

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc. 15/27.02.2020. Т. 73.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
ЖИЗЗАХ ДАВЛАТ ПЕДАГОГИКА ИНСТИТУТИ

ХАМЗАЕВ ХАҚБЕРДИ ЭШИМИРЗАЕВИЧ

ПОЛИЭТИЛЕН АСОСИДАГИ МЕТАЛЛ ТЎЛДИРУВЧИЛИ
НАНОКОМПОЗИЦИОН МАТЕРИАЛЛАР ВА УЛАР АСОСИДА
МАҲСУЛОТЛАР ОЛИШ ТАРКИБИ ВА ТЕХНОЛОГИЯСИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

05.02.01 –Машинасозликда материалшунослик. Қўймачилик. Материалларга термик
ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва камёб металллар металлургияси. Камёб,
нодир ва радиоактив элементлар технологияси.

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
авторферати мундарижаси

(Дилмление авторферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам

Content of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) and
technical sciences

Хамзаев Хакберди Эшмирзаевич
Полиэтилен асосидаги металл тўлдирувчи нанокөмпозицион материаллар ва
улар асосида маҳсулотлар олиш таркиби ва технологиясини
такомиллаштириш.....3

Хамзаев Хакберди Эшмирзаевич
Нанокөмпозиционные материалы с металлическими наполнителями на основе
полиэтилена и совершенствование состава и технологии получения продукции
на их основе.....23

Khamzaev Khakberdi Eshmirzaevich
Nanocomposition materials with metal fillers based on polyethylene with enchanged
composition and them based production technologies43

Эълон қилинган ишлар рўйхати
Список опубликованных работ
List of published works46

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc-15/27-02-2020.Г.73-02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
ЖИЗЗАХ ДАВЛАТ ПЕДАГОГИКА ИНСТИТУТИ

ХАМЗАЕВ ХАҚБЕРДИ ЭШМИРЗАЕВИЧ

ПОЛИЭТИЛЕН АСОСИДАГИ МЕТАЛЛ ТЎЛДИРУВЧИЛИ
НАНОКОМПОЗИЦИОН МАТЕРИАЛЛАР ВА УЛАР АСОСИДА
МАҲСУЛОТЛАР ОЛИШ ТАРКИБИ ВА ТЕХНОЛОГИЯСИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

05.02.01 –Машинасозликда материалшунослик. Қўймачилик. Материалларга термик
ва босим остида ишлов бериш. Қора, рангли ва камёб металллар металлургияси. Камёб,
нодир ва радиоактив элементлар технологияси.

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.2. PhD/11762 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Жигуч Довит педагогика институтида бажарилган.

Диссертация авторферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.uznet.uz) ва «Ziyoue» ахборот таълим порталида (www.ziyoue.net.uz) жойлаштирилган.

Илмий рақам:

Умаров Абдусалом Вахитович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий ошшоқчилар:

Ибратуллоева Умид Алижония
техника фанлари доктори, профессор

Алилов Рашид Иркинович
техника фанлари доктори, доцент

Билкичи таъкилот:

Турин политехника институти Тошкент филиали

Диссертация химояси

Тошкент давлат транспорт университети ҳузуридаги
DSc.15/27.02.2020.Т.73.02 рақамли Илмий кенгашнинг «17» сентябрь 2021 йил соғ. 16.00 даги
мажлисида бўлиб ўтади. (Маъзил: 100167. Тошкент. Темир йўлчилар кўчаси 1-уй Тел (99871)299-00-
01, факс: (99871)293-57-54 e-mail:

Диссертация билан Тошкент давлат транспорт университетининг Ахборот-ресурс марказида
танишиш мумкин (020 рақам билан рўйхатга олинган). Маъзил: 100167, Тошкент. Темир йўлчилар
кўчаси 1-уй. Тел. (99871)299-05-66.

Диссертация авторферати 2021 йил «31» май куни тарқатилди.
(2021 йил «30» май даги 01 рақамли реестр баённомаси)



А.М. Арифжанов

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
техника фанлари доктори, профессор

Э. Тешабасва

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
техника фанлари доктори, профессор

Ш.С. Файзбаев

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш ҳузуридаги
илмий семинар раиси,
техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ (Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда, жумладан, АҚШ, Германия, Хитой, Япония, Россия Федерацияси ва бошқа ривожланган давлатларда нанофазали композицион полимер материаллар яратиш, уларнинг хусусиятларини ўрганиш ва улар асосида янги технологиялар, қурилмалар ва электрон қурилмалар ишлаб чиқарилмоқда. Шу билан бирга ноёб хусусиятларга эга наноструктураларни ва улар асосида олдиндан берилган функционал хоссали композицион материаллар олишга алоҳида эътибор қаратилган.

Дунёда композицион полимер материаллар технологияси ривожланишининг янги босқичлари, юқори мустаҳкамлига эга бўлган маҳсулотлар олиш функционал элементларини янада кичиклаштириш, уларнинг хусусиятларини ўрганиш ва янги технологиялар асосида маҳсул хусусиятларга эга наноструктуралар ва композициялар яратишга қаратилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Республикамызда сўнгги йилларда наноўлчамли объектларнинг хоссаларини ўрганиш ва тадқиқ этиш, таркибида нанозарралар мавжуд бўлган нанообъектларнинг ноёб хоссаларини ўрганиш борасида бир қанча натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, «...ишлаб чиқаришни жадал ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатидан янги босқичга ўтказиш...», Ўзбекистонга янги технологияларни олиб кириш, янги технологияларни яратиш...»¹ юзасидан муҳим вазифаларни белгилаб берган. Шу билан бирга нанозаррачали композицияларнинг шаклланиш жараёнларига таъсири қонуниятларини, уларнинг физик-механик ва триботехник хоссаларини ўрганиш полиэтилен матричасида кадмий сульфид ва мисни ўз ичига олган нанозарралардан тузилган композит материалларга асосланган янги авлод қурилмаларини яратиш долзарб вазифалардан биридир.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сон Фармони ва 2017 йил 1 ноябрдаги «Илмий тадқиқот муассасаларининг инфратузилмасини янада мустаҳкамлаш ва инновацион фаолиятини ривожлантириш чора – тадбирлари тўғрисида» ПҚ-3365-сон, 2018 йил 27 апрелдаги «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалиётга тадқиқ этиш тизимларини янада такомиллаштириш тўғрисида» ПҚ-3382-сон, 2018 йил 7 майдаги «Иқтисодиёт соҳаси ва тармоқларида инновацияларни жорий этиш механизмларини такомиллаштириш бўйича кўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги ПҚ-3698-сон қарорлари, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меърий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ПФ-4947-сон Фармони.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республикада фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимёвий технологиялар ва нанотехнология» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Полиэтилен асосидаги тўлдирувчи материаллар ва улар асосида маҳсулотлар олиш таркиби ва технологиясини яратиб бўйича Ю.С.Липатов., S.Huleman, R.Morgen, A.Nayashi, D.Jully, G.Akovaqi, A.D-Atome, C.C.Песецкий, В.А. Гольдаде, С.С. Нигматов, С.Ш. Рашидова У.Абдурахмонов, Т.Бобоев, А.С.Ибодуллаев, Э.У. Тешабоева, У.А. Зиямухамедова ва бошқалар томонидан илмий изланишлар олиб борилган.

Улар томонидан конструкция, триботехник, декоратив, химия, электротехник ва бошқа вазифани бажарувчи қисмларни ишлаб чиқариш учун олиб борилган тадқиқотлар аксарияти дисперс тўлдирувчи композицион материаллар бўлиб, механик ва иссиқлик хусусиятларида ўзига хос камчиликлардан холи эмас. Полимер композицион материаллар, хар хил таркибли, дисперсли, табитусли ва фаолликли компонентлар, модификаторлар, полимерлар, ингрдиентлар ва уларнинг олиш технологиялари ишлаб чиқилган. Шу билан бирга таркиби ва тузилиши, зарядли ҳолати, олиниш технологияси ва бошқа шу каби ўзига хос параметрлари билан фарқланувчи кичик ўлчамли композицион полимер материалларни модификациялаш, улардан наноматериалларнинг бирламчи компонентларини тайёрлаш, маҳсулотни қайта ишлаш жараёнида ташқи факторлар таъсирида уларнинг трансформация механизмини аниқлаш йўналишларида илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент темир йўл мухандислари институти илмий-тадқиқот ишлари режаси доирасида КА-12-004 «Маҳаллий хом-ашё асосида электротехника ва мухандислик саноатида яхшилланган техник параметрларга эга полимер композит (шу жумладан, нанотузилишли) материалларни ишлаб чиқиш» (2015-2017 й.) мавзусидаги амалий тадқиқотлар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади иккиламчи полиэтилен асосидаги металл тўлдирувчи наноконпозицион материаллар ва улар асосида маҳсулотлар олиш таркиби ва технологиясини такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

бир-биридан изоляцияланган сульфид ва металл нанозарралар асосида композит материаллар олиш технологияларини аниқлаш;

иккиламчи полиэтилен матричасида олинган полимер композицион материалнинг физик-кимёвий хоссаларини нанозарралар ўлчами, уларнинг хусусиятлари, тузилиши ва нанозарралар концентрациясига боғлиқлигини аниқлаш;

наноконкомпозит молекулаларнинг структурасини, энергия-дисперслигини ва таркибий элементлари морфологиясини аниқлаш;

нанотўлдирувчиларнинг фазали таркибига ва полимер композит материал ишлаб чиқариш технологиясига боғлиқ ҳолда полимер наноконкомпозитларнинг шаклланишини асослаш;

нанозаррачаларнинг табиати ва таркибига боғлиқ ҳолда наноконкомпозитларнинг деформацион, триботехник, термофизик ва эластиклик хоссаларини аниқлаш;

бир-биридан изоляцияланган сульфид ва металл нанозарралар асосида композит материаллар ва улар асосида наноструктурали буюмлар олиш технологиясини такомиллаштириш.

Тадқиқотнинг объекти мис ва кадмий сульфид нанозарралари ҳамда улар асосида тўлдирилган иккиламчи полиэтилен наноконкомпозитлари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети мис ва кадмий сульфид нанозарралари тўлдирилган композицион материалларда нанозаррачанинг ўлчами ва таркибий тузилиши ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида атом кучли микроскоп, рентгенография, иссиқлик сирими ва иссиқлик ўтказувчанлик, механик – реологик хоссаларни ўрганиш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилigi қуйидагилардан иборат:

бир-биридан изоляцияланган сульфид, металл нанозарралар ва иккиламчи полиэтилен асосида наноконпозицион материаллар олиш технологияси ишлаб чиқилган;

тўлдиригичлар нанозарралар ўлчами, уларнинг хусусиятлари, тузилиши ва концентрацияси, иккиламчи полиэтилен асосидаги композицион материалнинг физик-кимёвий хоссаларига таъсири аниқланган;

сульфид ва металл нанозарралар асосида яратилган наноконкомпозит молекулаларининг структураси, энергия-дисперслиги ва таркибий элементлар морфологияси аниқланган;

нанотўлдирувчиларнинг фазали таркибига ва полимер композит материал ишлаб чиқариш технологиясига боғлиқ ҳолда полимер наноконкомпозитларнинг структура ва хоссалари шаклланиши асосланган;

нанозаррачаларнинг табиати ва таркибини наноконкомпозитларнинг деформацион, триботехник, термофизик ва эластиклик хоссаларига таъсири асосланган;

бир-биридан изоляцияланган сульфид ва металл нанозарралар билан тўлдирилган иккиламчи полиэтилен асосида композит материаллар ва наноструктурали буюмлар олиш технологияси такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари:

иккиламчи полиэтилен асосидаги мис, кадмий сульфид нанозарралари тўлдирилган ва уларнинг микдори, таркибини танлашда ишлашнинг ўзига хос шартларига қараб керакли хусусиятларга эга материалларни танлашнинг илмий асоси яратилган;

иккиламчи полиэтилен композит материалларнинг тузилишини текшириш, уларнинг физикавий ва механик хусусиятларини аниқлаш усуллари ишлаб чиқилган ва Жиззах полимер пласт мастулияти чекланган жамияти

томонидан ишлаб чиқаришга жорий этилган; иккиламчи полиэтилен матрицасида тарқалган мис тутувчи нанозарралардан композит материаллари ва буюмлари тайёрлаш технологияси ишлаб чиқилган;

мис нанозарралари билан тўлдирилган иккиламчи полиэтилен композитни олиш технологияси яратиш натижасида sanoatда қўлланиладиган материалларнинг юқори температурага бардошлилигини таъминлашга эришилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги диссертация тадқиқотида кимёвий-физикавий (ИК-спектроскопия, рентген-структуравий таҳлил, Атом кучли, растр, электрон ва оптик микроскопия, дифференциал-термик таҳлиллар) ҳамда физикавий-механик синовлар (муштаҳкамлилиги, иссиқлик сиғими, иссиқлик ўтказувчанлиги, иссиқлик сиғимининг хароратга боғлиқлиги) ва бошқа физик-механик усуллар қўлланилганлиги, ишлаб чиқариш шароитида тажриба синов намуналари олинганлиги билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти бир-биридан изоляцияланган сульфид, металл нанозарралар ва иккиламчи полиэтилен асосида нанокомпозицион материаллар ва буюмлар олиш технологиясини такомиллаштиришнинг илмий асоси яратилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти мис нанозарраларидан ташкил топган композицион материалларга асосланган машинасозликда ишлатиладиган автомобил эхтиёт қисмлари ва халқ хўжалиги учун зарур бўлган наноструктуралӣ материаллар ишлаб чиқишга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Полиэтилен асосидаги металл тўлдирувчи нанокомпозицион материаллар ва улар асосида маҳсулотлар олиш таркиби ва технологиясини такомиллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

яратилган композициянинг полиэтилен трубаларда қўллаш технологик регламенти (ТР-01-Т2-345) «Ўзкимёсанoат» АЖ тармоқ стандарти (TS 2910-01:2007) 6.2.1-бандига асосан «Jizзах polymer plast» МЧЖ томонидан тасдиқланган. Натижада яратилган композициядан полиэтилен трубалар ишлаб чиқариш имконини берган.

Иккиламчи полиэтилен асосидаги мис, кадмий сульфид нанозарралари тўлдирилган композицион полимер материаллар таркиби ва технологияси «Жиззах полимер пласт» МЧЖ да амалиётга жорий этилган («O'ZBEKNEFTEGAZ» АЖнинг 2020 йил 23 ноябрдаги №1683/GK-11-сон маълумотномаси). Натижада маҳсулот сифати 33% ва иктисодий самарадорлиги 5 % ошириш имконини берган;

Иккиламчи полиэтилен асосидаги мис, кадмий сульфид нанозарралари тўлдирилган композицион полимер материаллар асосида олинган маҳсулотлар Муборак газни қайта ишлаш заводида амалиётга жорий этилган («O'ZBEKNEFTEGAZ» АЖнинг 2020 йил 23 ноябрдаги №1683/GK-11-сон маълумотномаси). Натижада корхона технологик жараёнларини иш

унумдорлигини таъмирлашга тўхташ камайиши ҳисобига 22% ва иктисодий самарадорликни 7% ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертациянинг тадқиқот натижалари 14 та, жумладан 3 та халқаро ва 11 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 21 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация комиссияси томонидан докторлик диссертацияларининг асосий илмий натижаларини чоп этилиши тавсия қилинган илмий нашрларда 5 та мақола, жумладан, 1 таси хорижий (Scopus базасида) ва 4 таси республика нашрларида чоп этилган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 106 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзуси бўйича ўтказилган тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, муаммонинг ўрганилганлик даражаси келтирилган, тадқиқот мақсади ва вазифалари шакллантирилган, объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Нанозарраларнинг асосий тузилиши ва хусусиятлари**» деб номланган биринчи бобида композицион материалларни турли материал нанозарралари асосида ўрганиш натижалари, уларнинг техникада қўлланилиши баён қилинган ва фаннинг ушбу соҳадаги хозирги ҳолати тасвирланган. Турли технологик таъсирлар (механик, кимёвий, термал, термомеханик ва ҳоказо) қўлланган ҳолда sanoat микёсида ўзлаштирилган полимерлар ва полимер композицион материал (ПКМ)ларни амалий қўллаш самарадорлиги нуктаи назардан функционал полимер композит материалшуносликнинг истиқболли йўналиши эканлиги кўрсатилган. Шунга кўра ПКМларни олишнинг асосий усуллари бўйича ўтказилган бир қанча тадқиқотлар, экспериментлар, улар зришган натижа ва хулосалар ҳақида маълумотлар келтирилган. Тузилиши ва синтезнинг технологик усулларининг (босим, харорат, аралаштириш, катализаторларнинг, инициаторларнинг мавжудлиги ва ҳоказо) ўзига хослиги туфайли sanoatда ишлаб чиқиладиган деярли барча полимер матрицалар назариядагидан фарқли биржинсли бўлмаган тузилишга эга. Синтезланган полимер ҳажмида маълум микдорда функционал қўшимчаларнинг қолдиқлари борлиги, синтез жараёнида мақсадга мувофиқ олинган гуруҳлар билан бир қаторда полимер макромолекуланинг таркиби қатор жараёнларнинг содир бўлиши билан боғлиқ бўлган турли функционал

гурухлардан иборатлиги. Бир вақтнинг ўзида полимернинг бутун массасида содир бўлаётган занжирнинг узиллиши ва ўсиши реакциялари узоқ яшовчи радикалларнинг мавжудлигига замин яради. Табиийки, полимер макромолекула фаол чегаравий гуруҳлар, ён тармоқланишлар, икки каррали боғланишлардан иборат. Муайян эксплуатация омилларнинг эскиришида бундай структурали ва фазали биржинсизликларнинг мавжудлиги ПКМ бузилиш жараёнининг сабаби бўлиб хизмат қилиши мумкин. Наноўлчамли заррачалар нафақат яратилиши ва қўлланиши технологияси ва материалшуносликларнинг (наноматериалшунослик ва нанотехнология) махсус сохалари миқёсида амалга оширилаётган кўпфазали кўлпононентли тизимларнинг объекти сифатида, балки параметрлари ҳажмли зарраларнинг расмий маълумотларидан катта фарқ қилувчи мустақил объектлар сифатида ҳам қизиқиш уйғотади.

Ушбу тадқиқот натижасида турли таркибли, тузилишли ва фаол кичик ўлчамли нанозарралар асосида композит материаллар олиш технологиялари аниқлаб олинди ва такомиллаштириш устида иш олиб борилди.

Диссертациянинг «Нанозарралари полимер композицион материалларнинг асосий кимёвий – физикавий хусусиятларини тадқиқ қилиш усуллари» деб номланган иккинчи бобда тадқиқотнинг мақсад ва вазифаларига мос равишда турли вазифаларга мўлжалланган жиҳозлар қўлланилган: рентгенли ускуналар, растрозлектрон ва атом кучли микроскоплар, инфракизил спектр ўлчагич учун ускуналардаги таҳлил усулларидан фойдаланиш кўрсатилган.

Тажриба натижаларининг математик қайта ишланиши O'z. DSh 14359 – 69 (Механик тажрибалар усуллари. Умумий талаблар)га мувофиқ олиб борилди. Ишонч оралликларнинг чегаралари ишончлилик даражаси 0,95 бўлганда Стьюденг мезони билан аниқланган. Ўрганилаётган катталиклар қийматининг ишонч ораллиги чидамлилик характеристикаларни аниқлашда 10 % дан, технологик характеристикаларни аниқлашда 5 % дан ва функционал характеристикаларни аниқлашда 15 % дан ошмайди. Тажриба маълумотларини олиш «Юқори энергиялар маркази»да EVO MA 10 (Carle Zeiss (Germany)) сканерловчи электрон микроскоп ва EDX INCA Energy (Oxford Instruments (UK)) энергия дисперси рентген микроанализ қурilmаларидан фойдаланилган.

Диссертациянинг «Полимер композит материалларини тайёрлаш технологияси» деб номланган учинчи бобда полимер композитларнинг асосий таркибий хусусиятлари, шунингдек, кўп йўналишли полимер композит материалларни ишлаб чиқиш технологиялари тавсифланган.

Мис форматининг термик парчаланиш усули билан композит материал олиниб, мис нанозарралари полиэтилен матричаси ҳажмида барқарорлашди. Бу эса полимерларни органик эритувчилар билан эритганда яхши қўлланиладиган технологиядир. Полимерларни органик эритмалардан заифроқ эритувчанлиги нанозарраларни 30 нм гача бўлган ўлчамлар ва уларнинг кичик ҳажмида тақсимланиш имкониятини сезиларли даражада камайтиради. Бошқа томондан, бу материалларнинг, масалан, полиэтилен термик ва механик барқарорлигига

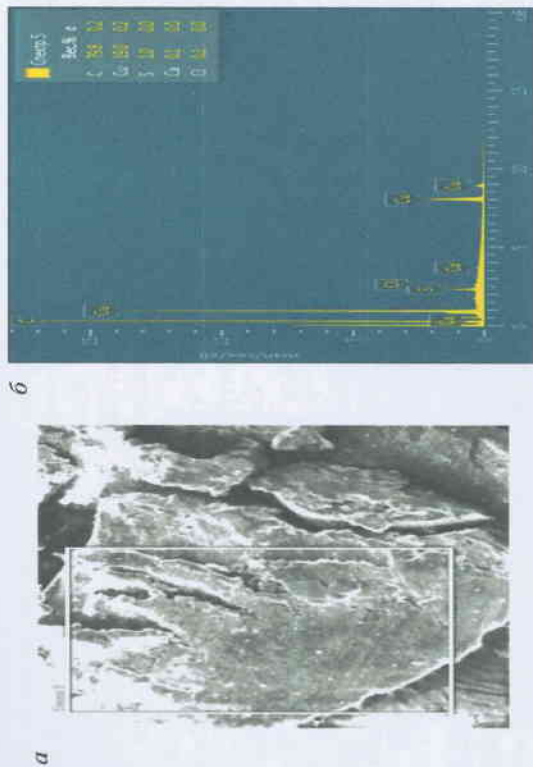
амалий жиҳатдан қизиқиш юқори. Тадқиқот иши мақсадларидан бири таркибда мис нанозарралари бўлган юқори босимли полиэтилен (ЮБПЭ) асосида композит полимер материалларни ишлаб чиқишнинг мавжуд усулини такомиллаштиришдан иборат. Нанозарраларни стабиллаш учун полиэтиленни матрица сифатида ишлатиш жуда жозибадор, чунки у яхши диэлектрик, барқарор, арзон, ҳар қандай шаклга осонликча қайта ишланувчан ва республика миқёсида ишлаб чиқилган биринчи полимерлардан биридир. Наноматериалларнинг уларга асосланган устуниклари, ўзига хос кичик солиштирма оғирликка эгалликлари, нанозарраларнинг юқори даражада бир хил тақсимланишига боғлиқ.

Таркибда мис заррачалари бўлган композицион материал намуналари С.П.Губин ва И.Д.Кособудски томонидан ишлаб чиқилган «Класпол» методикасини такомиллаштириш орқали олинган, бу методика барқарор бўлмаган карбон кислоталарининг термик парчаланишига асосланган. Бошланғич боғловчи бирикма сифатида моногидрат мис диацетат сифатида $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cu}$ ишлатилган, бу парчаланиш ўргача «юқори босимли полиэтилен (ЮБПЭ)-мой»нинг $t = 300 \pm 5^\circ\text{C}$ температурасида амалга оширилган. Шу мақсадда 10 г полиэтилен ва 100 мл мой ишлатилган, бунинг учун тўрт бўғизли қолба, аралаштиргич, томчили воронка, термометр ва совуткич керак. Кейинчалик қиздириш натижасида аралашма реакцияси кучли аралаштирилиш билан азот газ атмосферасида синтез температурасига (300°C) эришилди. Шундан сўнг температурани бир хил сақлаб, томчили воронка ёрдамида шаффоф аралашмага томчилатиб полиэтилен мойига мис ацетатининг сувли эритмаси юборилди, эритма оқими 15 мл/соат. Азот гази реакция давомида газли маҳсулотларни реактордан тез чиқаришни таъминлаш учун ўрнатилди, мис эритмаси қўшилгандан сўнг реакция аралашмаси синтез температурада бир соат давомида сақланиб, интенсив аралаштиришни таъминлади. Кейинчалик, қиздириш тўхтатилиб реакция аралашмаси азот атмосфераси остида хона температурасига қадар совутилди. Совитиш жараёнида нанозарралар чўкинди ҳосил қилмасликлари учун методика такомиллаштирилиб, совит жараёнида ультратовуш диспергатори ёрдамида доимий майдаланиб-аралаштирилиб турилди. Соклетт аппаратида бензол ёрдамида мой намуналардан юви бўлгач, намуналар қуритилиб, тадқиқот синовлари бошлангунга қадар сақланади. Тайёр бўлган тўлдирувчи иккиламчи полиэтиленга 1:10 миқдорда қўшилиб нанокөмпозицион материал ҳосил қилинди.

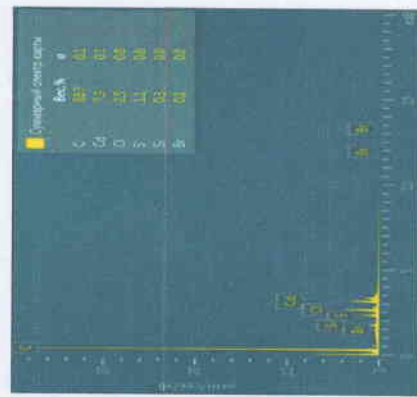
Иккиламчи полиэтилен асосида металл тўлдирувчи нанокөмпозитларни структуравий ўраниши. Ҳозирги вақтда индивидуал элементларнинг нанотузилишли морфологияси бўлган композит материалларни ишлаб чиқариш соҳасига катта қизиқиш уйғонмоқда. Нанокристалли материаллар юқори мустаҳкамлик ва каттиқлик каби ажойиб механик хусусиятларга эга. Бошқа томондан, уларнинг юқори ички чегара ҳудуди ва шунинг учун юқори интерфейсли энергия тўфайли улар иссиқлик ёки механик кучланиш остида

«зарра»нинг ўсишига таъсир кўрсатадилар ва бу уларнинг ажойиб хусусиятларини пасайтиради.

Металл-полимер нанокомпозитларда, полимер ва металнинг заррача ўлчамлари камайтирилганда, дастлабки таркибий қисмларнинг ҳам композитнинг деярли барча физик-кимёвий хоссалари сезиларли даражада ўзгаради. Полимер нанокомпозитияли материалларни яратиш соҳасида кўллаб ишларга қарамасдан, уларнинг тузилиши ва хусусиятлари учун ишлаб чиқаришнинг технологик шароитлари хусусиятлари тўла аниқланмаган, бу таркибий қисмлар тури ва табиати ўртасидаги алоқани ҳар томонлама ўрганишни талаб қилади, интерфейсли таъсирлар табиати, реакция усуллари, олинган материалларнинг механик ва функционал хусусиятлари бўлиб ҳисобланади. Белгиланган хусусиятларга эга наноматериалларни яратиш учун ушбу объектларнинг технологияси ва уларнинг хусусиятларини аниқлаш усуллари ва шартлари ўртасида алоқани ўрнатиш керак. Кўпгина технологиялардан фойдаланганда мураккаб тузилишга эга бўлган нанозаррачалар пайдо бўлади, аммо улар кўпича стандартларнинг ҳар қандай тури (масалан, рентгенли ўзгаришлар таҳлиллари) ёрдамида аниқланмайди. Ушбу муаммони ҳал этиш учун наноструктуранинг маҳаллий ва оммавий хоссалари ҳақида маълумотни тахқослаш имконини берадиган турли усуллари кўллаш керак бўлади.



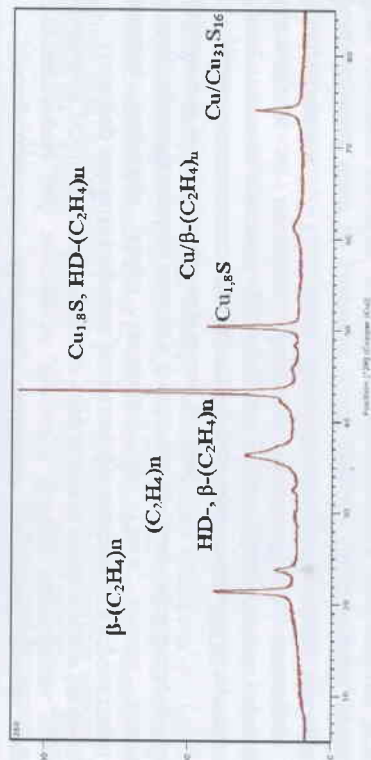
1-расм. Мис нанозарралари қўшилган нанокомпозитиянинг электрон-микроскопли морфологияси (а) ва таркибида мис бўлган нанокомпозитнинг энергия дисперсли рентген спектри(б)



2-расм. Кадмий сульфид нанозарралари қўшилган нанокомпозитиянинг электрон-микроскопли морфологияси (а) ва таркибида кадмий сульфид бўлган нанокомпозитнинг энергия дисперсли рентген спектри(б)

Расмларнинг (а) шаклида микрон ўлчамдаги тарқок зарралар шаклланишини кўриш мумкин. Бироқ кичикроқ нанометр ўлчамли зарралар ЭМТ тасвирларида кўриш қийин.

ЭМТ тасвирининг визуал таҳлили ва мис заррачалари тақсимоти картасига асосланган ҳолда тарқалган фазанинг сферик ёки сферодал шаклга эга эканлигини таъкидлаш мумкин. Бундан ташқари, заррачалар коэффицентларининг ўлчамлари бир хил бўлмаганлиги, уларни визуал тарзда бирликка яқинлигини тақлиф қилиш мумкин. 3-расм таркибида мис зарралари бўлган композитнинг рентгенли дифрактограммаси кўрсатилган.



3-расм. Таркибида мис бўлган нанокомпозитнинг рентген структурали дифрактограммаси.

Рентген фазовий ўзгаришлар тахлилини қўллаган ҳолда, структурали элементларнинг ўлчамларини (зарралар, кристаллитлар, изчил тарқоқ блоклар ва бошқалар) ҳисоблаш мумкин.

Заррачалар ўлчами, дифракцион чўққилар кенлиги Дебай-Шерер формуласига кўра аниқланади:

$$d = \frac{K\lambda bc}{\beta \cos \theta}$$

бу ерда d – кристалларнинг ўртача ўлчами; K – заррача шаклининг ўзгармас коэффициентини (Шеррернинг ўзгармас коэффициенти); λ – рентген нурланишининг тўлқин узунлиги; β – радианларда ифодаланган ярим баландликдаги рефлекснинг кенлиги; θ – дифракция бурчаги (Брэг бурчаги). Заррачаларнинг шаклига қараб, K коэффициенти турли қиймаглари қабул қилиши мумкин. Масалан, сфериялал зарралар учун одагда $K=0,9$ ҳисобланади. Куб кристаллари учун, Шеррер доимийси хар бир рефлекс учун қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланиши мумкин:

$$k = \frac{6/h^3}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2} (6h^2 - 2|hk| + |k| - 2|hl|)}$$

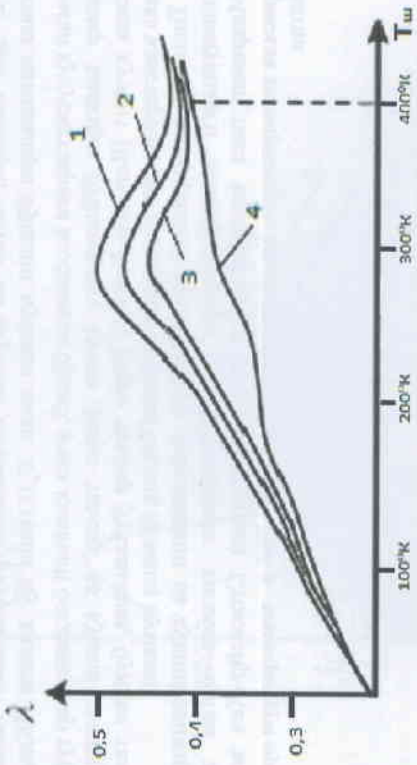
бу ерда h , k ва l – Миллер индекслари. Cu (111) тарқибий элементи учун заррача микдори $d=33,94$ нм. Шунинг учун хар бир заррачанинг бир нечта алоҳида кристаллитлардан (турли йўналишдаги жойларидан) иборатлиги тахмин қилинади.

Шундай қилиб, мис ацетатини термик парчалаш усули билан иккиламчи полиэтилен матричасида бир-биридан изоляция қилинган сферик нанозарралар олинади. Материал учун иккиламчи ПЭ+3% масс. Cu асосий босқичи металл мис мисолида $d=33,94$ нм заррача қатталиги икки томонлама мис бирикмалари билан стехометрик олтинугурт (Cu_2S) ва стехометрик бўлмаган бирикма (Cu_3S_2 , Cu_4S_3) аралашмаларга эга равишда тенг тақсимланади.

Диссертациянинг «Полимер композит материалларнинг термофизик хусусиятлари» деб номланган тўртинчи бобида термофизик тадқиқотнинг аъъанавий усуллари полимерлар ва улар асосида композитлар ўрганилди.

Полимер композитларнинг иссиқлик физикасининг хусусиятлари ўзига хос реакция сифатида қабул қилинади. Бу ўзига хослик макромолекула занжирларининг муайян жойдаги эгилувчан хусусиятлари аннзотропияси кучли майдоннинг мослашувчанлиги билан боғлиқ.

Аниқланишига паст температураларда кристалли ПКМларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги кристалл черагаларида асосан фононларнинг кўчиши орқали белгиланади ва иссиқлик снғимига боғлиқ. Ушбу зоналарда иссиқлик ўтказувчанлиги $C_v \approx T^3$ (1 соха) ҳисобланади. Бироқ юқори температураларда фононларнинг сони ва уларнинг ўзаро таъсири ошиб боради, эркин югуриш йўли узунлиги камаяди, иссиқлик ўтказувчанлиги температура ўсиши билан экзопенциал равишда пасаяди.



(1 – кристалл, 2 – Cu нанозаррала, 3 – CdS нанозаррала, 4 – аморф) 4-расм. ПКМларнинг иссиқлик ўтказувчанликларининг температурага боғлиқлиги.

II соҳада иссиқлик ўтказувчанлиги $\lambda \approx 1/T$. Ушбу соҳада $100 \pm 200^\circ K$ гача кўп сонли фононлар уйғонади, уларнинг ўртача эркин югуриш йўли кичик ва деярли температурага боғлиқ эмас. Шу билан бирга фононлар ўзаро таъсирининг самарадорлиги юқори, узатиш қаршилиги температурага пропорционал ва иссиқлик ўтказувчанлиги $1/T$ қатталikka пропорционал. 4-расмдан кўриниб турибдики, 4-эгри чизикда аморф ПКМларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги температура билан монотон бўлмаган равишда ўсади ва паст температураларда кристалл ПКМларнинг иссиқлик ўтказувчанлигидан сезиларли даражада паст бўлади.

Полимер композитларда молекулалар ҳаракат тезлиги ўзгаришини иссиқлик снғими жуда яхши сезади. $273 \pm 373^\circ K$ гача ўрганилаётган температура оралигида олинган барча композитлар учун C_v нинг турли температураларда чизикли ўсиши кузатилади (5-расм). ПКлар учун $100 \pm 450^\circ K$ оралигида чизикли кўчиш $C_p(T)$, λ чўққилар билан боғлиқ бўлади. Шунн таъкидлаш керакки, полиэтиленнинг бошланғич бирикмаларини турли хил металл нанозарралар концентрацияси билан тўддириб, иссиқлик ўтказувчанлигининг $\approx 2-3$ марта ошириш иссиқлик снғимининг кўрсаткичига сезиларли таъсир кўрсатади. $80 \leq T \leq 300^\circ K$ температура оралигида $C_p(T)$ иссиқлик снғимини қуйидаги тенглама билан ифодаланиши мумкин:

$$C_p = a \cdot T + b$$

ўрганилган полимерлар учун a ва b параметрлар абсолют қийматларга яқин. Қаралаётган чизикли $C_p(T)$ температуранинг $173 \pm 473^\circ K$ оралиқда, 200 ва

450° K дан ташқари, оптик ва акустик тебранишли усулларнинг тасодифий тузатиш натижалари бўлиши мумкин эмас. $C_p(T)$ нинг бу ҳолати ПКларнинг тизимли хусусиятларига асосланган бўлиб, ички кимёвий боғланишлар туфайли полимер занжири бўйламосига кучли ўзаро таъсир ва кўшни занжирлари орасида кучсиз (Ван-дер-Ваальс) ўзаро таъсир ўтказилади, бундан ташқари металл кластерларнинг шаклланиши билан боғлиқ бўлиши мумкин.

Полимер занжирининг квазиўлчовли тузилишини ва кўшни занжирлари яқинлашувидаги молекулаларо таъсирлашувини ҳисобга олган ҳолда, ПКМларнинг паст температурали иссиқлик сигими Стокмейр-Хеч модели доирасида тасвирланган. Бу моделга мувофиқ, 100 ÷ 200° K температура оралиги қаралган.

$$C_{v,a} \approx a_1 T_1 + a_2 T_1^{1/2}, \text{ бу ерда } \frac{\left(\frac{4L_y}{M}\right)^{1/2}}{K_b} \leq T \leq \frac{\left(\frac{16\delta_y}{M}\right)^{1/2}}{K_b}$$

Пропорционалик коэффициенти a_1 бу тенгламада ўзаро таъсири ўзгармас деб қаралади; L_y – кўшни занжир яқин звенолари ўзаро таъсирининг ўзгармас кагталлиги, δ – занжирдаги валент атом бурчаклар деформациясининг ўзгармас катталлиги, M – молекулалар массаси.

Эксперимент натижаларини назария билан таққослаш учун C_p дан C_v га ўтиш зарур. Бунинг учун термодинамик муносабатдан фойдаланамиз:

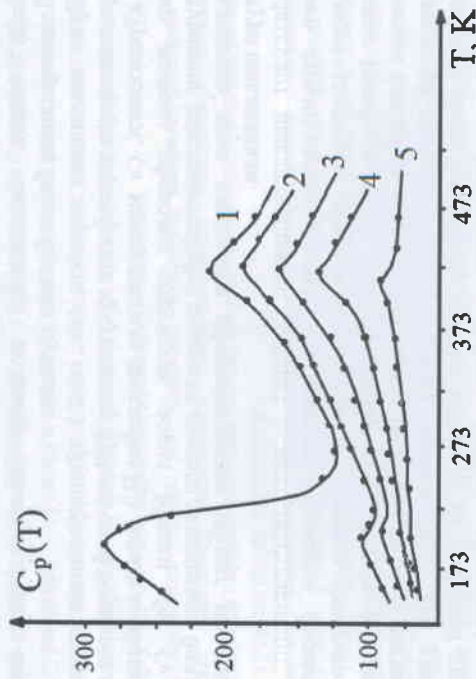
$$C_p - C_v = \frac{TV\beta_T^2}{K_T},$$

бу ерда T – температура, v – моляр ҳажм, β_T – ҳажмий кенгайиш коэффициенти ва K_T – изотермик сиқилиш, қиймаглари қуйидагиларга тенг: $K_T = 10^{-10} \text{ м}^2 \cdot \text{Н}^{-1}$; $\beta_T = 2 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}$; $v = 1,032 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$; $\rho = 1162 \text{ Кг} \cdot \text{м}^{-3}$.

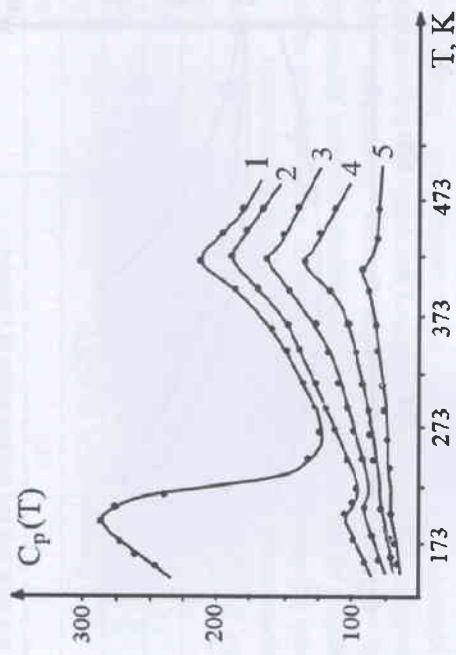
C_p , C_v фарқлари температура кўтарилиши билан орғиши сабабли, $T = 300^\circ \text{ К}$ температурада баҳолаймиз. Берилган температура оралигида мумкин бўлган фарқ $C_p - C_v = 1,24 \frac{\text{Ж}}{\text{К}}$ га тенг. Шубҳасиз, натижаларни таҳлил қилишда бундай фарқни эътибордан ташқарида қолдириш мумкин.

5 ва 6 – расмларда мос равишда $C_p(T)$ иккиламчи ПЭ CdS ва Cu ли композитлар келтирилган. Расмлардан кўришиб турибдики, $C_p(T)$ эгри чизиқда 100–225° K температуралар соҳасида тўлдирувчининг концентрацияси ошиши билан деярли йўқолиб кетадиган чўкки мавжуд.

Чўккиннинг тўлдириш даражасига боғлиқ ҳолда камайишни металлнинг молекулар занжирлар ва металлнинг заррачалари орасидаги ўзаро боғланишнинг эҳтимолини оширувчи нанозаррачалар билан тўлдирилиш даражасининг оширилиши билан полимер композитнинг кристалланиши бир неча баробар ошиши билан асослаш мумкин.



5-расм. ПЭ ва иккиламчи ПЭ + CdS композит иссиқлик сигимининг температуратурага боғлиқлиги.



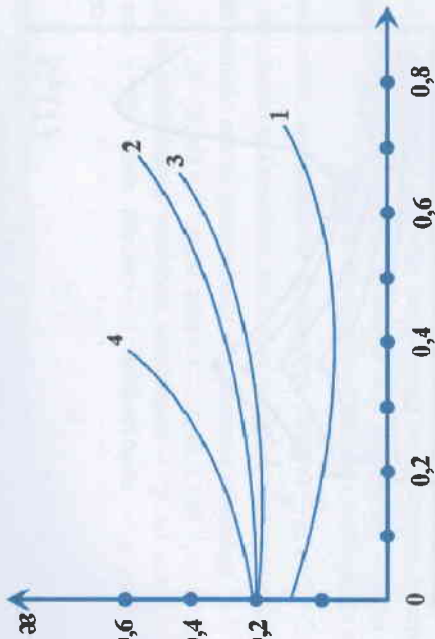
6-расм. ПЭ ва иккиламчи ПЭ + Cu композит иссиқлик сигимининг температуратурага боғлиқлиги.

Агар металлнинг нанозаррачаларидан иборат композит полимерга нисбатан кристаллироқ эканлиги эътиборга олинса, чўккиннинг юқорироқ

хароратли сохага силжишини полимер композинтнинг структурасини тартиблантирилиши билан боғлаш мумкин.

Шуни таъкидлаш керакки, (Cu , CdS) тўлдирувчининг турли фоидалиги тўлдирилишларида термофизик хусусиятлар бўйича олиб борилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, Cu мавжудлигида дастлабки ПЭ дагига нисбатан майдарок ва бир жинсли сферолит структура ҳосил бўлади, бу Cu зарралари структуранинг шаклланишининг самарали куртаги эканлигини билдиради. CdS мавжудлигида игна шаклидаги сферолитлардан иборат нотекис дефектли структура шаклланади.

Махсулот шаклланишининг харорат – вақт шартларининг ўзгаришида полимер структурасига Cu нинг таъсирининг характери сақланиб қолади, CdS заррачаларининг таъсири эса ўзгаради. Эритма харорати ва ушлаш вақтининг пасайиши билан CdS заррачалари бирламчи сунъий тизим ясовчи вазифасини бажаради, бунинг натижасида текис майда сферолитли иккиламчи ПЭ структура шаклланади. Хароратнинг ошиши билан ёки унинг таъсири давомийлиги ошса йирик, бир жинсли бўлмаган ва дефектли структуранинг ҳосил бўлиши кузатилади. Бунда металл тўлдирувчи полимер композинтларнинг тартиблантириш даражаси пасаяди. Шундай қилиб, металлларнинг полимер композинтнинг структурасига таъсири технологияга, яъни композинтларни тайёрлашнинг харорат - вақтли режимида боғлиқ бўлган ҳолда турлича бўлиши мумкин.



1, 2- чизиклар – (1), (2) формулалар бўйича ҳисоб–китоблар. 3, 4- чизиклар – мос равишда Cu , CdS лардан иборат иккиламчи ПЭ лар учун таъриба чизиклари.

7 - расм. ПЭ иссиқлик ўтказувчанлигининг иккиламчи ПЭ асосида концентратсияли боғ-лиқлиги.

7-расмда э нинг нано ПКларнинг ν , га боғлиқлиги келтирилган, бундан кўришиб турибдики, тўлдирувчининг ҳажмли қисми ошиши билан композитнинг иссиқлик ўтказувчанлиги ошади. Агар Cu ли композинтлар учун э нинг сезиларли ўсиши тўлдирувчининг $0,1 \div 0,3$ ҳажмида кузатилса, CdS ли композинтлар учун $0,4 \div 0,5$ тартибли ҳажмда кузатилади.

Диссергациянинг «Мис ва кадмий сульфид нанозарралари билан тўлдирилган полимер асосидаги композицион моддалар механик – реологик хусусиятлари» деб номланган бешинчи бобида физикавий-химёвий ва механик хусусиятлари ўрганилган.

Ўтказилган тадқиқот натижаларининг кўрсатишича, тўлдирувчи композинтларнинг реологик хусусиятлари эритманинг рентабеллиги билан баҳоланди. ПКМ таркибидаги мис нинг кўпайиши натижасида композитнинг сувоқлиги пасаяди (1-жадвал), шунингдек, мис билан тўлдирилган композинтлар босим остида қуйиш усулида қайта ишланиши мумкин.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, полимер матрицага тўлдирувчини киритиш композит материал эритмасининг окувчанлигини сезиларли пасайтиради.

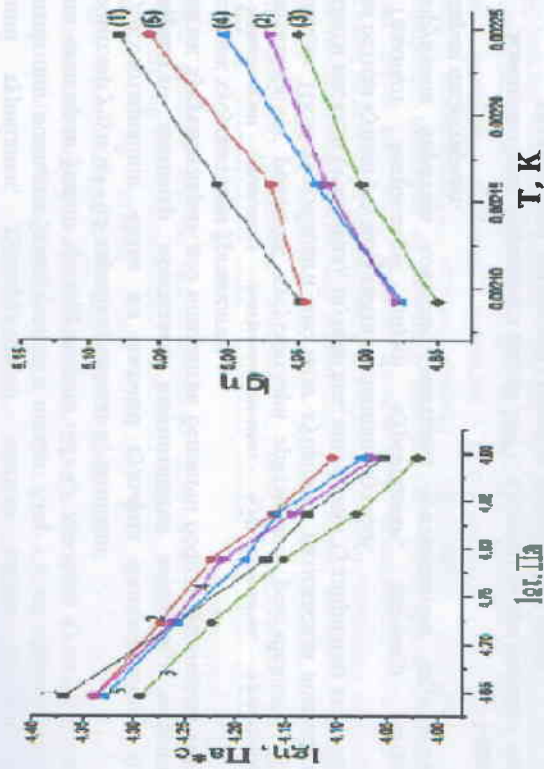
1-жадвал
Композинтнинг таркибига қараб $200^{\circ}C$ хароратда эритманинг оқим тезлигининг ўзгариши (заррача ҳажми ≤ 100 нм)

Композинтнинг таркиби заррача массаси, ПЭ даги хар 100 қисмга заррача массаси	ПЭ ЭР г/10мин
ПЭ	5,36
Иккиламчи ПЭ+ Cu 3,27%	3,72
Иккиламчи ПЭ+ CdS 5,61%	3,08
ПЭ+ Cu 40%	2,62
ПЭ+ CdS 50 %	1,98

Олинган маълумотлардан шуни хулоса қилиш мумкинки, полимернинг термик парчаланиши (ПП) натижасида полиэтиленнинг пастрок ёпишқоқликка эга эканлиги ва ПЭ+мис (дисперс заррачалари)га ишлов бериш нўқтаи назаридан афзал, аммо шуни ҳам таъкидлаш керакки, ўрганилаётган ПЭ учун ушбу кўрсаткичлар бир-бирига яқин. Иккиламчи ПЭга мис нанозаррачаларининг киритилиши композит материал қовушқоқлигига таъсири 8-расмда кўрсатилган. Графикдан кўринадики, мис нанозарраларининг киритилиши қовушқоқликни 4,3 дан 4,0 Па·с гача пасайтирган, бу эса мис нанозаррачаларининг тўлдирувчи сифатида киритилиши полимернинг термик парчаланиш қийматини олиш ва композит материалнинг қовушқоқлигини пасайтириш имконини беради.

Жадвалдан кўришиб турибдики, 40% миснинг дисперс зарралари билан тўлдирилган композит учун энг паст фаоллаштириш энергияси кузатилмакда. Иккиламчи ПЭ нано зарралар билан тўлдирилганда ковушқоқ окимни фаоллаштириш энергиясининг пасайиши полимер ва тўлдирувчининг таркибий қисмларида нано зарраларнинг адсорбцион ўзаро таъсири мавжудлигини кўрсатади. Эҳтимол нано зарралар тўлдирувчи окимнинг элементлар ходисаларида алоҳида заррача эмас, балки полимер адсорбция қатлами билан шаклланишида иштирокини осонлаштиради. Шу билан бирга иккиламчи ПЭга нано зарралар киритилганда, оқувчанликнинг ортиши ва ПЭга дисперс зарраларни қўшганмизда ковушқоқлигини пасайиши кузатилади, бу айниқса, кесиш окими амалга ошириладиган усул (босим осиде куйиш ва экстракцияда) маҳсулот ишлаб чиқаришда жуда муҳим.

9 -расмда мис нано зарралари билан тўлдирилган иккиламчи ПЭ учун $\lg \eta - \lg \tau$ боғланиш ва 9-расмда дисперс зарралар миқдори ошиб бориши билан композитнинг ковушқоқлиги пасайиши кўрсатилган. Қовушқоқликни пасайтиришнинг энг кичик миқдори 3% мис нано зарралари билан тўлдирилган тўлдирувчилар концентрациясида кузатиладиган.

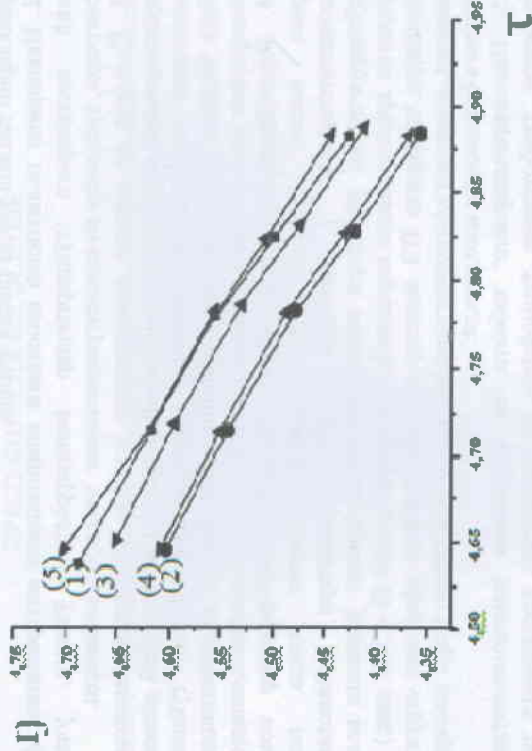


8-расм нано зарралари ковушқоқлигининг тарқалишида кучланишига ва хароратга боғлиқлиги.
1-ПЭ; 2-ПЭ+Cu(20%); 3-ПЭ+Cu(30%); 4-ПЭ+Cu(40%); 5-иккиламчи ПЭ+Cu(3,27%).

Тизим боғланишларнинг йўқотилиш ва мувозанатлаштирилган ҳолатига ўтиш даврида сарфланиши керак бўлган энергияни баҳолаш учун, фаоллаштириш энергиясини ҳисоблаш керак, унинг пасайиши полимерда янги боғланишларни тавсифлайди. 8-расмда фаоллаш энергиясининг ҳисоби $\lg \eta - T$ координаталарда графиги келтирилган. 2-жадвалда ушбу композит учун $E_{\text{фол}}$ нинг қийматлари берилган.

2-жадвал.
Мис нано зарралари билан тўлдирилган полиэтилен асосидаги композит ковушқоқлиги окимнинг фаоллаштириш энергияси.

Композит таркиби	$E_{\text{фол}}$, кЖ/моль
ПЭ	24
ПЭ+Cu 20%	16
ПЭ+Cu 30%	15
ПЭ+Cu 40%	14
Иккиламчи ПЭ + 5.61% (Cu)	20
Иккиламчи ПЭ + 3.27% (Cu)	22



9-расм. ПЭ ва иккиламчи ПЭ асосидаги композит эритма ковушқоқлиги тарқалишининг кучланишига боғлиқлиги.
1-ПЭ; 2-ПЭ+Cu(40%); 3-ПЭ+Cu(20%); 4-ПЭ+Cu(30%); 5-иккиламчи ПЭ+Cu (3,27%).

ХАМЗАЕВ ХАКБЕРДИ ЭШМИРЗАЕВИЧ

НАНОКОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ
НАПОЛНИТЕЛЯМИ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА И
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
ПРОДУКЦИИ НА ИХ ОСНОВЕ

05.02.01 – Материаловедение в машиностроении. Литые дело. Обработка металлов
термически и под давлением. Металлургия черных, цветных и редких металлов. Технологии
редких и редкоактивных элементов

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (РФД)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ

Қўлланиладиган дисперс зарралар концентрасиясининг ортиши билан қовушқоқлик кўрсаткичларининг ёмонлашиши юзага келади, бу дисперс зарраларнинг агломерацияси ва юқори ривожланган тўлдирувчи юзасида полимер макромолекулаларининг ҳаракатчанлигини чеклаш билан боғлиқ бўлиши мумкин. 9-расмдан кўриниб турибдики, ПЭ га миснинг дисперс зарраларини киритиш унинг реологик хусусиятларини ўзгаришига ёрдам беради. ПЭга дисперс зарраларни киритиш унинг солиштирма сирт юзаларининг катталиги қовушқоқликка катта таъсир қилади. Иккиламчи ПЭга мис нанозарраларининг 3% концентрасияга киритиш фақат юқори тарқалиш кучланишда композит қовушқоқлигини, солиштирма сирт юзаси $277 \frac{m^2}{g}$ га тенг бўлган нанозаррала ПЭ даражасига пасайтиради.

9-расмдан кўриниб турибдики, миснинг нанозарралари киритилиши туфайли ультратовуш таъсири пайтида жуда нозик диспергирлаш хисобига қовушқоқликнинг пасайишига ёрдам беради ва реакциядаги моддаларнинг фазалараро таъсирини кучайтиради.

ХУЛОСА

1. Иккиламчи полиэтилен асосидаги мис, иккиламчи полиэтилен асосидаги кадмий сульфид нанозарралари тўлдирилган ва уларнинг микдори, тарқибини танлашда ишлатишнинг ўзига хос шартларига қараб керакли хусусиятларга эга материалларни танлаш усули тавсия этилди.
2. Иккиламчи полиэтилен асосидаги композицион материалнинг физик-кимёвий хоссаларига тўлдиригичлар нанозарралари ўлчами, уларнинг хусусиятлари, тузилиши ва концентрасиясининг таъсири изоҳланди.
3. Сульфид ва металл нанозарралар асосида яратилган нанокөмпозит молекулаларининг структураси, энергия-дисперслиги ва тарқибий элементлар морфологияси ишқаланиш сиртининг нанозарралар билан тўйингириш хисобига тизимда каттик фазанинг ошиши билан боғлиқ ишқаланишда сирт қатламларининг кристалланиш даражасининг ўзгариши билан изоҳланди.
4. Нанотўлдирувчиларнинг фазали тарқибига ва полимер композит материал ишлаб чиқариш технологиясига боғлиқ ҳолда полимер нанокөмпозитларнинг структура ва хоссалари шаклланиши нанотўлдирувчининг зарралари симметрик моддаларнинг ўсишини келтириб чиқарилган кристалланиш марказига, нанозарраларнинг (3 - 5 % ҳаж.) кичик қўшимчалари таъсирида ПЭ ламеляр структурасининг сферолит структурага айланишига, композит компонентлари орасидаги фазалараро ўзаро таъсирининг кучайишига боғлиқлиги изоҳланди.
5. Нанозарраларнинг табиати ва тарқибини нанокөмпозитларнинг деформацион, триботехник, термофизик ва эластиклик хоссаларига таъсири асосланди.
6. Бир-биридан изоляцияланган сульфид ва металл нанозарралар билан тўлдирилган иккиламчи полиэтилен асосида композит материаллар ва наноструктурали буюмлар олиш такомиллаштирилган технологияси тавсия этилди.

Тема диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD) зарегистрирована Высшей аттестационной комиссией при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2020.2. PhD/Т1762

Диссертация выполнена в Джиззакском государственном педагогическом институте. Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-сайте Научного Совета (www.kashit.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziyou» (www.ziyouet.uz).

Научный руководитель: Умаров Абдусалом Вахитович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Зиямухамедова Умидда Алжановна
доктор технических наук, профессор

Адылов Равшан Иркинович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: Ташкентский филиал Туринского политехнического института

Защита диссертации состоится 17 апреля 2021 года в 10 часов на заседании Научного совета DSc 15/27.02.2020.Т.73.02 при Ташкентском государственном транспортном университете (Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темир йулчилар, 1. Тел (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54 e-mail:

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентском государственном транспортном университете (регистрационный номер № 020). (Адрес: 100167, Ташкент ул. Темир йулчилар, 1. Тел: (99871) 299-05-66.

Автореферат диссертации разослан «31» марта 2021 года
(протокол реестра № 01 от «30» марта 2021 года).



А.М.Арифжанов
Председатель Научного совета по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, профессор

Э. Тембаева
Член секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, доктор технических наук

Ш.С. Файзбаев
Председатель научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии(PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Сегодня в мире, в том числе, в США, Германии, Китае, Японии, Российской Федерации и в других развитых странах, на основе создания наноразмерных материалов, изучения их свойств производятся новые технологии, композиционные материалы, сооружения и электронные установки, а также особое внимание уделяется получению их посредством наноструктур, имеющих редкостные свойства и композиционные материалы на их основе с заранее заданными функциональными свойствами.

В мире ведутся научно-исследовательские работы посвященные созданию новых этапов развития технологий полимерных композиционных материалов, дальнейшей минимизации функциональных элементов для получения высокопрочных изделий, изучению их свойств и созданию наноструктур и композиций со специальными свойствами.

В последние годы в нашей Республике ученые достигли ряда положительных результатов по изучению и исследованию свойств наноразмерных объектов, уникальных свойств нанообъектов, в чем составе имеются наночастицы. В стратегии Действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены важнейшие задачи по «...перевести производство на качественно новую ступень, направленную на его ускоренное развитие...». Вводить в Узбекистан новые технологии, создавать новые технологии...». Вместе с тем изучение закономерностей воздействия на процессы формирования композитов с наночастицами, их физико-механических и триботехнических свойств, основанных на композитных материалах, состоящих из наночастиц, которые включают в себя кадмий сульфид и окись меди в матрице полиэтилена, является одной из актуальных задач.

Исследование диссертации в определенной степени служит осуществлению задач, определяемых Указом Президента Республики Узбекистан «О стратегии Действий по пяти приоритетным направлениям дальнейшего развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годы» за № УП-4947 от 7 февраля 2017 года, Постановлениями «О мерах дальнейшего укрепления инфраструктуры научно-исследовательских учреждений и развития инновационной деятельности» за № ПП-3365 от 1 ноября 2017 года, «О дальнейшем совершенствовании систем внедрения в практику инновационных идей, технологий и проектов» за № ПП-3382 от 27 апреля 2018 года, «О дополнительных мерах по совершенствованию механизмов внедрения инноваций в сферах и отраслях экономики» за № ПП-3698 от 7 мая 2018 года, а также другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Данное исследование выполнено в

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № УП-4947 «о стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики «VII. Химические технологии и нанотехнология».

Степень изученности проблемы. По изучению наполнительных материалов и созданию состава и технологии получения продукции на их основе проведены научные исследования такими учеными, как Ю.С. Липатов, S.Hulemp, R.Mogel, A.Nauazhi, D.Jully, G.Akovali, A.D.Amore, C.C.Песецкий, В.А. Гольдаде, С.С. Нигматов, С.Ш. Рашидова У.Абдурахманов, Т.Бабаев, А.С.Ибодуллаев, Э.У.Тешабова, У.А.Зиямухамедова, и другие.

Большинство исследований, проводимых ими для производства конструктивных, триботехнических, декоративных, защитных, электротехнических и других функциональных деталей, представляют собой композиционные материалы с дисперсными наполнителями, которые не лишены определенных недостатков механических и термических свойств. Разработаны полимерные композиционные материалы, компоненты различного состава, дисперсности, габитуса и активности, модификаторы, полимеры, ингредиенты и технологии для их производства.

Наряду с этим проводятся научные исследования в направлениях модификации композиционных полимерных материалов с минимальным размером, отличающихся такими своеобразными параметрами, как состав и структура, зарядное состояние, технология получения и другие, изготовления от них первичных компонентов наноматериалов, выявления их механизма трансформации в процессе обработки продукции под воздействием внешних факторов.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование проводилось в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта прикладному проекту КА-12-004 «Производство полимерного композита (в том числе, наноструктурного), имеющего улучшенные технические параметры в электротехнической и инженерной промышленности на основе местного сырья» (на 2015-2017 гг)

Цель исследования является совершенствование состава и технологии получения продукции на основе металлонаполнительных нанокomпозиционных материалов на основе вторичного полиэтилена.

Для достижения составленного цели необходимо было решить следующей задачи:

обосновать технологию получения композиционных материалов на основе изолированных друг от друга сульфида и металлических наночастиц;

определить связи физико-химических свойств полимерного композиционного материала, полученного в матрице вторичного полиэтилена, с размерами наночастиц, их свойствами, структурой и концентрацией наночастиц;

определить структуры, энергодисперсности и морфологии составных элементов нанокomпозиционных молекул;

обосновать формирование полимерных нанокomпозитов в связи с фазовым составом нанонаполнителей и технологией производства полимерного композиционного материала;

определить деформационных, триботехнических, термофизических и эластических свойств нанокomпозитов в связи с природой и составом наночастиц;

совершенствование технологии получения композиционных материалов на основе изолированных друг от друга сульфида и металлических наночастиц и на их основе получения наноструктурных изделий.

Объектами исследования являются медь и наночастицы кадмия сульфида, а также наполненные на их основе вторичный полиэтиленовые нанокomпозиты.

Предметами исследования являются размер и составная структура наночастиц в композиционных материалах, наполненных медью и наночастицами кадмия сульфида.

Методы исследования. В работе применены методы изучения атомно-силовым микроскопом, рентгенографией, теплообъема и теплопроводимости, а также механико-реологических свойств.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана технология получения нанокomпозиционных материалов на основе изолированных друг от друга сульфида, металлических наночастиц и полиэтилена;

определены размер наночастиц наполнителей, их особенности, строение и концентралы, влияние физико-химических свойств композиционных материалов на основе вторичного полиэтилена;

определены структура, энергодисперсность и морфология составных элементов нанокomпозиционных молекул, созданных на основе сульфида и металлических наночастиц;

обосновано формирование структуры и свойств полимерных нанокomпозитов в связи с фазовым составом нанонаполнителей и технологией производства полимерного композиционного материала;

обосновано влияние природы и состава наночастиц на деформационные, триботехнические, термофизические и эластические свойства нанокomпозитов;

совершенствована технология получения композиционных материалов и наноструктурных изделий на основе вторичного полиэтилена, наполненного изолированными друг от друга сульфида и металлических наночастицами.

Практический результат исследования заключается следующим:

создана научная основа отбора материалов, наполненных наночастицами меди и кадмия сульфида на основе вторичного полиэтилена и имеющих необходимые свойства по своеобразным условиям использования при отборе их количества и состава;

разработаны методы проверки структуры вторичных полиэтиленовых композиционных материалов с наноструктурами и определения их физических, механических свойств и введены в производство со стороны ООО Джизак

полимер пласт;

разработана технология изготовления композитных материалов и изделий из наночастиц, содержащих медь, распространённой на матрице с высоким давлением;

в результате создания технологии получения вторичного полиэтиленового композита, наполненного с наночастицами меди, достигнуто обеспечение устойчивости к высокой температуре материалов, применяемых в промышленности.

Достоверность результатов исследования обосновано применением химико-физических (ИК-спектроскопия, рентгеноструктурный анализ, Атомная энергетика, растровая, электронная и оптическая микроскопия, дифференциально-термический анализ), а также физико-механических испытаний (прочность, теплоемкость, теплопроводимость, зависимость теплообъёма от температуры) и других физико-механических методов, получением экспериментально-испытательных образцов в производственных условиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования объясняется созданием научной основы совершенствования технологии получения нанокompозиционных материалов и изделий на основе изолированных друг от друга сульфидных, металлических наночастиц и вторичного полиэтилена.

Практическая значимость результатов исследования служит производству композитных материалов, состоящих из наночастиц меди, применяемых в машиностроении, в производстве автомобильных запчастей и материалов с наноструктурой для народного хозяйства.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов по совершенствованию состава нанокompозиционных материалов с металлическими наполнителями и модифицированию технологии получения продукции на их основе:

утверждён технологический регламент (ТР-01-Т2-345) применение разработанных композиций в полиэтиленовых трубах ООО «Жиззах полимер пласт» на основе пункта 6.2.1 межотраслевого стандарта АО «Узкимёсанот» (TSt 2910-01:2007). В результате дано возможность получения полиэтиленовых труб на основе разработанных композиций;

внедрены состав и технология композитных полимерных материалов на основе вторичного полиэтилена наполненного наночастицами меди, сульфида кадмия в производстве ООО «Жиззах полимер пласт» (справка (АО «O'ZBEKNEFTEGAZ») №1683/GK-11 от 23 ноября 2020 года). В результате достигнута увеличения качества продукции на 33% и экономии производства на 5%;

внедрены полученные продукции на основе композитных полимерных материалов на основе вторичного полиэтилена наполненного наночастицами мед, сульфида кадмия в Муборакском газоперерабатывающем заводе (справка (АО «O'ZBEKNEFTEGAZ») №1683/GK-11 от 23 ноября 2020 года). В

результате увеличивается производительность на 22%, за счет уменьшения объема останки технологического производства для ремонта, а также увеличения экономической производительности на 7%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования диссертации обсуждались на 14, из них на 3 международных и на 11 республиканских научно – практических конференциях

Опубликованность результатов исследований. По теме диссертации опубликована 21 научная работа. 5 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей Аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных результатов научных исследований, из них 1 в зарубежном (на основе Scopus) и 4 в республиканских изданиях

Структура и объем диссертации. Состав диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, приложений и списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 106 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность исследования по теме диссертации, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологической Республики Узбекистан, приведена степень изученности проблемы, сформулированы цель и задачи, охарактеризованы объект и предмет исследования, изложены научная новизна и практические результаты исследования, основана достоверность полученных результатов, раскрыты теоретическая и практическая значимость, внедрение результатов исследования, приведены сведения об опубликованной работе и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Основная структура и свойства наночастиц**» изложены результаты изучения композиционных материалов на основе наночастиц разных материалов, их применение в технике и описано современное состояние науки в этой области. Показано, что в случае применения разных технологических воздействий (механических, химических, термальных, термомеханических и т.д.) с точки зрения эффективности практического применения освоенных в масштабе промышленности полимеров и полимерных композиционных материалов (ПКМ) функциональный полимерный композит является перспективным направлением материаловедения.

Поэтому приведены ряд исследований, экспериментов, проведенных по основным методам получения ПКМ, данные об их результатах и выводах. Вследствие своеобразности структуры и технологических методов (давление, температура, перемещения, наличие катализаторов и инициаторов и т.д.) синтеза почти все производимые в промышленности полимерные матрицы в отличие от того, что в теории, имеют неоднородную структуру. В объеме синтезированного полимера наличие остатков функциональных дополнений в определенном количестве, наряду с группами, полученных в соответствии с целью в процессе синтеза, состав полимерной макромолекулы состоит из

разных функциональных групп, связанных с возникновением ряда процессов. В одно и то же время реакции обрыва и ветгации возникающей цепи в целой массе полимера создает почву наличие долгоживущих радикалов.

Естественно, полимерная макромолекула состоит из активных граничащихся групп, боковых разветвлений, двухкратных связей. В устаревании определенных эксплуатационных факторов наличие с такими структурами и фазами неоднородностей может служить причиной процессов расстройства ПКМ. Наноразмерные частицы вызывают интерес не только в качестве объекта многофазных, многокомпонентных систем, осуществляемых в масштабе технологии создания и применения в специальных областях материаловедения (наноматериаловедение и нанотехнология), но и в качестве самостоятельных объектов, сильно отличающихся от официальных данных частиц с объемными параметрами.

В результате данного исследования уточнены технологии получения композитных материалов на основе разноставных, разноструктурных и активных малоразмерных наночастиц и проведены изыскания над их совершенствованием.

Во второй главе диссертации «Методы исследования основных химических свойств полимерных композиционных материалов с наночастицами», в соответствии с целью и задачами экспериментальных исследований применены оборудование, предназначенные разным функциям: рентгеновые оборудование, растворовые и атомно-силовые микроскопы, оборудование для измерения инфракрасных спектров, показано использование методов анализа на этих оборудованных.

Математическая обработка результатов исследования проведена в соответствии с O'z. DSt 14359 – 69 (Методы механических опытов. Общие требования). Границы промежутков достоверности определены критерием Стьюдента при уровне достоверности 0,95. Промежутки достоверности значения изучаемых величин при определении технологических характеристик не превышает 10%, при определении технологических характеристик 5% и при определении функциональных характеристик 15%. В получении данных эксперимента использованы сканирующий электронный микроскоп EVO MA 10(Carl Zeiss(German)) и установки энергодисперсного рентгенового микроанализа EDX INCA Energy (Oxford Instruments (UK)) Центра высоких технологий.

В третьей главе диссертации «Технология изготовления полимерных композитных материалов» описаны основные составные особенности полимерных нанокомпозитов, а также технологии производства многонаправленных композитных материалов.

Получены композитные материалы методом термического расщепления медного формата, наночастицы меди стабилизировались в объеме полиэтиленовых матриц, это лучшая технология, применяемая при расщеплении полимеров органическими растворителями. Слабая расщепляемость полимеров, чем органические растворы, в существенной

степени уменьшает возможность разделения наночастиц до 30 нм размеров и их меньшего объема. С другой стороны, существует большой практический интерес к термической и механической стабильности этих материалов, таких как полиэтилен. Одна из целей исследовательской работы состоит в совершенствовании существующего способа производства композитных полимерных материалов на основе полиэтилена высокого давления (ПЭВД), имеющего в своем составе медные наночастицы. Для стабилизации наночастиц использован полиэтилен в качестве матрицы очень привлекательно, потому что он диэлектрический, стабилен, дешевый, легко перерабатывается в любую форму и является одним из первых полимеров, произведенных в нашей Республике. Превосходства наноматериалов, основанных на них, обладание ими своеобразным малым удельным весом, зависят от высокой степени одинакового разделения наночастиц.

Образцы композиционного материала, имеющего в составе медные частицы, произведены С.П. Губиным и И.Д. Кобудски. Получены благодаря совершенствования методики «Класпол», эта методика основана на термическом расщеплении нестабильных карбонных кислот. Первичный связывающий использован в качестве соединения, а моногидрат в качестве диацетата меди $(CH_3COO)_2 \cdot nH_2O$, такое расщепление осуществлено в среднем при температуре $t = 300 \pm 5^\circ C$ в среде «полиэтилена высокого давления (ПЭВД) - масло». С этой целью расходувано 10 г полиэтилена и 100 мл масла, для этого нужны четырех горланная колба, смеситель, капаящая воронка, термометр и охладитель (змеевик). После добились температуры синтеза $(300^\circ C)$ в атмосфере азотного газа в результате раскаливания смеси перемешиванием с сильной реакцией. И после этого сохраняя одинаковую температуру, с помощью капаящей воронки, покапывая на бесцветную смесь, вводили водный раствор медного ацетата в смесь масло и полиэтилена, текучесть смеси 15 мл/час. Азотный газ в ходе реакции установлен для обеспечения быстрого (оперативного) вывода газовых продукций из реактора, после добавления раствора меди смесь реакции, сохраняясь в течение часа при температуре синтеза, обеспечила интенсивное перемешивание. Далее, остановив раскаливание, смесь реакции под атмосферой азота охладили до комнатной температуры. В процессе охлаждения для того, чтобы наночастицы не образовали осадок, совершенствуя методику, постоянно размешивали с помощью ультразвукового диспергатора в процессе охлаждения. В аппарате Соклетта после промывки масла с образцов при помощи бензола, образцы высушиваются и хранятся до начала исследовательских испытаний. Полученные нано добавки смещивали с растворенным вторичным полиэтиленом в размере 1:10 и получили нанокомпозицию.

Структурное изучение нанокомпозитов с наполнителем на основе вторичного полиэтилена. В настоящее время появляется большой интерес сфере производства композитных материалов как наноструктурной морфологии индивидуальных элементов. Материалы с нанокристаллами имеют такие удивительные механические свойства, как повышенная прочность и

твердость. С другой стороны, благодаря их высшей внутренней границе предела и высшей интерфейсной энергии, они под тепловой или механическим напряжением оказывают влияние росту «частиц» и это понижает их удивительных свойств.

При уменьшении размеров частиц полимера и металла металло-полимерных наноконкомпозитов в существенной степени изменяются почти все физико-химические свойства первоначальных составных частей, также композита. Несмотря на многочисленные работы в области создания полимерных наноконкомпозитных материалов, полностью не определены особенности технологических условий производства для их структуры и свойств, связь между видами и природой этих составных частей требует всестороннего изучения, природа интерфейсного влияния, методы реакции являются механическими и функциональными свойствами полученных материалов. Для создания наноматериалов, имеющих определенных свойств, необходимо установить связь между технологией данных объектов и методами и условиями определения их свойств. При использовании многих технологий появляются наночастицы, имеющие сложную структуру, но они в большинстве случаев не поддаются определению (например, анализ рентгеновых изменений) стандартов. Для решения данной проблемы необходимо применять разные методы, позволяющие сравнить данные о местных и массовых свойств наноструктуры.

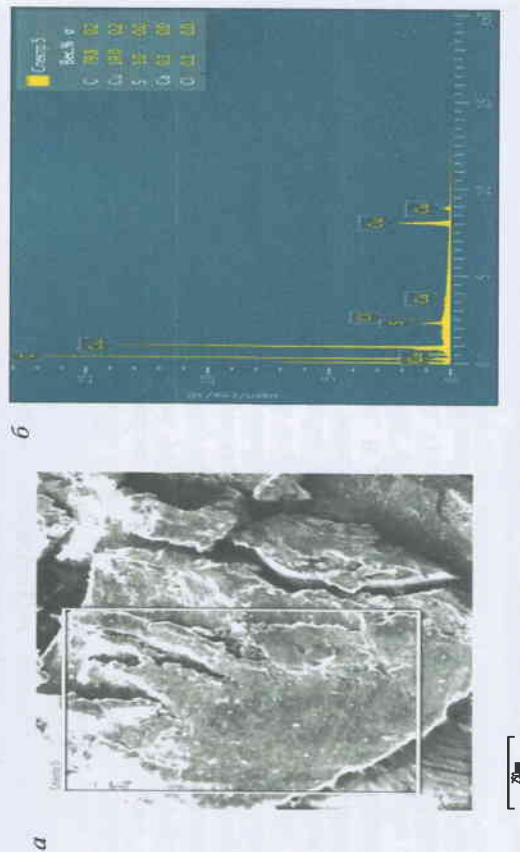


Рисунок 1. Электронно-микроскопная морфология наноконкомпозити с наночастицами меди(а) и энергодисперсный рентгеновый спектр наноконкомпозита, имеющего в своем составе медь(б)

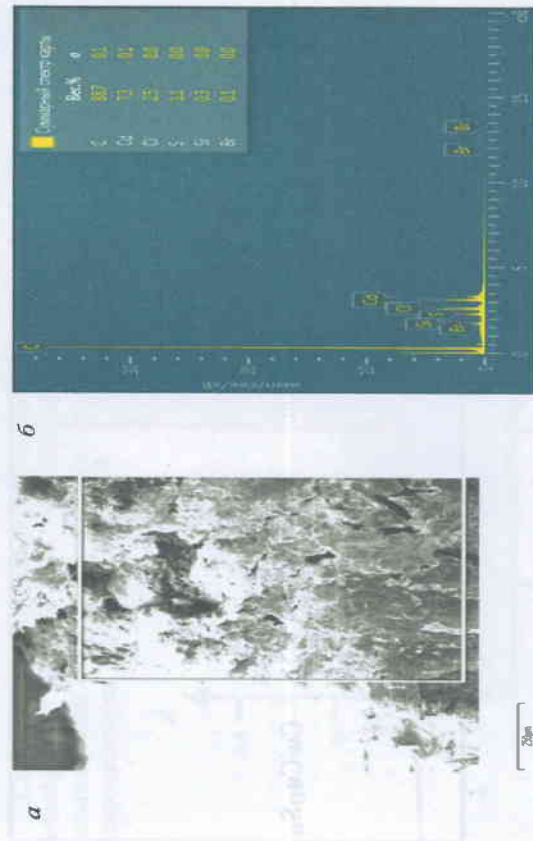


Рисунок 2. Электронно-микроскопная морфология наноконкомпозити с наночастицами сульфида кадмия (а) и энергодисперсный рентгеновый спектр наноконкомпозита, имеющего в своем составе кадмий сульфид(б)

В форме рисунка (а) можно увидеть формирование разрозненных частиц микронного размера. Но частицы с меньшим наноразмером трудно увидеть электронных микроскопических изображениях.

Основываясь на карте визуального анализа электронного микроскопического изображения и распределения медных частиц можно констатировать, что распространенная фаза имеет сферическую или сфероидальную форму. Кроме этого, можно предложить не сходство размеров коэффицентом частиц, их визуальную близость к единице. В составе 3-рисунка показана рентгеновая дифрактограмма композита, имеющего в своем составе медные частицы.

Применяя анализ рентгенофазовых изменений, можно высчитать размеры (частицы, кристаллиты, последовательные разрозненные блоки и другие).

Размер частиц, широта дифракционных вершин определяются интегралом по формуле Дебай-Шерера:

$$d = \frac{K\lambda bc}{\beta \cos\theta}$$

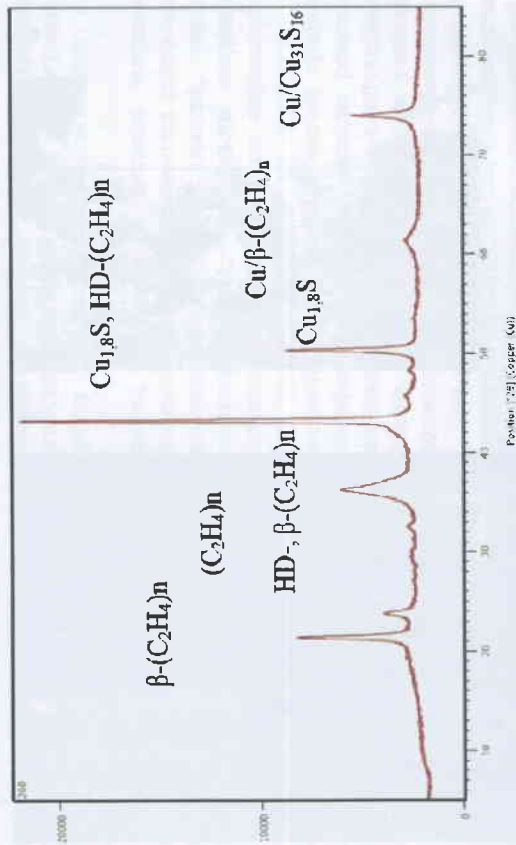


Рисунок 3. Рентгеноструктурная дифрактограмма нанокompозита, имеющего с своим составе мель

Здесь d – средний размер кристаллов; K – неизменяемый коэффициент формы частиц (неизменяемый коэффициент Шеррера); λ – волновая длина рентгенового излучения; β – широта рефлекса на полувысоте, выражаемая в радианах; θ – угол дифракции (угол Брэгга). По форме частиц, K коэффициент может принимать разные значения. Например, для сферических частиц K обычно 0,9. Для кристаллов куба, постоянный Шеррера для каждого рефлекса можно вычислять с помощью следующей формулы:

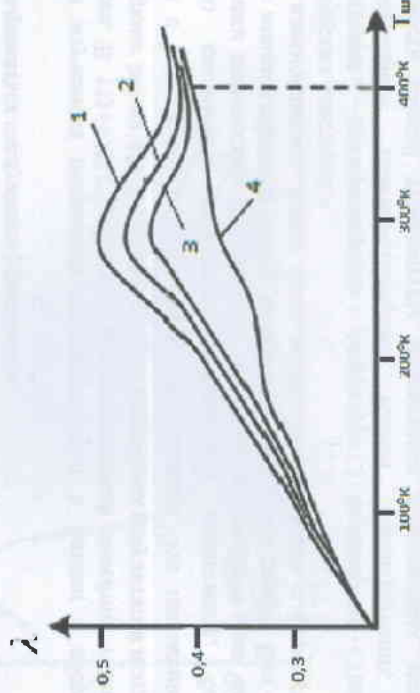
$$k = \frac{6|h|}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2} (6h^2 - 2|hk| + |kl| - 2|h|d)}$$

Здесь h , k и l – индексы Миллера. для составного элемента Cu (111) количество частиц было $d=33,94$ нм. Поэтому, предполагается, что каждая частица состоит из несколько отдельных кристаллитов (из мест разных направлений).

Таким образом, методом термического расщепления медного ацетата на матрице полиэтилена высокого давления получают изолированные друг от друга сферические нано частицы. Основной этап Cu на примере металл меди 33,94 нм величина частицы с двусторонними соединениями меди смесям стехометрической серы (Cu_4S) и нестехометрического соединения ($Cu_{1,8}S$, $Cu_{31}S_{16}$) распределяется поровну.

В четвертой главе диссертации «Термофизические свойства полимерных композитных материалов» изучены традиционными методами термофизического свойства полимера и композитов на их основе.

Свойства физики теплоты полимерных композитов принимаются как своеобразная реакция. Это своеобразность связана с приспособляемостью сильного поля анизотропии эластических свойств в определенном месте цепей макромолекулы.



1–кристалльные ПКМ; 2– Cu – ПКМ с наночастицами; 3– CdS – ПКМ с наночастицами; 4 –аморфные ПКМ

Рисунок 4. Зависимость теплопроводимостей ПКМ от температуры.

При температурах низкого определения теплопроводимости кристаллических ПКМ на границах кристалла в основном определяется по перемещению фононов и зависит от теплоемкости. В данных зонах теплопроводимости считается $C_v \approx T^3$ (I сфера). Но при высоких температурах количество фононов и их взаимодействие повышается, длина пути свободного бега уменьшается, теплопроводимость с повышением температуры понижается экспоненциальным образом.

Во II сфере теплопроводимость $\lambda \approx 1/T$. В данной сфере много числовые фононы пробуждаются до $100 \div 200^\circ K$, их путь среднего свободного бега небольшой и от температуры почти не зависит. Вместе с тем эффективность взаимодействия фононов выше, сопротивление передачи пропорционально температуре и теплопроводимость пропорционально $1/T$ величине. В 4-рисунке видно, что на 2-ой кривой линии теплопроводимость аморфных ПКМ повышается немотонно температуре и при низких температурах существенно ниже теплопроводимости кристаллических ПКМ.

В полимерных композитах изменение скорости действия молекул очень хорошо чувствует теплоемкость. Для всех композитов, взятых в промежутке изучаемой температуры до $273 - 373^\circ K$ наблюдается линейный рост C_v в разных температурах (5-рисунок). Для полимерных композитов в промежутке $100 - 450^\circ K$ диапазона линейное перемещение связано с $C_p(T)$, λ вершинами.

Нужно подтвердить то, что наполняя начальные соединения полиизтилена концентрацией разных металлических наночастиц, повышение электропроводимости в ≈ 5 раз оказывает существенное влияние на показатель теплоемкости. При промежуточной температуре $80 \leq T \leq 300^\circ \text{K}$ теплоемкость $C_p(T)$ может выражаться следующим уравнением

$$C_p = a_1 T + b. \quad (1)$$

Для изученных полимеров параметры a и b близки к абсолютным значениям. В $173 \div 473^\circ \text{K}$ диапазоне рассматриваемой линейной температуры $C_p(T)$ кроме 200 и 450°K , не может быть случайных результатов исправления методов с оптическим и акустическим колебанием. Это положение $C_p(T)$ основано системным свойствам полимерных композитов, благодаря внутренним химическим соединениям по длине полимерной цепи оказывает сильное взаимодействие и между соседствующих цепей слабое Ван-дер-Ваальс взаимодействие, кроме этого может быть связано с формированием металлических кластеров.

Учитывая квазиразмерную структуру полимерной цепи и межмолекулярное взаимодействие вблизи соседствующих цепей, теплоемкость низкой температуры полимерных композитных материалов изображена в рамках модели Стокмейр-Хеч. Согласно этой модели рассмотрен промежуток $100 - 200^\circ \text{K}$ температуры.

$$C_{v,a} \approx a_1 T_1 + a_2 T_1^{1/2}. \quad (2)$$

$$\text{Здесь } \frac{\left(\frac{4L_y}{M}\right)^{1/2}}{K_b} \leq T \leq \frac{\hbar \left(\frac{16\delta_y}{M}\right)^{1/2}}{K_b}.$$

Коэффициент пропорциональности a_1 , на этом уравнении взаимодействие определяется с омь ; L_y — неизменяемая величина взаимодействия близких звеньев соседней цепи, δ — неизменяемая величина деформации валентных атомных углов в цепи, M — масса молекулы.

Для того чтобы сравнить результаты эксперимента с теорией нужно перейти от C_p на C_v . Для этого используем термодинамическое отношение:

$$C_p - C_v = \frac{TV\beta_T^2}{K_T}, \quad (3)$$

Здесь T — температура, v — молярный объем, β_T — коэффициент объемного расширения и K_T — изотермическое сжатие, значения равны следующим:

$$K_T = 10^{-10} \text{M}^2 \cdot \text{H}^{-1}, \quad \beta_T = 2 \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}, \quad v = 1,032 \cdot 10^{-5} \text{M}^3, \quad \rho = 1162 \text{Kg} \cdot \text{M}^{-3}.$$

С повышением температуры разницы C_p , C_v , оцениваем при температуре $T = 300^\circ \text{K}$. В промежуточной данной температуры возможная разница равна на $C_p - C_v = 1,24 \frac{\text{Ж}}{\text{K}}$. Несомненно, при анализе результатов такую разницу можно оставить вне поля зрения.

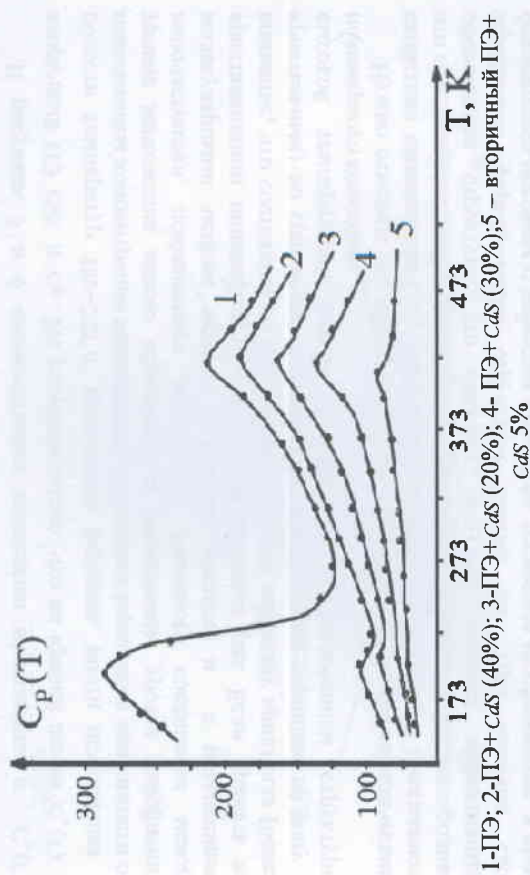


Рисунок 5. Зависимость теплоемкости композита ПЭ и вторичный ПЭ+ CdS от температуры, в объемном количестве.

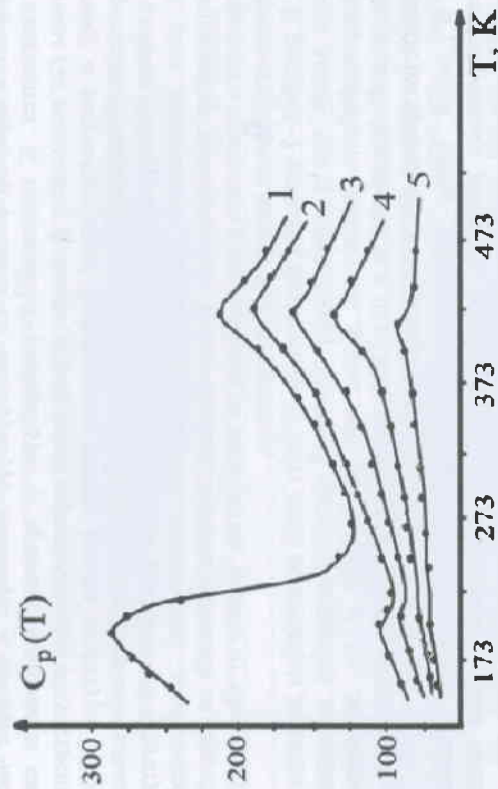


Рисунок 6. Зависимость теплоемкости композита ПЭ и вторичный ПЭ+Cu от температуры, в объемном количестве.

В рисунках 5 и 6 соответственно приведены компоненты с $C_p(T)$ вторичный ПЭ CdS и Cu . Из рисунков видно, что на кривой линии $C_p(T)$ в области температур 100–225°K существует вершина, почти исчезающая с повышением концентрации наполнителя. Убавление вершины в зависимости от уровня наполнения можно обосновать с повышением уровня наполнения наночастицами, повышающее вероятность взаимного соединения между молекулярными цепями металла и частиц металла, и с повышением кристаллизации полимерного композита в несколько раз. Если принять во внимание, что состоящий из наночастиц металлов композит кристалла (более кристалльный) по сравнению с полимером, продвижение вершины на зону с высокой температурой можно объяснить с упорядочением структуры полимерного композита.

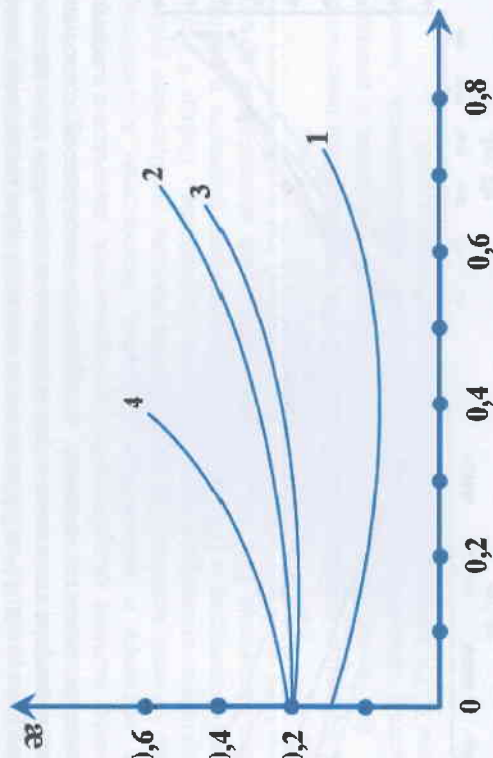
Нужно отметить то, что проведенные исследования по термофизическим свойствам наполнителя (Cu , CdS) при разных % -х наполнений показывают, что при наличии Cu образуется меньше, чем в первоначальном ПЭ, однородная сферолитная структура, это означает, что оно является эффективным зародышом формирования структуры частиц Cu . При наличии CdS формируется неровная с дефектом структура, состоящая из сферолитов в виде иголь.

При изменении условий температура-время формирования продукции сохраняется характер влияния Cu на структуру полимера. А влияние частиц CdS изменяется. С понижением температуры и времени задержания смеси частицы CdS выполнят функцию образующей первоначальную искусственную систему, в результате этого формируется ровная мелкая структура ПЭВД с сферолитом. С повышением температуры или повышением продолжительности его влияния наблюдается образование неоднородной и дефектной структуры. При этом понижается степень упорядочения полимерных композитов с металлическим наполнителем. Таким образом, влияние металлов на структуру полимерного композита в зависимости от технологии, то есть от температурно-временного режима, может быть различным.

В рисунке -7 показана зависимость α от v_1 нано полимерных композитов, отсюда видно, что с повышением объемной части наполнителя повышается теплопроводимость композита. Если, для композитов с Cu наблюдается существенное повышение α в $0,1 \div 0,3$ объеме наполнителя, для композитов CdS наблюдается при объеме $0,4 \div 0,5$ порядка.

В пятой главе диссертации «Механико-реологические свойства композиционных веществ, наполненных наночастицами окиси меди и кадмия сульфида» изучены физико-химические и механические свойства.

Результаты исследования показали, что реологические свойства наполнителей композитов оценивались по рентабельности раствора. С увеличением меди и CdS в составе ПКМ понижается жидкость композита (1-таблица), но наряду с этим композиты, наполненные CdS и меди, можно переработать под давлением методом литья.



1, 2 - расчеты по формулам (1), (2) соответственно. 3, 4 - экспериментальные линии для ПК, состоящие из Cu , CdS соответственно.
Рисунок 7. Концентрационная зависимость от теплопроводности на основе вторичный ПЭ.

1 таблица.
Изменение скорости течения смеси при 200°С температуре в зависимости от состава композита (объем частицы ≤100 мкм)

Состав композита масса частицы, На каждую 100 часть ПЭ масса частицы	ПЭ ЭР г/10мин
ПЭ	5.36
Вторичный ПЭ+ Cu 3.27%	3.72
Вторичный ПЭ+ Cu 5.61%	3.08
ПЭ+ Cu 40%	2.62
ПЭ+ CdS 50 %	1.98

Результаты исследований показывают, что введение в матрицу полимера дисперсного наполнителя существенно понижает текучесть раствора композитного материала.

Из полученных данных можно сделать вывод, что в результате термического расщепления полимера (ТРП) полиэтилен (ПЭ) имеет низкую липкость и предпочтителен с точки зрения обработки ПЭ+медь (дисперсным частицам), но нужно отметить, что для изучаемых классов ПЭ данные показатели близки друг другу.

Влияние введения наночастиц меди в вторичный ПЭ вязкости композитного материала показано в рисунке -8. В графике можно увидеть, что

введение наночастиц меди понизило вязкость от 4,3 до 4,0 Па·с, а это введение наночастиц меди в качестве наполнителя дает возможность получения значения термического расщепления полимера и понизить вязкость композитного материала.

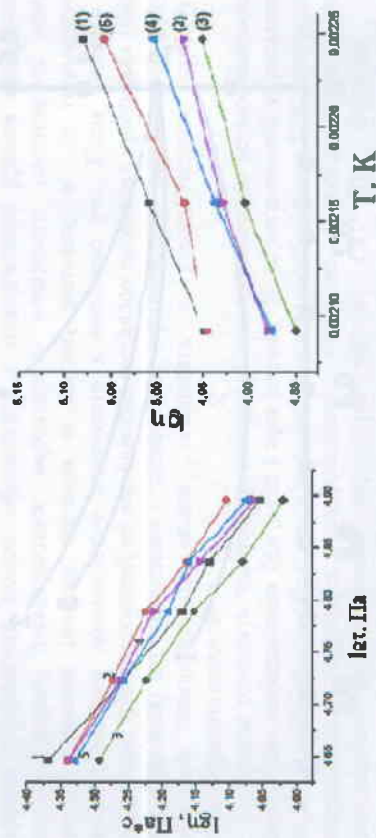


Рисунок-8. Зависимость вязкости и от напряжения в диссоциации и температуры.
1-ПЭ; 2-ПЭ+Cu(20%); 3-ПЭ+Cu(30%); 4-ПЭ+Cu(40%); 5- вторичный ПЭ+Cu (3,27%)

Рисунок-8. Зависимость вязкости и от напряжения в диссоциации и температуры.

В период перехода в положение потери и равновесия системных соединений для оценки расхода нужной энергии необходимо высчитать энергию активизирования, ее понижение характеризует новые соединения в полимере. В рисунке- 8 приведен график расчета энергии активизации $\lg \eta - T$ координатах. Во Таблице 2 для данного композита представлено значения E_{pa} .

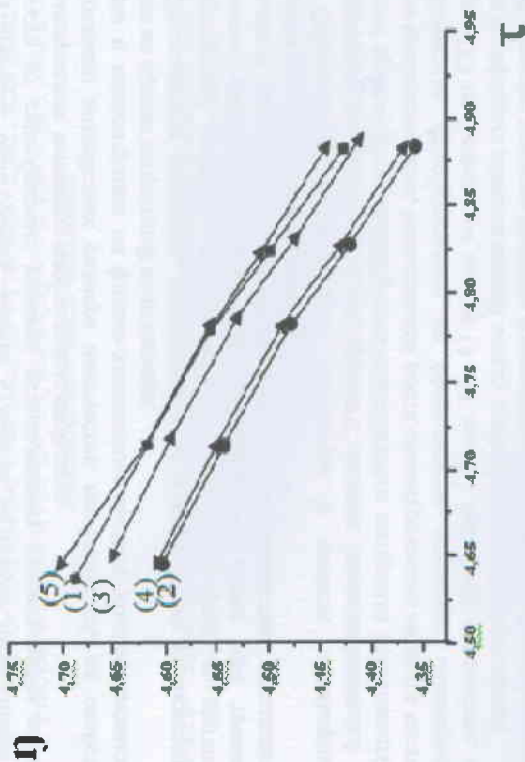
2 таблица.

Энергия активизирования течения вязкости композита на основе полиэтилена, наполненного медными наночастицами.

Рецептура композиции	E_{pa} , кДЖ/моль
ПЭ	24
ПЭ + Cu 20%	16
ПЭ + Cu 30%	15
ПЭ + Cu 40%	14
Вторичный ПЭ + 5,61% (Cu)	20
Вторичный ПЭ + 3,27% (Cu)	22

В таблице видно, что наблюдается самая низкая энергия активизации для композита, наполненного дисперсным частицами меди в 40%. При наполнении ПЭ наночастицами понижение энергии активизации вязкого течения показывает наличие адсорбционного взаимодействия наночастиц в составных частях полимера и наполнителя. Вероятно, наночастицы в элементарных случаях течения наполнителя не отдельная частица, а облегчает участие в формировании полимера с адсорбционным отложением. Наряду с этим при введении наночастиц в ПЭ наблюдаются повышение текучести и понижение вязкости вторичный ПЭ, это, особенно, важно при производстве продукции методом (при литье под давлением, при экструзии), где осуществляется течение сечения.

В 9-рисунке показаны для вторичный ПЭ, наполненного наночастицами меди, $\lg \eta - T$ соединение и понижение вязкости композита с повышением количества наночастиц. Самая минимальная эффективность понижения вязкости 3,27% наблюдается при концентрации наполнителей.



1-ПЭ; 2-ПЭ+Cu(40%); 3-ПЭ+Cu(20%); 4-ПЭ+Cu(30%); 5- вторичный ПЭ+Cu (3,27%).

Рисунок 9. Зависимость вязкости смеси композита на основе ПЭ и вторичный ПЭ температуре от напряжения диссоциации.

С повышением концентрации применяемых дисперсных частиц возникает ухудшение показателей вязкости, это может быть связано с агрегацией дисперсных частиц и ограничением подвижности полимерных молекул на высокоэластичной наполняющей плоскости. В рисунке-9 видно, что введение дисперсных частиц в ПЭ помогает изменению его реологических свойств. Величина удельных внешних плоскостей сильно влияет вязкости. Введение 3% -ную концентрацию медных наночастиц в вторичный ПЭ только в высоком напряжении диссоциации понижает вязкость композита до уровня вторичный ПЭ с наночастицами, удельная внешняя плоскость которого равна $277 \frac{M^2}{2}$. В 9-рисунке видно, что благодаря введению наночастиц меди во время влияния ультразвука за счет очень тонкого диспергирования помогает понижению вязкости и усиливает межфазное влияние веществ в реакции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При выборе количества и состава наполненных наночастицами меди на основе вторичный полиэтилена, кадмия сульфид на основе полиэтилена в зависимости от своеобразных условий использования рекомендуется выбор метода материалов, имеющих необходимые свойства.
2. Доказано воздействие размера наночастиц наполнителей, их свойств, структуры и концентрации на физико-химических свойств композиционного материала на основе вторичный полиэтилена;
3. Объясняются структура, энергодисперсия и морфология компонентов нанокompозитных молекул на основе наночастиц сульфида и металла изменениями степени кристаллизации поверхностных слоев при трении, связанными с увеличением твердой фазы в системе вследствие насыщения поверхности трения наночастицами;
4. Объясняются формирование структуры и свойств полимерных нанокompозитов в зависимости от фазного состава нанонаполнителей и технологии производства полимерного композитного материала зависимость от центра кристаллизации, вызывающей роста симметрических веществ частиц нанонаполнителя, преобразования на сферолитную структуру ламелярной структуры ПЭ под влиянием малых (3 - 5 мас.%) примесей наночастиц, от усиления межфазных взаимодействий между композитными компонентами;
5. Обосновано влияние природы и состава наночастиц на деформационные, триботехнические, термofизические и эластические свойства нанокompозитов;
6. Рекомендована усовершенствованная технология получения композитных материалов и наноструктурных изделий на основе вторичный полиэтилена, наполненного изолированными друг от друга сульфида и металлических наночастиц.

KHAMZAEV KHAKBERDI ESHMIRZAEVICH

NANOCOMPOSITION MATERIALS WITH METAL FILLERS BASED ON
POLYETHYLENE WITH ENCHANGED COMPOSITION AND THEM BASED
PRODUCTION TECHNOLOGIES

05.02.01 – Materials science in mechanical engineering. Foundry production. Heat treatment
and handling of metals pressure. Metallurgy of ferrous, nonferrous and rare metals.
Technology of rare and radioactive elements

DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PHD)
ON TECHNICAL SCIENCE

Tashkent -2021

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number

The dissertation has been prepared at the Tashkent State Transport University and Jizzakh State Pedagogical Institute

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website www.tashiit.uz and on the website of «ZiyoNet» Information and educational portal www.ziyo.net.

Scientific supervisor

Umarov Abdusalom Vakhitovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Ziyamuhamedova Umida
doctor of technical sciences, professor

Adilov Ravshan Irkinovich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

Turin Politechnical Institute Tashkent branch

The dissertation will be take place « 17 » april 2021 at 10⁰⁰ at the meeting of Scientific Council DSc.15/27.02.2020.T.73.02 at Tashkent state transport university. Address: 1, Temit yolchilar str, Tashkent 100167, Uzbekistan Phone (+998 71) 299-00-01, fax: (99871) 293-57-54 e-mail:

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information Resource Center of the Tashkent institute of railway engineers (Registered number № 020). Address: 100167, Tashkent city, Mirabad district, Temit yolchilar str., 1. Phone: (+99871) 299-05-66.

Abstract of the dissertation sent out on « 31 » march 2021 year
(mailing report № 01 on « 30 » march 2021 year)



A.M.Arifjanov
Chairman of Scientific council on awarding scientific degrees, Doctor of technical sciences, professor
E. Teshabaeva
Scientific secretary of the Scientific council on awarding degrees, Doctor of technical sciences, professor

Sh.S. Fayzibaev
Chairman of this scientific seminar under Scientific council on awarding scientific degrees, Doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the study is to improve the composition and technology for producing products based on metal-filled nanocomposite materials based on recycled polyethylene.

The objects of research are copper and cadmium sulfide nanoparticles, as well as secondary polyethylene nanocomposites filled on their basis.

The scientific novelty of the research is as follows:

a technology for producing nanocomposite materials based on isolated from each other sulfides, metal nanoparticles and polyethylene has been developed;

the size of filler nanoparticles, their characteristics, structure and concentration, the influence of the physicochemical properties of composite materials based on recycled polyethylene have been determined;

the structure, energy dispersion and morphology of the constituent elements of molecules of nanocomposites based on sulfides and metal nanoparticles have been revealed;

the formation of the structure and properties of polymer nanocomposites has been substantiated in connection with the phase composition of nanofillers and the production technology of polymer composite material;

substantiated the influence of the nature and composition of nanoparticles on the deformation, tribotechnical, thermophysical and elastic properties of nanocomposites; the technology of obtaining composite materials and nanostructured products based on recycled polyethylene filled with sulphide and metal nanoparticles isolated from each other has been improved

Approval of research results. The results of the dissertation research were discussed at 14 conferences, of which at 11 international and 3 republican scientific and practical conferences

Publication of research results. 21 scientific papers have been published on the topic of the dissertation. 5 articles in scientific publications recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for the publication of the main results of scientific research, of which 1 in foreign (based on Scopus) and 4 in republican publications

Volume and structure of the dissertation. The dissertation consists of introduction, five chapters, conclusion and list of used references. The volume of the dissertation is 106 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Хусанбоев У.Я., Хамзаев Х.Э. Исследование диэлектрических свойств полимерных изоляционных композиции // Композит материаллар журналы. – Тошкент, 2012 й №4. (05.00.00; №13)
2. Умаров А.В., Ёкубов Б.Э., Абдурахманов У., Хамзаев Х.Э., Влияние размера частиц наполнителя на диэлектрическую проводимость металл-полимерных композитов. // Журнал Композиционные материалы – Ташкент, 2017, № 4, с. 16-18. (05.00.00; №13)
3. Умаров А.В., Абдурахманов У., Каттаев Н.Т., Тожибоев А.Г., Хамзаев Х.Э. Структурные исследования металлонаполненных нанокompозитов на основе полиэтилена // Композит материаллар журналы. – Тошкент, 2018 й №2, 24-27. (05.00.00; №13)
4. Умаров А.В., Хамзаев Х.Э. Асосида полиэтилен бўлган металл тўлдирувчи нанокомпозит полимерларнинг тузилишини ўрганиш // Композит материаллар журналы. – Тошкент, 2019 й №3. 45-48. (05.00.00; №13)
5. A.V. Umarov, U. Abdurakhmanov, H.E. Khamzayev, N.T. Kattaev, and A.G. Tozhiboev. Synthesis and Structural Investigations of Metal-Containing Nanocomposites Based on Polyethylene // Physical sciences Zeitschrift für Naturforschungs a Z. Naturforsch. 2019 | Volume 74 | Issue 3 (a): 183-187. (Scientific Journal Impact Factor=1.414)(Scopus)

II бўлим (II часть; II part)

1. Умаров А. В., Мирсалихов Б.А., Хамзаев Х.Э. Электрические свойства полимерной композиции на основе фторопласта // «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте» конференция материаллар. – Тошкент, 2012.
2. Умаров А.В., Хамзаев Х.Э. Исследование частотной зависимости проводимости созданных композиционных толстопленочных резисторов // European Applied Sciences # 5. – 2014. 93 – 96 бет.
3. Умаров А.В., Хамзаев Х.Э. Температурная зависимость теплоемкости полимерных композиций с металлооксидными наполнителями // The First European Conference on Chemical Sciences 25th February, Vienna, 2015. 60 – 63 бет.
4. Умаров А.В., Набиев А., Хамзаев Х.Э. Исследование электрических свойств композиций на основе порошкового стекла и фторопласта // «Ўзбекистонда полимерли композицион материаллар фани ва ишлаб чиқарилишининг истикболлари» Республика илмий анжумани материаллари. – Наманган 5-6 май, 2015. 156 – 158 бет.

5. Умаров А.В., Хамидов Ш.Р., Хамзаев Х.Э. Полимерные композиционные материалы с много направленными структурами // «Ўзбекистонда полимерли композицион материаллар фани ва ишлаб чиқарилишининг истикболлари» Республика илмий анжумани материаллари. – Наманган 5-6 май, 2015. 27 – 29 бет.
6. Умаров А.В., Мирсалихов Б.А., Хамзаев Х.Э. Определение оптимальных размеров частиц наполнителя // «Ўзбекистонда полимерли композицион материаллар фани ва ишлаб чиқарилишининг истикболлари» Республика илмий анжумани материаллари Наманган 12 – 13 июнь, 2015. 6 – 8 бет.
7. Ғ.Мухамедов, А.Умаров., Б.Мирсалихов, Ф.Хусниддинов, Х.Хамзаев. Некоторые особенности формирования межфазного слоя саженополимерных полимеров // «Полимерли композитлар физикаси ва кимёси ҳамда композицион материаллар технологиясини долзарб муаммолари» Халқаро конференция. Наманган – 12 – 13 июль 2017 йил. 26 – 28 бет.
8. Умаров А., Мирсалихов Б., Эргашева Н., Усманов М., Хамзаев Х. Зависимость электрических свойств саженополимерных композитов от концентрации и индекса структуры саж // «Полимерли композитлар физикаси ва кимёси ҳамда композицион материаллар технологиясининг долзарб муаммолари» Халқаро конференция. Наманган – 12 – 13 июль 2017 йил. 81 – 85 бет.
9. Умаров А.В., Абдурахманов У., Хамзаев Х.Э. Структурные исследования нанокомпозиционных материалов на основе полиэтилена // «Композицион ва нанокомпозицион материаллари олиши ва қайта ишлашнинг замонавий технологиялари» Республика илмий-техникавий анжумани. Ташкент – 2017. 183-185 бет.
10. Умаров А.В., Хамзаев Х.Э., Маматкармов О.О., Уктамалиев Б.У., Муминжонов М.М., Компенсационный метод определения характера проводимости композитов Ф-42- СdO // «Научно-методические проблемы инженерной физики» материалы научно-технической конференции. Ташкент, 2017, с.33-36.
11. Умаров А.В., Абдурахманов У., Хамзаев Х.Э., Тожибаев А., Структурные исследования нанокомпозитов на основе полиэтилена // «Новые композиционные и нанокомпозиционные материалы: структура, свойства и применения» материалы республиканской научно-технической конференции, Ташкент, 2018, с. 13-16.
12. Умаров А.В., Хамзаев Х.Э., Кучкаров Х., Набиев А. Зависимость показателя токового шума композитных резисторов от концентрации и структуры сажи. // «Новые композиционные и нанокомпозиционные материалы: структура, свойства и применения» материалы республиканской научно-технической конференции, Ташкент, 2018, с.262-267.
13. A.V. Umarov, H. E. Khamzayev, B. A. Mirsalikhov. Temperature Dependence of the Heat Capacity of Polymeric Compositions Based on Polyethylene (LDPE) with a Metal Oxide Filler. American Journal of Mechanical and Industrial Engineering. Vol. 5, No. 1, 2020, pp. 1-5.

14. Умаров А.В., Хамзаев Х.Э., Хамидов Ш.Р. Полиэтилен асосидаги мис оксидли нанокөпозитларнинг реологик хусусиятлари // «Физика фанининг ривожланишида истеъдодли ёшларнинг ўрни РИЯК-ХIII-2020» республика илмий анжумани материаллари, Тошкент, 2020, 265-267 б.
15. Хамзаев Х.Э., Умаров А.В., Абдурахманов У., Полиэтилен асосидаги мис нанозарралари киритилган көпозитларнинг физикавий-механик хусусиятлари // «Көмпозизионные и металлонаполненные материалы для различных областей промышленности и сельского хозяйства», материалы международной Узбекско-Белорусской научно-технической конференции, Тошкент-Минск, 2020, с. 85-87.
16. Umarov A.V., Khamzaev Kh.E., Temperature dependence of the heat capacity of polymer compositions with metal oxide fillers., Proceedings of the XV International Conference «Physics of dielectrics», (5-8 October 2020, St. Petersburg, Russia), V.2308, pp.2315-2318.



Автореферат «Кимё ва кимё технологияси» журнали тахририятида тахрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими: 84x60 1/16, «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шаргли босма тиботи: 3. Адади 100. Буюртма № 13/21.

Гувоҳнома № 10-3719

«Тошкент кимё технология институти» босмахонасида чоп этилган.
Босмахона мазмун: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.