

АҢДАТПА

«8D07502 – Стандарттау және сертификаттау (салалар бойынша)» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға арналған диссертация

БЕРГАЛИЕВА САЛТАНАТ АМАНГЕЛЬДИНОВНА

АДДИТИВТІК ӨНДІРІС ҮШІН ҚАЙТА ӨНДЕЛГЕН ПЛАСТИКТІ СТАНДАРТТАУ

Жұмыстың жалпы сипаттамасы

Диссертацияда аддитивтік өндіріс үшін қайта өңделген полилактидтің сапасы мен стандарттауын жақсарту бойынша нәтижелер берілген.

Тақырыптың өзектілігі

Бүгінгі күні пластикалық қалдықтардың жиналуы қоршаған ортаның ластануына үлкен қауіп төндіріп отыр. Мысалы пластикалық қалдықтармен күресу үшін ұзақ ыдырайтын мұнай негізіндегі полимерлермен пластикалық қалдықтарды өңдеудің жалпы қабылданған әдістерінен басқа, баламалы биологиялық ыдырайтын полимерлер жасалады. Ең танымал биологиялық ыдырайтын полимерлердің бірі - полилактид ($(C_3H_4O_2)_n$). Оның созылу беріктігі полиэтилентерефталатпен салыстырылады, сонымен қатар полилактидтің салыстырмалы түрде төмен балқу температурасы бар. Өзінің қасиеттеріне байланысты бұл полимер тағамдық қаптама өндірісінде және хирургиялық тігістерді өндіруде кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, полилактид материалды экструзия (3D басып шығару) негізделген аддитивтік өндірісте ең танымал полимерлердің бірі ретінде танылған.

Индустрия 4.0 өнеркәсіптік революциясында аддитивтік өндіріс дәстүрлі пластмасса өнеркәсібінде проблемалық болып саналатын өндірісті ауыстыру жылдамдығына байланысты өнімді өндірудің перспективалық бағыты болып табылады. Аддитивтік өндірісті тұтынушыға жақынырақ орналастыру мүмкіндігі - бұл технологияның қарқынды дамып келе жатқан заманауи әлемде маңызды артықшылық болып табылады. Пайдаланудың қарапайымдылығы мен 3D принтерлерінің салыстырмалы түрде арзан бағасына байланысты материалды экструзияға негізделген аддитивтік өндіріс шағын өнеркәсіптер мен үйде пайдалануға жарамды.

Алайда, аддитивтік өндірістің оң қасиеттеріне қарамастан, 3D басып шығару және прототиптеуді орнату нәтижесінде полимерлік қалдықтар, соның ішінде полилактид түзілетінін ескеру қажет. 3D басып шығарудан қоршаған ортаға полилактидті қалдықтардың жиналуын болдырмау үшін бұл қалдықтарды компосттау орындарына орналастыру керек, өйткені полилактидтің жылдам биодеградациясына белгілі бір компосттау жағдайында ғана қол жеткізуге болады.

Компосттардың құрылысы үлкен көлемдегі өндірістік қалдықтар үшін ғана экономикалық тұрғыдан негізделген және шағын өндіріс үшін тиімсіз. Бүгінгі таңда полилактидтің нарықтық бағасы мұнай негізіндегі полимерлердің бағасынан жоғары. Осылайша, қоршаған ортада полилактидті қалдықтардың жиналуын болдырмау және ресурстарды үнемдеу үшін 3D басып шығарудан алынған полилактидтік қалдықтарды қайта өңдеудің әртүрлі әдістері зерттелуде.

Полилактидтің өмірлік циклін бағалау бойынша зерттеулердің нәтижелері механикалық қайта өңдеу полилактидті өңдеудің ең экологиялық таза әдісі екенін дәлелдеді. Бірақ полилактидтік қалдықтарды механикалық өңдеу кезінде алынған өнімдердің созылу беріктігі бастапқы полимерге қарағанда төмен болады. Қайта өңделген полилактидтен жасалған бұйымдарды 3D басып шығару процесінде дайын бұйымдар қабаттарының қабат аралық адгезиясы және 3D принтер саптамасының бітелуі проблемалары бар екенін ескере отырып, сапа көрсеткіштерін жақсарту және қайталама полимердің басып шығаруға жарамдылығын қамтамасыз ету қажет, яғни қайта өңделген полилактид негізінде жақсартылған қасиеттері бар материал жасау.

Тұрақты даму және материалдың бәсекеге қабілеттілігін, сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін стандарттау қолданылады, ол арқылы стандарттау объектісіне бірыңғай талаптар қойылады. Осылайша, қайта өңделген полилактидті қалдықтар негізіндегі полимерді аддитивтік өндіріс үшін жетілдіру және оның сапа көрсеткіштерін стандарттау кезек күттірмейтін мәселе болып табылады.

Жоғарыда айтылғандардың негізінде диссертациялық жұмыс алынған қасиеттерін стандарттаумен материалдарды экструзиялау негізінде аддитивтік өндірісте қолдану үшін полилактидті қалдықтардың сапа көрсеткіштерін жақсартуға арналған.

Диссертация тақырыбының ғылыми жұмыс жоспарымен байланысы

Диссертациялық жұмыс «Химия өнеркәсібі объектілеріне қызмет көрсету үшін аддитивтік өндіріс әдіснамасын енгізу арқылы ресурстардың тиімділігі мен тұрақтылығын арттыру» жобасы аясында жүзеге асырылды. Қаржыландыру: Кампус технологиялық қоры. Қатысушы ұйымдар: Кадис университеті және Indorama Ventures Quimica SL. 2020 жылдың 1 қаңтарынан 2021 жылдың 31 маусымына дейінгі аралық. Берілген сома: €6058,48. Үйлестіруші: Давид Салес Лерида.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты полилактидтік қалдықтардан алынған 3D басып шығару үшін жіптер мен түйіршіктердің термофизикалық қасиеттері жетілдірілген стандарттау болып табылады.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттерді шешу қажет болды:

- ары қарай өңдеу мақсатында 3D басып шығарылған полилактид үлгілерінің стандартталған жеделдетілген гидротермиялық ескіру процесін зерттеу;

- таза полилактидті қосу арқылы нақты 3D басып шығару қалдықтарынан өңделген полилактидті жіптердің сапасын тексеру;

- таза полилактид пен титан диоксиді нанобөлшектерін қосу арқылы қайта өңделген полилактидтен жасалған 3D басып шығаруға арналған түйіршіктердің сапасын жақсарту;

- материалдарды экструзияға негізделген аддитивтік өндіру үшін TiO_2 нанобөлшектері бар таза және қайта өңделген полилактид негізіндегі нанокөмбіріктерге арналған ұйымдар стандарттын әзірлеу.

Зерттеу объектісі – 3D басып шығарудың полилактидті қалдықтары.

Зерттеу пәні термофизикалық қасиеттері жақсартылған қайта өңделген полилактидті стандарттау болып табылады.

Зерттеу әдістері

Қойылған мақсаттарға жету үшін қажетті міндеттерді шешу кезінде келесі әдістер қолданылды:

3D басып шығарылған полилактид үлгілерінің термиялық және гидротермиялық ескіру динамикасын зерттеу үшін бақыланатын жеделдетілген зертханалық ескіру әдісі қолданылды.

Балқытылған жіптермен үлгілерді басып шығару үшін жіптерді жасау мақсатында полилактидті қоқыс бір бұрандалы экструдерде ұсақталып, електен өткізіліп, экструзияланды.

Нанокөмбіріктер қос бұрандалы экструдерде өндірілді және алынған нанокөмбіріктердің үлгілері балқытылған түйіршіктер арқылы басып шығарылды.

Алынған үлгілердің қасиеттері сканерлеуші-электронды микроскопиямен, дифференциалды-сканерлеуші калориметриямен, термогравиметриялық талдаумен және механикалық қасиеттерін анықтаумен сипатталды.

Өңделген полилактидті стандарттау үшін унификациялау, параметрлік, кешенді және жетілдірілген стандарттау, сондай-ақ стандарттау объектілерін ретке келтіру әдістері қолданылды.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы, алғаш рет:

1. Жеделдетілген зертханалық ескірудің көмегімен 3D басып шығарылған полилактид үлгілерінің термомеханикалық сапа көрсеткіштерінің өзгеру динамикасы эксперименталды түрде анықталды.

2. Полилактидтік қалдықтардан, сондай-ақ сәйкесінше 25-75, 50-50, 75-25 пайызбен бастапқы полилактидті қосып, сынамалар дайындалды және олардың сапасы тексерілді.

3. Титан диоксиді нанобөлшектері қосылған бастапқы және қайталама полилактид негізіндегі нанокөмбіріктер өндірілді және олардың сапасы тексерілді.

4. Полилактид негізінде жақсартылған материалдың пайыздық және сапа көрсеткіштері стандартталған және ұйым стандартында құжатталған.

Қорғауға шығарылатын негізгі тұжырымдар

1. Ст АҚ 002-2023 «Аддитивтік өндіріске арналған полилактид. Жеделдетілген гидротермиялық ескіру сынағы» жеделдетілген

гидротермиялық ескірудің стандартталған процесі 50 °С температурада және 70 % ылғалдылықта, 1344 сағат ішінде 3D басып шығарылған полилактид үлгілерінің созылу беріктігінің 33 % төмендеуіне әкеледі.

2. Таза полилактидпен қоспада қайта өңделген полилактидтің пайызын 0-ден 75%-ға дейін арттыру балқытылған жіптері бар 3D басып шығарылған үлгілердің сапасын жақсартуға әкеледі, өйткені созылу беріктігі 44,20±2,18 МПа-дан 52,61±2,28 МПа-ға дейін артады.

3. Қайта өңделген полилактидке 18 % таза полимер мен 7 % титан диоксиді нанобөлшектерін қосу алынған үлгілерді стандартты үлгінің беріктігіне дейін созу кезінде беріктік қасиеттерінің сапасын жақсартуға және балқытылған түйіршіктермен 3D басып шығару кезінде оңтайлы өтімділікке әкеледі.

4. Ұйым стандарты Ст АҚ 001-2023 «Полилактид негізіндегі нанокөмпозиттер және оның қоспалары өндірісі үшін титан диоксиді нанобөлшектері бар қалдықтары. Техникалық сипаттамалар» келесі сертификаттау үшін 25/75/0, 22/75/3, 18/75/7 пропорцияларында таза және қайта өңделген полилактид пен титан диоксиді нанобөлшектерінің пайызын белгілейді.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңызы

Жылдамдатылған термиялық және гидротермиялық ескірудің нәтижелері полилактидті үлгілердің уақыт бойынша өлшемдік, термиялық және механикалық қасиеттерінің өзгеру динамикасын түсінуге мүмкіндік береді. Бұл теориялық білім 3D басып шығарылған полилактидті өнімдері оңтайлы сапаны сақтайтын кезеңді түсіну үшін қажет.

Бастапқы полимер және титан диоксиді нанобөлшектері қосылған қайта өңделген полилактид негізінде алынған нанокөмпозит стандартты үлгіге сәйкес сапа көрсеткіштері бар материалдарды экструзиялау негізінде аддитивтік өндіріс үшін полилактид қалдықтарын механикалық өңдеу мүмкіндігінің дәлелі болып табылады.

Диссертациялық жұмыс барысында екі ұйымдық стандарттар әзірленді. Бірінші стандарт Ст АҚ 002-2023 «Аддитивтік өндіріске арналған полилактид. Жеделдетілген гидротермиялық ескіру сынағы» оның ескіру динамикасын анықтау үшін полилактидтің жеделдетілген гидротермиялық ескіру процесін реттейді. Екінші стандартта «Полилактид негізіндегі нанокөмпозиттер және оның қоспалары өндірісі үшін титан диоксиді нанобөлшектері бар қалдықтары. Техникалық сипаттамалар» таза полимер және титан диоксиді нанобөлшектері қосылған қайта өңделген полилактид негізіндегі нанокөмпозиттердің термиялық және механикалық сапа көрсеткіштерін құжаттайды. Егер екінші стандарттың талаптары орындалса, осы нанокөмпозиттен алынған өнімдердің сапасына материалдарды экструзияға негізделген аддитивтік өндіріс арқылы кепілдік беруге болады. Бұл екі стандартты "Өскемен өнеркәсіптік арматура машина жасау зауыты" АҚ директоры бекітті. Болашақта "Өскемен өнеркәсіптік арматура машина жасау зауыты" АҚ титан диоксиді нанобөлшектері қосылған таза және қайта өңделген полилактид негізінде нанокөмпозиттерді сертификаттау үшін

ұйымның екінші стандартын пайдалануды жоспарлап отыр, бұл оның бәсекеге қабілеттілігін арттырады. Алынған нәтижелердің практикалық маңыздылығы халықаралық рецензияланған басылымдардағы жарияланымдармен және тұрақты халықаралық конференцияларға қатысумен расталады.

Автордың жеке үлесі – диссертациялық жұмыстың бүкіл көлемі, зерттеу әдісін таңдау, есептерді шешу, аддитивтік технологиялар үшін полилактидті үлгілердің термомеханикалық қасиеттеріне зерттеулер жүргізу, нормативтік-техникалық құжаттаманы әзірлеу автордың өз үлесімен жүзеге асырылды. Міндеттерді қою және нәтижелерін талқылау ғылыми жетекшілермен бірлесіп жүргізілді.

Алынған нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі

Алынған нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі жоғары импакт-факторы бар алыс шет елдердің жоғары рейтингтік журналдарында және ғылыми қызметтің негізгі нәтижелерін жариялау үшін ҚР ҒЖБМ Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда, жақын және алыс шет елдердің халықаралық ғылыми конференциясының еңбектерінде жарияланымдармен расталады.

Диссертациялық жұмысты апробациялау және жариялау

Диссертациялық жұмыстың тақырыбы бойынша негізгі нәтижелер 7 ғылыми басылымда, оның ішінде 3 мақала Web of Science (Clarivate Analytics, АҚШ) және Scopus (Elsevier, Нидерланды) халықаралық ақпараттық ресурстарына енгізілген ғылыми басылымдарда, 1 мақала Философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ҚР ҒЖБМ Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған ғылыми жарияланымдар, халықаралық конференцияларда тезистер түріндегі 3 жұмыс жарияланды

Диссертацияның құрылымы мен көлемі

Диссертация кіріспеден, алты бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған дереккөздер тізімінен және төрт қосымшадан тұрады. Диссертациялық жұмыс мәтіні 115 беттен, 36 суреттермен, 17 кестемен кескінделген және пайдаланылған дереккөздердің тізімінде 162 атау бар.