

FTAMP 64.29.33

Г.С. Кенжибаева¹ – негізгі автор, | ©
М.Т. Сихимбаева²



¹Техн. ғылым. канд, профессор, ²Магистр, аға оқытушы

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0001-6494-835X> ²<https://orcid.org/0009-0005-0658-0290>



^{1,2}М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Университеті,



Шымкент, Қазақстан



¹ailana_2000012@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/AXXE6430>

КІЛЕМ ТОҚЫМА ӨНДІРІСІНДЕ ӨРТКЕ ТӨЗІМДІ МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ЖІПТЕРДІ ШЫҒАРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада кілем тоқу өндірісінде қолданылатын полипропилен негізіндегі синтетикалық жіптердің технологиясы және олардың өртке төзімділігін арттыру жолдары зерттелді. Полипропилен талшықтарындағы физика-механикалық қасиеттерін атап айтқанда тозуға төзімділігі мен беріктігі және экономикалық тиімділігі жоғары болғанымен, олардың жанғыштығы негізгі кеміліктерінің бірі болып келеді. Соған байланысты талшық құрамын антиперендік қоспалармен модификациялау, технологиялық параметрлерін оңтайландыру қарастырылады. Зерттеу барысында полипропилен балқымасындағы көміртек, кремний диоксиді мен алюминий оксиді негізіндегі антиперендер енгізіліп, әр түрлі тығыздықтағы жіптер жасалады. Экструзия, созу, текстурлау мен термобекіту кезеңін жекелеп жіп сапасы анықталады. Жүргізілген тәжірибелер нәтижесінде жіптің тығыздығы артқан сайын жану уақыты мен температурасының өзгеру заңдылықтары айқындалады. Зерттеу нәтижелері бойынша құрамында 92,7% полипропилен, 3% көміртек, 0,3% SiO₂, 1% Al₂O₃ 1% жұмсартқыш және 2% бояу бар №4 үлгі ең тиімді өртке төзімді материал ретінде анықталады. Ұсынылған технология бойынша кілем жіптерінің өртке төзімділігін арттырып, олардың пайдалану қауіпсіздігін жақсартуға мүмкіндік береді. Сондай ақ мұндағы ұсынылатын технологиялық құрамы мен өндірістік процестің тұрақтылығын қамтамасыз ету, дайын өнім сапасын арттыруға мүмкіндік береді. Осы алынған нәтижелер кілем өндірісінде қауіпсіз, ұзақ мерзімді және бәсекеге қабілетті өнімдер ретінде шығаруға негіз болады.

Тірек сөздер: кілем тоқу технологиясы, модификацияланған жірім жіп, антиперен қоспалары, отқа төзімді талшықтар.



Кенжибаева, Г.С. Кілем тоқыма өндірісінде өртке төзімді модификацияланған жіптерді шығару технологиясын зерттеу [Мәтін] / Г.С. Кенжибаева, М.Т. Сихимбаева // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2026. – №2(92). – Б.231-244. <https://doi.org/10.55956/AXXE6430>

Кіріспе. Кілем тоқу өндірісіндегі – жеңіл өнеркісіп маңызды салалардың бірі болып табылады. Қазіргі кезде нарықта жоғары сапалы, ұзақ мерзімді және қауіпсіз өнімдерге сұраныс артып келеді. Осындай талаптарға сәйкес синтетикалық талшықтар, полипропилен негізіндегі жіптердің қолданылуы көп таралуда. Полипропилен талшықтары өздерінің тозуға

төзімділігі және жоғары беріктігі, сондай ақ экономикалық тиімділігімен ерекшеленеді. Сонымен қатар, өңдеуге ыңғайлы, жеңіл әрі ылғалға төзімді болып келеді. Полипропиленнің негізгі кемшіліктерінің бірі-оның тез жанғыштығында. Бұл қасиет кілем өнімдерін пайдалану барысында өрт қауіпсіздігі талаптарына толық жауап бермеуінің себебі болуы мүмкін. Сондықтан қазіргі ғылыми-зерттеу жұмыстарының маңызды бағыттарының бірі – полипропилен талшықтарының өртке төзімділігінің арту жолдарын іздестіру болып табылады.

Осы тұрғыда талшық құрамындағы антиперен қоспаларымен модификациялау, беттік өңдеу әдістерін қолдану және өндірістік технологиялық параметрлерді оңтайландыру өзекті мәселелердің қатарына жатады. Әсіресе көміртек, кремний диоксиді және алюминий оксиді сияқты қоспаларды енгізу арқылы материалдық жану қасиеттерін төмендетуге мүмкіндік туғызады.

Бұл мақалада полипропилен негізіндегі синтетикалық жіптердің технологиялық ерекшеліктері зерттеліп, олардың өртке төзімділігін арттыру әдістері қарастырылады. Сонымен қатар, жіп өндірудің негізгі кезеңдері-экструзия, созу, текстурлау мен термобекіту процестерінің әсері талданып, алынған нәтижелер негізіндегі тиімді технологиялық құрам мен шешімдер ұсынылады.

Бұл зерттеу жұмысының тәжірибелік бөлігінде полипропилен негізіндегі синтетикалық жіптерді алу технологиясы қарастырылып, өндірістің барлық негізгі кезеңдері талданады.

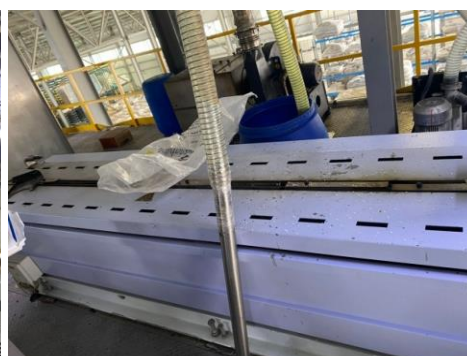
Алдымен дайындалған шикізат экструдер бункеріне беріледі (1-сурет), мұнда полипропилен гранулалары, бояғыштар мен антиперендік қоспалар арнайы миксерде біркелкі араластырылады. Біртекті қоспа алу келесі технологиялық операциялардың тұрақтылығын қамтамасыз ететін маңызды шарттары болып табылады.

Келесі кезеңде полипропилен экструдерлік өңдеуге түседі (2-сурет). Бұл процесс бірнеше функционалдық аймақтардан тұрады: бастапқы түйіршіктер қыздыру әсерінен жұмсара бастайды, кейін компрессиялық аймақта тығыздалып, жартылай балқиды, ал одан әрі толық балқып жіктелуі жүреді. Нәтижесінде полипропилен біртекті массаға айналып, қоспалармен толық араласады. Соңында балқыма сүзгіден өткізіліп, фильераға бағытталады, бұл жіптің құрылымдылық біркелігі мен тұрақтылығын қамтамасыз етеді.



Сурет 1. Экструдерге арналған шикізат беру бункері және миксер:

1 – ПП бункері; 2 – бояу бункері; 3 – миксер

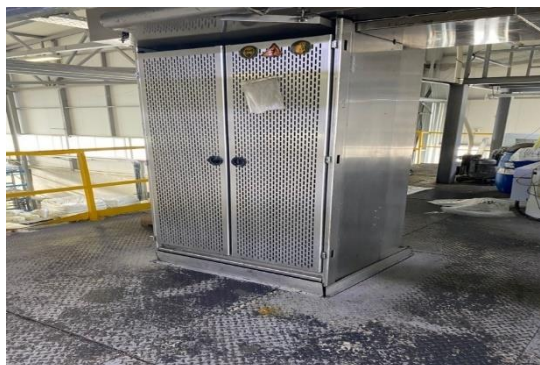


Сурет 2. Экструдердің қыздыру корпусы (жұмыс цилиндрі)

Экструдерден кейін балқыма фильер саңылаулары арқылы өтіп (3-сурет), жіңішке филаменттерге айналады. Жоғары температурадағы талшықтар бағытталған ауа ағынымен тез салқындатылып, бастапқы геометриялық пішімін сақтайды. Бұл кезеңде алынған филаменттер әлі толық құрылымданбағандықтан, олардың қасиеттерін жақсарту үшін өңдеу қажет. Осыған байланысты талшықтар алдымен кептіру шкафында өңделеді (4-сурет), мұнда артық ылғал жойылып, материалдың қасиеттері тұрақтандырылады.



Сурет 3. Экструдердің фильерасы



Сурет 4. Кептіру шкафы

Кейін салқындатылған филаменттер созу процесіне жіберіледі (5-сурет). Бұл кезеңде талшық бірнеше есе созылып, макромолекулалар бағытталады, нәтижесінде материалдың беріктігі мен серпімділігі артады. Сонымен қатар филамент бетіне майлау жүргізіліп, үйкеліс азайтылады және антистатикалық қасиет беріледі. Одан кейін жіптер текстурлау процесінен өтеді, мұнда оларға ирек құрылым беріліп, көлемділігі мен жұмсақтығы күшейтіледі. Бұл қасиеттер кілем өндірісінде маңызды болып табылатын негізгі сипаттамалар мен пайдалану төзімділігі анықталады. Текстурланған жіптер термобекіту кезінде (шамамен 130°C) өңделіп, олардың құрылымы тұрақтандырылады және ішкі кернеулер жойылады.



Сурет 5. Филаменттерді созу және майлау



Сурет 6. Филаменттерді катушкаға орау

Өңдеудің келесі сатысында дайын филаменттер катушкаға оралады (6-сурет). Бұл операция талшықтарды сақтау, тасымалдау және кейінгі өңдеуге

дайындау үшін қажет. Орау кезінде кернеу мен жылдамдық параметрлерін дұрыс таңдау жіп сапасының сақталуына тікелей әсер етеді. Өндірістік процестің соңғы кезеңі – сапаны бақылау. Бұл сатыда жіптің сызықтық тығыздығы, механикалық беріктігі, құрылымдық біркелкілігі мен созылғыштығы және өртке төзімділік көрсеткіштері жан-жақты бағаланды. Барлық технологиялық операциялардың өзара байланысы нәтижесінде жоғары сапалы, қауіпсіз және эксплуатациялық қасиеттері жақсартылған полипропилен жіптері алынады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу жүргізу мақсатында отқа төзімді үлгілердің бірі ретінде құрамы полипропилен (PP – 92,7%), көміртектен (3%), кремний диоксидінен (SiO_2 – 0,3%), алюминий оксидінен (Al_2O_3 – 1%), сондай-ақ 1% жұмсартқыш пен 2% бояудан тұратын синтетикалық жіп негізінде дайындалған үлгі алынды. Үлгілер МЕСТ 32088-2013 «Кілем бұйымдарының төсеніштері мен еден жапқыштары. Жанғыштық. Анықтау әдісі мен жіктелуі» талаптарына сәйкес зерттеледі. Кілем төсемелерінің жанғыштығы уротропин таблеткасы арқылы төмен қуатты тұтану көзінің әсерінен көлденеі күйде анықталады. Бұл әдіс материалдық беттік тұтану қасиеттерін бағалауға арналған негізгі эксперименттік тәсілдердің бірі болып табылады. Сынақ барысында «Таблетка» қондырғысы қолданылды.

Зерттеу үшін әр түрлі тығыздықтағы синтетикалық кілем үлгілері (230 ±3) мм өлшемінде квадрат пішінде, әрқайсысы үш данадан дайындалды. Сынақтар 10-30°C температурада және 20-65% салыстырмалы ауа ылғалдылығында жүргізілді. Үлгі бойынша сынақ камерасының түбіне көлденең күйде, беті жоғары қаратып орналастырылады. Егер үлгі түкті болса, түгі тік бағытта таралады. Үлгінің үстіне металл пластина қойылып, шеттері түзетіледі.

Уротропин таблеткасы үлгінің ортасына орналастырып, жанған сіріңке арқылы таралады. Таблетка жанған сәттен бастап уақыт есептеліп, сынақ соңына дейін сорғыш шкаф жабық күйде тұрады. Сынақ барысында келесі көрсеткіштер тіркелді: өздігінен түтіндеу уақыты, максималды жану уақыты және толық жану ұзақтығы.

1-кестеде полипропилен негізіндегі жіптерді өндірудің негізгі технологиялық параметрлері көрсетілген. Кілем тоқыма өндірісінде полипропилен жіптерінің құрмы: ПП – 97%, бояу – 2%, жұмсартқыш – 1%. 2-кестеде полипропилен балқымасына қосылған өртке төзімді антиперендер мен қоспалардың пайыздық құрамы көрсетілген. Мәліметтерге сәйкес, қымбат және орташа санаттағы кілемдерде полипропилен иірім жіптері қолданылады, ал арзан кілемдерде иіру кезеңінсіз материал тікелей тоқыма процесіне жіберіледі. Экструдердегі температуралық режимнің 1-5 аймақ бойынша кезең-кезеңімен өзгеруі полипропиленнің біркелкі балқуын қамтамасыз етеді, жіптің құрылымдық тұтастығы мен сапасын арттырады. Температура режимінің бұзылуы жіптің үзілуіне, біртектілігінің төмендеуіне және механикалық қасиеттерінің нашарлауына әкеледі. Сонымен қатар фильера тесіктерінің саны жіп тығыздығына тікелей әсер етіп, өнім сапасын реттеуге мүмкіндік береді.

Кесте 1

Кілем тоқыма өндірісінде полипропилен жіптерін алу технологиясының негізгі параметрлері

№	Кілем түрі	Жіп тығыздығы (dtex)	Қоспа массасы, кг	Фильера тесіктері саны	Экструдер температурасы, °С (5 аймақ)
1	Қымбағ кілемдер	650	ПП – 4 (14 қорда) Бояу – 2 (5 қорда) Жұмсартқыш – 2 (5 қорда)	125	1-аймақ – 215 (шикізатты беру) 2-аймақ – 238 (қысу, жұмсару) 3-аймақ – 238 (толық балқу) 4-аймақ – 235 (гомогенизация) 5-аймақ – 230 (фильера)
		1200	Сол мөлшер	150	Температура тұрақты
		1600	Сол мөлшер	200	Температура тұрақты
2	Орташа кілемдер	1600	ПП – 4 (14 қорда) Бояу – 2 (5 қорда) Жұмсартқыш – 2 (5 қорда)	95	1-аймақ – 215 (шикізатты беру) 2-аймақ – 238 (қысу, жұмсару) 3-аймақ – 238 (толық балқу) 4-аймақ – 235 (гомогенизация) 5-аймақ – 230 (фильера)
		2000	Сол мөлшер	107	1-аймақ – 215 (шикізатты беру) 2-аймақ – 238 (қысу, жұмсару) 3-аймақ – 238 (толық балқу) 4-аймақ – 235 (гомогенизация) 5-аймақ – 230 (фильера)
3	Арзан кілемдер	2300	ПП – 4 (14 қорда) Бояу – 2 (5 қорда)	144	1–3 аймақ: 215-238 (балқу) 4-аймақ – қысыммен шығару 5-аймақ – фильера

Кесте 2

Полипропилен балқымасына қосылған өртке төзімді антиперендер мен қоспалардың пайыздық құрамы

№	PP	Жұмсартқыш	Бояу	Өртке төзімді антиперен Көміртек (C)	Кремний (SiO ₂)	Алюминий (Al ₂ O ₃)
1	92,7%	1 %	2 %	3%	0,3%	1%

Ең тиімді деп танылған №4 үлгінің құрамы: полипропилен – 92,7%, көміртек – 3%, кремний диоксиді – 0,3, алюминий оксиді – 1%, жұмсартқыш – 1%, бояу – 2%. Бұл құрам полипропилен балқымасына өртке төзімді антиперендер мен қосымша компоненттерді енгізу арқылы алынған. Көміртек, кремний диоксиді және алюминий оксиді негізіндегі антиперендер материалдың жанғыштығын төмендетіп, оның термиялық тұрақтылығының арттырады. Ал жұмсартқыш пен бояу технологиялық және эстетикалық қасиеттерін жақсартады. Кілем түріне байланысты қолданылатын технологиялық тәсілдер төмендегідей ерекшеленеді: Қымбат кілемдер-жоғары механикалық беріктік пен максималды өртке төзімділікке ие, құрамында

бірнеше толтырғыштар және қосымша антиперендік өңдеу бар. Орташа кілемдер-механикалық қасиеттер мен өртке төзімділік арасында оңтайлы баланс сақталады, 2-3 түрлі толтырғыш қолданылады. Арзан кілемдер-экономикалық жағынан тиімді, тек негізгі толтырғыштар пайдаланылады және антиперендік өңдеу минималды деңгейде жүзеге асырылады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Жүргізілген эксперименттік зерттеулер нәтижесінде полипропилен негізіндегі кілем төсемелерінің өртке төзімділік қасиеттері олардың құрамына енгізілген антиперендік қоспалардың мөлшері мен түріне тікелей тәуелді екені анықталды. Зерттелген үлгілердің ішінде №4 құрам (PP-92,7%, C-3%, SiO₂-0,3%, Al₂O₃-1%, жұмсартқыш-1%, бояу-2%) ең жоғары тиімділік көрсетті.

Сынақ барысында бұл үлгіде жалынның таралу жылдамдығының төмендеуі, өздігінен жанудың қысқаруы және жану процесінің тұрақсыз сипатта өтуі байқалады. Уротропин таблеткасының әсерінен тұтанғаннан кейін жалынның үлгі бетімен таралуы баяулап, кей жағдайларда өздігінен сөну құбылысы тіркелді. Бұл көрсеткіштер кілемнің өртке төзімділік деңгейінің жоғары екені дәлелдеді.

Алынған нәтижелер антиперендердің синергетикалық әсерімен түсіндіріледі. Көміртек жану кезінде қорғаныш қабат түзіп, оттегінің кілем ішіне енуін тежейді. Кремний диоксиді жоғары температурада термиялық тұрақты құрылым қалыптастырып, жылу ағынын азайтады. Алюминий оксиді жылуды сіңіріп, материалдың қызуын баяулатады. Осы компоненттердің кешенді әсері полипропиленнің термиялық бұзылу жылдамдығын төмендетеді.

Өртүрлі тығыздықтағы жіптерден дайындалған үлгілерді салыстыру нәтижесінде жіп тығыздығы артқан сайын кілемнің жану тұрақтылығы да артатыны анықталды. Бұл құбылыс жоғары тығыздықтағы құрылымда жылу мен оттегінің таралуының шектелуімен байланысты. Сонымен қатар, экструдер процесіндегі температуралық режимнің тұрақтылығы жіптің құрылымдық біртектілігін қамтамасыз етіп, оның өртке төзімділік қасиеттеріне жақсы әсер етеді.

Қымбат санаттағы кілемдерде қолданылатын иірім жіптер мен компонентті антиперендік жүйе ең жақсы нәтижелер көрсетті. Орташа санаттағы кілемдерде өртке төзімділік пен механикалық қасиеттер арасында оңтайлы тепе-теңдік байқалады. Ал арзан кілемдерде антиперендердің аз мөлшерде қолданылуына байланысты жанғыштық көрсеткіштері жоғары болады. Осылайша, зерттеу нәтижелері полипропилен негізіндегі кілем материалдарының өртке төзімділігін арттыру үшін көміртек, кремний диоксиді және алюминий оксиді сияқты антиперендерді кешенді түрде қолданудың тиімді екенін көрсетті. Ұсынылған құрам мен технологиялық параметрлер

3-ші кестеде әртүрлі тығыздықтағы (1600, 1800 және 2000 dtex) полипропилен жіптерінен дайындалған кілем үлгілерінің жану процесінің негізгі көрсеткіштері көрсетілген. Алынған нәтижелер жіп тығыздығының материалдың өртке төзімділік қасиетіне айтарлықтай әсер ететінін көрсетті.

1600 dtex тығыздықтағы үлгіде жану уақыты 10 с құрап, жану температурасы 35 °C деңгейінде тіркелді. Максималды жану уақыты 15 с, ал максималды температура 60°C болды. Өшу уақыты 20 с шамасында аяқталды. Бұл көрсеткіштер үлгінің салыстырмалы түрде тез тұтанып, бірақ қысқа уақыт ішінде жанып біткенін көрсетеді.

Кесте 3

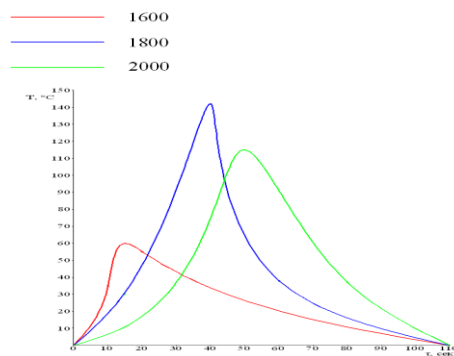
Кілем үлгілерінің жану процесінің негізгі көрсеткіштері

№	Жіп тығыздығы (DTEX)	Жану уақыты, с	Жану температурасы, °C	Максималды жану уақыты, с	Максималды жану температурасы, °C	Өшу уақыты, с	Өшу температурасы, °C
1	1600	10	35	15	60	20	55
2	1800	13	26	40	142	60	38
3	2000	15	30	50	115	80	37

1800 dtex үлгіде жану уақыты 13 с дейін ұлғайып, бастапқы жану температурасы 26 С-қа төмендегені байқалады. Алайда максималды жану уақыты 40 С-қа дейін артып, температурасы 142 С-қа жетті. Бұл үлгіде жану процесі анағұрлым қарқынды және ұзақ созылған. Өшу уақыты 60 с болып, жану тұрақтылығының артқанын көрсетеді.

2000 dtex тығыздықтағы үлгіде жану уақыты 15 с құрап, бастапқы температура 30°C болды. Максималды жану уақыты 50 с, ал температура 115°C деңгейінде тіркелді. Өшу уақыты 80 с-қа дейін созылып, жану процесінің ең ұзақ жүргені анықталды. Бұл жоғары тығыздықтағы құрылымның жануға төзімдірек екенін көрсетеді.

Жалпы алғанда, жіп тығыздығы артқан сайын жану уақыты мен өшу уақытының ұлғаюы байқалады. Бұл материал құрылымының тығыздалуына байланысты оттегінің ішкі қабаттарға енуінің қиындауымен және жылу таралуының баяулауымен түсіндіріледі. Сонымен қатар, жоғары тығыздықтағы үлгілерде максималды жану температурасының өзгеруі антиперендік қоспалардың тиімділігімен және жылу жинақталу ерекшеліктерімен байланысты. Осылайша 2000 dtex үлгі жануға ең төзімді болып табылғанымен, 1800 dtex үлгіде ең жоғары температура (142 °C) тіркелді, бұл оның жану кезінде жылу бөлінуінің жоғары екенін көрсетеді. Ал 1600 dtex үлгі ең тез жанатын материал ретінде сипатталады. Зерттеу нәтижелері полипропилен жіптерінің тығыздығын арттыру арқылы кілем төсемдерінің өртке төзімділік қасиеттерін белгілі бір деңгейде жақсартуға болатынын дәлелдейді. Сонымен қатар, жану температурасын төмендету және жану тұрақтылығын бақылау антиперендік қоспалардың құрамын оңтайландыру қажет. Бұл нәтижелер 1 суретте көрсетілген.



Сурет 1. Әр түрлі тығыздықтағы полипропилен жіптерінен дайындалған кілем үлгілерінің жану процесінің температура-уақыт тәуелділігі

4-кестеде әр түрлі тығыздықтағы (1600,1800 және 2000 dtex) кілем жіптерінің уақытқа байланысты жану және жанбау пайыздық көрсеткіштері берілген.

Кесте 4

Кілем жіптерінің жану және жанбау пайызы

№	Уақыт, с	1600 dtex, жану (%)	1600 dtex, жанбау (%)	1800 dtex, жану (%)	1800 dtex, жанбау (%)	2000 dtex, жану (%)	2000 dtex, жанбау (%)
1	0	0	100	0	100	0	100
2	2	6	94	5	95	4	96
3	4	12	88	10	90	8	92
4	6	18	82	15	85	12	88
5	8	24	76	22	78	16	84
6	10	32	68	30	70	20	80
7	12	40	60	38	62	25	75
8	14	48	52	46	54	30	70
9	16	56	44	54	46	35	65
10	18	64	36	62	38	40	60
11	20	72	28	70	30	45	55
12	22	80	20	78	22	50	50
13	24	88	12	84	16	55	45
14	26	94	6	90	10	60	40
15	28	98	2	94	6	65	35
16	30	100	0	98	2	70	30

Бұл мәліметтер материалдардың жану динамикасын және олардың өртке төзімділік деңгейін салыстырмалы түрде бағалауға мүмкіндік береді. Бастапқы уақытта (0 с) барлық үлгілерде жану байқалмайды (0%), яғни материалдар толықтай жанбайтын күйде (100%) болады. Уақыт өткен сайын барлық үлгілерде жану пайызы біртіндеп артып, жанбау үлесі сәйкесінше азаяды.

1600 dtex үлгіде жану процесі ең жылдам жүреді. 10 секундта жану деңгейі 32%-ға жетсе, 20 секундта 72%-ды құрайды, ал 30 секундта толық жану (100%) байқалады. Бұл көрсеткіштер төмен тығыздықтағы материалдың отқа төзімділігі төмен екенін және жалынның тез таралатынын көрсетеді.

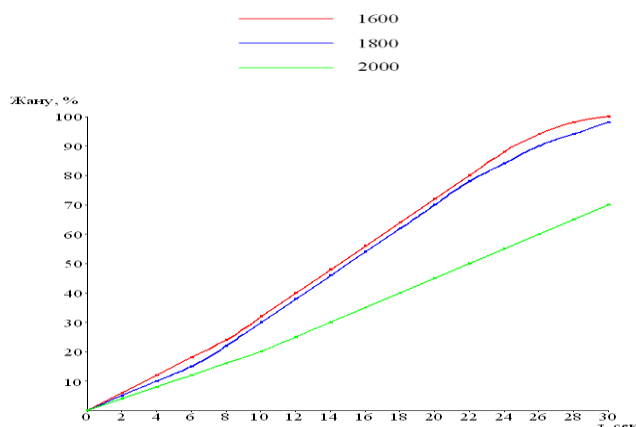
1800 dtex үлгіде жану арқылы сәл баяулау. 10 секундта жану деңгейі 30%, 20 секундта 70% және 30 секундта 98%-ға жетеді. Бұл үлгіде жану процесі 1600 dtex-пен салыстырғанда баяу жүргенімен, соңында толық дерлік жану байқалады. Мұндай нәтиже материал құрылымының біршама тығыз болуына байланысты.

2000 dtex үлгі ең жоғары өртке төзімділікті көрсетті. 10 секундта жану небәрі 20 %, 20 секундта 45 %, ал 30 секундта тек 70% деңгейінде болды. Яғни, осы уақыт аралығында материалдың 30%-ы әлі де жанбай сақталған. Бұл жоғары тығыздықтағы жіптердің жануға қарсы тұрақтылығының жоғары екенін дәлелдейді.

Жалпы заңдылық бойынша жіп тығыздығы артқан сайын:

- Жану жылдамдығы төмендейді;
- Жану пайызы баяу өседі;
- Жанбайтын бөліктің сақталу уақыты ұлғаяды.

Бұл құбылыс материал құрылымының тығыздалуымен түсіндіріледі. Тығыз құрылым оттегінің ішкі қабаттарға енуін шектейді және жылу таралуын баяулатады. Сонымен қатар, антиперендік қоспалар жоғары тығыздықта тиімдірек әсер етіп, қорғаныш қабаттың түзілуіне ықпал етеді. Осылайша, алынған нәтижелер 2000 dtex жіптерінен жасалған кілемдердің өртке төзімділігі жоғары екенін, ал 1600 dtex үлгілердің жануға ең бейім екенін көрсетті. 1800 dtex үлгі аралық сипатқа ие болып, механикалық қасиеттер мен өртке төзімділік арасында белгілі бір тепе-теңдікті қамтамасыз етеді. Кілем жіптерінің уақыт пен жану пайызы 2 суретте көрсетілген.



Сурет 2. Кілем жіптерінің жану динамикасы

Графикте әр түрлі тығыздықтағы (1600,1800 және 2000 dtex) кілем жіптерінің жану пайызының уақыт бойынша өзгеруі көрсетілген. Қисықтар материалдардың жану қарқындылығын және өртке төзімділік деңгейін көрнекті түрде салыстыруға мүмкіндік береді.

Қызыл сызықпен көрсетілген 1600 dtex үлгіде жану процесі ең қарқынды жүретіні байқалады. Уақыттың алғашқы кезеңінен бастап жану пайызы тез өсіп, 10-15 секунд аралығында күрт артады. 30 секундқа қарай бұл үлгі толық дерлік ($\approx 100\%$) жанып кетеді. Бұл төмен тығыздықтағы құрылымының жалынды тез қабылдап, жылдам таралуына бейімділігін көрсетеді. Көк сызықтағы 1800 dtex үлгіде жану динамикасы 1600 dtex-пен құсас болғанымен, сәл баяу жүреді. Жану пайызы бірқалыпты өсіп, 30 секунд соңында шамамен 98%-ға жетеді. Бұл үлгіде жану қарқындылығы жоғары болғанымен, құрылымының тығыздығы әсерінен жалынның таралу жылдамдығы біршама тежеледі.

Жасыл сызықпен көрсетілген 2000 dtex үлгі ең төмен жану қарқынын көрсетеді. Жану пайызы уақыт бойынша баяу өсіп, 30 секундта тек шамамен 70%-ға жетеді. Бұл үлгінің едәуір бөлігі жанбай сақталғанын көрсетеді. Графикте қисықтың ең жай өсуі жоғары тығыздықтағы материалдың отқа төзімділігінің жоғары екенін дәлелдейді.

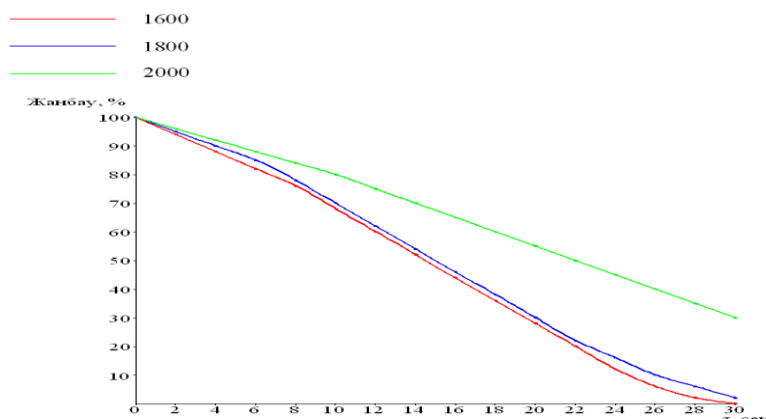
Жалпы алғанда, график нәтижелері келесі заңдылықты айқындайды:

- Жіп тығыздығы артқан сайын жану қарқыны төмендейді.
- Жану процесі баяу және тұрақты сипат алады.
- Материалдың жанбай сақталу уақыты ұлғаяды.

Бұл құбылыс тығыз құрылымда оттегінің енуінің шектелуімен және жылу таралуының баяулауымен түсіндіріледі. Сонымен қатар, антиперендік

коспалардың әсері жоғары тығыздықтағы үлгілерді тиімірек байқалып, жану процесін тежеуге ықпал етеді.

Осылайша, график деректері 2000 dtex үлгінің ең жоғары өртке төзімділікке ие екенін, ал 1600 dtex үлгінің жануға ең бейім екенін нақты дәлелдейді. 1800 dtex үлгі аралық сипат көрсетіп, салыстырмалы түрде теңгерімді қасиеттерге ие. Кілем жіптерінің уақыт пен жанбау пайызы 3 суретте көрсетілген.



Сурет 3. Кілем жіптерінің жанбайтын үлесінің уақыт бойынша өзгеруі

Графикте әртүрлі тығыздықтағы (1600, 1800 және 2000 dtex) кілем жіптерінің жанбайтын бөлігінің уақыт бойынша өзгеруі көрсетілген. Барлық үлгілерде бастапқы сәтте (0 с) жанбау деңгейі 100% құрайды, алайда уақыт өткен сайын бұл көрсеткіш біртіндеп төмендейді. Қызыл сызықпен берілген 1600 dtex үлгіде жанбау пайызы ең жылдам төмендейді. Алғашқы 10 секунд ішінде көрсеткіш айтарлықтай азайып, 20 секундта шамамен 30 %-ға дейін төмендейді, ал 30 секунд соңында толық дерлік жанып, жанбау деңгейі 0-2 % шамасында қалады. Бұл үлгінің жануға өте бейім екенін көрсетеді.

Көк сызықтағы 1800 dtex үлгіде жанбау динамикасы біршама баяу жүреді. 10 секундта жанбау деңгейі шамамен 70% болса, 20 секундта 30% шамасына дейін төмендейді. 30 секундта бұл көрсеткіш 2-5% деңгейінде сақталады. Бұл үлгіде жану процесі 1600 dtex пен салыстырғанда баяуырақ жүретінін байқауға болады.

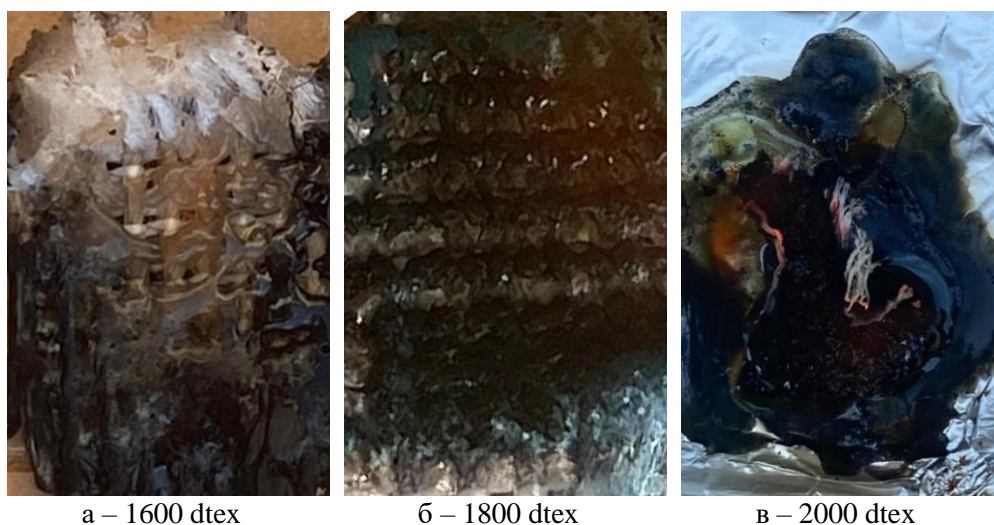
Жасыл сызықпен көрсетілген 2000 dtex үлгі ең жоғары жанбау тұрақтылығын көрсетті. Уақыт бойынша көрсеткіштің төмендеуі баяу жүреді: 10 секундта шамамен 80%, 20 секундта 55%, ал 30 секундта шамамен 30% деңгейінде сақталады. Бұл материалдың едәуір бөлігі ұзақ уақыт бойы жанбай қалатынын көрсетеді.

Жалпы заңдылық бойынша:

- Жіп тығыздығы артқан сайын жанбайтын бөліктің сақталу уақыты ұлғаяды;
- Жану процесі баяулап, материалдың термиялық тұрақтылығы артады;
- Жоғары тығыздықтағы құрылым оттегінің енуіншектеп, жануды тежейді.

Бұл нәтижелер антиперендік қоспалардың әсерімен де байланысты. Тығыз құрылымда олардың тиімділігі артып, материал бетінде қорғаныш қабат түзіліп, жану процесінің дамуын тежейді. Осылайша, график нәтижелері 2000 dtex үлгінің ең жоғары өртке төзімділік қасиеттеріне ие екенін, ал 1600 dtex үлгінің жануға ең бейім екенін тағы да дәлелдейді. 1800 dtex үлгі аралық деңгейде орналасып, салыстырмалы түрде теңгерімді қасиеттер көрсетеді.

Жүргізілген зерттеу жұмыстары нәтижесінде полипропилен негізіндегі кілем жіптерінің өртке төзімділік қасиеттерін арттырудың тиімді жолдары анықталды. Полипропилен талшықтарының негізгі кемшілігі – олардың жоғары жанғыштығы екені белгілі, сондықтан бұл мәселені шешу мақсатында материал құрамын антиперендік қоспалармен модификациялау қарастырылды. 4-ші суретте кілем жіптерінің жану процесінен кейінгі қалдық құрылымы (1600, dtex), 2000 dtex) көрсетілген.



Сурет 4. Әртүрлі тығыздықтағы полипропилен жіптерінің жанудан кейінгі сыртқы көрінісі

Қорытынды. Зерттеу барысында көміртек, кремний диоксиді және алюминий оксиді негізіндегі антиперендердің кешенді енгізілуі полипропилен жіптерінің жанғыштығын едәуір төмендететіні дәлелденді. Атап айтқанда, құрамы 92,7% полипропилен, 3% көміртек, 0,3% кремний диоксиді, 1% алюминий оксиді, 1% жұмсартқыш және 2% бояудан тұратын №4 үлгі ең тиімді өртке төзімді материал ретінде анықталды. Бұл құрам жану процесін баяулатып, кей жағдайларда өздігінен сөнуге қабілетін қамтамасыз етті.

Сонымен қатар жіптің сызықтық тығыздығының өсуі материалдың өртке төзімділігіне оң әсер ететіні анықталды. 2000 dtex тығыздықтағы үлгілер ең жоғары тұрақтылық көрсетіп, жану жылдамдығының төмендеуі мен жанбайтын бөліктің ұзақ сақталуымен ерекшеленді. Ал 1600 dtex үлгілер жануға ең бейім болып шықты.

Өндірістік технологияның негізгі кезеңдері – экструзия, созу, текстурлау және термобекіту процестерінің оңтайлы режимдерін сақтау жіп сапасының тұрақтылығын қамтамасыз ететіні дәлелденді. Температуралық

режимнің дұрыс таңдалуы полимердің біркелкі балқуына және құрылымдық тұтастығына тікелей әсер етеді.

Осылайша, ұсынылған технология полипропилен негізіндегі кілем жіптерінің өртке төзімділігін арттыруға, олардың пайдалану қауіпсіздігін жақсартуға және дайын өнімнің сапасын жоғарылатуға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері кілем өндірісінде бәсекеге қабілетті, қауіпсіз және ұзақ мерзімді өнімдер шығаруға ғылыми негіз бола алады.

Әдебиеттер тізімі

1. Sikhimbayeva M., Erdem R., Kenzhibayeva G., Yeziyeva M., Çoşgun A. Exploring the synergistic impact of carbon, SiO₂, and Al₂O₃ fillers on the properties of melt spun polypropylene filaments // *Textile Research Journal*. – 2025. – Vol. 1, No. 1. – P. 1–15. DOI: 10.1177/00405175251375385.
2. Гусев А.Б. Технология производства химических волокон [Текст] / А.Б. Гусев. – Москва: Легпромбытиздат, 2019. – 280 с.
3. Horrocks A.R., Price D. *Fire Retardant Materials*. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2017. – 600 p.
4. Bourbigot S., Duquesne S. Fire retardant polymers: recent developments and opportunities // *Journal of Materials Chemistry*. – 2016. – Vol. 24, No. 12. – P. 401–423.
5. Alongi J., Malucelli G. State of the art and perspectives on flame retardant textiles // *Polymer Degradation and Stability*. – 2015. – Vol. 119. – P. 62–73.
6. Перепелкин К.Е. Структура и свойства синтетических волокон [Текст] / К.Е. Перепелкин. – Санкт-Петербург: Профессия, 2020. – 352 с.
7. Shen K.K., Kochesfahani S.H. Polypropylene fibers and yarns: production and properties // *Textile Research Journal*. – 2018. – Vol. 88, No. 4. – P. 415–428.
8. Тоқыма материалдарының қауіпсіздігі және стандарттау [Мәтін] / Под ред. С.Т. Жүсіпова. – Алматы: ҚазҰТЗУ баспасы, 2021. – 210 б.
9. ISO 15025:2016. Protective clothing — Protection against flame — Method of test for limited flame spread.
10. Козлов В.В. Полимерные волокна и нити [Текст] / В.В. Козлов, А.Н. Баранов. – Москва: Химия, 2018. – 320 с.

Материал редакцияға 27.03.26 түсті, 17.06.26 қабылданды.

Г.С. Кенжибаева¹, М.Т. Сихимбаева¹

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова Шымкент, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУСТОЙКОЙ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПРЯЖИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОВРОВОГО ТЕКСТИЛЯ

Аннотация. В данной статье рассматривается технология производства синтетических нитей на основе полипропилена, используемых в ковроткачестве, и способы повышения их огнестойкости. Несмотря на высокие физико-механические свойства полипропиленовых волокон, в частности, износостойкость и прочность, а также экономическую эффективность, одним из их главных недостатков является воспламеняемость. В связи с этим рассматривается модификация состава волокна с помощью огнезащитных добавок и оптимизация технологических параметров. В ходе исследования в расплав полипропилена вводятся антиперены на основе углерода, диоксида кремния и оксида алюминия, в результате чего получают нити различной плотности. Качество нити определяется отдельно на этапах экструзии, растяжения, текстурирования и термофиксации. По результатам экспериментов определены закономерности изменения времени и температуры горения с

увеличением плотности нити. По результатам исследования наиболее эффективным огнестойким материалом признан образец № 4, содержащий 92,7% полипропилена, 3% углерода, 0,3% SiO₂, 1% Al₂O₃, 1% пластификатора и 2% красителя. Предложенная технология позволяет повысить огнестойкость ковровых нитей и улучшить их безопасность в эксплуатации. Кроме того, предложенный технологический состав и стабильность производственного процесса позволяют повысить качество готовой продукции. Эти результаты послужат основой для производства безопасных, долговечных и конкурентоспособных изделий в ковровой промышленности.

Ключевые слова: технология ковроткачества, модифицированная прядильная нить, антипереновые смеси, огнеупорные волокна.

G.S. Kenzhibayeva¹, M.T. Sikhimbayeva¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent Kazakhstan

RESEARCH INTO THE TECHNOLOGY OF PRODUCING FIRE-RESISTANT MODIFIED YARN IN THE PRODUCTION OF CARPET TEXTILES

Abstract. This article examines the production technology of polypropylene-based synthetic yarns used in carpet weaving and methods for improving their fire resistance. Despite the excellent physical and mechanical properties of polypropylene fibers, particularly their wear resistance and strength, as well as their cost effectiveness, one of their major drawbacks is flammability. Therefore, modifying the fiber composition with flame retardant additives and optimizing process parameters is discussed. During the study, carbon-, silicon dioxide-, and aluminum oxide-based flame retardants were added to the polypropylene melt, producing threads of varying densities. Thread quality was determined separately at the extrusion, stretching, texturing, and heat-setting stages. Based on the experimental results, patterns in the change in combustion time and temperature with increasing thread density were determined. Sample No. 4, containing 92.7% polypropylene, 3% carbon, 0.3% SiO₂, 1% Al₂O₃, 1% plasticizer, and 2% dye, was found to be the most effective flame-retardant material. The proposed technology improves the fire resistance of carpet threads and enhances their operational safety. Furthermore, the proposed technological composition and stable production process improve the quality of the finished product. These results will serve as the basis for the production of safe, durable, and competitive products in the carpet industry.

Keywords: carpet manufacturing technology, modified spun yarn, flame-retardant additives, fire-resistant fibers.

References

1. Sikhimbayeva M., Erdem R., Kenzhibayeva G., Yeziyeva M., Çoşgun A. Exploring the synergistic impact of carbon, SiO₂, and Al₂O₃ fillers on the properties of melt spun polypropylene filaments // *Textile Research Journal*. – 2025. – Vol. 1, No. 1. – P. 1–15. DOI: 10.1177/00405175251375385.
2. Gusev A.B. *Tekhnologiya proizvodstva khimicheskikh volokon* [Technology of chemical fiber production]. – Moscow: Legprombytizdat, 2019. – 280 p. [in Russian].
3. Horrocks A.R., Price D. *Fire Retardant Materials*. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2017. – 600 p.
4. Bourbigot S., Duquesne S. Fire retardant polymers: recent developments and opportunities // *Journal of Materials Chemistry*. – 2016. – Vol. 24, No. 12. – P. 401–423.
5. Alongi J., Malucelli G. State of the art and perspectives on flame retardant textiles // *Polymer Degradation and Stability*. – 2015. – Vol. 119. – P. 62–73.

6. Perepelkin K.E. *Struktura i svoystva sinteticheskikh volokon* [Structure and properties of synthetic fibers]. – St. Petersburg: Professiya, 2020. – 352 p. [in Russian].
7. Shen K.K., Kochesfahani S.H. Polypropylene fibers and yarns: production and properties // *Textile Research Journal*. – 2018. – Vol. 88, No. 4. – P. 415–428.
8. *Toqyma materialdarynyñ qauipsizdigi zhәне standarttau* [Safety and standardization of textile materials] / Ed. by S.T. Zhussipova. – Almaty: QazUTZU baspasy, 2021. – 210 p. [in Kazakh].
9. ISO 15025:2016. Protective clothing — Protection against flame — Method of test for limited flame spread.
10. Kozlov V.V., Baranov A.N. *Polimernye volokna i niti* [Polymer fibers and yarns]. – Moscow: Khimiya, 2018. – 320 p. [in Russian].