Вступ

Поліетилен є наймасовішою пластмасою у виробництві упаковки. Будучи одним з найстаріших полімерних матеріалів, він залишається незамінним у виробництві ряду спеціальних плівок - термозбіжна, стретч, з твіст-ефектом. Також поліетилен застосовується у виробництві інших видів упаковки - контейнерів, пакетів, каністр та т. д. Незважаючи на розвиток технологій і впровадження нових матеріалів, значення поліетилену не зменшується, але попит на нього продовжує рости.

Поліетилен винайдений більше ста років тому в далекому 1899 році практичними німцями. Ганс фон Пехман скористався науковими розробками російських вчених Олександра Бутлерова та Гавриїла Густавсона, які вивчали властивості полімерів попередні чверть століття і знайшов для них практичне застосування. З того часу область застосування поліетилену тільки розширюється.

Поліетиленова плівка – тонкий шар матерії, виготовлений з поліетилену. Пакувальний поліетилен володіє такими властивостями, як еластичність, вологостійкість, морозостійкість і гігієнічність. Поліетиленова плівка абсолютно безпечна для здоров'я людини, її можна використовувати навіть для виробництва дитячих товарів. Одне з найцінніших властивостей поліетиленової плівки – її прозорість.

У поліетиленову плівку упаковують продукти харчування, тканини і текстильні вироби, меблі, промислові товари, корми для тварин. Поліетиленова плівка знаходить застосування в медичній промисловості для упаковки товарів медичного призначення. Поширена упаковка в поліетиленову плівку товарів побутової хімії. Маючи високу міцність, поліетиленова плівка використовується для упаковки меблів та будівельних матеріалів.

Поліетиленова плівка використовується для гідроізоляції стін, покрівлі, підлоги, підвалів і горищ. Плівка з поліетилену служить відмінним бар'єром для вологи в будівельних конструкціях. Для виготовлення будівельної поліетиленової плівки використовується поліетилен вторинної переробки, що є причиною її відносної дешевизни.

Поліетиленова плівка застосовується при виробництві ремонтів, в сільському господарстві, меліорації, будівництві, інших галузях промисловості і господарства. При виробництві таких плівок використовуються світлостабілізуючі добавки, що запобігають руйнування плівки під впливом сонячних променів.

Поліетиленова плівка стала звичайним в щоденному користуванні і зручним і в багатьох випадках незамінним матеріалом. Крім цього, поліетиленова плівка - це матеріал зручний щодо простоти роботи з ним - легкий, гнучкий і слухняний рукам навіть непідготовленої людини. Вона легко ріжеться і складається, добре склеюється за допомогою клею або гарячої зварювання.

Широкі можливості поліетиленової плівки в сукупності з порівняно низькою ціною дозволяють використовувати її практично у всіх областях людської діяльності [1].

Метою даної дипломної роботи є проектування виробництва полімерної плівки потужністю 3,5 млн. п.м/рік.

Задачею дипломної роботи є ознайомлення з технологією виробництва поліетиленової плівки, розробка рецептури полімерної композиції, розрахунок екструдера, розробка технологічної схеми процесу.

1 Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва

1.1 Фізико-хімічні основи екструзії

Екструзія – спосіб отримання виробів або напівфабрикатів з полімерних матеріалів необмеженої довжини шляхом видавлювання розплаву полімеру через формуючу головку (фільєру) потрібного профілю.

Виробництво різних видів виробів методом екструзії здійснюється шляхом підготовки розплаву в екструдері і додання екструдату різної форми за допомогою продавлювання його через формуючі головки відповідної конструкції з подальшим охолодженням і калібруванням.

Екструдери можуть бути розділені на 2 класи: екструдери безперервної дії, основним елементом яких є обертовий елемент і екструдери періодичної дії, засновані на зворотно-поступальному елементі.

За пристроєм і принципом роботи основного вузла, що продавлює розплав в голівку, серед екструдерів безперервної дії можуть бути виділені шнекові, дискові і комбіновані, а серед екструдерів періодичної дії – шнекові і поршневі.

Шнекові екструдери поділяються на кілька типів: одно-, дво- і багатошнековий, одностадійні і багатостадійні, з односпрямованим і з протилежно спрямованим обертанням шнеків, з зоною дегазації і без неї.

Найбільш поширеним типом екструдерів є одношнековий екструдер безперервної дії без зони дегазації. Цей тип екструдерів може використовуватися для переробки поліетилену, тому що ПЕ – термостабільний полімер і не утворює газоподібних продуктів при переробці, а даний тип екструдерів значно дешевше екструдера з дегазацією. Його схема приведена на рисунку 1.1 [1].

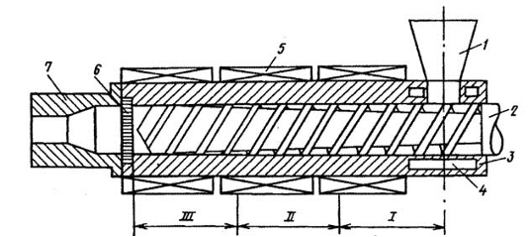


Рисунок 1.1 – Схема одношнекового екструдера:

1 – бункер; 2 – черв'як (шнек); 3 – циліндр; 4 – порожнина для циркуляції води; 5 – нагрівач; 6 – решітка з сітками;

7 – формуюча головка з адаптером

До переваг цього типу екструдерів слід віднести конструктивну простоту, можливість розвивати високий тиск розплаву і відсутність вимог до підвищеної термостабільності розплаву.

У процесі переробки вихідний матеріал з завантажувального пристрою надходить в черв'як і переміщається в осьовому напрямку в гвинтовому каналі черв'яка, утвореним внутрішньою поверхнею матеріального циліндра і нарізкою черв'яка. При русі матеріал ущільнюється, розплавляється, відбувається гомогенізація розплаву, розвивається тиск, під дією якого підготовлений розплав продавлюється через формуючий інструмент. По ходу руху матеріалу в екструдері можуть бути умовно виділені три технологічні зони, що розрізняються станом полімеру і відбуваються в них фізико-хімічними процесами: зона живлення (завантаження), зона плавлення (пластикації) і зона дозування (видавлювання).

Розглянемо докладніше процеси, що відбуваються в кожній із зон.

Завантаження сировини

Вихідна сировина для екструзії, що подається у вигляді порошку, гранул або стрічок під дією сили тяжіння надходить з завантажувального бункера в робочий об'єм екструдера. Деякі матеріали можуть зависати, для боротьби з цим використовують спеціальні проштовхуючі пристрої. Найменш схильні до такої поведінки гранули, тому вони є найкращим видом сировини для екструзії. У частині циліндра, де відбувається завантаження, робляться порожнини для циркуляції охолоджуючої води, щоб уникнути перегріву циліндра, при якому гранули спікаються. При ущільненні матеріалу в міжвитковому просторі шнека витіснене повітря виходить назад через бункер. Якщо видалення повітря буде неповним, то він залишиться в розплаві і після проходження через головку утворює в виробі небажані порожнини. Також в бункері поміщаються ворошителі, які запобігають утворенню «склепінь» з сировини і припинення його подачі в робочу область циліндра.

Завантаження міжвиткового простору під лійкою бункера відбувається на відрізку довжини шнека, що дорівнює 1–1,5 D [2].

Зона живлення

Гранули, що поступають з бункера заповнюють міжвитковий простір шнека і ущільнюються за рахунок зменшення глибини нарізки шнека або міжвиткової відстані. Просування гранул здійснюється за рахунок різниці значень сил тертя об внутрішню поверхню корпусу і об поверхню шнека. У зоні живлення необхідно знижувати температуру шнека для зменшення коефіцієнта тертя полімеру об шнек і запобігання обертання матеріалу разом зі шнеком. Зниження температури шнека досягається за рахунок його охолодження водою.

По мірі руху полімеру по черв'яку в ньому розвивається високий гідростатичний тиск. Виникаючі при цьому на контактних поверхнях сили тертя призводять до виділення тепла і нагрівання полімеру. Крім того, полімер отримує деяку кількість тепла від стінок екструдера, температура яких, як правило, вище температури полімеру завдяки обігріву циліндра екструдера. Верхня межа, до якого нагрівають стінку циліндра в зоні живлення екструдера, визначається виходячи з коефіцієнта тертя полімеру і його залежності від температури. При занадто високій температурі стінки відбувається передчасне плавлення пристінкового шару, зниження сили тертя і прослизання полімеру, що призводить до припинення його руху вздовж осі черв’яка. При оптимально підібраному температурному режимі, матеріал в циліндрі спресований, ущільнений і утворює пробку, що проштовхується по гвинтовому каналу. Довжина пробки повинна бути досить велика для того, щоб поздовжня штовхаюча сила, що розвивається внаслідок відносного руху, забезпечувала проходження полімеру через зону плавлення.

По мірі просування твердої пробки по каналу черв'яка тиск в ній зростає, пробка ущільнюється, поверхня пробки, що стикається з внутрішньою стінкою циліндра, починає нагріватися і на її поверхні утворюється шар розплаву, товщина якого збільшується по ходу руху черв'яка. Коли товщина шару розплаву досягає товщини зазору між стінкою циліндра і гребенем черв'яка, останній починає зіскребати шар розплаву зі стінки. На цьому закінчується зона живлення і починається зона плавлення.

Зона плавлення

Основний процес, що відбувається в цій зоні екструдера – плавлення полімерної пробки, що здійснюється за рахунок тепла, що виділяється при терті полімеру і підводиться ззовні від обігрівачів циліндра. Схема плавлення полімеру наведена на рисунку 1.2 [1].

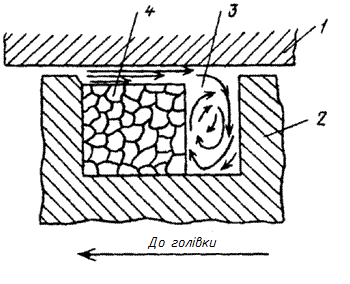


Рисунок 1.2 – Схема процесу плавлення:

1– корпус, 2 – штовхаюча стінка, 3 – утворена течія, 4 – пробка

Між стінкою корпусу (1) і пробкою (4) існує рух матеріалу, спрямоване в бік штовхаючої стінки. Під дією цього руху, в тонкому шарі розплаву (3) на поверхні пробки виникає течія, спрямована в сторону штовхаючої стінки (2). Рухомий розплав натикається на що штовхає стінку, повертає вздовж неї і збирається в потік (3), відтісняють матеріал пробки до передньої стінки. При цьому висота пробки залишається практично незмінною, а її ширина в міру просування по черв'яку поступово зменшується.

За рахунок інтенсивних зсувних деформацій, що виникають в шарі розплаву в зоні плавлення, спостерігається виражені змішувальний ефект і гомогенізація полімеру.

Довжина зони плавлення залежить від діапазону температур плавлення полімеру, і тим більше, чим більше інтервал між температурою початку плавлення і температурою завершення плавлення; екструдери для переробки кристалічних полімерів мають меншу довжину зони плавлення, ніж екструдери, в яких переробляються аморфні полімери.

Плавлення пробки триває до тих пір, поки її ширина достатня для забезпечення їй необхідної міцності. Як тільки ширина пробки досягає приблизно 1/10 ширини міжвиткового простору, циркуляційна течія розплаву руйнує залишки пробки, руйнуючи її на дрібні шматки. Перетин, в якому починається дроблення пробки, вважається кінцем зони плавлення і початком зони дозування.

Зона дозування

У зоні дозування течія полімеру подібна течії рідини в гвинтовому насосі і обумовлюється силами в'язкого тертя, що розвиваються внаслідок руху черв'яка відносно стінок циліндра. Зазвичай його розглядають як суму поступального руху розплаву уздовж осі черв'яка, яке забезпечує продуктивність екструдера і циркуляційнї течії в площині, нормальної до осі гвинтового каналу, завдяки якому продовжується гомогенізація розплаву полімеру. На початку зони дозування температура розплаву дорівнює верхній температурі з інтервалу температур плавлення, але по мірі руху полімеру в зоні дозування триває його розігрів за рахунок підведення тепла від нагрівачів і того, що виділяється в результаті інтенсивної деформації зсуву. Довжина зони дозування повинна забезпечувати час знаходження в ній розплаву, достатнього для його прогріву і гомогенізації, так як при порушенні цієї умови розплав, що надходить до голівки, матиме непостійну по перетину температуру, що неприпустимо для нормальної роботи екструдера.

Перебіг розплаву через формуючу оснастку

Розплав обертовим шнеком продавлюється через решітку, до якої притиснуті металеві сітки. Сітки фільтрують, гомогенізують і створюють опір розплаву, на них втрачається частина тиску. На сітках затримуються порції полімерного розплаву, що мають велику в'язкість, і досягають необхідної температури; сітками затримуються надвисокомолекулярні фракції полімеру.

Після проходження сіток гомогенізований розплав під залишковим тиском продавлюється в формуючу оснастку, і, набуваючи певного профіль, виходить з фільєрної частини головки. Фільєра надає розплаву полімеру необхідну форму. При проходженні розплавом формуючої оснастки спостерігається ефект розбухання: як правило, поперечний переріз екструдата дещо більше поперечного перерізу фільєри, що пояснюється зміною розподілу швидкостей матеріалу за поперечним потоком. Швидкості під стінами фільєри менше, ніж швидкість в центрі через наявність пристінного тертя, що створює напругу між сусідніми шарами. Після виходу матеріалу з фільєри тертя на його бічній поверхні відсутнє, швидкості вирівнюються під дією раніше виникших напруг в матеріалі. Вирівнювання швидкостей супроводжується перемішуванням шарів полімеру внаслідок відновлення високоеластичних деформацій, через що відбувається розширення поперечного перерізу.

Витяжка і роздування рукава призводять до зменшення товщини заготовки і до орієнтації макромолекул в плівці, що, в свою чергу, збільшує її міцність. Кількісно роздув характеризується ступенем роздування εР, що визначається як відношення діаметра роздутого рукава до діаметру рукава, що виходить з кільцевого зазору плівки і ступенем витяжки, що розраховується як відношення швидкості руху плівки після тягнучих валків до швидкості руху екструдата з головки.

Більша частина витяжки в поздовжньому напрямку реалізується ближче до формуючої частини головки, а роздування – ближче до лінії кристалізації [2].

1.2 Методи отримання плівки

Різноманіття видів полімерних плівок визначає і різноманітність методів їх виробництв, які можна розділити на наступні основні групи: екструзія, каландрование, виробництво комбінованих плівок, протоку розплаву полімеру на охолоджений барабан або в воду, фізико-хімічна модифікація плівок. Конкретний метод виробництва вибирається виходячи з хімічної природи, що переробляється полімеру і призначення одержуваної плівки.

Основними за обсягами переробляються і продукції, що випускається на сьогоднішній день є екструзійні методи отримання плівок - плоскощілинні екструзія, якої отримують плоскі плівки і екструзія з роздуванням, використовувана для виготовлення рукавних плівок. Суть методу полягає в формуванні заготовок необхідної форми з розплаву полімеру з подальшим їх охолодженням і фіксацією форми.

Екструзією можна отримати плівку з поліолефінів, полівінілхлориду, полістиролу, поліетилентерефталату, і ряду інших полімерів, здатних переходити в високоеластичний стан, не наражаючись при цьому істотної термічної деструкції.

Екструзійно-раздувной метод має ряд переваг в порівнянні з іншими методами отримання полімерних плівок. До них відносяться:

• можливість отримання плівок, що мають «збалансовані» показники механічних властивостей в поздовжньому і поперечному напрямках;

• незначна, в порівнянні з плівками, які отримуються плоскощілинній екструзією, схильність рукавних плівок до розщеплення на поздовжні смуги при ударних навантаженнях;

• можливість отримання двухосно-орієнтованих плівок, які можуть застосовуватися в якості термоусадочного пакувального матеріалу;

• можливість отримання більш міцної плівки при тій же товщині і використовуваному матеріалі, ніж при плоскощілинній екструзії;

• зручність застосування отриманої плівки для виготовлення мішків;

• низька отходность виробництва завдяки виключенню операції по обрізанню кромок;

• можливість на голівках порівняно малих розмірів отримувати плівки великої ширини.

До недоліків методу слід віднести:

• порівняльна складність використовуваної оснащення;

• менша, в порівнянні з плоскощілинній екструзією, продуктивність;

• схильність плівки до складкообразования;

• менша прозорість плівки.

Метод екструзії з роздуванням термопластів застосуємо для плівок шириною від 50 до 2400 мм і товщиною від 5 до 500 мкм.

Видувна екструзионная головка являє собою циліндр, всередину якого майже без зазорів вставляється сердечник, що має на своїй поверхні спіральні канали з глибиною, зменшується до виходу з головки. Розплав може потрапляти в канали як зсередини, через спеціальні отвори, проточенние в дорни, так і зовні. Нагрівання екструзійної головки здійснюється за допомогою пальчикових або кільцевих нагрівачів [3].

Виробництво плівок методом екструзії з роздуванням (або пневматичного розтягування) може бути організовано за трьома схемами, що передбачають напрямок циліндричного рукава плівки від головки в приймальний пристрій:

* вертикально вгору (рис. 1.3);
* вертикально вниз (рис 1.4);
* горизонтально (рис.1.5).

За першою схемою установки легше обслуговувати агрегат, ніж за другою, тому що черв'ячний прес і приймальний пристрій розташовані на одному рівні. За цією схемою забезпечується також отримання товстих плівок; при прийманні вниз товстостінний рукав обривається під дією власної ваги. При горизонтальному приймання важко отримати плівку з невеликою різнотовщинністю, тому що в цьому випадку завжди велика різниця між температурою повітря, що оточує нижню і верхню поверхні рукава. Таким чином, найчастіше користуються першою схемою.

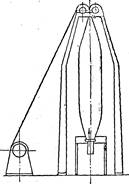
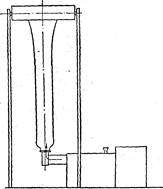


Рисунок 1.3 – Установка для отримання плівок (приймання догори)

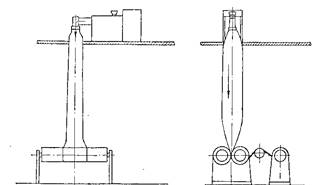


Рисунок 1.4 – Установка для отримання плівок (приймання вниз)

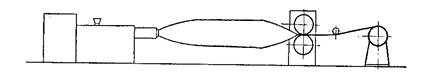


Рисунок 1.5 – Установка для отримання плівок (горизонтальне приймання)

Голівка повинна перетворити потік розплаву, що видавлюється з каналу черв'яка, в тонкостінний циліндричний рукав. Температура і тиск розплаву по всьому периметру формуючого зазору повинні бути однаковими, так як інакше циліндричний рукав і, отже, плівка матимуть великі відхилення по товщині.

Конструктивно неможливо перетворити монолитний потік в трубу, не піддаючи його спочатку розсічення, а потім злиттю окремих струменів. Сліди злиття потоків – стикові смуги – зберігаються в плівці і погіршують її якість. Зазвичай місця стиків відрізняються від інших ділянок меншою товщиною.

Існують два принципово різних способу спрямування потоків розплаву в голівку – зверху і збоку.

При надходженні потоку розплаву в головку зверху (рис. 1.4) він на шляху до кільцевому зазору спочатку розтинається на кілька струменів хрестовиною або гратами, а потім ці струменя зливаються одна з одною.

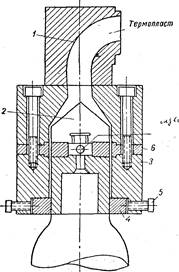


Рисунок 1.6 – Головка з верхнім харчуванням:

1 – труба для живлення; 2 – дорн; 3 – корпус голівки; 4 – формуюче кільце; 5 – регулювальний болт; 6 – дорноутримувач.

Спостереження показали, що на голівках з боковим харчуванням якість плівки краще, ніж на голівках з верхнім харчуванням.

Для того щоб усунути дефекти потоку розплаву, були створені:

1) розподільники різних конструкцій для більш інтенсивного перемішування потоку розплаву на шляху від входу в головку до формуючого зазору

2) рухливі формуючі кільця, переміщення і деформацією яких можна регулювати кількість розплаву, видавлюється на різних ділянках полімеру кільцевої щілини [4].

Однак жодна з конструкцій стаціонарних головок не ліквідували повністю стикові смуги.

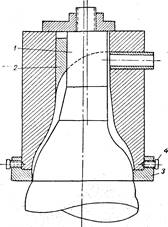


Рисунок 1.7 – Голівка з боковим харчуванням:

1 – дорн; 2 – спрямовуюча втулка; 3 – формуюче кільце; 4 – регулювальний болт; 5 – штуцер для входу розплаву

Усунути стикові смуги на плівці вдалося на обертових головках (осцилюючих) [5].

1.3 Вплив умов переробки на властивості плівки

Фізико-механічні властивості плівок (межа міцності при розтягуванні, граничне подовження при розриві, опір ударним навантаженням і т.п.) залежать як від природи і молекулярних характеристик використовуваного полімеру, так і від характеру утворюється надмолекулярної структури, а також ступеня і напрямку орієнтації плівки. Істотний вплив на фізико-механічні властивості плівок надає їх різнотовщинність. Всі ці властивості залежать від режимів, при яких здійснюється екструзія, роздув, охолодження і інші технологічні операції.

На рисунку 1.8 приведена залежність межі міцності в поздовжньому і поперечному напрямку від температури полімеру на виході з головки при постійній висоті лінії кристалізації.

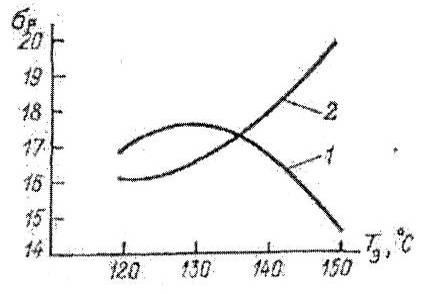


Рисунок 1.8 – Залежність розривного напруги від температури екструзії на виході з головки:

1 - поздовжній напрямок; 2 - поперечний напрям

Важливими показниками оптичних властивостей полімерних плівок є їх світлопроникність (прозорість), каламутність, глянцевитість.

Світлопроникність є відношенням світлового потоку, що проходить, до загального при його нормальному падінні на поверхню плівки. Світлопроникність плівки різна для хвиль різної довжини.

Каламутність – частка падаючого світлового потоку, що розсіюється плівкою під кутом, що перевищує 2,5° до напрямку падаючого потоку.

Глянець – частка падаючого світлового потоку, відбита поверхнею плівки під кутом 45 °.

Для ПЕНТ підвищення температури матеріалу, що переробляється веде до збільшення глянцю і зниження каламутності. У міру того як розплав стає більш гарячим і текучим, молекули отримують більше часу для розпрямлення і в результаті виходить гладка плівка, що є передумовою для гарного блиску і низькою каламутності. Збільшення швидкості плівки веде до погіршення оптичних властивостей – посилення каламутності і зниження глянцю.

Після того як було встановлено, що невелике збільшення щільності полімеру веде до збільшення глянцю, ринок пакувальних матеріалів активно цим користується. Зниження температури охолоджуючого валка підвищує одночасно прозорість і глянець плівок з ПЕВЩ.

Оптичні властивості плівок визначаються як наявністю макродефектів (таких, як поздовжні смуги, місцеві потовщення, включення різного характеру), так і особливостями утворюються надмолекулярних структур, які визначаються умовами кристалізації і ефектами, які супроводжують деформацію розплавів полімерів. Вплив властивостей розплаву на регулярність поверхні плівок, отриманих методом екструзії, пов'язано, перш за все, з явищем еластичної турбуленції, на умови появи якої істотно впливає температура розплаву, молекулярна маса і ММР полімеру. Зниження молекулярної маси, розширення ММР, збільшення ПТР і підвищення температури розплаву призводять до поліпшення оптичних властивостей плівок, також відмічено, що до збільшення глянсуватості поверхні і зменшення каламутності плівки призводить невелике збільшення щільності полімеру. Зниження інтенсивності обдування і збільшення тривалості охолодження плівки викликають підвищення її каламутності і погіршення оптичних властивостей виробів. Це пов'язано зі зростанням в таких умовах тривалості кристалізації і формування в плівці більших надмолекулярних структур, що визначають неоднорідність її будови. Однак, при занадто швидкому охолодженні плівки також можливе збільшення її каламутності за рахунок більшої неоднорідності одержуваного при цьому рукави.

З урахуванням того, що каламутність може бути викликана двома чинниками – неоднорідністю розплаву і утворенням занадто великих надмолекулярних структур, оптимальні показники досягаються при двостадійному охолодженні: на першій стадії полімер, що виходить з головки, охолоджується повільно, що дозволяє невелювати дефекти, що утворюється при продавлюванні, на другий – розплав швидко «заморожується» у лінії кристалізації, завдяки чому формуються надмолекулярні структурні утворення мають відносно невеликі розміри, порівнянні з довжиною хвилі видимого світла.

У цьому випадку вдається отримувати високоякісні прозорі плівки. Для досягнення такого режиму охолодження в технологічну схему вводять камеру повільного охолодження заготовки, а на обдувочне кільце подають охолоджене повітря. Зміна режимів охолодження плівки можна простежити по висоті лінії кристалізації – чим вона вища, тим більш тривалий час відбувається охолодження розплаву. Вплив висоти лінії кристалізації на властивості поліетиленової рукавної плівки показано на рисунку 1.9.

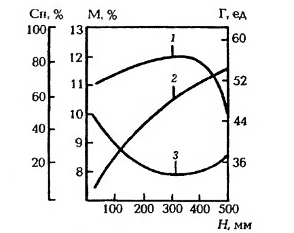


Рисунок 1.9 – Вплив висоти лінії кристалізації Н

на глянцевитість Г, каламутність М і світлопроникність Сп

рукавних плівок з ПЕВТ

Зниження оптичних властивостей плівки також спостерігається при зростанні частоти обертання шнека, яке забезпечує зростання продуктивності екструдера, і, як наслідок збільшення часу охолодження полімеру, що веде надалі до вищеописаних ефектів. Залежність каламутності від частоти обертання шнека показано на рисунку 1.10.

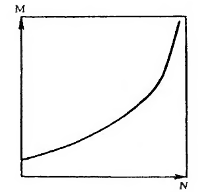


Рисунок 1.10 – Залежність каламутності М від частоти обертання шнека N при екструзії рукавної плівки з ПЕВТ

Механічні властивості плівок багато в чому обумовлюються виразністю орієнтації макромолекул в поздовжньому і поперечному напрямку, яка, в свою чергу, залежить від таких технологічних параметрів, як ступінь витяжки εВ і ступінь роздування εР. Зростання ступеня витяжки призводить, очевидно, до збільшення орієнтації молекул в поздовжньому напрямку, зростання ступеня роздування – в поперечному; одночасне збільшення цих показників призводить до зростання міцності і зниження відносного подовження плівки при розриві плівки в обох напрямках. Вплив поздовжньої орієнтації плівки на її механічні властивості показано на рисунку 1.11, а залежність розривної міцності від ступеня витяжки – на рисунку 1.12 [6]

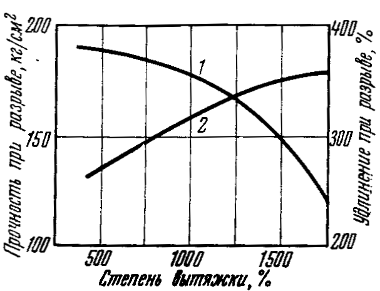


Рисунок 1.11 – Вплив поздовжньої орієнтації плівки на її механічні властивості. 1 - відносне подовження 2 - міцність при розриві

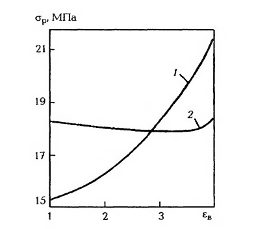


Рисунок 1.12 – Залежність розривної міцності σВ від ступеня витяжки εВ в поздовжньому (1) і поперечному (2) напрямку

Щоб досягти потрібної ударної міцності, необхідно знайти баланс орієнтацій молекулярної структури в поздовжньому і поперечному напрямках. Зокрема, збільшення коефіцієнта роздування покращує збалансованість цих орієнтацій. З ростом температури перероблюваного матеріалу ударна міцність зростає і досягається оптимальний баланс орієнтацій в обох напрямках. ПЕВЩ проявляє більш сильну тенденцію до орієнтації, ніж ПЕНЩ, і орієнтується більшою мірою в поздовжньому, а не поперечному напрямку, тобто дає розщеплення [7].

При збільшенні щільності поліетилену зростає його жорсткість. Жорсткість плівки – найважливіша якість при упаковці сільськогосподарської продукції (картоплі, моркви тощо), а також в будівництві. Плівка з ПЕВЩ нееластична на дотик і на вигляд.

Міцність при розтягуванні плівки, як вважається, залежить в основному від індексу розплаву, але уявна крихкість визначається переважно щільністю полімеру: чим вище щільність, тим більше тендітна плівка. Крихкість також залежить від умов переробки.

Збільшення температури розплаву при щілинній екструзії знижує міцність при розтягуванні в поздовжньому напрямку і дає плівку з більш збалансованої орієнтацією і, відповідно, з підвищеною ударною міцністю. У цій технології ударна міцність зростає з падінням температури охолоджуючих валків.

Хоча злипання не відноситься до властивостей самої плівки, воно є одним з найбільш серйозних обмежень при виробництві плівки екструзією з роздуванням. Для полімерів з більш високою щільністю злипання грає менш серйозну роль, оскільки підвищена жорсткість запобігає тісному контакту, характерному для гнучких плівок. Навпаки, при екструзії ПЕНЩ підвищення

температури розплаву може в деяких випадках вести до злипання. Занадто висока температура при сплющуванні рукава викликає «склеювання» його внутрішніх поверхонь.

При збільшенні коефіцієнта роздування рукав стає більше, і при цьому зростає неоднорідність полімерного розплаву, що йде від екструзійної головки, а також потоку охолоджуючого повітря. З ростом коефіцієнта роздування зростаюча площа поверхні стає більш сприйнятливою до «протягам». Ці зовнішні сили прагнуть зробити міхур хвилястим, створюють зморшки і погіршують стабільність товщини [8].

Однією з істотних характеристик, що визначають якість плівки, є її різнотовщинність. Для забезпечення рівномірності товщини одержуваного рукава слід дотримуватись таких умов:

• забезпечення однакової по всіх ділянках кільцевого зазору об'ємної швидкості екструзії;

• сталість в'язкості розплаву;

• забезпечення рівномірної температури потоку розплаву;

• сталість роздування гарячої заготовки.

Різнотовщинність плівки, таким чином, залежить від безлічі різних параметрів переробки: температури головки, товщини формуючої щілини, ступеня роздування.

Залежність різнотовщинності плівки від товщини формуючої щілини показана на рисунку 1.13 [6].

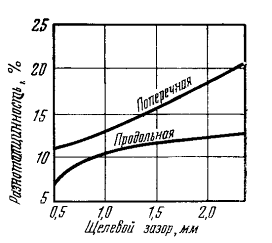


Рисунок 1.13 – Вплив величини щілинного зазору δЩ на різнотовщинність плівки в поздовжньому і поперечному напрямку

Так як плівка більшої товщини вимагає більшого часу на охолодження, то при збільшенні щілинного зазору, і, як наслідок, товщини плівки, збільшується довжина пластичної ділянки рукава. Це призводить до зростання ймовірності впливу різних чинників на процес охолодження рукава, нестійкості рукава і, як наслідок, збільшення різнотовщинності в обох напрямках. Таким чином, для досягнення мінімальної різнотовщинності, товщина щілинного зазору повинна бути мінімальна. Однак занадто низькі величини кільцевого зазору створюють значні опору в голівках і знижують продуктивність екструзії, тому на практиці використовують товщину щілинного зазору не менше 0,5 мм.

Таким чином, ми бачимо, що доцільно проводити екструзію плівки з мінімальним ступенем роздування, і застосовувати головки великого діаметру з кратністю роздування 2,5-3.

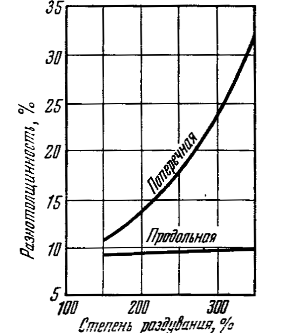


Рисунок 1.14 – Вплив ступеня поперечного роздування

плівкового рукава на різнотовщинність плівки в поздовжньому і

поперечному напрямку

Також, як уже говорилося вище, на різнотовщинність плівки впливає температура головки. Низька температура головки і циліндра забезпечує кращу гомогенізацію розплаву полімеру і більш рівномірний роздування рукава, в той час як висока температура, навпаки, збільшує довжину пластичного ділянки і, як наслідок, ймовірність прояву на ньому різних факторів, що впливають на товщину плівки. При температурі головки нижче 140 °С також поліпшуються і оптичні властивості одержуваної плівки: зменшується кількість гелеподібних включень і зростає прозорість, тому з точки зору цих параметрів оптимальне використання мінімально можливої ​​температури головки, при якій полімер виходить з неї в ще в’язкотекучему стані. Крім усього іншого, занадто висока температура розплаву може привести до злипання міхура і склеювання його внутрішніх поверхонь. Залежність різнотовщинності від температури головки приведена на малюнку 1.15 [6].

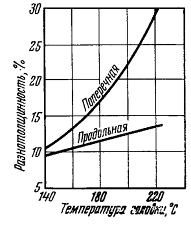


Рисунок 1.15 – Вплив температури головки на разнотолщинность плівки в поздовжньому і поперчити напрямку (для плівки товщиною 60 мкм)

2 Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції

Таблиця 2.1 – Характеристика основної сировини [8]

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Найменування сировини, матеріалів, напівпродуктів | Міждержавний, державний або галузевий стандарт, ТУ або методика | Показники, обов'язкові для перевірки (найменування і одиниця виміру) | Показники, які регламентуються з допустимими відхиленнями | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 1. Поліетилен високого тиску марки 15303-003, 15803-020, 10204-003 або їх аналоги імпортного виробництва | ГОСТ 16337-77 з ізм. № 1, 2, 3 | Показники плинності розплаву (номінальне значення), з допуском в%,  г / 10 хв.  – марка 15303-003 – марка 15803-020 – марка 10204-003 | 0.3 ± 30  2.0 ± 25  0.3 ± 20 | | |
| Щільність, г / см3  – марка 15303-003 – марка 15803-020 – марка 10204-003 | 0.9205 ± 0.0015  0.9190 ± 0,002  0.9230 ± 0.01 | | |
| Кількість включень місць не більше, ніж  – марка 15303-003  – марка 15803-020  – марка 10204-003 | Вищий  Сорт  2  2  2 | Пер-ший сорт  8  8  5 | Другий  сорт  30  30  10 |

| Продовження табл. 2.1 | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| Найменування сировини, матеріалів, напівпродуктів | Міждержавний, державний або галузевий стандарт, ТУ або методика | Показники, обов'язкові для перевірки (найменування і одиниця виміру) | Показники, які регламентуються з допустимими відхиленнями |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2. Поліетилен низького тиску марка 276-73 або аналоги імпортного виробництва | ГОСТ 16338-85 | Щільність, г / см3 | -0.963 0.958 |
| Показник плинності розплаву, г / 10 хв | 2,6-3,2 |
| Кількість включень, шт.,  не більше | 5 |
| 3. Поліпропілен марка ЛІПОЛ А3-67Е або аналоги імпортного виробництва | ТУ У 24.1– 32359181 –  001: 2005 | Показник плинності розплаву, г / 10 хв | 1.3–2.4 |
| Щільність коли 20 ° C, г/см3 | 0.898 – 0.900 |
| Масова частка речовин, основні,  %, не менше | 99,0 |
| Масові частки кислот Перерахунок на оцтову кислоту, %, не більше | 0,004 |
| Масові частки води %, не більше | 0,1 |
| 4. Етилацетат технічний, марка А, вищій сорт | ГОСТ 8981-78  з ізм. № 1, 2, 3, 4 | Зовнішній вид | Прозора рідина без механічесних домішок |
| Кольоровість, одиниці Хазена не більше | безкольорова |
| Щільність при 20 °C, г/см3 | 0,898 ÷ 0,900 |
| Масова доля основної речовини,  % не менше | 99,0 |
| Масова доля кислот в перерахунку на оцтову кислоту, % не більше | 0,004 |
| Масова доля води, %, не більше | 0,1 |
| 5. Спирт еэтиловий ректифікований технічний | ГОСТ 18300-87 | Зовнішній вид | Прозора, безбарвна рідина без сторонніх часток |
|  |  | Запах | Характерний для етилового ректи-фікованого спирту, без запаху сторонніх речовин |
|  |  | Об’ємна доля етилового спирту,  % не менше | 96,2 – вищій сорт  96.0 – перший сорт |
|  |  | Масова концентрація кислот в перерахунку на оцтову кислоту в безводному спирте, мг/дм3, не більше | 15 – вищій сорт  20 – перший сорт |
|  |  |
|  |  |

Існує 8 марок поліетиленових плівок, всі вони мають свої переваги і призначення, а також номінальну товщину.

Марка «М» – призначена для виробництва мішків та інших виробів високої міцності для перевезення різних матеріалів. Її товщина варіюється від 0,015 мм до 0,500 мм при цьому граничне відхилення від номінальної товщини можливо тільки на показник 0,120 мм.

Марка «Т» – призначена для виробництва тимчасових захисних конструкцій: укриттів або інших споруд. Також цю марку використовують для виготовлення упаковки та інших плівок: забарвлених і нефарбованих, стабілізованих або ні. Її товщина така ж як і у марки «М»: від 0,015 мм до 0,500 мм, а граничне відхилення від номінальної товщини можливо тільки на 0,120 мм.

Марка «СТ» – широко використовується для сільськогосподарських потреб, нею покривають культиваційні споруди: теплиці або парники. Це світлостабілізована плівка, яка є атмосферостійкою і довговічною. Товщина марки «СТ» може бути від 0,03 мм до 0,4 мм.

Поліетиленова плівка марки «СИК» – також має широку популярність в сільському господарстві. Вона застосовується для покриття теплиць, парників та інших культиваційних конструкцій. Вона здатна забезпечити більший тепличний ефект, ніж плівка марки «СТ». Її також використовують для виробництва стабілізованою плівки зі здатністю затримувати інфрачервоне випромінювання. Товщина поліетиленової плівки марки «СИК» від 0,1 мм до 0,25 мм.

Плівка марки «СМ» – також використовується в сільському господарстві як мульчуючий матеріал. А також для виготовлення плівки стабілізованою сажею. Її товщина від 0,06 мм до 0,22 мм.

Поліетиленова плівка марок «В» і «В1» – це незамінна плівка для меліоративних робіт і будь-яких робіт, пов'язаних з водним господарством. Вона використовується як протифільтраційний екран. Її товщина 0,2 – 0,4 мм.

Плівка марки «Н» – найпоширеніша в побуті плівка. Це і упаковки різного призначення, пакети, кульки тощо. Її товщина від 0,015 до 0,5 мм.

Плівка поліетиленова має вигляд рукава, напіврукава, полотна або рукава з фальцюванням, буває марок М, Н, Т, СТ, СИК, СК, СМ, В, В1, пофарбована та незабарвлена, стабілізована та не стабілізована, з наступними геометричними розмірами рукава:

– шириною від 400 мм до 800 мм та товщиною від 25 мкм до 400 мкм;

– шириною від 1400 мм до 3000 мм та товщиною від 40 мкм до 400 мкм.

Таблиця 2.2 – Вимоги до плівки поліетиленової марки «Н» за фізико-механічними та електричними властивостями [10]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Найменування показника та одиниця виміру | Значення фізичної величини з граничними відхиленнями | | Норматив |
| Товщиною вище 0,03 мм до 0,10 мм включно | Товщиною вище  0,10 мм |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. Міцність при растяжении,  М Па (кгс/см2): - в повздовжньому напрямку  - в поперечному напрямку | не менше 13,7 (140)  не менше 11,8 (120) | не менше 13,7 (140)  не менше 12,7 (130) | ГОСТ  10354-82  (зі зм.1-5) |
| 2. Відносне подовження при розриві, %: - в повздовжньому напрямку  - в поперечному напрямку | не менше 200  не менше 300 | не менше 250  не менше 300 |
| 3. Статичний коефіцієнт тертя | 0,1 – 0,5 | 0,1 – 0,5 |
| 4. Питомий поверхневий електричний опір, Ом | не більше 1×1016 | не більше 1×1016 |

3 Опис технологічної схеми

Підсушені гранули пневмотранспортом подаються в воронку 1.2 екструдера. Під дією сили тяжіння гранули просуваються вниз і заповнюють міжвитковий простір шнека. Шнек, що обертається, просуває полімер уздовж циліндра в формуючу кільцеву голівку. У голівці розплав розтинаюється дорном і, виходячи, має форму циліндра.

Для додання йому формотривкості екструдат охолоджується ззовні повітрям, що поступає з потрійної повітродувки 2.1 і подається в кільце охолодження 2.2.

Формування рукавної заготовки відбувається в рукавній голівці 2, в яку потік розплаву полімеру надходить з екструдера і потім видавлюється з кільцевого оформляє зазору. З цією метою використовують кутові або прямоточні головки, зазвичай з діаметром кільцевого зазору 250 – 750 мм. Обов'язкові вимоги до голівок – відсутність застійних зон, рівномірний і однаковий по довжині каналів рух розплаву, рівномірний, без пульсацій, вихід рукава з рівною по периметру товщиною стінки. Конструкція голівки повинна забезпечувати необхідний гідравлічний опір (тиск до 20 – 30 МПа), а її пристрій – легку установку і розбирання. Матеріал робочих поверхонь голівки повинен бути корозійностійким. Найбільшого поширення набули головки з центральним входом і гвинтовим розподільним каналом.

Розплав з матеріального циліндра екструдера надходить в головку знизу по кутовому циліндричного каналу, набуваючи кільцевого переріуз, і потім видавлюється через формуючий зазор між дорном і мундштуком. Протікаючи через отвори в дорноутримувачі розплав розподіляють на окремі потоки, які потім зливаються. Для запобігання утворенню стикових смуг в місцях з'єднання потоків розплаву на дорні передбачають спіральні розподільні канали, що турбулізує і гомогенізує його.

Момент затвердіння розплаву фіксується появою характерного кордону помутніння рукава, так званої лінії кристалізації. До цієї лінії екструдат-рукав розтягується по довжині витяжним пристроєм 4 і роздувається повітрям, що знаходиться всередині рукава по діаметру. Для початку роздування рукава в дорні головки є спеціальний канал для повітря 2.3, який з'єднаний з повітродувкою. Всередину рукава повітря подається періодично по мірі його дифузії через плівку і витоку через нещільності шарів плівки між тягнучими валками. Конфігурація рукава в зоні роздування залежить від тиску повітря в рукаві, швидкості його відводу від головки і від інтенсивності охолодження повітрям, що поступає із зовнішньої охолоджуючої системи. Витягнута в двох або в одному напрямку, плівка після лінії кристалізації продовжує охолоджуватися повітрям навколишнього середовища, а потім поступово складатися складними щоками витяжного пристрою 4, що розходяться під деяким кутом. Складні щоки перетворюють циліндричний рукав в двошарове полотно.

Рух плівки і її витяжка здійснюються обрезиненою, щільно притиснутою до плівки парою валків. Далі рукав протягується системою роликів протяжки і за допомогою натяжної пристрою 6 подається на намотувальний пристрій 8. Ніж 7 дозволяє здійснити поперечний розріз рукава.

При виготовленні плівки проводиться періодичний або безперервний контроль її товщини по ширині або довжині полотна, а також зовнішній огляд з метою виявлення сторонніх включень, непрозорості і шорсткості. Характеристики міцності і оптичні показники плівки вимірюють на спеціальних приладах відповідно до державних стандартів. Відносно плівок діє ГОСТ 10354-82, що поширюється на вироби з поліетилену [1].