ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сатпаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті

Химиялық және биологиялық технологиялар институты

УДК 628.3Қолжазба құқығында

Ерман Назерке Жеңісбекқызы

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін

Диссертацияның атауы	Полиэтиленді құбырлардың физика-химиялық қасиеттерін жақсарту
Дайындық бағыты	7М07110 - Химиялық процестер және химиялық материалдар өндірісі

Ғылыми жетекші
Профессор
_ Селенова Б.С.
"_21_" _маусым_ 2021 ж.

ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ

Нормоконтроль
лектор

Нурсултанов М.Е.
"_19_" _маусым_ 2021 ж.

Химилық және биохимиялық
Инженерия Кафедра меңгерушісі
PhD, ассоц. профессор

__ _ Рафикова Х.С.
"_21_" _маусым_ 2021 ж.

Алматы, 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сатпаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті

Химиялық және биологиялық технологиялар институты

Химиялық және Биохимиялық инженерия кафедрасы
7М07110 - Химиялық процестер және химиялық материалдар өндірісі

БЕКІТЕМІН
Химиялық және биохимиялық инженерия
Кафедра меңгерушісі
PhD, ассоц. профессор
Рафикова Х.С.
" 21 " маусым 2021 ж.

ТАПСЫРМА
магистрлік диссертацияны орындауға

Магистрантқа *Ерман Назерке Жеңісбекқызы*

Тақырыбы: Полиэтиленді құбырлардың физика-химиялық қасиеттерін жақсарту.

Университет Ректорының бұйрығымен бекітілген №2171-М от "04"желтоқсан 2020 ж.

Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі "07" маусым 2021 ж.

Магистрлік диссертацияға бастапқы мәліметтер: Магистрлік диссертацияда әзірленуге жататын сұрақтар тізімі:

а) Базалық шикізатты физика-механикалық қасиеттерін ескере отырып таңдау

б) Жаңа шикізатқа зерттеу жүргізіп, одан алған құбырға сынақтар жасау

в) Қорғаныс қабатты құбыр өндіру

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

- Гориловский М.И. Перспективы развития рынка полиэтиленовых труб в России. В каком состоянии наши трубопроводы? // Журнал «Полимерные трубы.» №1. Сентябрь 2003. с. 6-10.
- Ушакова О.Б. Методические указания по курсовому проектированию по дисциплине «Технология изделий из пластических масс и композиционных материалов». Учебно-методическое пособие. М.: МИТХТ, 2004 - 35с.
- Современные физические методы исследования полимеров. М., Химия, 1982, 256 с.

КЕСТЕ

магистрлік диссертацияны дайындау

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелер тізбесі	**Ғылыми басшыға ұсыну мерзімдері**	**Ескертпелер**
Базалық шикізатты физика-механикалық қасиеттерін ескере отырып тандау.	22.01.2020 -16.04.2020	
Жаңа шикізатқа зерттеу жүргізіп, одан алған құбырға сынақтар жасау.	17.04.2020 - 27.12.2020	
Қорғаныс қабатты құбыр өндіру.	14.01.2021-15.05.2021	

Қолдар

Консультанттардың және нормоконтролердің аяқталған магистрлік диссертацияға қатысты диссертацияның бөлімдері көрсетілген

Бөлімдердің атаулары	**Кеңесшілер, Ф. И. О. (ғылыми дәрежесі, атағы)**	**Қол қою күні**	**Қолы**
Нормконтролер	Нурсултанов М.Е. Лектор	19.06.2021ж.	

Ғылыми жетекші Селенова Б.С.

Тапсырманы орындауға білім алушы қабылдады Ерман Н.Ж.

Күні "_____"_____ 20__ ж.

АҢДАТПА

Бұл магистрлік диссертация тапсырмадан, кіріспеден, тәжірибелік бөлімнен, қорытындыдан, дереккөздер тізімінен тұрады. Жұмыс 34 - бетте ұсынылған, оған 8 - сурет, 3 - кесте және 34 - дереккөз кіреді.

Бұл магистрлік диссертациялық жұмыста экструзионды қысымды құбырлар сапасын арттыру және олардың бәсекеге қабілеттілігін қамтамасыз ету жолдары қарастырылды. Базалық шикізат көзін ауыстыру арқылы физика-механикалық қасиеттері жоғары полиэтиленді құбырлар алынды.

Құбырларды үзілу кезіндегі салыстырмалы ұзару және тұрақты ішкі қысым кезіндегі құбырдың төзімділін анықтау әдісітері арқылы зерттеулер жүргізілді. Қорғаныс қабатты құбырлар өндіріліп, бұл құбырларды тасымалдау, монтаждау және пайдалану кезінде механикалық зақымдану азайғаны зерттелді.

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация состоит из задания, введения, практической части, заключения, списка источников. Работа представлена на 34 странице, которая включает 8 рисунков, 3 таблицы и 34 источника.

В данной магистерской диссертации рассматриваются пути повышения качества экструзионных напорных труб и обеспечения их конкурентоспособности. Полиэтиленовые трубы с высокими физико-механическими свойствами были получены за счет замены исходного сырья.

Исследования проводились с использованием методов определения относительного удлинения трубы при разрыве и сопротивления трубы при постоянном внутреннем давлении. Изготовлены защитные обсадные трубы и исследованы возможности снижения механических повреждений при транспортировке, установке и эксплуатации этих труб.

ANNOTATION

The master's dissertation consists of the task, introduction, practical part, conclusion, list of sources. The work is presented on page 34, which includes 8 drawings, 3 tables and 34 sources.

This master's thesis examines ways to improve the quality of extrusion pressure pipes and ensure their competitiveness. Polyethylene pipes with high physical and mechanical properties were obtained by replacing the feedstock.

The studies were carried out using methods for determining the relative pipe elongation at rupture and pipe resistance at constant internal pressure. Protective casing pipes were manufactured and the possibilities of reducing mechanical damage during the transportation, installation and operation of these pipes were investigated.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ 8
1 ӘДЕБИ ШОЛУ 10
1.1 Полимерлердің физикалық қасиеттерінің ерекшеліктері 10
1.2 Полиэтилен қасиеттері 12
1.3 Полиэтиленді құбырлар сипаттамасы 15
1.4 Технологиялық процестің сипаттамасы 17
2 ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ 22
2.1 Технологиялық процестің негізгі параметрлері 22
2.2 Бастапқы шикізаттың, қосалқы материалдардың және дайын өнімнің сипаттамасы 23
2.3 Шикізатқа зерттеулер 24
2.4 Дайын өнімге зерттеулер 26
3 Қорғаныс қабатты полиэтиленді құбырлар 29
ҚОРЫТЫНДЫ 31
ҚАБЫЛДАНҒАН ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ 32
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ 33

КІРІСПЕ

Пластикалық массаларды қолданбай химия өнеркәсібінің, машина жасаудың және басқа салалардың дамуы мүмкін емес. Полимерлі материалдар өнеркәсібі [1] химия өнеркәсібінің маңызды салаларының бірі болып табылады және көп жағдайда бүкіл саланың дамуындағы прогресті анықтайды.

Агрессивті ортаның құбырларға және олардың материалдарына коррозиялық әсерімен бірге жұмыс температуралары мен қысымдарының кең ауқымы оларға ерекше талаптар қояды.

Тот баспайтын болаттан [2], түсті металдардан [3] және қорытпалардан [4] жасалған қымбат тұратын құбырлардың орнына пластикалық құбырларды қолдану әртүрлі сұйық және газ тәрізді орталарды тасымалдауға арналған технологиялық құбырлардың ұзақ мерзімділігін арттырудың тиімді құралы болып табылады. Сонымен қатар, беріктіктің жоғарылауымен қатар, құбыр желілерін салу шығындары азаяды. Өткізу қабілеті бірдей тот баспайтын болаттан, түсті металдардан және қорытпалардан жасалған құбырлармен салыстырғанда полимерлі материалдардан жасалған құбырлардың құны айтарлықтай төмен.

20 жыл бұрын полиэтилен коммуникациялары сынғыш және сенімсіз металл құбырларды ығыстырып, сенімділік пен беріктіктің символына айналды [5, 6].

Қысымды құбырларды пайдалану аймақтың әлеуметтік-экономикалық жағдайын тұрақтандыруға, тұрғындарды жылумен қамтамасыз ету мәселелерін шешуге, экологиялық жағдайды жақсартуға ықпал ететін басым бағыт болып саналады [7].

Полиэтилен негізінде құбырларды салу - бұл монтаждауға, сондай-ақ пайдалану процесінде жұмысқа қабілеттілікті қолдауға жұмсалатын шығындарды қысқарта отырып, коммуникациялардың сенімділігі мен ұзақ мерзімділігі проблемаларын түбегейлі шешуге мүмкіндік беретін техникалық шешім.

Болат және полиэтилен құбырларынан газ құбырын салу кезіндегі шығындардың салыстырмалы сипаттамаларын талдау мынаны көрсетеді:

- құрылыс кезінде полиэтилен құбырларынан жасалған газ құбырлары үш есе арзан; оқшаулау қажет емес, құбырларды қосу технологиясы және оларды траншеяларға төсеу жеңілдетіледі;

- полиэтилен газ құбырларын салу уақыты болатпен салыстырғанда 10 есе қысқарады;

- полиэтилен құбырының өткізу қабілеті диаметрі бірдей болатқа қарағанда 25-30% жоғары;

- ПЭ қысымды құбырлардың кепілдік мерзімі шамамен 50-100 жыл, ал болаттан 25-30 жыл;

- ПЭ газ құбырларын пайдалану кезінде тоттануға қарсы қорғау жөніндегі іс-шараларды жүзеге асыру қажеттілігі болмайды.

Экструзия әдісімен ПЭ құбырларын өндіру процесі қарапайым, өнімді, электр энергиясының шығыны тұрғысынан металл құбырларды өндіруге

қарағанда үнемді: 1 тонна ПЭ құбырларын тұтыну 1 тонна металл құбырларының құнынан 3-7 есе төмен.

ЖШС "Спира-Берга" (қ. Алматы) компаниясында полимерлік материалдарды өңдеу саласындағы озық идеялар мен әлемдік тәжірибені ескеретін технология бойынша тығыздығы жоғары полиэтилен (HDPE) негізінде экструзионды қысымды құбырлар өндірісі ұйымдастырылған. Полиэтилен құбырларының сапасын арттыру және олардың бәсекеге қабілеттілігін қамтамасыз ету кәсіпорын үшін **өзекті мәселе** болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың **мақсаты** қысымды құбырлардың физика-механикалық қасиеттерін арттыру және бәсекеге қабілетті қорғаныс қабаты бар құбыр өндіру.

Жұмыста келесі **міндеттер** қойылды:

1) Базалық шикізат маркасын ауыстыру (ПЭ 80-ді ПЭ100-ге) және өнім алып оны зерттеу.

2) Қорғаныс қабаты бар құбыр өндіру.

1 Әдеби шолу

1.1 Полимерлердің физикалық қасиеттерінің ерекшеліктері

Полимерлер қатты күйде болуы мүмкін (аморфты немесе кристалды, көбінесе осы күйлердің қоспасында), тұтқыр (резеңке) және тұтқыр ағынды күйде болады. Полимерлерге тән қасиет - бұл қатты заттар мен сұйықтықтардың қасиеттерінің үйлесуі, яғни бұл заттар бір жағынан қатты заттарға, екінші жағынан қайтымды деформацияларға қабілетті, яғни. икемділікпен сипатталады. Полимерлі ерітінділер жоғары тұтқырлыққа ие. Сұйықтықта ісіну кезінде полимерлер қатты және сұйық арасындағы қасиеттерінде аралық болатын жүйелер түзеді. Полимерлерде қабыршақтар мен талшықтардың пайда болу мүмкіндігінде көрінетін механикалық қасиеттердің жоғары анизотропиясы бар.

Полимерлердің қайнау температурасы ыдырау температурасынан жоғары, сондықтан полимерлер газ тәрізді күйде бола алмайды, тек конденсацияланған фазада, яғни қатты немесе сұйық күйде болады. Қатты күйдің бір түрі - әйнек күй, онда молекулалар қозғалу қабілетін жоғалтады. Көзілдірік аморфты. Тағы бір алуан - бұл жоғары серпімді күй. Бұл күйде полимерлер едәуір қайтымды деформацияларға қабілетті және сұйық және әйнек күйлер арасындағы кейбір аралық күйде болады. Деформация кезінде тізбекті макромолекулалардың кішкене бөлімдері ғана қозғалады. Кейбір полимерлерде, мысалы, қиылысқан каучуктерде тұтқыр және тұтқыр ағын сияқты күйлер мүлдем жоқ, полимер ерімейді [8].

Физика-химиялық қасиеттері бойынша полимерлерді бірнеше топқа бөлуге болады.

1) Шыны түрінде, өте серпімді денеде және балқыма түрінде болуы мүмкін полимерлер (пластмассалар, талшықтар, резеңкелер).

2) Қатты тізбекті полимерлер (целлюлоза, белоктар).

3) Арматураланған полимерлер - белгілі бір құрылымы бар заттар, мысалы, ұзын шыны талшықтарымен полимер байланыстырғыш зат.

Полимерлердің қасиеттері жоғарыда сипатталған макроскопиялық супрамолекулалық құрылымдардың сипатына байланысты. Полимерлердің супрамолекулярлық құрылымының өзгеруі - құрылымдық ауысу - физикалық және химиялық қасиеттердің өзгеруіне әкеліп, полимер матрицасындағы реакциялар жүрісіне әсер етеді [9]. Мысалы, балқуды құрылымдық ауысу ретінде қарастыруға болады, онда реттелген құрылым аз реттеледі немесе бұзылады.

Құрылымдық ауысулар келесі макроскопиялық қасиеттермен сипатталады:

- материалдың нақты көлемі күрт өзгереді, бұл жылу қысымының тұрақты қысымдағы температураға тәуелділігінде көрінеді;

- энтальпияның өзгерісі анықталды, мысалы, дифференциалды калометрия;

- механикалық немесе диэлектрлік релаксация уақытының температураға тәуелділігі Аррениус теңдеуінен ауытқады, өйткені активтендіру энергиясы (энтальпия) тұрақты емес;

- құрылымдық ауысулар жылу тарихына жоғары сезімталдықты көрсетеді.

Полимерлердегі құрылымдық ауысулардан басқа, релаксация құбылыстары болады, олар масштабты құрылымдық өзгерістерді қамтымайды, бірақ тек молекулалардың кейбір бөлімдерінің жергілікті қозғалысын ғана өзгертеді. Полимерде релаксация процесінің екі тобы жүреді. Біріншісі полимер тізбектерінің кеңейтілген бөлімдерінің қозғалысымен байланысты, екіншісі - бұл тізбектердің байланыстарының тербелісі немесе айналуымен байланысты, мысалы, иінді біліктің түріне сәйкес негізгі тізбектің бүйірлік топтарының немесе сегменттерінің айналуы. Икемді молекулалар жағдайында уақыттың бірінші тобы соншалықты кең, екіншісінде релаксация уақытының жаңа мәндері болмайды. Қатты полимерлі заттар жағдайында бірінші топтың уақыт интервалы қысылып, тербеліс кезеңдері іс жүзінде өзгермейді.

Топтардың жергілікті қозғалысына байланысты ауысулар келесі қасиеттермен сипатталады:

- полимердің нақты көлемі айтарлықтай өзгермейді;

- эталпияда айтарлықтай өзгеріс байқалмайды, тек белгілі бір жылудың өзгеруі мүмкін;

- механикалық және диэлектрлік релаксация уақыттарының температураға тәуелділігі Аррениус теңдеуімен қанағаттанарлық сипатталған;

- өтулер жылу фонына өте сезімтал емес.

Өтпелерді құрылымдық және жергілікті молекулалық қозғалысқа бөлу қатаң емес. Жергілікті тізбек қозғалысы кейбір құрылымдық қайта құруды қамтуы мүмкін, ал құрылымдық ауысулар релаксация құбылыстарымен бірге жүреді. Алайда, бүгінгі күнге дейін жинақталған тәжірибелік материал бізге осы екі ауысуды нақты ажыратуға мүмкіндік береді және бүйірлік топтарды немесе молекулалық тізбектердің жеке сегменттерін тәуелсіз термодинамикалық жүйелер ретінде қарастыруға болады. Бұл тәсіл құрылымдық өзгерістердің полимерлі материалдардың қасиеттеріне әсерін қарастыруды жеңілдетеді [10].

Полимерлерді электроника немесе электротехникада пайдалану кезінде олардың физика-химиялық және, атап айтқанда, механикалық қасиеттері маңызды. Полимер негізіндегі өнімдердің сапасы көбінесе қаттылық, серпімділік, созылу беріктігі, қысу және иілу сияқты механикалық параметрлерге байланысты.

Полимерлердің маңызды физика-химиялық қасиеттеріне гигроскоптылық, ылғал өткізгіштігі және сулануы жатады. Мысалы, ылғалдың материалдың тесіктеріне енуі өткізгіштіктің төмендеуіне әкеледі,

бұл жоғары ылғалдылық жағдайында полимерлерді қолдануға шектеулер енгізеді.

Кейбір жағдайларда полимерлер сапасының нашарлауы кез-келген сыртқы факторларға ұзақ әсер етумен ғана анықталады, мысалы температура, қоршаған атмосфера қысымының өзгеруі және оның құрамы (мысалы, оттегі концентрациясы немесе әртүрлі химиялық реагенттер) және т.б. Бұл құбылыс қартаю деп аталады. және оны полимер элементтерінің ұзақ мерзімді жұмысы кезінде ескеру қажет [11,12].

1.2 Полиэтилен қасиеттері

Полиэтилен - ең үлкен тонналы және кең таралған полимерлі материалдардың бірі. ПЭ пайдаланудың жоғары техникалық - экономикалық тиімділігі халық шаруашылығында пластикалық массаларды тұтыну көлемінің ұлғаюын қамтамасыз етеді. ПЭ пластикалық массалар үшін белгілі барлық тәсілдермен қайта өңдеу қабілеті, оның жақсы пайдалану қасиеттері бұл полимерді барлық салаларда қолдануға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта полимерлі материалдардан жасалған құбырлар айтарлықтай өсу мен дамуға ие болды. Осы материалдардан жасалған құбырлар дәстүрлі болат құбырларды үлкен құрылыс алаңдарынан ығыстыра бастады.

Құбырларды жасау үшін ең көп таралған материалдардың бірі - полиэтилен, поливинилхлорид, полипропилен және т. б. [13,14].

Әр түрлі материалдардан жасалған құбырлар ерекше қасиеттерге және басқаларға қарағанда артықшылықтарға ие. Зерттеудің ресейлік және шетелдік тәжірибесі көрсеткендей, полимерлі материалдардан жасалған құбырлар 50 жыл немесе одан да көп уақыт ішінде айтарлықтай химиялық және механикалық өзгерістерсіз жұмыс істей алады. Полимерлер жоғары эксплуатациялық көрсеткіштерге ие және көптеген полимерлер суды кетіретін қасиеттерге ие. Оларды өндірудің технологиялық процесі құбырлардың ішкі бетінің өте төмен кедір-бұдырлығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, сондықтан ағып жатқан Сұйықтық пен құбырдың беті арасындағы үйкеліс шамалы. Сонымен қатар, ұзақ мерзімді пайдалану кезінде шөгінділердің толып кетуіне байланысты құбырлардың ішкі бөлімі төмендемейді, демек, басқа құбырлар сияқты, айдау үшін электр энергиясының құнын арттырудың қажеті жоқ. Сыртқы магистральдық құбырлар салынған жағдайда ауыр құбыр төсеу техникасын, ауыр жүк көлігін пайдаланудың қажеті жоқ.

ПЭ құрылымы мен қасиеттері оны алу әдісімен анықталады және соған байланысты ПЭ жоғары қысымды - ЖҚПЭ, төмен қысымды - ТҚПЭ, орташа қысымды - ОҚПЭ болып бөлінеді [15].

Бұл полиэтиленнің үш түрі тармақталу дәрежесімен ерекшеленеді (ең көп тармақталған ЖҚПЭ, ең аз тармақталған ОҚПЭ, 1000 көміртек атомына ЖҚПЭ - 15-25, ТҚПЭ - 3-6, ОҚПЭ - 3-тен аспайды және сәйкесінше, кристаллдылық пен тығыздық дәрежесінде, сонымен қатар молекулалық

салмақ, молекулалық массаның таралуы және т.с.с. ПЭ макромолекуласында негізгі полимер тізбегінің ұштарында және бүйір тізбектерінде CH3 топтары болады. ЖҚПЭ-де бүйірлік тізбектер бір-бірінен ~ 50 көміртегі атомдарының орташа аралығымен орналасады. ЖҚПЭ-де қысқа тармақтар - метил, этил және бутил топ. HDPE-де қысқа бұтақтармен қатар ұзын бүйір тізбектер бар, олардың мөлшері мен таралу сипаты әлі толық анықталмаған [15,16].

ПЭ макромолекуласында үш түрдегі қаныққан байланыс бар: винилиден RRC = CH2, винил RCH = CH2 және транс-винилен RCH = CHR. ЖҚПЭ-де 1000 көміртегі атомына шаққандағы қанықпаған байланыстың саны 0,4-0,6, ТҚПЭ мен ОҚПЭ-де 0,6-0,8 құрайды. ПЭ сонымен қатар өте аз топтарды қамтуы мүмкін >C = O немесе -OH. ЖҚПЭ-нің кристаллдану дәрежесі 60-75%, ТҚПЭ 70-85% және ОҚПЭ 90% [17].

ПЭ тізбегінің конформациясы - жалпақ зигзаг. ПЭ-де кеңістік симметрия тобы бар және орторомбиялық жасушаға ие. ПЭ кристаллиттеріндегі ақаулардың салыстырмалы мөлшері бірнеше пайызға жетеді және төмен молекулалық салмағы бар кристалдарға қарағанда шамасы жоғары болады. Кристаллиттің өлшемдері әдетте ЖҚПЭ үшін 50-200A, ТҚПЭ және ОҚПЭ үшін 50-100 аралығында болады [15,16].

Престелген үлгілердің супрамолекулалық құрылымы ЖҚПЭ үшін 1-10 мкм және ОҚПЭ үшін 1-20 мкм сферулиттердің болуымен сипатталады. Сферулиттердің мөлшері өнімнің жасалу режиміне (салқындату жылдамдығы мен біркелкілігіне) айтарлықтай тәуелді. ПЭ созылған кезде бастапқы сынаманың сферулит құрылымы сурет салу бағытына бағытталған фибриллярлы құрылымға айналады. Сондықтан ПЭ өнімдерінің қасиеттері тек бастапқы сынаманың қасиеттерімен ғана емес, сонымен қатар өнімдердің конфигурациясымен және оларды жасау режимдерімен анықталатын болады. Өнеркәсіптік брендтердің орташа молекулалық салмағы 30 мың - 400 мың ЖҚПЭ үшін, ал ТҚПЭ мен ОҚПЭ үшін 50 мыңнан - 800 мыңға дейін. Аққыштық шегі, иілу кезіндегі серпімділік модулі, қаттылық ПЭ макромолекуласындағы қысқа бүйірлік тізбектер санының азаюымен және полимердің кристалдануы мен тығыздығының жоғарылауымен жоғарылайды. Созылу беріктігі, салыстырмалы ұзаруы, сынғыштық температурасы, кернеулілік кезінде жарылуға төзімділік және соққы тұтқырлығы кристалдылық дәрежесіне қарағанда молекулалық массаның мөлшерімен көбірек анықталады. Сызықтық ПЭ молекулалық-массалық таралуының тарылуы созылу беріктігінің жоғарылауына, салыстырмалы ұзаруға, соққы тұтқырлығына, шөгудің төмендеуіне және кернеулілік кезінде жарылуға төзімділікке әкеледі. ПЭ-ді басқа термопласттасрдан жоғары беріктігі мен жеткілікті икемділігі мен өте кең температура диапазонында (-120-дан 100°C-қа дейін) жұмыс істеу қабілетімен ерекшеленеді. ПЭ - жоғары электрлік оқшаулау қасиеттері бар полярлы емес полимер. ПЭ температура мен жиіліктің кең диапазонындағы электрлік қасиеттердің шамалы өзгеруімен сипатталады. ПЭ диэлектрлік жоғалу бұрышының тангенсі [18], мысалы, 160-тан 120°C-қа дейінгі температура диапазонында және 10-50 кгц

жиілікте 2×10^{-4} - 4×10^{-4} аралығында болады. ПЭ диэлектрлік қасиеттері оның тотығу дәрежесінің жоғарылауымен және қоспалар болған кезде нашарлайды.

ПЭ қасиеттерін басқа полимерлермен немесе сополимерлермен араластыру арқылы өзгертуге болады. Сондықтан ПЭ-ні полипропиленмен араластыру кезінде ыстыққа төзімділік артады, ал бутил каучукпен немесе этилен-пропиленді каучукпен араластырғанда - тұтқырлығы мен жарылуға төзімділігі артады. ПЭ төмен бу өткізгіштігі бар. Тармақталған ЖҚПЭ-ніің газ өткізгіштігі ТҚПЭ және ОҚПЭ-ге қарағанда 4-8 есе жоғары. ПЭ өткізгіштігі жоғары полярлы заттар үшін ең төменгі, ал көмірсутектер үшін ең жоғары. ПЭ су мен су буының төмен өткізгіштігімен сипатталады. ПЭ табиғи көмірсутек газына төзімді, бірақ сұйытылған пропан-бутанға жеткілікті төзімді емес [19]. ПЭ көптеген химиялық реактивтердің әсеріне инертті, химиялық төзімділік молекулалық салмаққа, молекулалық массаның таралуы мен тығыздығына байланысты. Анықтайтын көрсеткіш - тығыздық, ал оның жоғарылауымен химиялық төзімділік артады. Сызықтық ТҚПЭ және ОҚПЭ химиялық төзімділіктің ең жоғары деңгейіне ие.

ПЭ кез-келген концентрациядағы сілтілермен, бейтарап, қышқыл және негіз тұздарының ерітінділерімен, органикалық қышқылдармен, тотықтырғыш тұздардың ерітінділерімен, тіпті концентрлі тұз және гидрофтор қышқылдарымен әрекеттеспейді. H_2SO_4 әсерінен (концентрациясы 80% және одан жоғары) және температурасы кемінде 50 °С болған кезде ПЭ қасиеттері өзгереді. ПЭ бөлме температурасында 50% азот қышқылымен, сондай-ақ сұйық газ тәрізді хлормен және фтормен жойылады [20].

Бұл реактивтердің деструктивті әсері температура жоғарылаған сайын жоғарылайды. Бром мен йод ПЭ арқылы диффузияланады. Сұйылтылған хлор ерітінділері мен түрлі ағартқыш заттар ПЭ қасиеттерін аздап өзгертеді. 80-85% азот қышқылымен 100-135 °С температурада немесе азот пен оттегі қоспасымен тетрахлоридтің 78 °С температурасында өңдегенде ПЭ термиялық тотығу деструкциясы жүреді. Осылайша, құрамында карбоксил топтары бар 1000-2000 молекулалық массалы ПЭ алынады; ол тұрақты эмульсия қалыптастыру үшін суда оңай таралады. ПЭ органикалық еріткіштерде бөлме температурасында ерімейді, бірақ оларда біраз ісінеді, 80 °С-тан жоғары көптеген еріткіштерде, әсіресе алифатты [21] және хош иісті көмірсутектерде және олардың галоген туындыларында жақсы ериді. Ісіну мен ерігіштік дәрежесі ПЭ тығыздығы мен молекулалық массасының төмендеуімен жоғарылайды.

Ауада CO, CO_2, ылғал және O_2 әсерінен әр түрлі кернеулер кезінде ПЭ өнімдерінде ұсақ жарықтар пайда болуы мүмкін. Бұл процесс бірнеше жыл немесе тіпті ондаған жылдар ішінде жүреді. Бірақ ол беттік белсенді орталармен байланыс кезінде айтарлықтай жылдамдатады. Беттік белсенді заттарда кернеу кезінде жарылуға төзімділік ПЭ-ніің молекулалық массасының жоғарылауымен және молекулалық массаның таралуының

кеңеюімен артады, тығыздықтың төмендеуіне этиленді пропиленмен, бутиленмен және басқа мономерлермен сополимерлеу немесе ПЭ-ге полиизобутилен немесе бутилкаучук қосу арқылы, сондай-ақ ПЭ хлорлау, бромдау немесе сульфохлорлау арқылы қол жеткізіледі [22].

ПЭ-де энергия мен механикалық әсер ету кезінде тотығу, жою және өзара байланыс пайда болуы мүмкін. Қалыпты өңдеу жағдайында бұл реакциялар іс жүзінде елеусіз болады. ПЭ вакуумды және инертті газ атмосферасында қыздыруға төзімді. Термиялық деструкция 290 ° С-тан сәл жоғары температурада ғана болады, ал 475 ° С температурада - балауыз зат пен газ тәрізді өнімдер түзіле отырып пиролиз, ауада қыздырылған кезде тұрақтандырылмаған ПЭ термиялық тотығу деструкциясына ұшырайды және күннің әсерінен сәулелену - фотосуреттің қартаюы. Екі процесс те тізбекті радикалды механизммен жүреді. Термиялық қартаю альдегидтердің [23], кетондардың, сутегі асқын тотығының және басқа өнімдердің бөлінуімен қатар жүреді, нәтижесінде ПЭ-нің диэлектрлік қасиеттері нашарлайды, созылу күші мен созылуы төмендейді.

Фотосуреттер кезінде деструктивті де, құрылымдық процестер де жүреді. Жарық әсерінен құрылымдаудың (өзара байланыстырудың) салыстырмалы жылдамдығы жылу әсерінен әлдеқайда жоғары. Полиэтилен толқын ұзындығы 280-330 ммк дейінгі ультрафиолет сәулелеріне сезімтал [24].

1.3 Полиэтиленді құбырлар сипаттамасы

Полиэтиленді құбырларды жасау [25] үшін жоғары кристаллдылық, механикалық беріктік, ыстыққа төзімділік, төменгі деформация және газ өткізгіштік дәрежесімен сипатталатын ТҚПЭ қолданылады. (Кесте 1).

Кесте 1 - ПЭ-нің салыстырмалы қасиеттері

Көрсеткіштер	ЖҚПЭ	ОҚПЭ	ТҚПЭ
1. Молекулалық масса, мың	30-400	80-500	80-800
2. Тығыздық, кг/м^3	910-930	960-970	950-960
3. Кристаллдану дәрежесі, %	60-65	90	75-85
4. Балқу температурасы, ºС	105-108	127-130	120-128
5. Ыстыққа төзімділік, ºС	100	128	120
6. Тармақталу (100 көміртек атомына шаққанда CH_3 атомдарының саны)	15-25	1,5	5,0
7. Суыққа төзімділік, ºС	-60	-60	-60
8. Үзілу күші, МПа	7,5-13,5	8,5-24,5	18-29
9. Үзілу кезіндегі салыстырмалы ұзарту, %	500-600	200-800	300-800
10. Созылу кезіндегі кернеу,	9,8-16,7	25-40	21,6-32,4

МПа			
11. Бринелл бойынша қаттылық, МПа	0,14-0,25	0,55-0,65	0,45-0,58
12. Созылу модулі, МПа	145-245	540-950	540-980

Кесте 1 жалғасы

13. 30 күндегі суды сіңіру, %	0,04	0,01	0,01
14. Меншікті көлемдік электр кедергі, Ом × м	10^{15}	10^{15}	10^{15}
15. Электрлік төзімділік, МВт / м	45-60	45	60

Қысымдық құбырларды өндіру үшін тұтқырлығы жоғары (балқыманың аққыштық шегі (БАШ) = 0,3-0,6 г / 10 мин), жылу және жарық тұрақтандырғыштарының болуымен сипатталатын жоғары тығыздықты полиэтиленің (ЖТПЭ) экструзиялық маркалары ұсынылады. Күйені 1,5-2,5% аралығында қосу ПЭ-нің жарық пен жылу әсерінен тотығуға және ыдыруға төзімділігін арттыру үшін тиімді. Алайда, күйе құрамы 3% -дан асқанда, ПЭ сынғыш болады. Құбырлардың механикалық қасиеттері шикізаттың қасиеттеріне, өңдеу шарттары мен режимдеріне байланысты [26], сондықтан молекулалық салмақтың өсуімен созылу беріктігінің жоғарлауы байқалады; серпімділік модулі, қаттылық, кірістілік кернеуі кристалдану дәрежесінің жоғарылауымен жоғарылайды. Соққыға төзімділік - бұл ПЭ құбырларының маңызды механикалық сипаттамасы, ол іс жүзінде +20 -дан 20 ° С-ге дейінгі температура диапазонында қалады.

Қазіргі таңда ПЭ 100 құбырлардың сенімділігінің максималды деңгейін қамтамасыз етеді: қауіпсіздіктің ең жоғары коэффициенті, кесуге төмен сезімталдық, жарықтардың тез таралуына жоғары қарсылық. Қысымды құбырлар үшін ПЭ 100 [27] қолдану әсіресе Қазақстан үшін елді мекендер арасындағы үлкен қашықтықпен және ауыр жұмыс жағдайымен әсіресе перспективалы болып табылады.

Отандық және шетелдік өндірушілер қысымды құбырларды өндіру үшін пайдаланатын материалдардың салыстырмалы сипаттамалары 2-кестеде көрсетілген.

Кесте 2 - Құбырларды жасау үшін қолданылатын полиэтиленнің қасиеттері

Көрсеткіштер	ПЭ 63	ПЭ 80	ПЭ 100
1. Тығыздық, г/см^3	0,953-0,959	0,94-0,957	0,952-0,961
2. Жылуға төзімділік (200 ºС)	20-40 дейін	20-40 дейін	20
3. Газ конденсатына төзімділік, сағ	30-1500 дейін	20-48 дейін	100-396 дейін
4. Жарықтардың таралуына төзімділік	540	90-1000	384-2186
5. Үзілу кезіндегі салыстырмалы ұзарту, %	350-800	350-850	350-681
6. Созылу кезіндегі аққыштық	20-23	18-23	23-25

шегі, МПа			
7. Созылу кезіндегі серпімділік модулі, МПа	800	1000	1300-1400

Кесте 2 жалғасы

8. Жылуөткізгіштік, Вт/(м* ºС)	0,38	0,38	0,38
9. Сызықтық жылудың кеңею коэффициенті, 1 / ºС * 10^{-4}, мм / (м * ºС)	1,9(0,19)	1,8-1,9 (0,18-0,19)	1,9 (0,19)
10. Сынғыштық температурасы, ºС	<-100	<-100	<-100
11. Қыздырудан кейінгі құбыр ұзындығының өзгеруі,%	< 3	< 3	< 3

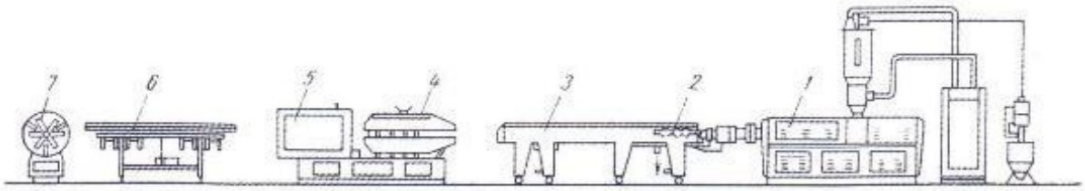
Осылайша, ПЭ 100 ретінде жіктелген гексендік сомономері бар үшінші буындағы ПЭ құбыр маркалары құрылымдық өнімдерді өндіруге қажетті қасиеттері бойынша ПЭ 63 және ПЭ 80 типті полиэтилен маркаларынан едәуір асады. Жақында пайда болған соңғы (төртінші) бимодальды гексенді полиэтиленнің генерациясы, үшінші буын полиэтиленінен асып, сонымен бірге жақсы өңделуді қамтамасыз ететін жақсы физикалық сипаттамаларға ие [28].

1.4 Технологиялық процестің сипаттамасы

Құбырларды дайындау процесі балқыманы қалыптау басының сақиналы ойығы арқылы үздіксіз экструзиялауға, содан кейін калибрлеуге, салқындатуға және құбырды тиісті қабылдау құрылғыларына шығаруға негізделген. Экструзия әдісі диаметрі миллиметрдің оннан бір бөлігінен (капиллярлық түтіктерден) 500 мм және одан да көп құбырларды шығару үшін қолданыла алады. ПЭ құбырларын өндірудің экструзия әдісінің принципалды технологиялық схемасы 1- ші суретте келтірілген.

Құбыр шығару процесі келесі технологиялық операциялардан тұрады: [13,29]

1) шикізатты дайындау;
2) балқыманың балқуы және гомогенизациясы;
3) балқымадан құбыр профилін қалыптастыру;
4) құбырларды калибрлеу;
5) құбырды салқындату;
6) орау немесе кесу;
7) таңбалау.



1 Сурет - Экструзия әдісімен полимерлі құбырларды өндіру бойынша технологиялық желінің принциптік жаопы схемасы: 1-компоненттерді араластырғыш, 2 - экструдер, 3 - қалыптаушы түтік, 4 - калибрлеу құрылғысы, 5, 6 - салқындату ваннасы, 7 - тарту құрылғысы [30].

Сақтау ыдысынан алынған бастапқы материалдарды араластыру үшін 1 араластырғышқа жіберіледі. Полимер түйіршіктері экструдердің 2-ші бункеріне жүктеледі, онда олар 3-ші қалыптаушы түтік басы арқылы ериді және сығылады. Құбырлы профиль 4 калибрлеу саптамасына кіреді, онда ол ішінара салқындатылып, қажетті өлшемдерді алады. Балқыманы калибрлеу саптамасының қабырғаларына басу үшін Сығылған ауа құбырдың ішіне жеткізіледі немесе құбыр мен саптама арасында вакуум жасалады. Содан кейін құбыр екі 5 және 6 температуралық аймақтары бар ваннада салқындатылады, таңбалаудан өтеді, 7 тартушы құрылғымен тартылады, арамен кесіледі және қабылдау үстеліне беріледі.

Полимердің балқуы және балқыманың гомогенизациясы

Балқыманы қалыпқа дайындау бұрандалы экструдерлерде жүзеге асырылады. Полимерді балқыту және балқыманы гомогендеу кезінде балқыманың температурада жақсы біркелкілігін қамтамасыз ету қажет, сонымен қатар өнімге балқытылмаған полимер бөлшектерінің түсуін болдырмау үшін түйіршіктердің толық балқуы қажет. Әйтпесе, өнімнің сапасы төмендейді. Сонымен қатар, балқыманың жоғары сапалы қалыптауы және кейіннен берілген пішінді ұстап қалуы үшін полимерді белгілі бір температураға дейін қыздыру керек. Экструзия қондырғысы берілген балқыманың шығуын және қалыптау басына кіре берісте белгілі бір артық қысымды қамтамасыз ететін бұрандалы жылдамдықпен жұмыс істеуі керек.

Экструзия жылдамдығы әдетте серпімді турбуленттілікті жою жағдайынан (балқыманың ұсақталуы және кедір-бұдырдың пайда болуы) немесе салқындатқыш ваннаның ұзындығын ескере отырып, құбырдың салқындату жылдамдығына байланысты таңдалады.

Құбырдың профилін қалыптастыру

Қалыптау полимердің балқыманың бастың сақиналы ойығы арқылы ағуына байланысты жүзеге асырылады. Сызықтық құрылымы бар тығыздығы жоғары полиэтиленді өңдеу кезінде макромолекулалар полимер ағынының бағытына бағытталған, ал максималды беріктік көлденең бағытта немесе ығысу кернеуі бағытында қамтамасыз етіледі.

Сондай-ақ жылдамдықтың жоғарылауымен беттің кедір-бұдырлығы пайда болуы мүмкін екенін ескеру керек, өйткені балқыманың адгезия

күшінен асатын ығысу кернеулерінде қалыптайтын канал бетінен балқыманың мерзімді бұзылуы жүреді.

Құбыр профилін құрған кезде балқыманың басынан еркін шықпайды, бірақ тартқыш құрылғының көмегімен шығарылады. Егер балқыманы балқыманың шығу жылдамдығынан жоғары жылдамдықпен алып тастаса, құбыр қабырғасының қалыңдығы төмендейді және макромолекулалардың осьтік бағыты артады. Бойлық бағытта жиырылу балқыманың созылу дәрежесіне байланысты артады. Бұл ретте, тангенциалды бағытта, сорғышпен жасалған құбырларды қыздырғанда, олардың азаюы емес, көлемінің ұлғаюы байқалады. Құбыр профилінің қалыптасуы фланецпен және болттармен бекітілген өзекшемен және қалыптаушы сақинамен құрылған каналда өтеді. Балқыманың осьтік ағыны бастағы қысымның төмендеуі әсерінен жүзеге асырылады.Мандраның айналу жылдамдығының жоғарылауымен экструзия бағыты бойынша созылу созылуы да едәуір төмендейді және тангенциалдыға ұлғаяды. Сонымен, сыну кернеуінің және салыстырмалы ұзарудың дәл осьтің айналу жиілігіне тәуелділігі пайда болады. Бұл жағдайда гидравликалық сынудың беріктігі 20 - 25% -ға артады. Үлгілердің физикалық-механикалық қасиеттерін зерттеу барысында балқыманың экструзия бағытындағы осьтік ағынымен алынған өнімдердің салыстырмалы ұзаруы перпендикулярға қарағанда 12% төмен екендігі анықталды. Жалпы алғанда, бұзылу стресстің өзгеруі және созылу бір-біріне сәйкес келеді. Экструдердің өнімділігінің артуы құбырлар беріктігінің анизотропиясының жоғарылауына әкелетіні анықталды, яғни. экструзия бағыты бойынша беріктіктің төмендеуі байқалады, ал құбырдың периметрі бойынша беріктік жоғарылайды. Анизотропияның өзгеруіне температураның әсері шамалы; экструдация температурасының жоғарылауымен беріктіктің шамалы жоғарылауы байқалады. Экструзия режимін таңдағанда, өзекшенің айналу жылдамдығымен емес, қалыптау каналындағы балқыманың ағысы кезінде пайда болатын ығысу кернеуімен жұмыс істеу керек.

Айналмалы қалыптау элементтерімен жасалған құбыр үлгілерін гидравликалық сынау кезінде олар әдеттегі құбырларға қарағанда жоғары қысымға төзеді. Құбырларды стендте гидравликалық сынау кезінде шұңқырдың айналуымен жасалған құбырлар үзіліс пайда болған кезде әдеттегідей құбыр бойымен емес, оның бойымен істен шығатыны анықталды. Сонымен қатар, құбырлардың беріктігі едәуір жоғарылайды: олар істен шыққанға дейінгі сынауларға стационарлық оқпанмен жасалған құбырлардан шамамен екі есе ұзақ уақыт шыдайды.

Құбырларды калибрлеу

Экструдаттың профилін берілген өлшемдерге беру және оның салқындату құрылғысында деформациясын болдырмау үшін құбырлар калибрленеді, яғни. балқыманы белгілі бір конфигурация мен өлшемдермен қамтамасыз ету үшін алдын-ала салқындатылған.

Балқыманың құбырлы дайындамасы басынан сығылып, калибратордың металл жеңінің ішіне енеді. Құбырдың ішкі бөлігіне сығылған ауа берілсе,

диаметрі ішінара ісіну пайда болады, нәтижесінде бастан шығатын құбыр калибрлейтін жеңнің салқындатылған қабырғаларына жақсы сәйкес келеді. Экструдаттың бұзылуын (ісінуін) болдырмау үшін саптама бұл жағдайда басына жақын бекітіліп, калибрлейтін саптаманың күртесіне салқындатқыш сұйықтық беріледі. Балқыманың адгезиясын болдырмау үшін, қаптаманың жеңі шыныдан немесе балқу температурасынан әрдайым төмен болуы керек температураға дейін салқындатылады. Бұл жағдайда құбыр бетінде қатты полимер қабаты пайда болады, ол саптамадан шыққаннан кейін ішкі ауа қысымына, сондай-ақ саптамада пайда болатын үйкеліс күштеріне төтеп беруі керек.

Калибрлеу температурасының жоғарылауымен бойлық бағыттағы құбырлардың беріктігі артады, ал тангенциалдық бағытта ол іс жүзінде өзгермейді. Калибрлейтін жеңнің температурасынан экструзия бағыты бойынша беріктіктің өзгеруі полимердің кристалдық дәрежесінің жоғарылауымен байланысты.

Беттің кедір-бұдырлығы саптамадағы салқындатқыш судың температурасына да байланысты. Температура көтерілген сайын құбырлардың кедір-бұдырлығы төмендейді, өйткені беткі қабаттағы кристаллдық дәрежесі жоғарылайды. Калибрлеу қысымы құбыр диаметріне, оның қабырғасының қалыңдығына, сондай-ақ полимерлердің қасиеттері мен балқыманың температурасына байланысты таңдалады. Төмен қысымда құбырлардың сыртқы түрі нашарлайтынын (беткі толқындар пайда болады), ал шамадан тыс үлкен қысымда үйкеліс коэффициентінің жоғарылауына және микрокрактардың пайда болуына байланысты беріктік төмендейтінін есте ұстаған жөн.

Экструдатты салқындату кезінде құбыр кішірейеді, оның мәні полимердің табиғатымен, бастапқы температурасымен және салқындату жылдамдығымен анықталады. Экструзия жылдамдығы (құбырды тарту) LDPE құбырларының ұзындығы мен диаметрі бойынша жиырылуына айтарлықтай әсер етеді. Экструдердің өнімділігі неғұрлым жоғары болса, соғұрлым қалыптың қалыптасу каналдарындағы ығысу кернеуі және сәйкесінше макромолекулалардың экструзия бағыты бойынша бағдары жоғарылайды. Салқындату кезінде полимердің көлемі бағдарлау бағытында көбірек азаяды, сондықтан құбырлардың жиырылуы негізінен бойлық бағытта жүреді және экструзия жылдамдығының жоғарылауымен диаметрі азаяды. Құбырдың ұзындығы бойынша кішіреюінің мөлшері негізінен түтікшеден шығатын кезде балқыманың созылу дәрежесіне, ығысу кернеулеріне және полимер балқымасының температурасына байланысты.

Құбырларды салқындату

Құбырларды су себу арқылы немесе су моншасынан өткізу арқылы салқындатады. Бұл операцияға қойылатын негізгі талап - балқыманың біркелкі және жылдам салқындауы. Құбыр көлденеңінен қозғалған кезде құбырдың үстіңгі және астыңғы жағында біркелкі емес температуралық өрістер пайда болады. Мұны жою үшін ванналарда сұйықтықтың қарқынды

араласуы қамтамасыз етіледі, ол үшін көпіршікті құбырлар, бүріккіш саптамалар орнатылады немесе құбырдың айналасында спиральды су ағыны пайда болады. Қарқынды араластыру сонымен қатар құбырдың бетіне қонатын және жылу беруді бұзатын ауа көпіршіктерін кетіру үшін қажет. Әйтпесе, беті ақаулы болады (қалта белгілері бар).

Салқындатқыш судың температурасы әдетте полимерге байланысты, сондай-ақ құбырларға қойылатын талаптарды ескере отырып таңдалады. Өте төмен температурада беткі қабаттар аморфты немесе майда кристалды құрылымға ие, ал ішкі қабаттарда үлкен өлшемді кристалды түзілімдер пайда болады. Құрылымды теңестіру үшін әр түрлі температурада зоналарда салқындату немесе екі жақты салқындату қолданылады.

Ваннадан шыққаннан кейін ішкі бетіндегі балқыманың температурасы балқу нүктесіне немесе ағу нүктесіне дейін төмендесе, сапалы құбырлар алынады. Сондықтан, тартқыш құрылғы арқылы құбырды тартудың белгілі бір жылдамдығын қамтамасыз ету қажет. Егер құбырдың тартылуы шектен тыс жылдамдаса, ішкі бетіндегі балқыманы жүзбелі штепсель қырқып алады және құбырдың тегістігі бұзылады. Салқындағаннан кейін ішкі бетіндегі жоғары температура кристалды құрылымдардың көлемінің ұлғаюына және құбырлардың сапасының нашарлауына әкеледі; құбырлардың деформациясы оларды тарту құрылғысының жолдарымен қысылған кезде де мүмкін.

Құбырларды таңбалау және орау

Салқындатқыш ваннадан кейін құбыр тарту құрылғысына түседі, оның көмегімен құбырдың тұрақты жылдамдығы қамтамасыз етіледі. Бұл ретте құбыр оның тайып кетуін және осының салдарынан қабырғаның сақиналы қалыңдатылуының пайда болуын болдырмайтын тартқыш құрылғының тректерімен немесе роликтерімен жақсы ілінісуі тиіс.

Құбырдың қозғалысы кезінде әдетте оның ұзындығы мен таңбалануын өлшейтін құрылғы орнатылады. Құбырларға жазу бояуды ораумен немесе ыстықтай бедерлеу әдісімен жағылады. Жылытылатын роликте жазба шығатын белгілер түрінде орындалады, олар құбырды басқан кезде шегіністер қалдырады.

Кесу құрылғысының көмегімен құбырлар белгілі бір ұзындықтағы сегменттерге кесіліп, байланған байлам түрінде оралады. Құбырларды дайындау кезінде, сондай-ақ оларды орау алдында мерзімді түрде көзбен шолып қарау, негізгі өлшемдерді (диаметр, қабырға қалыңдығы) өлшеу және МЕМСТ-қа сәйкестікке сынау жүргізіледі. Қазіргі заманғы қондырғыларда құбырдың диаметрі мен қабырға қалыңдығы автоматты түрде аспаптармен өлшенеді.

2 Тәжірибелік бөлім

2.1 Технологиялық процестің негізгі параметрлері

Негізгі технологиялық параметрлер ретінде мыналар алынады: экструдер қыздыру аймақтары бойынша температураның таралуы, пластификация қысымы, калибрлеу температурасы, құбырларды шығару жылдамдығы, салқындатқыш ванналардағы су температурасы.

Жоғары тығыздықтағы полиэтиленді өңдеу үшін пластификация режимдерін реттеу қажет: пластификация температурасының 10 ºС жоғарылауы және бұранданың сызықтық айналу жылдамдығының жоғарылауы.

Материалдық цилиндр аймақтарындағы температура:

1 аймақ - 125 ± 10 ºС

2 аймақ - 160 ± 10 ºС

3 аймақ - 190 ± 10 ºС

4 аймақ - 190 ± 10 ºС

5 аймақ - 195 ± 10 ºС.

Бас аймақтары бойынша температура:

1 аймақ - 195 ± 10 ºС

2 аймақ - 190 ± 10 ºС

3 аймақ - 180 ± 10 ºС

4 аймақ - 170 ± 10 ºС.

Бұранданың сызықтық айналу жылдамдығы 12-117 айн / мин.

Вакуум - 0,03 - 0,012 кгс / см^2.

Құбырдың тартылу жылдамдығы - 5 м / мин.

Салқындатқыш ванналардағы судың температурасы 30 ºС жоғары емес.

2.2 Бастапқы шикізаттың, қосалқы материалдардың және дайын өнімнің сипаттамасы

Базалық шикізатты ПЭ 80 маркасынан ПЭ 100 маркасына ауыстыру арқылы, жоғары қасиеттерге ие құбыр жасау үшін келесі арнайы талаптарға жауап беретін материалды пайдалану қажет:

- суға зиянды әсер етпеу, құрамдас материалдардан шайылғаннан механикалық және басқа қоспалардың пайда болуына жол бермеңіз;
- қара түсті массада боялған құбырларды дайындауды қамтамасыз ету;
- жабық қоймада екі жыл бойы сақтау кезінде материалдың көрсеткіштері 5% -дан аспауы керек;

- құбырлардың беті жылтыр және тегіс болуы керек, құбырдың сыртқы бетінде қалыптау құралынан аз із қалдыруға, сондай-ақ таңбалау құрылғысынан тереңдігі 0,5 мм-ден аспайтын ойықтарға жол беріледі.

Осы талаптарға сай келетін материал PE 100 төмен қысымды полиэтилен болып табылады (өндірісі «Ставролен» АҚ).

Түйіршіктелген ПЭ өндіруші - кәсіпорынның сапа сертификаты бар полиэтилен қаптарда өндіріске түседі. Қысымды құбырлар өндіру үшін қайта өңделген полиэтиленді пайдалануға жол берілмейді.

ПЭ мөлшері 2-5 мм қара түйіршіктер түрінде шығарылады. Сапа көрсеткіштері 3 кестеде көрсетілген талаптарға сай болуы керек.

Кесте 3 - Өндіруші «Ставролен» АҚ ТҚПЭ (ПЭ 100) маркасының сапалық көрсеткіштері

№	Көрсеткіштер атауы	Көрсеткіштердің мәні
1.	Тығыздық, г/см^3	0,945-0,951
2.	Балқыманың аққыштық көрсеткіші, г / 10 мин 5 кг/с	0,7-1,1
3.	Балқыманың ағын жылдамдығының партия ішіндегі таралуы, % артық емес	10
4.	Үзілу кезіндегі салыстырмалы ұзарту, %	600
5.	Ұзақ мерзімді төзімділіктің төменгі шегі, МПа	8,0
6.	Күйе мөлшері, % артық емес	2,0-2,50
7.	Күйенің бөлінуі	1-2
8.	Термиялық тұрақтылық 210 ºС, сағат, кем емес	20
9.	Жарықтардың баяу таралуына 80 ºС және МПа құбыр қабырғасындағы бастапқы кернеулерге төзімділік, кем емес	165
10.	Тұрақты ішкі қысым кезіндегі кедергі 20 ºС және құбыр кернеуі 10,7 МПа-дан кем емес	75
11.	Созылу нүктесі (кгс / см^2), МПа	17,0 (170)

Құбырларды салқындату үшін қажетті су, оның жалпы қаттылығы 7,0 мг-экв/л-ден аспауы керек.

Техникалық сипаттамалары бар полиэтиленнен (ПЭ 100) жасалған газ құбырларына арналған құбырлар дайын өнім болып табылады:

- Сыртқы диаметрі, 110 * 1,0 мм;
- Қабырға қалыңдығы, 6,6 * 1,0 мм;
- Сопақтық, 6,6 + 0,8 мм аспайды;
- Сыртқы және ішкі беті тегіс сыртқы келбеті;
- Түтіктің айналасында сары бойлық таңбалау жолақтары бар қара түсті;
- Үзілу кезіндегі салыстырмалы ұзаруы, % 350-ден кем емес;

Қызғаннан кейін құбырлардың ұзындығының өзгеруі, % 3,0 артық емес;

- Тұрақты ішкі қысым кезіндегі кедергі 20 ºС қысым кезінде, 100 сағ, кем емес (құбырдың қабырғасында $\sigma_{бастапқы}$ кезінде 10,7 МПа);

- 200 ºС температурада құбырлардың жылу тұрақтылығы, мин, 20-дан кем емес;

- Қабырғасының номиналды қалыңдығы 15 мм немесе құбырдың максималды жұмыс қысымы 0,4 МПа болған кезде құбырлар үшін жарықтардың тез таралуына төзімділік $М_{ог}$ / 2.4.

2.3 Шикізатқа зерттеулер

Таңдап алынған шикізатқа лабораторияда 2 түрлі зерттеу жүргізілді [31]:

1. Тығыздық анықтау МЕМСТ 15139-69 бойынша – гидростатикалық өлшеу әдісі арқылы жасалды. Әдістің мәні зерттелетін заттың және жұмыс сұйықтығы деп аталатын тығыздығы белгілі сұйықтықтың (мысалы, тазартылған судың) тең көлемдерінің массаларын салыстырудан тұрады. Әдіс формаланған бұйымдардың (өзекшелер, штангалар, түйіршктер) тығыздығын (сусымалы тығыздығын) анықтауға арналған және 0,1% дейін тығыздықты өлшеу дәлдігін қамтамасыз етеді.

Аппарат және материалдар:

- Салмақ дәлдігі 0,0001 г дейінгі аналитикалық таразы;
- Өлшеу кезінде табаның еркін қозғалуы үшін жеткілікті биіктігі бар, өлшеу табағының үстінде орнатылған шыныаяқ ұстағыш;
- Иілгіш, коррозияға төзімді материалдан жасалған аспалы сым (сымның диаметрі 0,06-0,04 мм);
- Тығыздығы жұмыс сұйықтығынан төмен материалды сынауға арналған салмақ. Жүктің массасы үлгінің массасынан шамамен 20% артық болуы керек. Жүк дұрыс пішінге, тегіс бетке және жүк затының тығыздығы 7,0 г / $см^3$ кем болмауы керек.

Зерттеу жүргізу

Үлгінің массасын ($М_1$) 0,0001 г дейінгі дәлдікпен өлшей отырып анықтайды (сурет 2). Таразы үстеліне жұмыс сұйықтығымен толтырылған стақанмен тұғыр орнатылады;с ыналатын үлгі сым көмегімен-аспалар таразының иінтірегіне ілінеді. Осыдан кейін, ыдыстың қабырғалары мен түбіне тигізбестен және онда ауа көпіршіктері жоқтығына көз жеткізіп, үлгіні сұйықтық құйылған стақанға толығымен батырғанға дейін түсіреді және массасын анықтау үшін өлшеу жүргізеді. Егер үлгі сұйықтықта қалқып кетсе, ілгіштен қосымша салмақ ілінеді. Үлгіні суспензиядан шығарады, суспензияны (егер қолданылған болса) сұйықтық бар стаканға түсіреді (суспензия стаканның қабырғалары мен түбіне тимеуі керек) және өлшеу жүргізіледі, осылайша массасы анықталады.

Нәтижелерді өңдеу

Салмақ өлшеу деректері бойынша тығыздығы белгілі сұйықтықтың массасы (M_4), оның көлемі үлгінің көлеміне тең, төмендегі формула бойынша есептеледі:

$$M_4 = M_1 – (M_2 - M_3)$$

мұндағы: M_1- ауадағы үлгінің массасы, г;

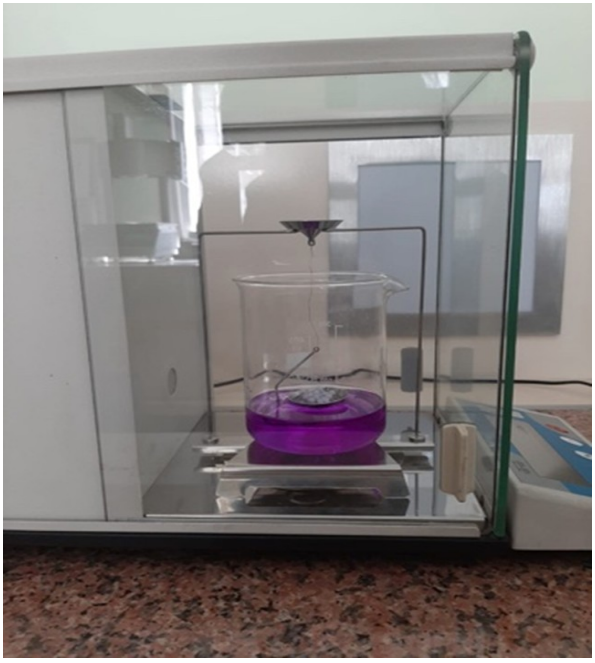
M_2- сұйықтықта ілінген үлгінің массасы, г;

M_3- сұйықтықтағы суспензияның массасы (егер қолданылса).

Сыналатын үлгінің (pt) тығыздығы төмендегі формула бойынша есептеледі:

$$pt = \frac{M1}{M4} * рж = 0{,}95\ г/см^3$$

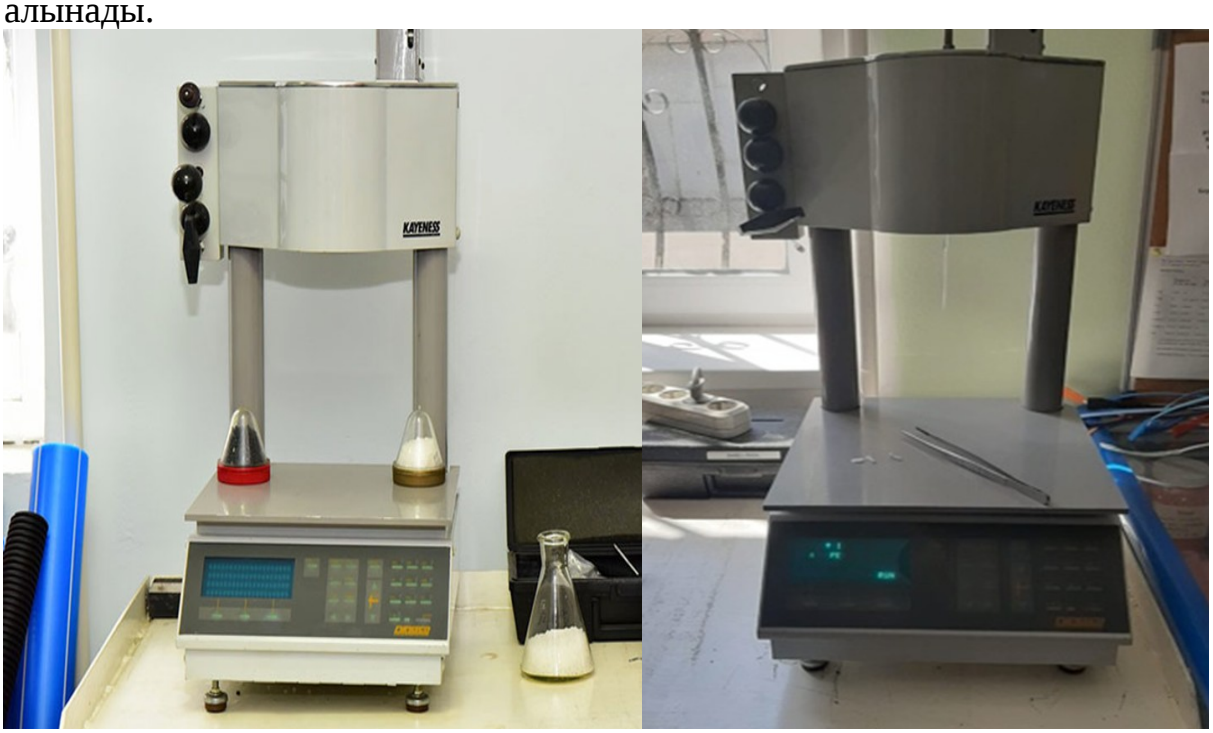
мұндағы: $р_ж$ – сұйықтық тығыздығы.



2 Сурет – Тығыздықты гидростатикалық өлшеу әдісі

2. Балқыманың аққыштық көрсеткішін МЕМСТ 11465-73 [32] бойынша анықталды (сурет 3). Аспапты деңгей бойынша орнатады, үлгісіз сынақтардың тиісті температурасына дейін қыздырады және оны осы температурада кемінде 15 минут ұстайды. Қыздыру кезінде материалдың ағып кетуіне жол бермеу үшін капиллярға тығыз кіретін мыстан жасалған арнайы түтікше енгізіледі, поршень шығарылады, балқыманың аққыштық көрсеткішінің болжамды мәніне байланысты 4-тен 8 г-ға дейінгі материалдың үлгісі экструзия камерасына жүктеледі. Ауаның сыналатын материалға түсуін болдырмау үшін жүктеу уақыты 1 минуттан аспауы керек. Камераға поршень енгізіліп, жеңге қосымша салмақ салынады. Зерттелетін материалға қатысты стандарттар мен техникалық шарттарда көрсетілген уақыт ішінде қысыммен ұстағаннан кейін, капуста римерді алып тастаңыз және полимердің ағуын қамтамасыз ету керек. Материалдың алдын ала қыздыру уақыты 4 минуттан кем болмауы керек. Поршеньдік таяқшаның

төменгі сақиналық белгісі экструзия камерасының жоғарғы жиегіне жеткен бойда барлық экструдталған материал кесіліп алынып, есепке алынбайды. Балқыманың шығыны поршеньдегі жоғарғы белгі экструзия камерасының жоғарғы жиегіне жеткенше өлшенеді. Балқыманың шығыны 3 г / 10 мин-тан аз болған кезде үзінділер камераның жоғарғы жиегімен екі ортаңғы белгілердің арасына алынады. Салқындағаннан кейін алынған үзінділер әрқайсысы 0,001 г аспайтын қателікпен жеке өлшенеді, олардың саны кемінде үш болуы керек. Кесіндінің массасы барлық кесінділерді өлшеу нәтижелерінің арифметикалық ортасы ретінде анықталады. Өлшеу аяқталғаннан кейін капилляр босатылып, полимер қалдықтары құрылғыдан алынады.

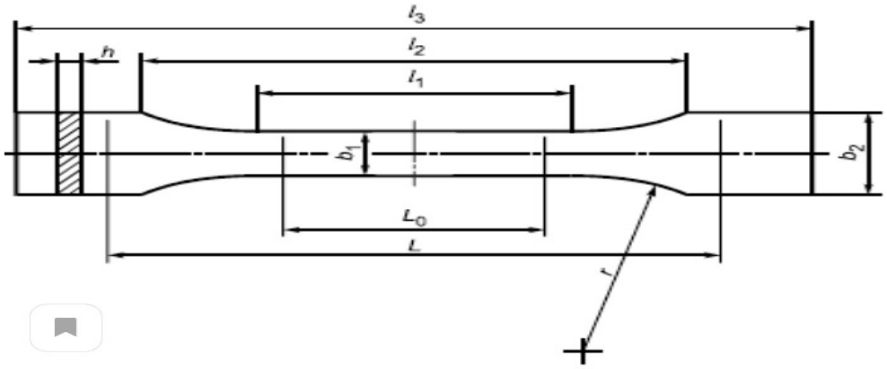


3 - Сурет - Балқыманың аққыштық көрсеткішін өлшеу әдісі

2.4 Дайын өнімге зерттеулер

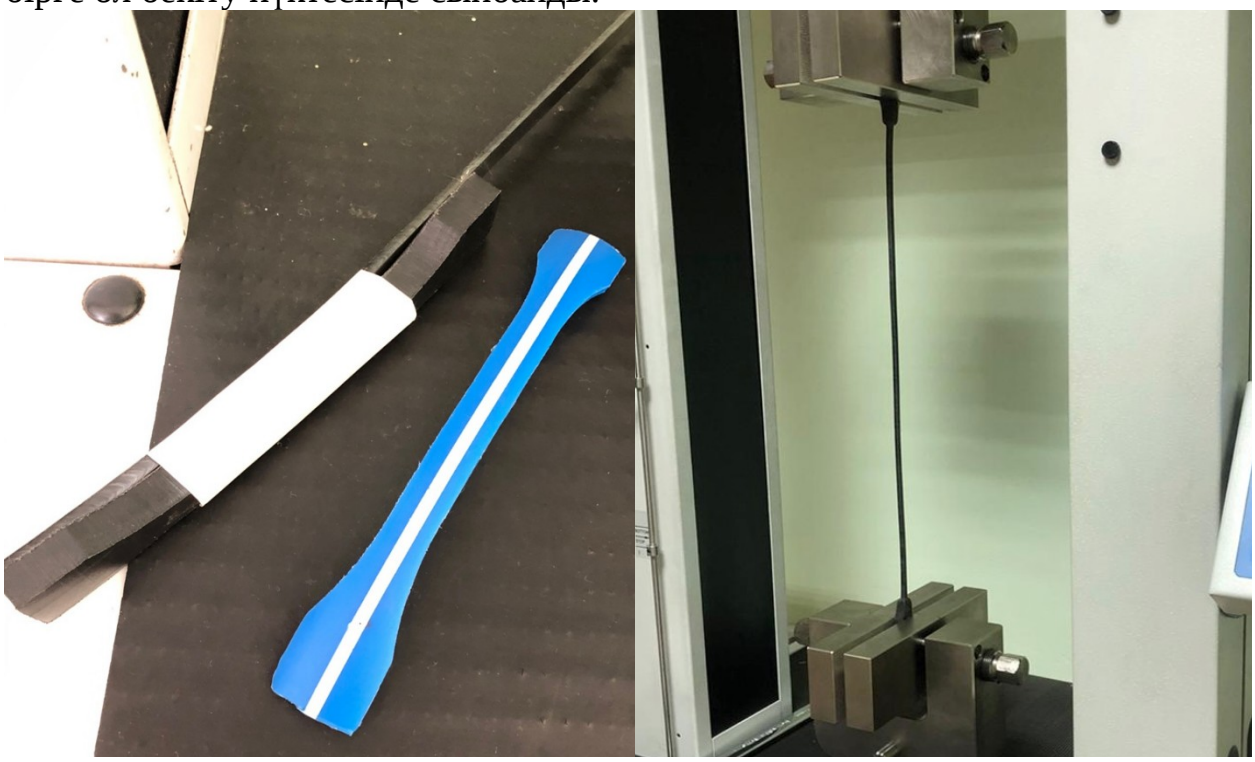
Жаңа дайын өнімнің физика-механикалық қасиеттерін анықтау үшін келесі зерттеу жүргізілді:

1) Физикалық қасиет - үзілу кезіндегі салыстырмалы ұзару % МЕМСТ 11262-2017 [33] (ISO 527-2:2012) бойынша анықталды. Зерттеу жасалатын үлгілерді (сурет 4 және 5) 16 сағат бойы 23 ºС температура мен 50±5 % салыстырмалы ылғалдылық қатысында қондицирлеп алады.



4 Сурет - Үлгілер түрі

Үлгілер қысқыштардың бойлық осьтері мен үлгінің осі бір-біріне және жылжымалы қапсырманың қозғалыс бағыттарына сәйкес келетін етіп қапсырма шеттерінің орналасуын анықтайтын белгілерге сәйкес сынақ машинасының қапсырмаларына бекітіледі. Сынақ кезінде үлгінің сырғып кетуіне жол бермеу үшін қапсырмалар біркелкі тартылады, бірақ сонымен бірге ол бекіту нүктесінде сынбайды.



5 Сурет – Үзілу кезіндегі салыстырмалы ұзару анықтау әдісі

Құбыр үлгісіне жасалған зерттеу нәтижесі – 750 %-ды құрады.

2) Механикалық қасиет - 20 °С температурада тұрақты ішкі қысым кезіндегі құбырдың төзімділін анықтау МЕМСТ 24157-80 [34] бойынша жүргізілді. Зерттеу сынамалық ваннада 20 °С температурада «су суда» әдісі арқылы жасалды. Сыналатын құбырдың 1 метр кесіндісін екі басынан темір бекіткіштен бекітіп, ішіне су толтырады. Содан кейін сынама сулы ваннаға 100 сағатқа орнатылады. Сынама зерттеу барысында 15,88 МПа қысым берілді. Зерттеу нәтижесі оң нәтиже берді.

6 Сурет - тұрақты ішкі қысым кезіндегі құбырдың төзімділін анықтау әдісі

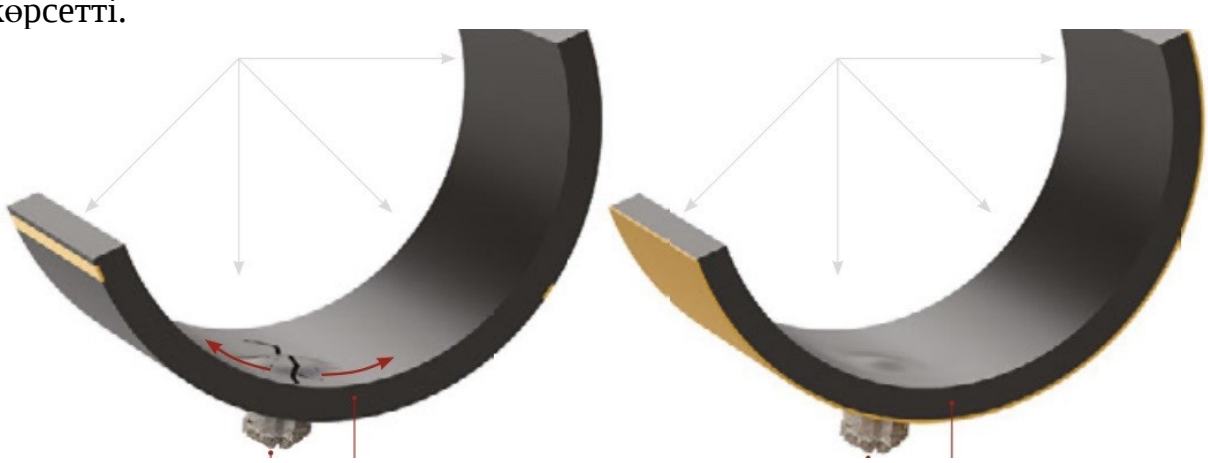
3 Қорғаныс қабатты полиэтиленді құбыр

ПЭ құбырларының артықшылықтары оларды монтаждау және орнату технологиясын қатаң сақтай отырып ғана толық ашылуы мүмкін. Қайта толтыру топырағында тастар мен басқа да қатты қосындылар болмауы керек, өйткені олар құбырмен байланысқан кезде нүктелік жүктемелер кернеудің шоғырлануына және жарықтардың пайда болуына әкелуі мүмкін. Бірақ сонымен бірге, тасымалданатын құм себу газ құбырының өзіндік құнын едәуір арттырады. ПЭ құбырларының сыртқы зақымдарға осалдығы тұтынушылар арасында, құбырларды төсеудің жоғары тиімді траншеясыз әдістерін - көлденең бағытталған бұрғылауды, ПЭ құбырларын тарту арқылы тозған газ құбырларын қалпына келтіруді және басқаларын қолдануда сенімсіздік пен күдікті тудыратынын ескеру қажет. Құбырды тасымалдау және эксплуатациялау кезінде зақымданудан қорғаудың тиімді шарасы полипропиленнен жасалған алынатын қорғаныш қабатын қолдану болып табылады (сурет 7). Қорғаныс қабаты коэкструзия әдісімен жасалады және құбырға тығыз жабысады. Дәнекерлеу кезінде ол құбырдың бетінен оңай алынып тасталады.

Сурет 7 - Полипропилен композициясынан жасалған алынбалы қорғаныс қабаты бар газ құбырлары

PE құбырларын қауіпсіз пайдалануды қамтамасыз етудің маңызды қадамы жарылуға төзімділігі жоғары полиэтиленнің арнайы композицияларын әзірлеу және енгізу болды. Бұл композициялар ПЭ 100 (кернеулі жарылуға төзімді полиэтилен) деп белгіленді.

Нүктелік жүктеме кезіндегі полиэтиленнің әртүрлі композицияларының айырмашылықтары 8-ші суретте көрсетілген. Орнатудың альтернативті әдістерін қолданудан туындайтын кернеулер кешенін құбырлар үшін статикалық есептеулерде дәл сипаттауға болмайтындықтан, локальды кернеулердің әсер ету коэффициенті тәжірибе жүзінде анықталады. Сынақтар ПЭ 100 материалдарының полиэтиленнің әдеттегі құбырларға арналған маркаларымен салыстырғанда төзімділігі бірнеше есе артқанын көрсетті.



ПЭ 80 **ПЭ 100**

8 Сурет – Полиэтиленнің әр түрлі маркаларына нүктелік жүктеменің әсері

ПЭ құбырларының жұмысын жақсартудың тиімді шешімі - коэкструзиялық қабаттары бар құбырлардың конструкциясы болып табылады: мысалы, ішкі қабаты ПЭ 100-ден жасалған, құбырдың нүктелік жүктемелерге төзімділігін қамтамасыз етеді, ал сыртқы қабаты механикалық зақымға төзімді. Коэкструзиялық қабаттар үшін қолданылатын полиэтиленнің композициялары бірдей минималды ұзақтық беріктігіне (MRS) ие болуы керек.

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертацияда жүргізілген теориялық, эксперименттік зерттеулердің нәтижесінде базалық шикізат ауыстырылды. Зерттеу барысында жаңа шикізаттан өндірілген құбыр жақсы қасиеттерге ие екенін көрсетті. Жұмыс барысында көрсетілген зерттеулерді қорытындылай келе, келесі нәтижелерді атап айтуға болады:

1) Жаңадан тандалып алынған базалық шикізат физика-механикалық көрсеткіштері бойынша қолданыстағы шикізатқа қарағанда алда және де бірқатар техникалық-экономикалық көрсеткіштер арты, бұл өндірісті экологиялық және экономикалық тұрғыдан тиімді етті.

2) Қорғаныс қабатты құбырларды тасымалдау, монтаждау және пайдалану кезінде механикалық зақымдану азайды.

ҚАБЫЛДАНҒАН ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ

ПП - полипропилен
ПЭ - полиэтилен
ТҚПЭ - төмен қысымды полиэтилен
ЖҚПЭ - жоғары қысымды полиэтилен
ОҚПЭ - орташа қысымды полиэтилен
БАШ - балқыманың аққыштық шегі
MRS - минималды ұзақтық беріктігі

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Айзинсон И.Л., Восторгов Б.Е., Кацевман М.Л. Основные направления развития композиционных термопластичных материалов. М., Химия, 1988, 48 с.

2 Друян В.М., Крупман Ю.Г., Ляховецкий Л.С. и др. Производство стальных труб. - М.: Металлургия, 1989.

3 Ромейко В.С. Стальные трубопроводы Пиррова победа СССР и главная причина кризиса ЖКХ России // Журнал «Трубопроводы и экология.» №2. 2002. - с. 2-4;

4 Бухин В.Е. Перспективы развития пластмассовых трубопроводов в России // Трубопроводы и экология. 2001. - №3. - С. 19-23;

5 Бакнелл К.Б. Ударопрочные пластики. Л., Химия, 1981, 328 с.

6 Бортников В.Г. Основы технологии переработки пластических масс. Л., Химия, 1983, 304 с.

7 polypropylene film by radiation-induced graft copolymerization // J. Radioanal. Nucl. Chem. - 2010. - V. 286.-P. 71-80.

8 Китаева Н.К. Синтез и регулирование свойств мембран из полиэтилена с привитой полиакриловой кислотой // Дис. на соискание ученой степени кандидата химических наук. Москва, 200 к

9 Кочкодан В.М., Брык М.Т. Привитая полимеризация акриловой кислоты на поверхности полиэтилентерефталатных ядерных фильтров // Доклады АН. УССР. Сер. Б. - 1986. - №8. - С. 29-31.

10 Смирнов Б.П., Семенов СИ., Альперн* В.Д., Тарасов А.В. Получение мембран методом плазмохимической* модификации и полимеризации. Обзорнаяинформация. - М.: НИИТЭХИМ. - С. 66.

11 Григорьев Ю.Н., Савостьянов В.С., Крицкая Д.А., Понаморев А.Н., Загорец П.А. Радиационная прививочная полимеризация акриловой кислоты к порошкообразному полиэтилену низкого давления // Высокомолек. соед., А. - 1982. - Т. 24. - № 8. - С. 1765-1768.

12 Shinohara Y., Tomioka K. Graft copolymerization by a preirradiation method//J. Polym. Sci. - 1960. -V. 44. - № 143. -P . 195-211. 30. S. Jie, T. Hua-yu,

B. Yong-ping. Graft polymerization of acrylic acid and acrylamide onto BOPET corona films // Journal of Wuhan University of Technology - Mater. Sci. Ed. - 2004. - V. 19. - №. 2. - P. 90-93.

13 Каган Д.Ф. Трубопроводы из пластмасс. М.: Химия, 1980. - 296 е.

14 Гориловский М.И. Перспективы развития рынка полиэтиленовых труб в России. В каком состоянии наши трубопроводы? // Журнал «Полимерные трубы.» №1. Сентябрь 2003. с. 6-10.

15 Дж. Уайт, Д. Чой.// Полиэтилен, полипропилен и другие полиолефины. - СПб.: Профессия, 2007.

16 Vasile C., Pascu M. Practical Guide to Polyethylene. - Shawbury: Smithers Rapra Press, 2008.

17 Bombelli P., Howe C. J., Bertocchini F. Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth Galleria mellonella // Current Biology. - Vol. 27. - P. R283 - R293.

18 https://plastinfo.ru/information/articles/cat1/

19 Современные физические методы исследования полимеров. М., Химия, 1982, 256 с.

20 Оленев Б.А., Мордкович Е.М., Калошин В.Ф. Проектирование производств по переработке пластических масс - 256 с.

21 Манин В.Н., Громов А.Н. Физико-химическая стойкость полимерных материалов в условиях эксплуатации. Л., Химия, 1980.

22 Лосев И.П., Тростянская Е.Б. Химия синтетических полимеров. М., Химия, 1971.

23 Термоэластопласты. Под ред. В.В. Моисеева. М., Химия, 1985. Теплофизические и реологические характеристики и коэффициенты трения наполненных термопластов. Справочник. Под ред. Липатова Ю.С. Киев. Наукова Думка. 1983.

24 Фойгт И. Стабилизация синтетических полимеров против действия света и тепла. Л., Химия, 1972.

25 Шембель А.С. «Сборник задач и проблемных ситуаций по технологии переработки пластмасс», М.: Химия, 1990 - 272 с.

26 Основы технологии переработки пластмасс. Учебник для вузов / Власов С.В., Кандырин Л.Б., Кулезнев В.Н. и др-М.: Химия, 2004. - 600с.

27 Берлин А.А, «Горение полимеров и полимерные материалы пониженной горючести», М. Химия // Соросовский образовательный журнал, 1996 №9 с 57-63.

28 Ушакова О.Б. Методические указания по курсовому проектированию по дисциплине «Технология изделий из пластических масс и композиционных материалов». Учебно-методическое пособие. М.: МИТХТ, 2004 - 35с.

29 https://propolyethylene.ru/truby/

30 В. Микаэли. Экструзионные головки для пластмасс и резины. Конструкции и технические расчеты. Санкт-Петербург, «Профессия», 2007 - 472с.

31 ГОСТ 15139-69 Пластмассы. Методы определения плотности (объемной массы).

32 ГОСТ 11645-73 Пластмассы. Метод определения показателя текучести расплава термопластов.

33 ГОСТ 11262-2017 Пластмассы. Метод испытания на растяжение.

34 ГОСТ 24157-80 Трубы из пластмасс. Метод определения стойкости при постоянном внутреннем давлении.