic-strength properties.

The object of research work is isotactic polypropylene (PP), polyamide-6 (PA6), nanocomposites based on them with layered silicates (Cloisite15A, Cloisite20A and Cloisite30B) and their multicomponent nanostructured polymer blends.

Scientific novelty of the research work is consists in follows:

- the conditions for the formation of intercalated and exfoliated nanostructures based on PP, which are determined by the content of the compatibilizer and the design features of the mixers, have been identified;

- the compatibilizing effect of nanocomposites based on PP and PA6 in a PP/PA6 blend, stabilizing nano-sized particles of the dispersed phase, was discovered for the first time;

- for the first time, significant changes in the melting and crystallization temperatures of the initial components of the blend in the presence of nanocomposites were revealed (in the case of a polyamide matrix, three melting peaks and a noticeable drop in the T_m of the PP phase, caused by the imperfection of crystallites and, in the case of the PP matrix, amorphization of the PA phase);

- it has been established that exfoliated PA6 nanocomposites are more effective in enhancing elastic module (E) and yield strength (σ) (more than 50%) compared to polypropylene (15%), the same trend appears when they are present in PP/PA6 blends; the presence of a classical compatibilizer and PP nanocomposite demonstrates optimal combined strengthening E (30%), preservation of σ (55 MPa) and satisfactory deformability (360%).

Implementation of the research results. Based on the scientific results obtained on the topic “Formation of various nanostructures in polypropylene and polymer blends based on it, structure and properties”:

A utility model patent of the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan was obtained (FAP 01873, 25.03.2021). As a result, materials based on polymer nanocomposites and polymer blends have made it possible to use cheap and high-quality parts that replace metal structures used in industry;

The results of studies of polymer nanocomposites and polymer blends based on PP, PA6 and layered silicates were used in the Fundamental Project Φ -7-93 “Study of the mechanism of physical and chemical interaction of compositions components to obtain effective composite polymer materials for various purposes, as well as the study of patterns of change and control of their properties.” (Appeal No. 485-01 dated June 8, 2023, SUE “Fan va Tarakiyot”). As a result, it was possible to improve the

mechanical properties of polymer composites by controlling the homogeneous distribution of the filler in the polymer matrix and controlling the crystal structure.

The outline of the thesis. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 108 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Бердиназаров Қ.Н., Нормуродов Н.Ф., Ҳақбердиев Э.О., Содиков Ш.Ф., Ашуров Н. Р., Рискулов А.А. Зависимость упруго-прочностных характеристик изотактического полипропилена J-170Т и блок - сополимера пропилен с этиленом jm-370 от температуры и числа экструзии // *Ilm-fan va innovatsion rivojlanish jurnali, O'zbekiston, Toshkent, 2020, – № 4, -b. 176-184. (05.00.00)*
2. Berdinazarov Q.N., Khakberdiev E.O., Normurodov N.F., Sadikov Sh.G., Ashurov N.R. Features of mechanical properties of nanocomposites based on isotactic polypropylene and block copolymer propylene with ethylene // *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology. – Egypt, 2020, №6, – v. 17, – pp. 3457-3466. (I.F. 0.11 (SJR))*
3. Khakberdiev E.O., Berdinazarov Q.N., Toshmamatov D.A., Ashurov N.R. Mechanical and morphological properties of poly(vinyl chloride) and linear low-density polyethylene polymer blends // *Journal of Vinyl Additive Technology. – United Kingdom, 2022, – №1, – v. 3, – pp 659 - 666. (I.F. 2.7 (SJR))*
4. Berdinazarov Q.N., Khakberdiev E.O., Normurodov N.F., Ashurov N.R. Mechanical and Thermal Degradation Properties of Isotactic Polypropylene Composites with Cloisite15A and Cloisite20A // *Bulletin of the University of Karaganda, Chemistry Series. – Karaganda, 2022. – №3, – vol. 107, p. (I.F. 0.138 (SJR))*
5. Berdinazarov Q.N., Khakberdiev E.O., Normurodov N.F., Dusiyorov N.Z., Ashurov N.R. Qatlamli silikatlar va izotaktik polipropilen asosidagi kompozitlarning mexanik va termik xususiyatlari // *Ilm-fan va innovatsion rivojlanish jurnali. O'zbekiston, – Toshkent, 2023, – №2, – S. 42-52. (05.00.00)*

II бўлим (II часть; part II)

6. Berdinazarov Q.N., Sultonov A.A. Normurodov N.F. Polipropilen va qatlamli silikatlar asosidagi polimer nanokompozitlar // *Физика фанининг ривожига истиснодди ёшларнинг ўрни (РИАК-ХV). – Тошкент, 2022. – №2, –S. 163-165.*
7. Бердиназаров Қ.Н., Ашуров Н.Р., Садыков Ш.Г., Нормуродов Н.Ф., Ҳақбердиев Э.О. Упруго-прочностные характеристики нанокмозитов на основе блок - сополимера полипропилена с этиленом JM-370 со слоистыми силикатами. // *Международная узбекско-белорусская научно-техническая конференция композиционные и металлополимерные материалы для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства. – Ташкент, 2020. – С. 245-246.*
8. Бердиназаров Қ.Н., Нормуродов Н.Ф., Содиков Ш.Ф., Ашуров Н. Р. Полимерларга иссиқлик таъсирида ишлов беришнинг эксплуатацион

хусусиятларига таъсири. // Ўзбекистон республикаси фанлар академияси ЎзР
ФА ПКФИ қошидаги “Юқоримолекуляр бирикмалар” муамовий кенгаши
Республиканская конференция “современные проблемы науки о полимерах” –
Тошкент, 2019. –С. 121-122.

9. Berdinazarov Q.N., Dusiyorov N.Z., Sultonov A.A., Ashurov N.R.
Formation of nanostructure in polypropylene clay composites. // Ўзбекско-
Казахский Симпозиум «Современные проблемы науки о полимерах», –
Ташкент, 2022 . – С. 82-84.

10. Бердиназаров К.Н., Ибрагимов Ж.К., Ашууров Н.Р., Ашууров Н.Ш.
Полипропилен ва қатламли силикатлар асосида нанокөмпозитлар олиш ва
уларнинг структуравий ва механик хоссалари // Ишлаб чиқаришнинг техник,
муҳандислик ва технологик муаммолари инновацион ечимлари мавзусидаги
Халқаро миқёсидаги илмий-техник анжумани материаллари тўплами, –
Жиззах, 2021. С. 488 – 490.

11. Ашууров Н.Р., Хакбердиев Э.О., Бердиназаров К.Н., Нормурадов
Н.Ф. Многокомпонентные Наноструктурные Полимерные Смеси // Ўзбекско-
Российский Симпозиум «перспективы науки о полимерах»: Сборник тезисов, –
Ташкент, 2023 . – С. 14-15.

Avtoreferat “O‘zbekiston polimerlar jurnali” tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib,
o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi.