

ПАКУВАЛЬНИЙ ІНЖИНІРИНГ

**С.О. Володін, С.В. Токарчук,
Л.О. Кривопляс-Володіна,
К.В. Васильківський**

**ПАКУВАЛЬНИЙ
ІНЖИНІРИНГ**

**МОНОГРАФІЯ
2025**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**С.О. Володін
С.В. Токарчук
Л.О. Кривопляс-Володіна
К.В. Васильківський**

ПАКУВАЛЬНИЙ ІНЖИНІРИНГ

Монографія

Київ НУХТ 2025

УДК 621.798

Рецензенти:

Мирончук В.Г., д-р технічних наук, професор, професор кафедри технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування, Національний ун-т харчових технологій;

Сухенко В.Ю., д-р технічних наук, професор, професор кафедри харчових технологій Факультет технологій, будівництва та раціонального природокористування ФТБРП, Черкаський державний технологічний університет;

Регей І.І., д-р технічних наук, професор, завідувач каф. комп'ютеризованих комплексів поліграфічних та пакувальних виробництв, ІПМТ, НУ "Львівська політехніка".

Пакувальний інжиніринг: монографія / С.О. Володін, С.В. Токарчук, Л.О. Кривопляс-Володіна, К.В. Васильківський – К: НУХТ, 2025. – 313 с.

ISBN 978-966-612-384-1

Наукова монографія «Пакувальний інжиніринг» спрямована на розвиток прикладних інженерних компетенцій у сфері проектування, експлуатації та технічного обслуговування пакувального обладнання відповідно до сучасних тенденцій автоматизації промисловості. Основною метою видання є забезпечення викладачів і здобувачів вищої технічної освіти знаннями та практичними навичками для комплексного розуміння сучасних технологій виготовлення споживчого, транспортного та спеціального пакування, а також для опанування принципів проектування, розрахунку та експлуатації пакувального обладнання. Особлива увага приділена супроводжувальним інформаційним QR-кодам, які висвітлюють технології пакування, принципи побудови пакувальних ліній, вибору конструктивних елементів, типи приводів, методи керування та впровадження автоматизованих рішень у виробниче середовище. Монографія є актуальним джерелом знань і корисним практичним джерелом для фахівців, які працюють у галузях: G7 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка, G9 – Прикладна механіка, G11 – Машинобудування, G20 – Видавництво та поліграфія, а також G22 – Біомедична інженерія. Видання призначене як для підготовки майбутніх інженерів, так і для підвищення кваліфікації спеціалістів, що працюють у виробничій сфері, сервісному обслуговуванні, науково-дослідних підрозділах, а також у закладах вищої інженерної освіти.

*Рекомендовано Вченою радою
Національного університету харчових технологій
як навчальний посібник для здобувачів закладів вищої освіти
(протокол № 10 від 29 травня 2025 р.)*

УДК 621.798

Видано в авторській редакції

© С.О. Володін,
© С.В. Токарчук,
© Л.О. Кривопляс-Володіна,
© К.В. Васильківський, 2025

ISBN 978-966-612-384-1

© НУХТ, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	6
ТЕМА 1. ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАКОВАННЯ	8
ТЕМА 2. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КАРТОННОЇ ТА ПАПЕРОВОЇ ТАРИ.....	15
ТЕМА 3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЦТВА ТАРИ З ВИТИМИ КАРТОННИМИ КОРПУСАМИ.....	56
ТЕМА 4. АВТОМАТИЗОВАНІ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ГОФРОВАНОЇ ТАРИ	61
ТЕМА 5. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ РОЗГОРТОК ГОФРОКАРТОНУ	82
ТЕМА 6. КОМПЛЕКСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІННОВАЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ ПАПЕРОВИХ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І ТАРИ	90
ТЕМА 7. ВИРОБНИЦТВО ТАРИ ТА ПАКОВАННЯ З ГАЗОНАПОВНЕНИХ ПЛАСТМАС (ПІНОПЛАСТІВ)	97
ТЕМА 8. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТЕРМОФОРМОВАНОЇ ТАРИ З ЛИСТОВИХ І РУЛОННИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	108
ТЕМА 9. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНОЇ ПОЛІМЕРНОЇ ТАРИ.....	132
ТЕМА 10. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТЕРМОФОРМОВАНОЇ ПОЛІМЕРНОЇ ТАРИ Й ПАКОВАННЯ.....	153
ТЕМА 11. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАКОВАНЬ У ФОРМАТІ ТУБ. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУШОНІВ	175
ТЕМА 12. ЗАСОБИ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ВИДУВНОЇ ПОЛІМЕРНОЇ ТАРИ. ЕКСТРУЗІЙНО-РОЗДУВНЕ ТА ІНЖЕКЦІЙНО- РОЗДУВНЕ ОБЛАДНАННЯ	189

ТЕМА 13. ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА СКЛЯНОЇ ТАРИ. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ СКЛЯНОГО ПАКОВАННЯ.....	211
ТЕМА 14. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ_КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ГОТОВОГО СКЛЯНОГО ПАКОВАННЯ	231
ТЕМА 15. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТАРИ ЗІ СКЛА.....	241
ТЕМА 16. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ГРУПУВАННЯ, ПАКЕТУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОБВ'ЯЗОК.....	252
ТЕМА 17. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАКОВАННЯ З КОМБІНОВАНИХ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ...	264
ТЕМА 18. ТЕХОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТКАНОГО ПАКОВАННЯ ТА М'ЯКИХ КОНТЕЙНЕРІВ	276
ТЕМА 19. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СПОЖИВЧОЇ, ТРАНСПОРТНОГО ПАКОВАННЯ ТА ДПЗ З ДЕРЕВИНИ	285
ТЕМА 20. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА КОНСТРУКТИВНІ ПАРАМЕТРИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАКОВАНЬ З ДЕРЕВИНИ....	291
ЛІТЕРАТУРА	306

ВСТУП

Пакувальна галузь є однією з найдинамічніших і найперспективніших сфер сучасного промислового виробництва, яка тісно пов'язана з розвитком харчової, фармацевтичної, хімічної, біотехнологічної, поліграфічної та багатьох інших індустрій. Пакування давно перестало бути просто засобом зберігання або транспортування продукту — воно перетворилася на самостійний об'єкт інжинірингу, об'єднуючи в собі функції захисту, збереження, просування товару на ринку, зручності використання та відповідності принципам сталого розвитку. У цьому контексті формування спеціалізованих знань і навичок у сфері пакувального інжинірингу стає актуальним завданням вищої технічної освіти, особливо в умовах стрімкого впровадження автоматизованих, цифрових і роботизованих систем у виробниче середовище.

Монографія «Пакувальний інжиніринг» має на меті комплексне висвітлення сучасного стану, проблем і перспектив розвитку технологій виготовлення пакування та відповідного технологічного обладнання. Авторський колектив прагнув створити науково-обґрунтовану, водночас прикладну за змістом працю, яка б слугувала містком між академічною підготовкою та практичними потребами виробництва. Книга орієнтована на студентів, аспірантів, науковців, інженерів, проєктантів і фахівців технічних спеціальностей, діяльність яких пов'язана з проєктуванням, експлуатацією, модернізацією й технічним обслуговуванням пакувального обладнання, а також із розробкою нових видів споживчої, транспортної й спеціальної тари.

Зміст монографії структуровано за логікою від загального до конкретного. У першій темі подано історичний огляд розвитку пакування, класифікацію обладнання за матеріалами, типами продукції та технологічними особливостями. Це дозволяє читачеві отримати цілісне уявлення про структуру та напрямки розвитку галузі. Далі розглянуто спеціалізоване технологічне обладнання для виготовлення упаковки з різних матеріалів — паперу, картону, пластмас, скла, металу, деревини та комбінованих матеріалів. У фокусі аналізу — технічні параметри, принципи роботи, особливості проєктування, експлуатації й обслуговування пакувальних машин.

Окремо висвітлено автоматизовані лінії для виробництва гофротари, методики розрахунку пристроїв висічки, процеси термоформування полімерної тари, екструзійно-видувні й інжекційно-видувні технології, а також системи контролю якості готової продукції. Важливо, що в монографії проаналізовано не лише базові інженерні принципи, а й питання впливу матеріалів на характеристики пакування, зокрема щодо вологостійкості, міцності, стійкості до хімічного та температурного впливу.

Однією з сильних сторін цього видання є ґрунтовний аналіз технологій виготовлення формованої пакувальної тари з паперової

гідромаси — однієї з найбільш перспективних альтернатив полімерному пакуванню. Подано схеми ліній, принцип дії роторних машин, технічні аспекти формування, сушіння та остаточної обробки виробів. Наведено приклади провідних світових виробників пакувального обладнання, а також оглянуто сучасні рішення у сфері автоматизації виробництва.

Розділи монографії супроводжуються графічними матеріалами, технічними схемами, прикладами розрахунків, - що дозволяє використовувати її не лише як наукову працю, а й як навчальне джерело. Цей підхід сприяє формуванню у здобувачів освіти практичних навичок аналізу, проектування та вибору обладнання під конкретні умови виробництва.

Згідно з освітньо-професійною програмою підготовки інженерів поліграфічної та пакувальної галузі, метою викладання курсу «Пакувальний інжиніринг» є розвиток здатності студентів до системного мислення, критичного аналізу технічних процесів, вміння приймати обґрунтовані рішення в умовах невизначеності, з урахуванням чинних стандартів, екологічних вимог та економічної доцільності. Важливою складовою є також формування міждисциплінарних компетентностей, що включають знання матеріалознавства, механіки, електроніки, інформаційних технологій і промислової логістики.

Монографія відповідає вимогам сучасного інженерного підходу, орієнтованого на життєвий цикл пакувального продукту — від концепції та проектування до реалізації, використання та утилізації. Такий системний підхід дозволяє виявити критичні точки впливу, оптимізувати процеси, підвищити ефективність виробництва й задовольнити запити ринку. Окрема увага приділена впливу пакування на безпеку продукції, її споживчі властивості, збереження смакових і функціональних характеристик, а також ролі пакування у формуванні бренду, сприйнятті товару споживачем і забезпеченні інформаційної взаємодії за допомогою цифрових технологій (QR-коди, AR-інтерфейси, інтерактивні елементи).

У підготовці цього видання було враховано досвід провідних європейських і азійських шкіл пакувального машинобудування, сучасні наукові розробки в галузі пакувальних матеріалів і тенденції розвитку індустрії майбутнього. Важливу роль відіграє практичний досвід фахівців, зокрема приклади впровадження технологічних рішень на підприємствах України, які вже перейшли до використання розумних систем пакування, зокрема на основі гофрованого картону, целюлозної маси, термоформованих полімерів і біокомпозитів.

Таким чином, дана монографія є спробою систематизувати сучасні знання у сфері пакувального інжинірингу та створити основу для подальших наукових досліджень і практичних розробок у цій галузі. Автори сподіваються, що ця праця стане корисною для широкого кола читачів — від студентів і викладачів до фахівців промисловості та розробників інноваційних пакувальних рішень.

ТЕМА 1. ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАКОВАННЯ

Історичний огляд розвитку упаковки

Історія пакування – це довгий шлях від простих природних матеріалів до складних конструкцій, які виконують не лише захисну, але й маркетингову функцію. Кожна епоха вносила свій внесок у розвиток пакування, відображаючи рівень технологій, культурні особливості та потреби людей.

Потреба в зберіганні та транспортуванні речей виникла у людини ще в давнину. Перші люди використовували природні матеріали для створення простих ємностей, які дозволяли їм зберігати їжу, воду та інші необхідні речі (рис.1.1, рис.1.2).

Перші види пакування були виготовлені з матеріалів, які легко знайти в природі:

- листя та кора дерев: первісні люди використовували велике листя, шкіру тварин та кору дерев для обертання їжі та інших предметів. це дозволяло захистити їх від пилу, вологи та пошкоджень.

- глина: з розвитком гончарства з'явилася можливість виготовляти глиняні горщики та глечики. вони були більш міцними та довговічними, ніж природні матеріали.

- рослинні волокна: з рослинних волокон плели кошики різної форми та розміру. кошики були легкими, міцними і добре пропускали повітря, що робило їх ідеальними для зберігання продуктів.



Рис.1.1. Керамічні амфори як приклад пакування

Стародавні цивілізації зробили наступний крок у розвитку пакування. Єгиптяни досягли значних успіхів у виробництві глиняного посуду. Вони виготовляли різноманітні амфори для зберігання зерна, вина, олії та інших продуктів. Греки та римляни широко використовували

амфори для зберігання вина та оливкової олії. Вони також виготовляли дерев'яні бочки для транспортування рідин.

Середні віки були періодом значних змін у розвитку людства. Це стосується і сфери пакування. Хоча ми зазвичай асоціюємо середньовічне пакування з простими дерев'яними бочками та мішками, вона була значно різноманітнішою, ніж може здатися на перший погляд.

Дерево (рис.1.2) було одним з найпоширеніших матеріалів для виготовлення тари. З нього робили бочки, ящики, кошики. Бочки були особливо популярні для транспортування рідин, таких як вино, олія та мед. Їх виготовляли з міцних порід дерева, що забезпечувало надійний захист вмісту.



Рис.1.2. Бочки як приклад пакування

Тканини, як лляні, так і вовняні, використовувалися для виготовлення мішків та торбинок. У них зберігали зерно, борошно, фрукти та інші сипучі продукти.

Глиняний посуд продовжував використовуватися для зберігання їжі та напоїв. Однак, у порівнянні з античністю, асортимент глиняних виробів став більш обмеженим.

Рослинні матеріали: листя, солома, очерет використовувалися для виготовлення простих пакувань для невеликих предметів.

Розвиток торгівлі в середні віки стимулював пошук нових рішень для пакування. З'явилися спеціалізовані види тари для різних товарів. Наприклад, для транспортування скла використовували дерев'яні ящики з соломною, а для цінних металів - міцні скрині. На пакуванні почали з'являтися перші написи та символи, які вказували на вміст тари або її власника.

Ярмарки були важливими центрами торгівлі в середні віки. Тут можна було побачити велику різноманітність товарів, що вимагали відповідного пакування. Торговці намагалися зробити свої товари більш привабливими для покупців, тому використовували різні способи оформлення пакування. Умови зберігання товарів на ярмарках часто були

складними, тому пакування мало забезпечувати надійний захист від вологи, пилу та пошкоджень.

Незважаючи на винахідливість людей, середньовічне пакування мало свої обмеження. Багато його видів не були досить міцними для тривалих перевезень на великі відстані. Забезпечити повну герметичність пакування було складно, що призводило до швидкого псування продуктів. Дизайн же був простим і функціональним, без зайвих прикрас.

XIX століття стало переломним моментом в історії пакування. Промислова революція, що охопила Європу та Північну Америку, внесла значні зміни у виробництво та споживання товарів, а отже, і в способи їх пакування.

Якщо раніше для пакування використовували переважно натуральні матеріали - шкіру, тканини, дерево, то з розвитком паперового виробництва все частіше застосовували паперову тару.

Винайдення машин для виробництва паперу дозволило налагодити його масове виготовлення, що зробило його доступнішим і дешевшим матеріалом для пакування. У середині 19 століття з'явилися перші паперові пакети. Спочатку їх виготовляли вручну, але згодом з'явилися автоматичні верстати, що значно збільшили обсяги виробництва.

Приблизно в цей самий період було винайдено гофрований картон (рис.1.3). Спочатку його застосовували як матеріал для каркасів головних уборів. Першим, хто побачив його потенціал у пакувальній справі, став Альберт Джонсон. У 1871 році він запатентував нове призначення — використання гофрованого паперу для обгортання й захисту продукції. Такий матеріал (рис.1.3) виявився легким, міцним і чудово виконував захисну функцію під час транспортування товарів.



Рис.1.3. Гофроящики

З розвитком промислової революції виробництво скла стало більш масовим і доступним. Були розроблені нові технології, які дозволили знизити вартість скляних виробів і розширити їх асортимент. Винайдення автоматичних складувальних машин значно збільшило обсяги виробництва

скляної тари. Були розроблені більш міцні та стійкі до температурних перепадів сорти скла, що дозволило використовувати скляну тару для зберігання різноманітних продуктів.

XX століття стало золотим віком для скляного пакування. Пляшки та банки зі скла використовувалися для зберігання напоїв, консервів, косметики та багатьох інших продуктів. Скло вважалося безпечним, гігієнічним і естетичним матеріалом. Скляна тара (рис.1.4) стала важливим інструментом маркетингу. Виробники використовували різноманітні форми, кольори та дизайни скляних пляшок, щоб виділити свою продукцію на полицях магазинів.



Рис.1.4. Скляна тара

XX століття стало періодом бурхливого розвитку пакування. Змінилися не лише матеріали та технології виробництва, але й функції, які виконувало пакування, та його вплив на суспільство. У першій половині XX століття серед популярних пакувальних матеріалів починають домінувати пластмаси, а згодом з'являється і целюфан — прозорий, гнучкий матеріал, який швидко набув популярності. У 1957 році в США була запущена перша машина з виробництва поліетиленових пакетів (рис.1.5), які поступово витіснили паперові.



Рис.1.5. Полімерні пакети

Після Другої світової війни відбувається справжній бум виробництва полімерів. Пластик стає доступним і дешевим матеріалом, що дозволяє створювати різноманітне пакування для масового споживання.

У 80-ті та 90-ті роки ХХ століття зростає екологічна свідомість людства. Проблема забруднення довкілля пластиковими відходами стає актуальною. Виробники починають шукати альтернативи пластику (рис.1.6), використовуючи папір, картон та інші біорозкладні матеріали.



Рис.1.6. Біо-пакування

Пакування стає потужним інструментом брендингу. Компанії інвестують у розробку унікального дизайну, що надає їхній продукції впізнаваності та вигідно відрізняє її на тлі інших.

Сучасні тенденції у пакуванні:

- мінімалізм - прості лінії, нейтральні кольори та відсутність зайвих елементів - це характерні риси сучасного дизайну пакування;

- інтерактивність - пакування стає інструментом комунікації зі споживачем. За допомогою QR-кодів, AR-технологій та мобільних застосунків пакування може надавати додаткову інформацію про продукт, проводити ігри або пропонувати знижки;

- екологічність - використання перероблених матеріалів, біорозкладних полімерів, мінімізація – це основні напрямки розвитку сучасного пакування.

- персоналізація: індивідуальний підхід до кожного споживача вимагає створення персоналізованої пакування, яка відображає його інтереси та потреби.

- функціональність - пакування не тільки захищає продукт, але й може виконувати додаткові функції, наприклад, бути мірним стаканчиком, контейнером для зберігання або дитячою іграшкою.

Основні матеріали сучасного пакування:

- картон залишається одним з найпоширеніших серед пакувальних матеріалів завдяки своїй міцності, легкості та можливості переробки;

- пластик має широкий спектр застосування в пакуванні завдяки своїй гнучкості, легкості та низькій вартості. Однак, проблема забруднення довкілля пластиком змушує виробників шукати альтернативи.

- скло є одним з найдавніших матеріалів для пакування. Воно має високу хімічну стійкість, але є важким і крихким.

- металеве пакування використовується для продуктів, які потребують високого рівня захисту від зовнішніх впливів.

- біорозкладні матеріали - це нове покоління матеріалів, виготовлених з на основі сировини рослинного або тваринного походження, які здатні розкладатися під впливом мікроорганізмів.

Обладнання для виготовлення пакування – це сукупність машин та інструментів, призначених для переробки сировини та створення готових пакувальних матеріалів різного виду (рис.1.7).

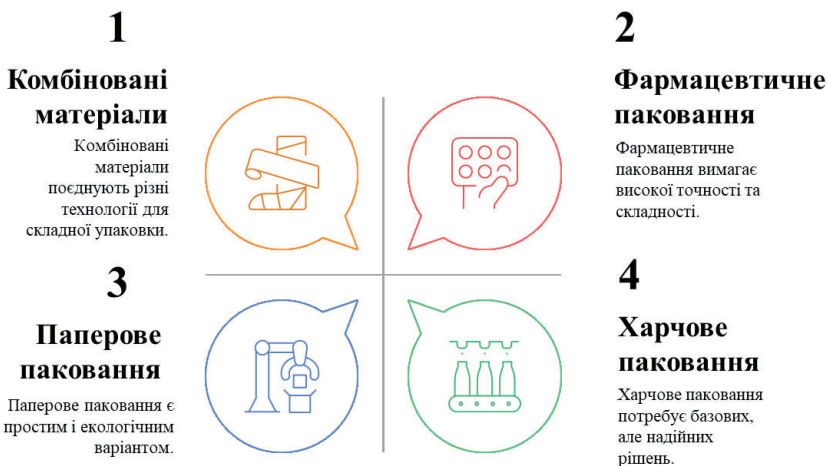


Рис.1.7. Напрями розробки пакувань

Розвиток технологій призвів до появи величезної кількості різноманітних машин та установок, кожна з яких спеціалізується на певних видах пакування.

Незалежно від призначення, все обладнання для виготовлення пакування має ряд спільних характеристик:

- **Продуктивність:** визначається кількістю готових виробів за одиницю часу і залежить від типу обладнання, його розміру та складності виробів.

- **Точність:** важлива для забезпечення високої якості продукції, особливо для фармацевтичної та харчової промисловості.

- Автоматизація: сучасне обладнання, як правило, високоавтоматизоване, що дозволяє знизити витрати на виробництво та підвищити ефективність.

- Гнучкість: здатність швидко переналаштовуватися на виробництво різних видів паковань.

- Безпека: обладнання повинне бути безпечним для операторів та відповідати всім вимогам охорони праці.

- Екологічність: сучасні тенденції спрямовані на створення обладнання, яке мінімізує негативний вплив на довкілля.

Існує кілька підходів до класифікації обладнання для виготовлення пакування.

За типом матеріалу пакування:

- Обладнання для пакування з **паперу** використовується для виробництва картонних коробок, гофроящиків, паперових пакетів та іншого пакування з паперу та картону.

- Обладнання для пакування з **полімерів**, призначене для виготовлення плівкових паковань, контейнерів, пляшок та інших виробів з пластику.

- Обладнання для **скляної** тари використовується для виробництва скляних пляшок, банок та інших видів тари.

- Обладнання для пакування з **металу** застосовується для виробництва бляшанок, алюмінієвих банок та інших металевих паковань.

- Обладнання для виготовлення пакування з **комбінованих матеріалів** поєднує в собі можливості кількох типів обладнання для виробництва пакування з різних матеріалів.

- Обладнання для виготовлення **дерев'яної** тари використовується для виробництва ящиків, піддонів, бочок та ін.

- Обладнання для виготовлення пакування з **тканини** призначене для виробництва м'яких контейнерів, мішків та ін.

За типом продукції:

- Обладнання для виробництва харчового пакування: машини для виробництва пакетів, контейнерів, пляшок для харчових продуктів.

- Обладнання для виробництва промислового пакування: машини для виробництва мішків, барабанів, контейнерів для промислових товарів.

- Обладнання для виробництва фармацевтичного пакування: машини для виробництва блістерів, флаконів, ампул.

- Обладнання для виробництва косметичного пакування: машини для виробництва туб, флаконів, коробок для косметичних продуктів.

Також можна класифікувати обладнання за технологічним процесом, рівнем автоматизації, функціональним призначенням тощо.

ТЕМА 2. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КАРТОННОЇ ТА ПАПЕРОВОЇ ТАРИ

Тара, яка виготовляється з паперу та картону, є найбільш екологічним сучасним типом пакування та займає провідне місце в світі на ринку пакування. В загальносвітовому обсязі всіх видів виробництва паперу та картону на виробництво тари і пакувань використовується більше 40%. Тара, виготовлена з паперу та картону, має суттєві переваги у порівнянні із аналогічною, виготовленою з інших матеріалів. Вона значно дешевша, для її виготовлення потрібно менше витрат сировини. Картонна тара відрізняється легкістю, гігієнічністю, зручністю у використанні. Суттєвою перевагою картонної та паперової тари є те, що значна частина вже використаної тари слугує макулатурною сировиною для виробництва картонно-паперових матеріалів. До недоліків слід віднести невисоку міцність, яка значно зменшується під час намокання картону, та легкозаймистість.

Найбільш поширеним видом транспортної картонної тари є ящики. Їх виготовляють із суцільного листа плоского або гофрованого картону. Дно та кришка ящика утворюються чотирма клапанами. Споживча картонна тара - це коробки та пачки. Коробки можуть бути різної форми, мають пласке дно і закриваються кришкою. Пачка закривається клапанами, а її корпус має форму паралелепіпеда. Паперова тара використовується для пакування сипких та штучних виробів. До неї належать мішки та пакети. З картону виготовляють також банки, пенали, відра, стакани, котушки, шпулі, барабани, а також амортизуючі та інші елементи пакування.

За конструктивними особливостями і способом виготовлення картонну тару поділяють на суцільну і збірну, складну і нескладну.

Суцільні паперові вироби виготовляють без застосування складальних операцій – наприклад, методами пресування з однієї заготовки, формування з паперової гідромаси, навивкою.

Збірна картонна тара виготовляється з однієї або декількох деталей шляхом утворення між елементами, що сполучаються, клейових, зварних, зшивних, фальцових або замкових з'єднань, а також із використанням кріпильних та з'єднувальних деталей, таких як скоби, заклепки, петлі, гачки тощо.

Складну картонну тару можна без пошкоджень скласти з об'ємної в пласку, зберігати і транспортувати в такому вигляді, а далі знову повертати в об'ємний робочий стан безпосередньо при пакуванні продукції.

Нескладну картонну тару після виготовлення неможливо скласти без ушкодження. Така тара завжди займає однаковий об'єм. До нескладної тари відносять всі види лотків, подарункові коробки, банки, барабани, шпулі та інше.

Пакування із формованої паперової гідромаси

Пакування з формованої паперової маси (рис.2.1) було винайдено в 1903 році Мартіном Кізом, який отримав патент на цю технологію. В 1920 році в США почалось масове виготовлення лотків, призначених для пакування яєць. Поступово такі лотки стали наймасовішим і практично монопольним засобом для пакування цієї продукції в усьому світі.

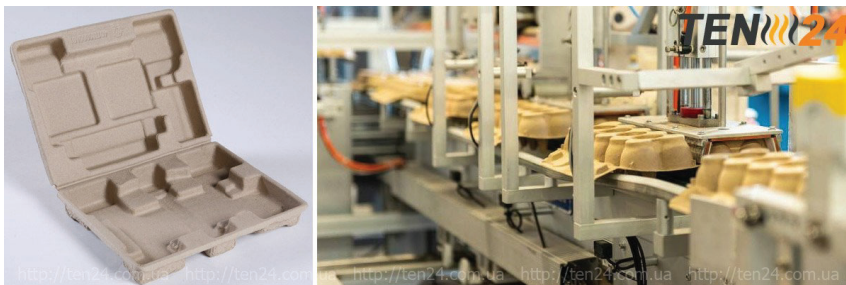


Рис.2.1. Зразки пакувань з формованої паперової гідромаси

Основна задача такого пакування – забезпечити захист виробів від ушкоджень при контакті. Це досягається фіксацією виробу в стабільному положенні за рахунок конструкції пакування та певної пружності його стінок, які зменшують руйнуючий вплив ударів. В даний час цим методом пакують фрукти, пляшки, ампули, електроприлади, косметику. За цим способом також виготовляють та меблів.

Для виготовлення формованих виробів використовується деревна маса, відходи целюлозно-паперового виробництва та найчастіше макулатура. Співвідношення паперу і картону для приготування гідромаси має бути наступним: 20-30% паперова макулатура і 70-80% картон і гофрокартон.

Технологічний процес виробництва формованої тари включає в себе наступні основні стадії:

- приготування гідромаси з макулатури;

- вакуумне формування виробів;
- сушку виробів до необхідної вологості;
- остаточну механічну обробку виробів.

Починається процес з завантаження макулатури і подачі води в гідророзбивачі (пульпер) 1 (рис.2.2). Далі розпускаються волокна макулатури в пульпері в потоках рідини, які створюються відцентровим ротором і спеціальним армуванням його корпусу. Потім приготована гідромаса (пульпа) перекачується насосом через гідрогрохот 2 в проміжну ємність 3. У гідрогрохоті при цьому забезпечується відділення з пульпи великих мінеральних і інших сторонніх включень, а також сортування за розмірами волокон. Пульпа в проміжній ємності 3 доводиться до потрібної концентрації. Далі з ємності 3 приготовлена гідромаса дозуючим насосом перекачується в бак 4 формотворної машини. При формуванні виробів в пульпу баку 4 періодично занурюється всмоктуючо-фільтруюча напівформа 5, яка формує внутрішню порожнину виготовляемого виробу.

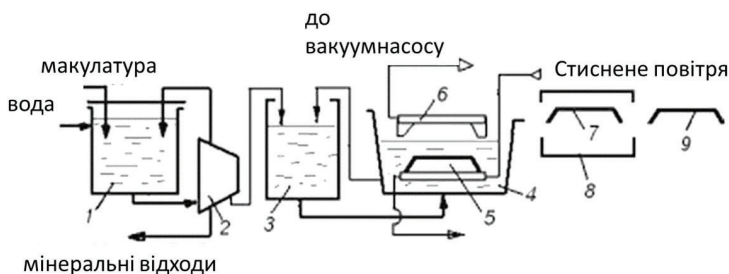


Рис.2.2. Схема виробництва виробів формування із паперової гідромаси

Її формоутворююча частина виконана з сітки, яка закріплена на камеру, крізь яку при занурюванні прокачується всмоктуючим насосом пульпа. При цьому вода проходить крізь сітку, а волокна осаджуються на ній, за рахунок чого формується паперова заготовка.

Після отримання необхідної товщини шару напівформа 5 підіймається над пульпою і сполучається із розміщеною над нею напівформою 6, яка формує зовнішню поверхню виробу. При цьому в напівформу 5 подається надлишковий тиск, а в камері напівформи 6 над перфорованими дрібними отворами поверхні, що сполучається, утворюється вакуум. Під дією перепаду тиску сформована маса притягується до поверхні передаючої напівформи 6 та приймає її вигляд. Потім нижня напівформа 5 знову занурюється в пульпу, а верхня напівформа 6 переміщує заготовку 7, яку утримує, в зону роботи транспортеру сушильної камери 8. В цьому місці в камеру напівформи 6 подається надлишковий тиск повітря, яке забезпечує відділення від її

поверхні заготовки 7 з укладкою на транспортер. Далі подача стисненого повітря припиняється та напівформа 6 повертається в початкове положення, а заготовка 7, яка утримує 70-75% вологи, транспортером переміщується в сушильну камеру 8. Сушка до необхідного рівня вологості здійснюється конвективним методом. Після сушки сформовані вироби 9 подаються для остаточної механічної обробки (за необхідністю) або відразу вкладаються в транспортну тару. Під час сушки відбувається значна усадка виробів: від 15% до 55% за товщиною і від 2,5% до 14% за довжиною.

Процес виробництва починається з подачі макулатури та води до гідророзбивача (пульпера) 1 (див. рис. 2.2). У пульпері волокна макулатури розпускаються під дією рідинних потоків, які створює відцентровий ротор разом із спеціальним армованим корпусом.

Після цього утворену гідромасу (пульпу) насосом подають через гідрогрохот 2 до проміжної ємності 3, де відбувається відділення великих мінеральних домішок і сторонніх включень та первинне сортування волокон за розміром. У ємності 3 пульпу доводять до потрібної концентрації, після чого вона дозовано подається насосом у бак 4 формувальної машини. Під час формування виробів у бак із пульпою періодично занурюється всмоктуючо-фільтруюча напівформа 5, яка формує внутрішню порожнину виробу, що виготовляється. Її формоутворююча частина виконана з сітки, яка закріплена на камеру, крізь яку при занурюванні прокачується всмоктуючим насосом пульпа. Вода проходить крізь сітку, а волокна осаджуються на її поверхні, формуючи паперову заготовку.

Коли сформувалась необхідна товщина волоконного шару, напівформа 5 піднімається та з'єднується з верхньою напівформою 6, яка створює зовнішній контур виробу. У цей момент у нижню напівформу 5 подається надлишковий тиск повітря, в той час, як у верхній 6 над перфорованими дрібними отворами поверхні створюється вакуум. Завдяки перепаду тиску сформована маса щільно притягується до поверхні напівформи 6 і набуває її форми. Далі нижня напівформа 5 знову занурюється в пульпу, а верхня 6 — переміщує заготовку 7, яку утримує, до транспортера сушильної камери 8.

Тут у камеру напівформи 6 подається повітря під тиском, яке відокремлює заготовку 7 від її поверхні. Заготовка викладається на транспортер, а напівформа 6, після припинення подачі стисненого повітря, повертається в початкове положення.

Заготівля 7, що містить 70–75% вологи, надходить у сушильну камеру 8, де висушується конвективним способом до потрібного рівня вологості. Під час сушіння відбувається значна усадка виробу: за товщиною — на 15–55%, за довжиною — на 2,5–14%.

Після сушіння готові вироби 9 або направляються на остаточну механічну обробку (за потребою), або одразу пакуються в транспортну тару.

При виробництві високоякісних виробів їх сформовані заготовки висушуються в камері 8 при заданій температурі лише до певного рівня вологості, а далі на формотвірній машині з цих заготовок гарячим пресуванням утворюють готові вироби. Тиск пресування в залежності від типу виробу складає від 2 до 5 МПа. Отримані вироби мають гладкі поверхні стінок, привабливий зовнішній вигляд та покращені експлуатаційні властивості. Для того щоб надати виробам необхідний колір, в суміш в процесі розмолу додають анілінові барвники в кількості до 1% сухого волокна. Для покращення зовнішнього вигляду та надання водостійких властивостей відбувається додаткове фарбування або лакування. Пакування, сформоване з паперової, маси забезпечує можливість нанесення на нього багатокольорового друку або етикетки, що надає додаткові маркетингові переваги.

Обладнання для виготовлення формованої пакування із целюлози

Світовим лідером з реалізації комплексних рішень в області формування пакування із целюлози є Китайська компанія HGHY. Компанія виготовляє декілька класів обладнання із різними принципами формування виробу(рис.2.3).

Лінія для виготовлення формованої тари із зворотно-поступальним рухом формуючого механізму

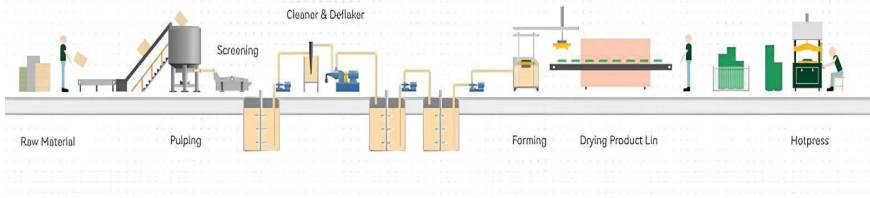


Рис.2.3. Технологічна схема виготовлення формованої тари

Система підготовки целюлози (рис.2.4) включає процеси вимочування, розмолу, перемішування та подрібнення різних видів сировини. Мета – отримати однорідну суспензію целюлози яка може бути використана в процесі формування. В якості сировини використовують макулатуру із картону, паперу та перероблені лотки. Підготовка целюлози включає наступні процеси:

- розбивання целюлози – перемішування макулатури із водою для отримання пульпи;
- рафінація – подальша обробка суспензії для покращення якості волокна;
- мішалки для підтримування суспензії в постійному русі для забезпечення її однорідності;
- фільтрація – видалення домішок та завеликих частинок;

- контроль консистенції для регулювання співвідношення води та целюлози;
- зберігання підготовленої гідромаси для безперервної подачі в формотворну машину.



Рис.2.4. Система підготовки целюлози

В системі формування використовується основне обладнання для формування гідромаси, принцип дії якого полягає в використанні вакууму та стисненого повітря. Це забезпечує що сировина рівномірно буде розподілена по поверхні форми. Система формування (рис.2.5) має ключове значення для надання гідромасі форми лотка із рівномірною товщиною та міцністю.



Рис.2.5. Система формування лотків

Після формування лотки переносяться в сушильну систему за допомогою форми для переносу. Система формування включає наступні операції:

- наповнення форми підготовленою целюлозою;
- рівномірне розміщення сировини по поверхні форми за рахунок використання вакууму та стисненого повітря;
- процес безпосереднього формування лотків;
- переміщення сформованих лотків в сушильну систему.

Сушильна система (рис.2.6) може використовувати в якості джерела енергії газ, електроенергію або спалювання деревини чи вугілля. Мета – висушити сформовані лотки для надання виробу міцності. Зазвичай сушильну камеру виготовляють із сталевого корпусу з використанням примусової вентиляції повітря.



Рис.2.6. Система сушки формованих лотків

Відео роботи лінії для
виготовлення формованої тари
із зворотно-поступальним
рухом формувального механізму
за посиланням:



Продуктивність лінії складає 1200-1500 лотків за годину. Дозволяє виготовляти лотки для 20 або 30 яєць, коробки для 10 або 18 яєць, а також лотки для фруктів та тримачі для гарячих напоїв.

Роторна машина для виробництва лотків для яєць (рис.2.7) це найбільш ефективне рішення для виробництва даного типу пакування. Роторний принцип формування забезпечує високу продуктивність, високу якість виробу та значний рівень автоматизації обладнання (рис.2.8).

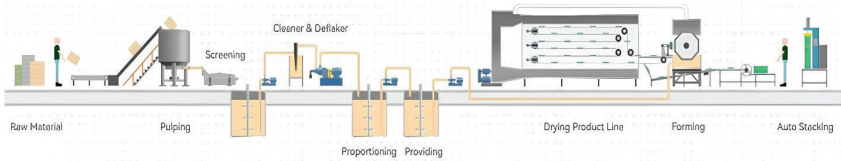


Рис.2.7. Технологічна схема роторної машини для виготовлення формованої тари



Рис.2.8. Загальний вигляд роторної машини для виготовлення лотків для яєць

Система формування основний процес в роботі технологічної лінії. Ротор машини може мати 4, 6, 8 або 12 поверхонь оснащених індивідуальними формами для лотків. Він працює за принципом фільтрації вакуумного всмоктування. Підготовлена суспензія із резервуару подається в формотворну машину. В цей час машина починає працювати. Завдяки вакуумному всмоктуванню волокна целюлози рівномірно осаджуються на поверхні штамп, а потім витискаються через формуючий та передаючий штамп, утворюючи вологу заготовку. Більша частина вологи буде видалена під час вакуумного всмоктування. Час формування складає від 3 до 7 секунд. На цьому етапі волога заготовка ще не має жорсткості, але поверхня лотка вже сформована. Етап формування є ключовим у технологічній лінії виробництва формованої пакувальної продукції. Формувальна машина оснащена ротором, який може мати 4, 6, 8 або 12 поверхонь — кожна з них містить індивідуальну форму для лотка.

До машини подається попередньо підготовлена волокниста суспензія з дозуючої системи (рис. 2.7, proportioning & providing). Формування

відбувається за принципом фільтрації (рис.2.9) шляхом вакуумного всмоктування: волокна осаджуються на поверхню формуючого штампа, формуючи рівномірний шар.

Потім заготовка стискається між формуючим та передавальним штампами, після чого більшість вологи видаляється. Процес триває від 3 до 7 секунд. На виході отримується волога заготовка, яка ще не має остаточної жорсткості, але вже має чітко окреслену форму.



Рис.2.9. Роторна система формування заготовок лотків

Відео роботи роторної машини
для виробництва лотків для яєць
за посиланням:



Продуктивність лінії складає від 2000 до 6000 лотків за годину. Продуктивність залежить від кількості робочих поверхонь ротору. Дозволяє виготовляти лотки для 20 або 30 яєць, коробки для 10 або 18 яєць, а також лотки для фруктів та тримачі для гарячих напоїв. Максимальна товщина пакування 70 мм. Довжина лінії складає 72 метри.

Найбільш продуктивним рішенням для виготовлення формованої пакування (рис.2.10) є лінія із двома роторами для виробництва лотків для яєць. Це обладнання забезпечує високу ефективність, значну продуктивність та автоматизацію.

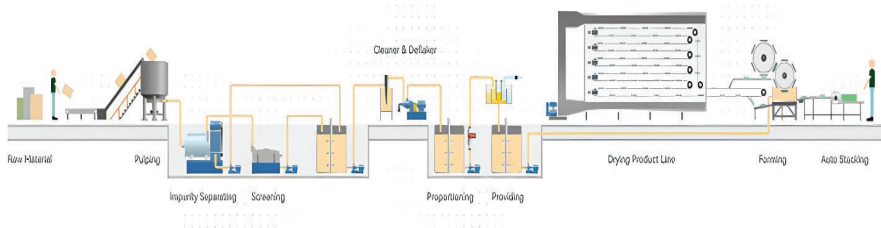


Рис.2.10. Технологічна схема машини із двома роторами для виготовлення формованої тари

Система формування **HGHY Double Rotary Egg Tray Machine** основний процес в роботі технологічної лінії (рис.2.11).

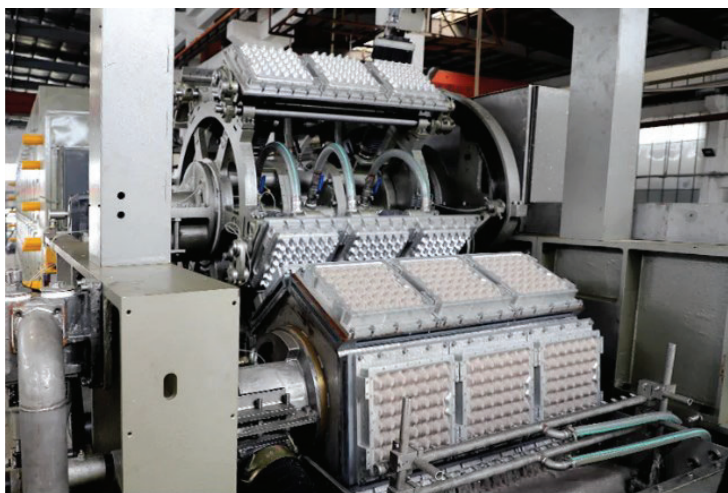


Рис. 2.11. Система формування із двома роторами

Ротор машини може мати 4, 6, 8 або 12 поверхонь, оснащених індивідуальними формами для лотків. Він працює за принципом фільтрації вакуумного всмоктування. Підготовлена суспензія із резервуару подається в формотворну машину. В цей час машина починає працювати. Завдяки вакуумному всмоктуванню волокна целюлози рівномірно осаджуються на поверхні штамп, а потім витискаються через формуючий та передаючий штамп, утворюючи вологу заготовку. Більша частина вологи буде видалена під час вакуумного всмоктування. Час формування складає від 3 до 7 секунд. На цьому етапі волога заготовка ще не має жорсткості, але поверхня лотка вже сформована.

Ротор формувальної машини може мати 4, 6, 8 або 12 робочих поверхонь, кожна з яких оснащена індивідуальними формами для

виготовлення лотків. Принцип дії машини ґрунтується на вакуумному всмоктуванні з фільтрацією волокон целюлози.

Підготовлена суспензія з резервуару подається до формувального модуля. Завдяки створеному вакууму волокна рівномірно осаджуються на поверхні формуючого штампа. Далі заготовка стискається між формуючим і передавальним штампами, що дозволяє сформувати необхідну форму та частково зневоднити матеріал. Основна частина вологи видаляється ще на цьому етапі, в процесі вакуумного відсмоктування. Час формування становить від 3 до 7 секунд. Хоча заготовка залишається вологою й не має остаточної жорсткості, зовнішній контур лотка вже чітко сформований.

Відео роботи
високошвидкісної подвійної
ротаційної машини для яєць
за посиланням:



Продуктивність лінії складає від 7000 до 12000 лотків за годину і залежить від кількості робочих поверхонь роторів. Наведена на рис.2.11 система дозволяє виготовляти лотки для 20 або 30 яєць, коробки для 10 або 18 яєць, а також лотки для фруктів та тримачі для гарячих напоїв. Максимальна товщина пакування 70 мм. Довжина лінії складає близько 100 метрів.

КАРТОННА ТАРА

Збірна складна і нескладна тара, така як пачки, коробки, ящики, лотки, а також інші елементи пакування найчастіше виготовляють із різних видів картону із застосуванням різних кріпильних деталей і матеріалів (клеї, скоби, заклепки), елементів зовнішнього оснащення (етикеток, поліграфічного оформлення) та допоміжних конструктивних елементів.

Картонном називають твердий листовий або полотноподібний матеріал товщиною 0,3-5 мм, який виготовляється подібно до паперу із волокнистої маси. Для виробництва картону переважно використовують напівцелюлозу, небілену целюлозу та макулатуру. В структурі картону можуть також міститись синтетичні та мінеральні волокна. При виготовленні пакування широко застосовується картон для споживчої тари, картон тарний плаский склеєний, а також картон із покриттям з парафіну, воску, алюмінієвої фольги та поліетилену.

Матеріали для картонної та паперової тари

Картон коробковий – це тарний картон, призначений для виготовлення споживчої та транспортної тари. Виготовляється коробковий

картон п'яти марок: А, Б, В, Г і Д. Марки А і Б призначені для виготовлення споживчої тари. Більш низькі марки В, Г і Д застосовуються для виготовлення картонних барабанів, прокладок і решіток, які вкладаються в транспортні ящики для захисту продукції. Картон із товщиною від 0,3 до 3,0 мм виготовляється на основі вибіленої або невибіленої целюлози, деревної маси та макулатури з урахуванням технологічних вимог до складу сировини. Суцільний картон товщиною до 0,9 мм може постачатися у вигляді рулонів, бобін або листів, тоді як картон товщиною понад 0,9 мм зазвичай постачається лише в аркушевому форматі. Відповідно до галузевих стандартів, регламентуються такі показники як жорсткість при статичному згинанні, опір розшаруванню та показник вологості, що є критично важливими для забезпечення функціональної надійності картонної продукції. Матеріал виробляють із вибіленої або невибіленої целюлози, деревної маси та макулатури. Товщина картону становить від 0,3 до 3,0 мм. Суцільний картон завтовшки до 0,9 мм постачається в рулонах, бобінах або листах, а товстіший за 0,9 мм — лише в листах.

Якість коробкового картону визначається за нормованими показниками, серед яких: жорсткість при статичному згинанні, сила опору розшаруванню та вологість.

Картон коробковий з вибіленої целюлози – найвисокоякісніший і найдорожчий з усіх видів картону для складних коробок. Картон середньої щільності з відмінними властивостями для друку та відповідає найвищим вимогам як пакувальний матеріал. Він легко піддається висіканню, бігованню, тисненню, що дозволяє конструювати з нього різноманітне пакування. Може піддаватись подальшій обробці – кашіруванню, дублюванню, покриттю різними захисними матеріалами, що дозволяє значно розширити спектр застосування в якості пакувального матеріалу. Завдяки чистоті та гігієнічності матеріалів, з яких він виготовляється, такий картон є незамінним при виробництві пакувань для продуктів, чутливих до зміни запаху та смаку. Даний тип картону використовують для виготовлення пакувань для парфумерії, косметики, шоколаду, ліків тощо.

Картон має наступну типову структуру: крейдоване покриття верхнього шару – картон основа – крейдоване покриття нижнього шару (хромовий картон).

Картон коробковий виготовляється на основі біленої целюлози з додаванням деревної маси, яка вводиться до складу хромового картону з метою зниження вартості виробництва. Використовується як універсальний пакувальний матеріал. Частка деревної маси може становити від 30 до 80%. Завдяки її присутності картон набуває додаткової пухкості, що в свою чергу забезпечує високий показник жорсткості – ключову характеристику картону як пакувального матеріалу. Картон має гарні властивості до висікання та бігування, легко піддається тисненню та стійкий при різних процесах оздоблення – кашірування, дублювання,

нанесення різного бар'єрного покриття. Картон крейдований з одного боку використовують найчастіше для пакування харчових продуктів. Картон крейдований з обох боків застосовують для пакування, яке потребує нанесення двобічного друку.

Картон коробковий з біленої целюлози має наступну типову структуру: крейдоване покриття верхнього шару – білена целюлоза – деревинна маса – білена целюлоза – крейдоване покриття нижнього шару.

Картон коробковий із 100%-ою небіленою целюлози першочергово широко застосовується для групової пакування різних напоїв завдяки високій міцності невибіленого волокна та гарним властивостям для друку. Крім цього застосовується як картон для групової пакування харчових продуктів.

Картон має наступну типову структуру: крейдоване покриття верхнього шару – небілена целюлоза.

Картон коробковий із біленої целюлози, деревної маси та макулатури найбільш поширений у виробництві коробок та найдешевший з усіх інших видів. Такий вид картону називають **хром-ерзац**. Застосовується для пакування, як правило, малогабаритних, легких виробів, для виготовлення споживчої тари. Крім того, картон хром-ерзац часто застосовується при виробництві пакування з гофрокартону, в якому він слугує зовнішнім шаром з друком. Рекомендований для виробництва пакування високої жорсткості, зокрема для харчових продуктів. Придатний для всіх видів друку.

Як і всі пакувальні картони, хром-ерзац має багатошарову структуру, яка збільшує його товщину і жорсткість. Він має двошарове крейдування лицьової сторони, що забезпечує високоякісний друк.

Залежно від кількості целюлози в своїй масі, картон хром-ерзац буває *макулатурний і целюлозний*.

Целюлозний картон має абсолютно білу зворотню сторону і використовується у виробках для таких товарів, як медикаменти, косметика, деякі кондитерські вироби і продукти. Усі інші ніші, окрім тих що займають гофра і палітурний картон, належать макулатурному картону. Також існує сорт картону хром-ерзац з крафт-зворотом. Це целюлозний картон, обклеєний зі зворотнього боку тонким шаром крафт-паперу. Широко застосовується для пакування швидкозаморожених напівфабрикатів.

Макулатурний картон – це особливий вид картону, який виготовлений із вторинної сировини. По масі макулатурний картон найважчий серед інших видів картону. Його маса складає від 200 до 600 г/м². Середня товщина макулатурного картону приблизно 0.27-0.6 мм.

Макулатурний картон – найдешевший з усіх видів картону. Його зовнішні шари виготовляються з сировини більш високої якості, а середній – з деревної маси або макулатури.

Пакування з макулатурного картону дозволяє товару дихати, тому його можна використовувати для пакування харчових продуктів. 3

макулатурного картону виготовляють пакування для косметики, харчових продуктів, взуття, ліків, канцелярських товарів. Макулатурний картон рідко лакують, він не придатний до повнокольорового друку. На тару з макулатурного картону зазвичай наносять нескладне зображення в 2-3 кольори.

Обгортковий папір, або крафт-папір, виготовляється з натуральних целюлозних волокон, отриманих із деревної сировини або переробленої макулатури, що проходять технологічні етапи очищення, подрібнення та пресування.

Крафт-папір характеризується високою міцністю, стійкістю до розривів і доброю адгезією, що робить його оптимальним матеріалом для пакування харчових продуктів, промислових виробів і сипких матеріалів. Завдяки екологічності, доступній вартості та можливості повторного використання, крафт-папір широко застосовується для виробництва пакетів, обгортки і стрічок. Його структура забезпечує надійний захист товарів від механічних пошкоджень і впливу навколишнього середовища. Обгортковий папір виготовляється із сульфатної та небіленої целюлози масою до 120 г/м².

Папір для паперових пакетів - виготовлений зі 100% макулатури із використанням вологостійких домішок. Повітропроникність паперу забезпечує циркуляцію повітря і дозволяє уникати змішування запахів продуктів. Папір стійкий до зминання, має підвищену міцність, витримує різкі перепади температури повітря і вологості.

Призначений для пакування продуктів у супермаркеті або з собою із кафе; для перенесення і зберігання взуття, одягу, косметики і аксесуарів. Паперові пакети активно використовують у секторі e-commerce для пакування різних товарів, призначених для відправлення поштою.

Технологічний процес виготовлення картонної тари

Технологічний процес виготовлення картонної тари в загальному вигляді містить наступні етапи:

- поліграфічне оформлення матеріалу (друк тексту, маркування та зображення);
- штанцювання деталей (розгортки) тари (висічка, просікання, бігування, рилування, рицювання, перфорування);
- видалення відходів з просічених елементів деталей (розгортки) тари;
- відділення деталей розгортки тари від картонного полотна та їх стапелювання, а також видалення відходів картонного полотна;
- оздоблення (тиснення рельєфне, тиснення фольгою, комбіноване тиснення, лакування);
- фальцювання та збірка тари (склеювання, зшивання);
- групування тари (пакування, пакування) та доставка її на позицію пакування продукції.

Для поліграфічного оформлення картону найбільш широко застосовується флексографічний друк, а також плаский офсетний та трафаретний способи друку. Якщо є труднощі із прямим друком на картоні, застосовують непряий спосіб поліграфічного оформлення. При цьому попередньо наноситься друк на якісний папір, який потім приклеюється до поверхні картону на спеціальному кашувальному обладнанні.

Друкарські машини класифікують за наступними конструктивними та технологічними ознаками:

- за видом картону, що застосовується – листовий чи рулонний;
- за типом друкарського механізму – плоскодрукарські машини тигельного типу та ротаційні друкарські машини (переважно для високого або флексографічного друку).
- по кількості фарб, що наносяться за один прохід – однофарбні, двофарбні та багатофарбні;
- по кількості сторін листа, що друкується за один прохід – однобічні, двобічні та комбіновані;
- за типом друку – з офсетним, флексографічним та трафаретним друком;
- за форматом одержуваного відбитка – малоформатні (до 54x75 см), середньоформатні (до 70x92 см) та широкоформатні (до 64x108 см і більше);
- за рівнем автоматизації процесу та продуктивності – машини із ручним керуванням, напівавтоматичні та автоматичні.

Розгортки та інші деталі картонної тари виготовляють на технологічному обладнанні із рулонного або листового картону штанцюванням або шляхом послідовного прямолінійного розкрою матеріалу на дискових ножах.

Розгорткою називають пласку фігуру (рис.2.12), яку отримують шляхом контурного висікання картонної заготовки, формування в ній ліній згину, за необхідності – рельєфного тиснення та тиснення фольгою, перфорування та рицювання окремих елементів. Наприклад, розгорткою багатогранної коробки є пласка фігура, складена із поверхонь її граней, розташованих в одній площині.

Штанцювання (від німецького stanzen - штампувати) – висікання (вирубка) пласких деталей (розгорток) з картону з одночасним нанесенням на них ліній згину. Здійснюється на штанцювальному технологічному обладнанні, яке оснащено пласкими або ротаційними штанцями. Штанці відповідно утримують на пласкій або циліндричній основі певний набір із висікальних, біговальних, рицювальних та перфораційних лінійок, а також фасонних пробійників та іншого інструменту. Робочий процес штанцювання може бути періодичним, якщо висікання відбувається шляхом прямолінійного або обертового руху, а також шляхом

безперервного обертального руху (ротаційне висікання). Періодичний процес більш розповсюджений, тому що підготовка та виготовлення робочого інструменту простіші та дешевші.



Рис.2.12. Розгортка картонної коробки

Фальцьованим з'єднанням називають місце згинання картону в зоні з'єднання різних конструктивних елементів тари (наприклад днища із боковою стінкою). Фальці (місця згину) на картонних деталях можуть бути жорсткими або шарнірними. В жорстких фальцах картонні деталі загинають в заданих місцях за допомогою приладдя по визначеному радіусу, без попереднього нанесення лінії згину, зминання та надламування картону. Така технологія має обмеження в застосуванні, оскільки не дозволяє досягнути точних розмірів тари. В шарнірних фальцах картонні деталі згинаються по заздалегідь нанесених на них лініях згину. Ці лінії забезпечують рівномірне загинання картону по точно заданих розмірах на кут до 180 градусів і наносяться бігуванням, рильованням, рицюванням (надрізкою) або перфоруванням.

Рицювання (від нім. Ritzen - дряпати) – надрізання картону по лінії майбутнього згину рицювальними лінійками. Таки лінії забезпечують точний заданий внутрішній розмір тари, але призводять до значного зниження її міцності. Зазвичай матеріал надрізають на 50-60% його товщини. Рицювання картону важливе на з'єднувальних клапанах картонних розгорток для потрапляння клею у їх внутрішню структуру, що сприяє міцному склеюванню у процесі формуванні об'ємної конструкції пакування.

Бігування – продавлювання бігувальними лінійками прямолінійних повздовжніх та поперечних поглиблень (бігів) в місцях майбутнього згину на розгортках картону або товстому папері.

Риловання – продавлювання роликками, що обертаються, на листах з картонно-паперових матеріалів прямолінійних поглиблень (ліній згину) для подальшого фальцювання (згинання) по них розгортки тари. В процесі бігування та риловання на одному боці заготовки утворюється канавка (біг), а на іншому боці – опуклість.

Перфорування – це спосіб підготовки місця згину або розділення шляхом висікання отворів, розміщених в один ряд. Перфорування здійснюється на апаратах періодичної або безперервної дії за допомогою перфоровальних ножів. Через те що міцність матеріалу в місцях перфорованих ліній значно зменшується в фальцьованих з'єднаннях та стінках тари, їх зазвичай наносять в місцях, де натисканням необхідно порвати матеріал.

Фальцювання – згинання картонно-паперових розгортки в визначеному порядку із фіксацією згинів. В залежності від взаємного розташування згинів розрізняють паралельне, перпендикулярне та комбіноване фальцювання.

Штанцювальні форми

Картонні деталі (розгортки) тари виготовляють на штанцювальному технологічному обладнанні за допомогою комбінованого робочого інструменту – штанцювальних форм. Залежно від типу штанцювальних машин — плоскоштанцювальні, тигельні або ротаційні — використовують плоскі або циліндричні штанцювальні форми. Вони зазвичай складаються з двох частин, які точно поєднуються: штампа і контрштампа. У такій штанцювальній формі (рис. 2.13) може виготовлятися як одна велика розгортка, так і одночасно декілька менших картонних деталей.

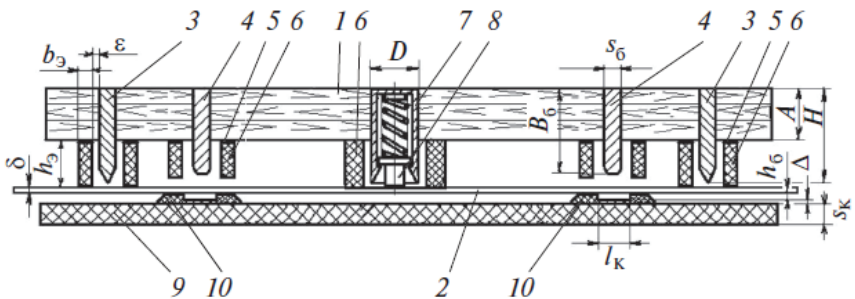


Рис.2.13. Схема конструкції штанцювальної форми

У пазах основи 1 штампа плоскої штанцювальної форми (рис.2.14) по периметру розгортки 2, яку виготовляють, зазвичай закріплюють висікальні лінійки 3, а по лініях фальцювання розгорток – біговальні 4 або інші види лінійок (рицювальних, перфораційних), що забезпечують нанесення на поверхню картону ліній його подальшого згину. З двох боків до поверхні основи 1 уздовж усіх цих лінійок за допомогою клею або двосторонньої клейкої стрічки 5 прикріплюються також ежкторні (пружні) планки 6, що забезпечують фіксацію картону у формі під час штанцювання і зняття його з робочих поверхонь інструменту при її розкритті. У місцях виконання в розгортці круглих і фігурних отворів, а також різноманітних просічок в основі 1 закріплюються, наприклад, пробійники 7 з пружинними виштовхувачами 8 або інший аналогічний інструмент.

Контрштамп 9, який є нижньою частиною штанцювальної форми, має на своїй робочій поверхні систему біговальних матриць 10. Ці матриці розташовані співвісно з біговальними лінійками 4 штампа, що забезпечує точне суміщення при роботі. За конструкцією контрштампи поділяються на знімні та незнімні. Знімні контрштампи (рис.2.14) встановлюють на спеціальні знімні плити, що дозволяє їх швидко замінювати, тоді як незнімні кріпляться безпосередньо на плиті (талері) штанцювального обладнання. Така конструкція забезпечує стабільність і точність процесу штанцювання.

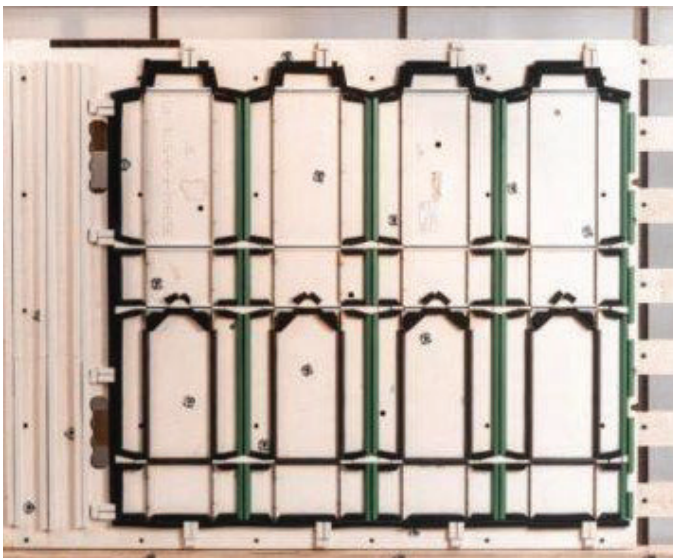


Рис.2.14. Штанцювальна форма

Основи 1 штампів для робочого інструменту висотою до 12 мм виготовляють з шарових пресованих матеріалів на основі паперу або різних тканин. Для робочого інструменту висотою більше 12 мм застосовують калібровану ударостійку фанеру товщиною 15 або 18 мм. Цю фанеру виготовляють з березового, кленового або букового шпону. Фанеру, з'єднану клеями на основі феноформальдегідної смоли, обробляють лобзиком. Для обробки лазером використовують фанеру, склеєну карбонатною смолою. Для ротаційних штанцювальних машин виготовляються спеціальні циліндричні фанерні основи штампів, які складаються з двох напівциліндрів, з'єднаних між собою. Пази в фанерних основах штампів, призначені для кріплення інструменту, випилюють лобзиком або випалюють лазером. Пази, зроблені лобзиком, мають шорсткі паралельні стінки, надійно утримують інструмент протягом тривалого строку роботи. Але цей процес достатньо трудомісткий. Лазерна обробка пазів забезпечує високу точність та продуктивність, а також дозволяє автоматизувати процес. Існує два способи лазерного прорізання пазів:

- за один прохід лазерного променя, розфокусованого до заданих розмірів пазу, який просто спалює весь матеріал. Паз в цьому випадку має дещо неправильну форму, через це зменшується міцність закріплення інструменту;

- шляхом обходу пазу, що вирізається, по контуру сфокусованим лазерним променем. В цьому випадку паз має практично паралельні стінки із мінімальним обвуглюванням.

Вісікальні лінійки виготовляють зі спеціальної стрічкової сталі гострою ріжучою кромкою. За конструктивним виконанням профілю ріжучої частини лінійки поділяють на чотири типи:

- лінійки із одностороннім заточуванням і фаскою (рис.2.15,а);
- лінійки із одностороннім заточуванням і подвійною фаскою (рис. 2.15, б);
- лінійки із двостороннім заточуванням (рис. 2.15, в);
- лінійки із двостороннім заточуванням і подвійною фаскою (рис.2.15, г).

Найбільш поширені лінійки з одностороннім заточуванням і фаскою, але такий профіль не є оптимальним, оскільки при висіканні на його нахилену поверхню діє неврівноважена горизонтальна складова сили різання, яка утворює в тілі лінійки вигинаючі напруження. Через це при швидкісному багатоциклічному висіканні зменшується строк її експлуатації, прискорюється затуплення ріжучої кромки та зменшується точність деталей, що виготовляються, особливо при обробці ламінованих матеріалів. Встановлюються такі лінійки в штампах фаскою в бік відходу, що обрізається, а застосовуються вони для висікання розгорток із складним контуром.

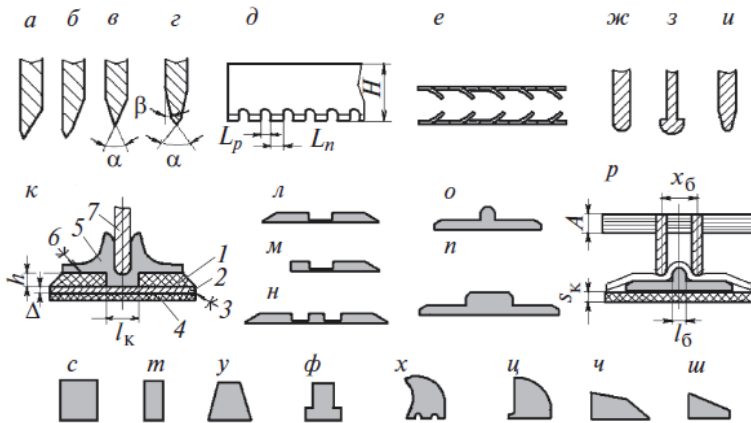


Рис.2.15. Виконання конструктивних елементів штанцювальних форм

Найбільш поширені лінійки з одностороннім заточуванням і фаскою, але такий профіль не є оптимальним, оскільки при висіканні на його нахилену поверхню діє неврівноважена горизонтальна складова сили різання, яка утворює в тілі лінійки вигинаючі напруження. Через це при швидкісному багаточиклічному висіканні зменшується строк її експлуатації, прискорюється затуплення ріжучої кромки та зменшується точність деталей, що виготовляються, особливо при обробці ламінованих матеріалів. Встановлюються такі лінійки в штампах фаскою в бік відходу, що обрізається, а застосовуються вони для висікання розгортки із складним контуром.

Зазначені недоліки значно зменшуються при використанні лінійок із одностороннім заточуванням і подвійною фаскою. Найбільш високі експлуатаційні показники мають лінійки з двостороннім заточуванням і подвійною фаскою, кут заточки ріжучої кромки α в яких зазвичай складає $52-54^\circ$, а кут заточки $\beta=4^\circ$. Стандартна висота висікальних лінійок складає 22,8-24,1 мм, найчастіше застосовують лінійки висотою $H=23,8$ мм. Спеціальні висікальні лінійки виготовляються з малою висотою - в межах 7-12 мм та високою - в межах 30-100 мм. Допуск на відхилення по висоті зазвичай не перевищує $\pm 0,02$ мм. Товщина висікальних лінійок може бути від 0,4 до 2 мм, а вимірюється вона як в спеціальних одиницях - пунктах (п), так і в міліметрах $l_n=0,351$ мм. Лінійки товщиною 0,4-0,71 мм і висотою 7-12 мм застосовують для висікання етикеток з паперу, а з картону етикетки висікають лінійками товщиною 0,71 мм та стандартної висоти. Висікання деталей з гофрованого картону та інших багатошарових матеріалів здійснюється ще більш товстими лінійками стандартної висоти. Зазвичай лінійки поставляються у вигляді смуг довжиною до 1 м.

Для рицювання зазвичай застосовуються лінійки, які за конструкцією подібні до висікальних, але дещо меншої висоти (22,6–23,6мм), а також із двостороннім заточуванням та подвійною фаскою на профілі ріжучої частини (рис.2.15,г). Їх виготовляють товщиною 0,75, 1,05 та 1,42 мм із сталей різної твердості.

Перфораційні лінійки виконуються із двостороннім заточуванням профілю ріжучої частини (рис. 2.15, в) і містять на ній прорізи шириною L_n через однакові проміжки L_p (рис. 2.15, д), які не можуть бути менше за товщину картону. Лінійки, призначені для перфорації, виготовляються із прорізами і ріжучими зубами в широкому діапазоні розмірів. Найбільш широко застосовують лінійки висотою 22,0–23,8 мм та товщиною 0,7; 1,05, та 1,5 мм. Кутова перфорація картону виконується лінійками, на ріжучій частині яких із заданим кроком містяться надрізані ділянки, загнуті під тупим кутом до їх повздовжньої вісі (рис. 2.15, е). Прорізи, зроблені такими лінійками, містять між сусідніми прямолінійними ділянками відігнуто під тупим кутом проміжну частину, довжина якої дорівнює відстані між прямолінійними прорізами. Виготовляють кутові перфораційні лінійки товщиною 0,71 та 1,05 мм з твердої сталі. Зазвичай застосовують парами (лівого та правого виконання) для надрізання ділянок, які необхідно згодом вилучити зі стінки картонної тари для використання її вмісту.

Біговальні лінійки спільно (разом) із біговальними матрицями, що сполучаються, забезпечують продавлювання на поверхні картонних деталей (розгортки), що виготовляються, прямолінійних повздовжніх та поперекових заглиблень в місцях їх подальшого згину. За конструктивним виконанням профілю робочої частини вони поділяються на три типи:

- стандартні або нормальні лінійки із напівциліндричною поверхнею формуючої головки (рис. 2.15, ж);
- лінійки із потовщеною формуючою головкою (рис. 2.15, з);
- лінійки із звуженою формуючою головкою (рис. 2.15, и).

Стандартні біговальні лінійки виготовляються у вигляді сталевих смуг довжиною 1 м, твердістю HRC 37–43 та робочою поверхнею, яка має високу чистоту. Їх виготовляють висотою 21–23,6 мм та товщиною 0,4–2 мм. Вибір параметрів біговальної лінійки залежить від товщини картону, а при обробці гофрованого картону – від його товщини в стисненому стані. За спеціальним замовленням можна отримати лінійки іншої висоти, а також товщиною 3 мм, які виготовлені із алюмінієвих сплавів. Лінійки із потовщеною формуючою напівциліндричною головкою застосовують для бігування товстого картону, з потовщеною пласкою поверхнею - для бігування гофрованого картону вздовж напрямку гофрів. Лінійки із звуженою формуючою головкою застосовують при виготовленні малогабаритної тари із тонкого картону.

В деяких випадках на картонних деталях біговальні канавки мають чергуватися з довгими просічками. Таке поєднання бігування із

перфорацією виконується комбінованими лінійками, які містять на робочій частині відповідні ділянки як із ріжучою кромкою, так і з бігувальною формуючою поверхнею. Виготовляють такі лінійки товщиною 0,71; 1,05 та 1,50 мм.

Якість бігування залежить як від конструктивних параметрів бігувальних лінійок, так і від розміщених під ними на контрштампах бігувальних каналів. Існують три основні способи формування адекватних контурів бігувальних каналів на поверхні контрштампу штанцювальної форми:

- виготовлення спеціальної матриці із мережею бігувальних каналів для конкретної розгортки (деталі);
- вирізання каналів на поверхні контрштампу, який виготовляється із пресшпану (різновиду технічного картону при тиражі до 300 тис. деталей), гетинаксу (до 1 млн деталей) або металу (до 12-20 млн деталей);
- із використанням самовстановлювальних бігувальних матриць.

В кожному з цих способів певним чином вирішуються дві основні задачі: безпосередньо формування бігувальних каналів та їх центрування по осі бігувальних лінійок що сполучаються при встановленні. Спеціальні матриці застосовують при великій кількості бігувальних елементів для розгортки що виготовляється, малих розмірах деталей та щільному їх розміщенні. Виконуються такі контрплати із пресованих шарових матеріалів, як-от гетинакси, шляхом вирізання на їх поверхні відповідної мережі бігувальних каналів фрезеруванням або ножем. При цьому товщина пресматеріалу під бігувальним контуром має бути не менше 0,1 мм. Найкраща якість досягається при фрезеруванні контрплат на верстаті із числовим програмним керуванням.

Самовстановлювальні бігувальні матриці широко використовуються в штанцювальних формах, коли відстань між біговими лініями на розгортці достатня для їх правильного розміщення і коректного функціонування. Складаються вони з двох паралельних пластин 1 (рис. 2.15, к), закріплених на підставі 2. На нижній поверхні підстави нанесений тонкий шар міцного клею 3, який закритий паперовою підкладкою 4 із антиадгезійним покриттям. Таке покриття забезпечує легке видалення паперової підкладки. В бігувальний канал цієї матриці, в свою чергу, без зазорів вставлена полімерна юстирувальна направляюча 5, яка кріпиться до поверхні пластини 1 шаром клею 6. При монтажі штанцювальної форми в співвісний повздовжній паз цієї направляючої із натягом встановлюється бігувальна лінійка 7.

Пластини 1 зазвичай виготовляють зі смуг пресшпану з боковим кутом скосу від 30° до 40° і стандартною шириною 6 мм. Існують також варіанти пластин із шириною 9 мм (широкі) та 3 мм (вузькі), що дозволяє адаптувати їх під різні потреби. Товщина пластин і ширина каналу, який вони формують, залежать від товщини картону та бігувальних лінійок. Традиційно підставою 2 слугує сталеві стрічка товщиною 0,2 мм, але для

зниження загальної товщини біговальних матриць останнім часом застосовують металеву фольгу або полімерні плівки, що підвищує їх функціональність і зручність використання.

За конструктивним виконанням самовстановлювальні біговальні матриці поділяють на наступні:

- з біговальним каналом по центру (рис. 2.15, л);
- зі зміщеним біговальним каналом (рис. 2.15, м);
- з двома біговальними каналами (рис. 2.15, н);
- з негативним каналом (валиком) для зворотного бігування (рис. 2.15, о);
- з широким негативним каналом (широким валиком) для зворотного бігування (рис. 2.15, п).

Визначальним фактором при виборі типу бігуючої матриці є відстань x_b між осями симетрії суміжних біговальних лінійок, що зображено на (рис. 2.15, р). Якщо x_b перевищує 10 мм, використовують матриці з біговальним каналом, розташованим по центру. При значеннях x_b від 5 до 10 мм застосовують матриці із суміщеним, тобто поєднаним із біговальними лінійками, каналом. Коли відстань x_b коливається в межах від 3 до 5 мм, доцільно використовувати матриці з двома паралельними біговальними каналами. Окремо варто зазначити матриці з негативним каналом, які призначені для формування бігов зворотного профілю — із радіусом закруглення догори — за допомогою двох паралельних біговальних лінійок (рис. 2.15, р). Такі матриці найчастіше застосовуються при роботі з товстим або гофрованим картоном, що потребує специфічного профілю бігов для якісного формування.

Найбільша деформація матеріалу досягається при цьому біля основи бігуючої канавки. Такі лінії згину мають меншу жорсткість і більшу гнучкість у порівнянні із звичайними, тому їх часто використовують при виготовленні запірних елементів на картонній тарі, а також в місцях перегинів картону на 180° .

Для зручності застосування в умовах виробництва біговальні матриці кожного типорозміру фарбують в індивідуальний колір. Самовстановлювальні біговальні матриці поставляють у вигляді смуг довжиною 0,7 м в коробках або в рулонах.

Важливе значення в штанцювальній формі мають також ежекторні (пружні) конструктивні елементи б, які виготовляють з пружного матеріалу, і які за допомогою клею кріпляться до поверхні штампу 1 вздовж всіх його лінійок та іншого інструменту з обох боків. Вони забезпечують:

- гасіння коливань листа картону, поданого в робочу зону форми, та його фіксацію в процесі штанцювання штампом що опускається;

- виштовхування (відділення) отриманої заготовки та відходів листа картону з лінійок при його зворотньому ході;
- нейтралізацію деформацій картону від зусиль, що розтягують його між ріжучим та біговальним інструментом штампу;
- збереження перемичок, якими на отриманій заготовці утримуються відходи картонного листа;
- балансування штанцювальної форми під дією робочого тиску;
- захист робочих кромок лінійок та іншого інструменту штампу від утворення задирок та інших дефектів.

В залежності від задачі яка вирішується, ежекторні елементи можуть виготовлятися у різних конструктивних виконаннях: у вигляді планок із квадратним (рис. 2.15, с) або прямокутним (рис. 2.15, т) перерізом, а також із спеціальними складними профілями, в тому числі Т-подібними (рис. 2.15, ф), С-подібними (рис. 2.15, х), D-подібними (рис. 2.15, ц) та іншими (рис. 2.15, ч, ш). Для їх виготовлення використовують різні види гуми, поліуретани, каучук, а також комбіновані матеріали із пробковим наповненням.

Суцільна монолітна гума характеризується високою твердістю і жорсткістю. З неї виготовляють ежекторні елементи як з простим квадратним і прямокутним перетином, так і зі складним профілем. Якщо відстань між ріжучими та біговальними лінійками в штампі менше 10 мм, то для виготовлення таких профілів рекомендується застосовувати монолітну гуму твердістю від 45 до 70 од. по Шору.

Гума з відкритими порами відрізняється мінімальними значеннями бокового розширення, оскільки при її стисненні повітря виходить з відкритих пор. Ежекторні елементи з такої гуми доцільно застосовувати для штанцювання з невисокими швидкостями високоякісних сортів картону в умовах найменшого пилоутворення, оскільки пил, що потрапляє у відкриті пори, призводить до збільшення жорсткості цієї гуми.

Гума із закритими порами за пружними властивостями займає проміжне положення між монолітною гумою та гумою з відкритими порами. Найкращий комплекс характеристик демонструє гума на основі синтетичного каучуку, в якій закриті пори заповнені переважно повітрям, а іноді азотом. Така структура забезпечує оптимальне поєднання пружності, міцності та стійкості до деформацій. У мікропористих поліуретанах практично відсутні бічні розширення, тому з них виготовляють ежекторні елементи, що встановлюються між близько розташованими інструментами штампа. З цього матеріалу виготовляють також бандажі для контрвалів роторних штанцювальних машин.

Під час експлуатації штанцювальної форми її ежекторні елементи зазнають багаторазових циклічних високошвидкісних навантажень стиснення. Це призводить до внутрішнього тертя в матеріалі, що спричиняє самонагрівання, а також викликає виникнення втомних

процесів, які можуть знижувати довговічність та працездатність компонентів.

Саморозігрівання не призводить до критичної ситуації, але викликає зміну пружних характеристик матеріалу. Втомні ж навантаження призводять у процесі роботи до зниження жорсткості, міцності і зносостійкості ежекторних елементів. Втомну витривалість гум на багаторазове стиснення визначають експериментально. Одним із умовних показників (який характеризує поведінку гуми під час експлуатації) є її твердість.

Технологічне обладнання для виготовлення картонної тари

Технологічне обладнання для виробництва картонної тари можна умовно поділити на наступні чотири групи:

- штанцювально-розкрийне обладнання, яке забезпечує отримання з картонних матеріалів заготовок, розгорток, деталей пакування;
- фальцювально-складальне обладнання, яке забезпечує виготовлення картонних виробів з розгорток шляхом їх збірки на фальцювальних, клеєвих, зшивних, замкових та інших роз'ємних і нероз'ємних з'єднаннях;
- фасувально-пакувальне обладнання - забезпечує дозування і фасування продукції в картонну тару, її закупорювання, етикетування, пакування;
- комплексне технологічне обладнання, яке виконує одночасно декілька операцій технологічного процесу виробництва картонної тари і пакування в неї продукції.

Штанцювальні технологічні машини. За принципом дії штанцювальні машини поділяють на плоскоштанцювальні, тигельні та ротаційні. В плоскоштанцювальних машинах (рис. 2.16, а) штамп 1 штанцювальної форми закріплено на верхній плиті 2 блоку, що здійснює по напрямним 3.

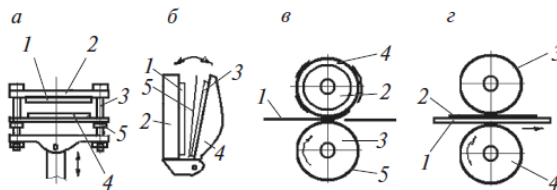


Рис.2.16. Функціональні схеми штанцювальних машин

вертикальний зворотно-поступальний рух. Контрштамп 4 встановлений на нижній нерухомій плиті (талері) 5. Талером зазвичай називають опорний стіл, на якому закріплений контрштамп або безпосередньо наклеюється система біговальних матриць. В тигельних штанцювальних машинах (рис.2.16. б) штамп 1 закріплений на плоскому нерухомому столі (талері)

2, а штамп 3, що сполучається із ним встановлено або наклеєно на опорній плиті 4, що коливається. Цю плиту називають тигель. В процесі роботи листи картону 5 вкладаються на робочу поверхню контрштампу 3 і при коливальному переміщенні тигеля до талера обробляються в штанцювальній формі, а потім видаляються з робочої зони (рис.2.17).

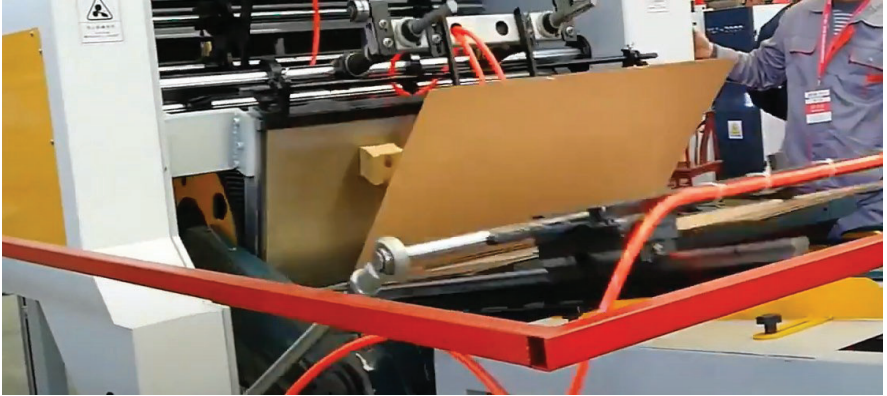


Рис. 2.17. Тигельна штанцювальна машина

Друк: Heidelberg
Windmill Press



Оригінальна машина високого
друку Heidelberg T Platen



У ротаційних штанцювальних машинах (рис. 2.16, в), які забезпечують найвищу продуктивність, рулонний картонний матеріал (полотно 1) подається в зазор між двома синхронно обертовими валами 2 і 3. На валу 2 закріплено штамп 4 штанцювальної форми, виконаний на двох скріплених напівциліндричних фанерних основах (рис. 2.16, в). Вал 3 накрито пружним поліуретановим циліндричним бандажом 5. Через високу вартість виготовлення ротаційного штампку порівняно з плоским, ці машини ефективно застосовують для виробництва великих партій картонної пакування.

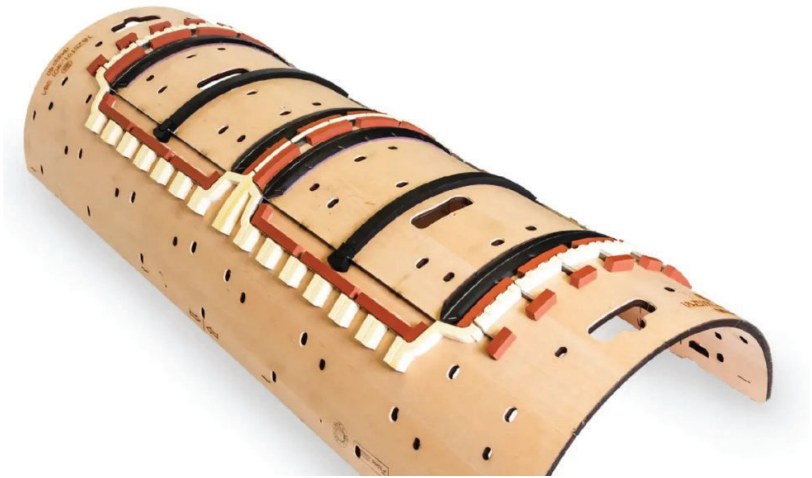


Рис.2.18. Циліндрична штанцювальна форма

Для дрібносерійного виробництва картонної тари з плоского та гофрованого картону застосовують також штанцювальні машини (рис. 2.16. г), в яких плоский штамп 1 разом із покладеним на нього аркушем картону 2 в процесі штанцювання прокочується проміж двох притискових валів 3 і 4. Вали утворюють необхідний тиск.

Операційно-розкрійне обладнання. Для виготовлення невеликих партій простих за формою розгорток і деталей немає необхідності застосовувати штанцювальне обладнання.



Рис. 2.19. Різально-рильовальна машина

В таких випадках використовують операційно-розкрійне обладнання: різальні та рилувальні машини (рис.2.19), які забезпечують нарізання з рулонного або листового картону прямокутних заготовок і нанесення на них ліній згину (бігів); вирубні верстати, які забезпечують просікання в картонних заготовках пазів і клапанів; кутовісікальні машини, які здійснюють висікання кутів в нарізаних картонних заготовках.

Ці машини прості за конструкцією і зручні в експлуатації, вони швидко переналаштовуються на новий формат заготовок, в той час як для штанцювальних машин в такому випадку необхідно виготовляти нові форми.

ВОХМАТ X-CUT - економічна та універсальна машина, призначена для виробництва коробок з гофрованого картону від малих до середніх тиражів



Фальцювально-з'єднувальне технологічне обладнання. Збірка картонної тари відбувається на різноманітному фальцювально-з'єднувальному технологічному обладнанні, конструкція якого визначається призначенням самої тари, видом збірних з'єднань елементів що сполучаються, необхідною продуктивністю, рівнем автоматизації процесу і умовами його об'єднання із суміжним обладнанням в потоковій лінії.

Збірна картонна тара виготовляється з однієї або декількох деталей шляхом утворення між її елементами що сполучаються клейових, зшивних, замкових та фальцювальних з'єднань, які поділяють на роз'ємні і нероз'ємні.

Роз'ємними називають такі з'єднання, які можна розібрати і знову зібрати без ушкоджень з'єднувального шву або деталей що скріплюють.

Нероз'ємними називають такі з'єднання, роз'єднання яких пов'язано з пошкодженням або руйнуванням з'єднувального шву або деталей.

Клейові нероз'ємні з'єднання виконують як безпосереднім накладанням і склеюванням між собою конструктивних елементів картонної тари, так і шляхом оклеювання з'єднувального стику кріпильними паперовими деталями.

Термозварювальними нероз'ємними з'єднаннями збирається тара, яка виготовляється з багатошарових картонно-паперових матеріалів, ламінованих полімерними плівками.

Зшивні нероз'ємні з'єднання між елементами картонної тари що сполучаються найчастіше виконують металевими скобами, рідше заклепками або нитками. Зшивні роз'ємні з'єднання можуть виконуватись на металевих або полімерних кнопках-застібках.

В складеній картонній тарі (рис.2.20) широко застосовують різноманітні замкові роз'ємні з'єднання, які за конструктивним виконанням поділяють на замки-застібки, розпірні або комбіновані з'єднання. В замках-застібках на одному з елементів тари зазвичай кріпиться фігурний язичок, а на іншому отвір в який цей язичок вставляється.



Рис.2.20. Картонна коробка із замковим з'єднанням

Фальцовальним з'єднанням називають місце згину картону в зоні сполучання різних конструктивних елементів тари (днища із боковою стінкою, бокової стінки із шарнірною кришкою).

Складена картонна тара, виконана на замкових роз'ємних з'єднаннях, зазвичай виготовляється на технологічному обладнанні без застосування додаткових кріпильних деталей і матеріалів. Для збірки тари з однієї розгортки на замкових роз'ємних з'єднаннях застосовують фальцовально-складальні автомати (рис.2.21).

На станині 1 розміщено похилий стіл 2. В верхній частині столу розміщено магазин 3 зі стопкою картонних розгорток 4. Під столом закріплений пневмоциліндр 5, на штоку якого встановлено захват 6 із вакуумними присмоктувачами 7.

На нижній частині столу розміщено лінійку 8 на відповідній відстані до вікна 9. Навпроти матриці 10 на штоку пневмоциліндру 11 закріплений пуансон у вигляді профілю коробки. Під матрицею знаходиться похилий лоток 13, по якому зібрана тара 14 поступає на стрічковий транспортер 15.

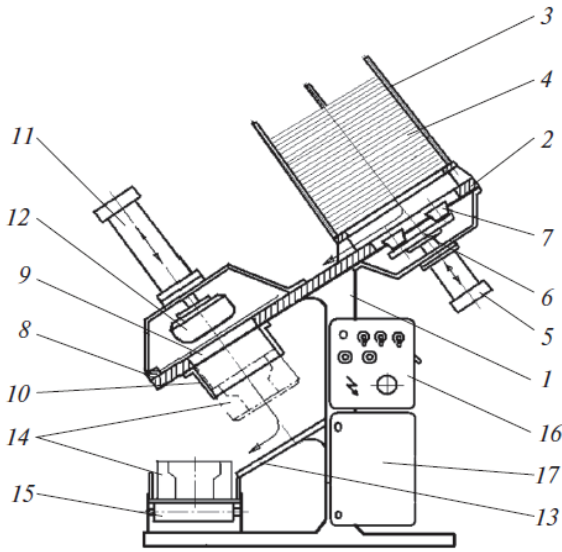


Рис. 2.21. Схема фальцювально-складального автомату

Для виготовлення нерозбірної картонно-паперової тари в якості з'єднувального матеріалу найчастіше використовують клей. З рослинних застосовують крохмальний або декстриновий клеї, з тваринних – казеїновий клей, з синтетичних – рідке натрієве скло тощо.

Приклад фальцювально-склеювального автомату для збірки картонної тари з однієї розгортки на клейових нероз'ємних з'єднаннях зображено на (рис.2.22).

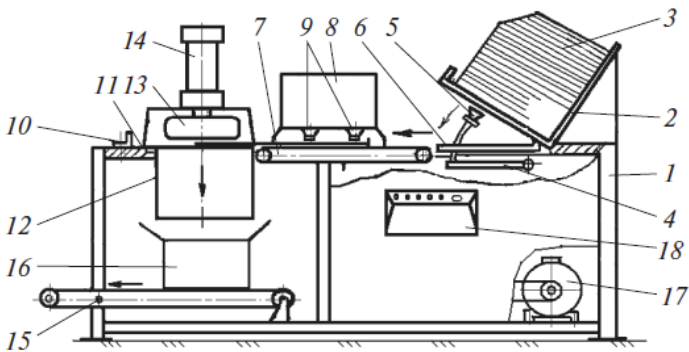


Рис.2.22. Схема фальцювально-склеювального автомату

На станині 1 встановлені: магазин 2 з вкладеною стопкою розгорток 3; маніпулятор 4, оснащений вакуумним захоплювачем 5; горизонтальний штовхач 6; ланцюговий транспортер 7; аплікатор 8, до складу якого входять два пневматичні розпилювачі клею 9; позиційна лінійка 10; фальцювально-склеювальний блок, який складається з закріпленої у вікні столу 11 матриці 12 і пуансона 13, що приєднаний до штоку пневмоциліндру 14; стрічковий транспортер 15, який відводить виготовлену коробку 16.

При збиранні картонної тари в якості кріпильних та з'єднувальних деталей широко застосовують металеві скоби, які виготовляють зі сталевий проволочи діаметром 0,7-1 мм. Виконують такі з'єднання на різноманітному технологічному обладнанні, до якого належать проволочозшивальні машини, а також переносні ручні і стаціонарні дротошвейні машини (степлери) із механічними, електричними або пневматичними приводами (рис.2.23).



Рис. 2.23. Дротошвейна машина стаціонарнп для коробів великого розміру

Автоматичний стенд
для зшивання коробок



Виробництво багат шарових паперових мішків

Багат шарові паперові мішки - це концентричні трубки з 2-6 шарів паперу, закриті з одного боку. Головна особливість паперових мішків полягає в способі наповнення – через відкриту горловину мішку або горловину, яка зачиняється клапаном. Це пов'язано із типом матеріалу

який фасується. Мішки із клапанами зачиняються автоматично, а мішки із горловиною зазвичай прошивають.

Важливою характеристикою мішків є кількість шарів та тип паперу, а також властивості матеріалів, які використовують для нанесення покриття та просочення паперу. Ці характеристики пов'язані із вимогами захисту матеріалу що фасується та функціональними вимогами до тари.

Перевагами паперових мішків є простота розміщення на піддонах, штабелювання та транспортування, а також проникність для повітря, що дозволяє розфасованим виробам «дихати». Додатковою перевагою для паперових мішків є можливість утилізації використаних виробів в якості макулатурної сировини.

Паперові мішки використовують для пакування виробів до 50 кг, але для полегшення роботи та задоволення вимог техніки безпеки масу мішків зменшують до 20-25 кг. Крім того паперові мішки використовують в роздрібній торгівлі. Це потребує більшої якості друку на пакуванні та наявності на мішках ручок.

Матеріали для виготовлення паперових мішків

Для виготовлення багат шарових мішків використовують спеціальний крафт-папір – міцний та довговічний матеріал із особливими властивостями. Він являє собою один з найбільш міцних типів паперу, що виробляється. Ї його виготовляють із сульфатної целюлози, яку отримують переважно із хвойних порід деревини. Для підвищення вологостійкості, папір у процесі виготовлення підлягає проклеюванню спеціальними складами. Природний колір крафт-паперу для мішків - коричневий різних відтінків, що задовольняє потреби більшості сфер застосування. Важливою властивістю паперу для мішків є його розтяжність – здатність до подовження без руйнування під час навантаження. Цієї властивості папір набуває в процесі виготовлення та подальшій обробці шляхом кріплення.

Кріплення – це формування невеликих складок матеріалу за допомогою кріпильного шаберу для поперекового кріплення або кріпильного валу для повздовжнього кріплення. Кріплення використовують для зменшення вірогідності розриву паперу для мішків. Розтяжність крафт-паперу після кріплення складає близько 10% в повздовжньому напрямку.

Вологостійкий папір для мішків використовується у виготовленні мішків для транспортування та зберігання сипких продуктів, мінеральних добрив та овочів в умовах підвищеної вологості повітря. Особливістю такого паперу є одночасна водонепроникність і повітропроникність. Вологостійкість досягається введенням в паперову масу хімічних домішок – синтетичних смол, поліетилену та інших. Виготовляється папір із масою 65-110 г/м².

З бітумованого паперу для мішків виготовляються мішки для будівельних сумішей та мінеральних добрив. Застосування бітуму для надання паперу вологостійкості обумовлено його гарною властивістю до плівкоутворення та низькій вартості. Зазвичай використовується бітумно-олійна суміш, яка складається із 65% відсотків бітуму та 35% відсотків індустріальної олії. Папір обробляється двома методами: просоченням або дублюванням (склеюванням шарів). Папір для мішків ламінований поліетиленом використовується у мішках для мінеральних добрив та харчових продуктів. Ламінований папір має хімічну стійкість, вологостійкість та низьку газопроникність. Такий папір має гарні властивості механічної міцності. Нанесення поліетилену на поверхню паперу здійснюється шляхом екструзії, кашируванням, склеюванням.

Класифікація паперових мішків

Паперові мішки (рис.2.24), призначені для сипких продуктів та штучних товарів, а також товарів медичного призначення, виготовляються у відповідності до ДСТУ 7796:2015.

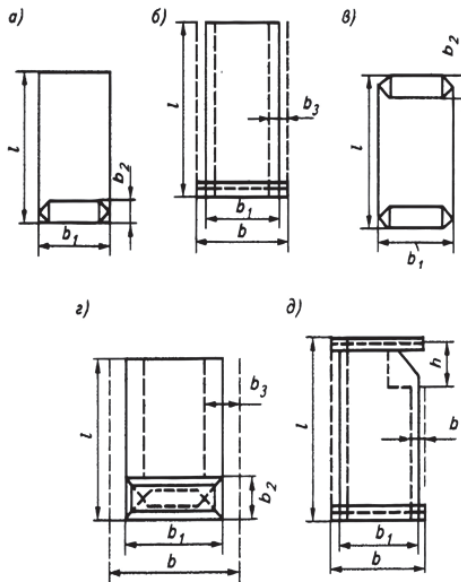


Рис.2.24. Основні різновиди паперових мішків:

b — ширина мішка з фальцами; l — довжина мішка; b_1 — ширина мішка; b_2 — ширина дна; b_3 — ширина фальца; h — висота клапана

Мішки виготовляють двох типів: склеєні та склеєно-зшиті. Мішки виготовляють із відкритою або закритою (з клапаном) горловиною, як вказано у таблиці 2.1. За погодженням зі споживачем дозволено виготовляти мішки інших типів із різним поєднанням склеєного та зшитого верху і дна мішка.

На рисунку 2.24 зображені основні види паперових мішків: а) мішок відкритий склесний тип I-1; б) мішок відкритий склеєно-зшитий тип I-4; в) мішок закритий склеєний тип I-3; г) мішок відкритий склеєний з боковими згинами тип I-2; д) мішок закритий склеєно-зшитий тип I-5. Паперові мішки роблять багат шаровими.

Загальна кількість шарів у відкритих мішках - від 2 до 6, у закритих мішках - від 3 до 6. Кількість шарів та їх склад визначають в залежності від маси продукту та галузі застосування. За цими ознаками мішки класифікуються за марками.

Рекомендована гранична маса продукції у мішках для: одношарових мішків — 30 кг; двошарових — 55 кг; тришарових — 75 кг; чотири-, п'ятишарових — 90 кг.

Маркування, характеристики та області застосування наведені в таблиці 2.1.

Склеєні мішки із прямокутним дном та глибокими боковими згинами виготовляються лише відкритими. Ці мішки призначені для пакування легких сипучих матеріалів.

Зшиті мішки призначені для пакування важких та агресивних матеріалів, а також для довгих перевезень та складних умов зберігання. Вони дорожче, ніж склеєні та більш складні у виробництві, особливо зачинені клапаном.

Паперові мішки в процесі експлуатації зазнають впливу різноманітних навантажень.

Найбільшу небезпеку становлять динамічні навантаження (удари) в процесі виконання перевантажувальних робіт. Динамічна міцність мішків характеризується показником спротиву ударам при вільному падінні. Вона обумовлена комплексом факторів, пов'язаних із виготовленням, заповненням та застосуванням мішка. До основних факторів відносяться наступні:

- властивості паперу;
- конструкція мішка;
- властивості продукту;
- ступінь наповнення мішка;
- умови експлуатації.

Таким чином, під час проектування та виготовлення паперових мішків особливу увагу приділяють раціональному поєднанню кількості шарів, типу з'єднання верхньої та нижньої частини, а також вибору конструктивних елементів, що забезпечують необхідну міцність і зручність використання.

Таблиця 2.1

Види багатошарових паперових мішків

Марка мішка	Характеристика	Застосування
ТМ	Мішки з одним або кількома шарами високотехнологічного непросоченого мікрокрепованого паперу.	Для негігроскопічної та малогігроскопічної продукції.
ТМП	Мішки з одним або кількома шарами високотехнологічного паперу ламінованого поліетиленом.	Для гігроскопічної продукції, харчових продуктів, неагресивних хімікатів.
ТМ(п)	Мішки з одним або кількома шарами високотехнологічного паперу та одного шару поліетиленової перфорованої плівки.	Для продукції, що транспортується в умовах підвищеної вологості.
ТМК	Мішки з одним шаром високотехнологічного непросоченого мікрокрепованого паперу та одним-двома шарами непросоченого мікрокрепованого мішкового паперу.	Для не- і малогігроскопічної продукції.
БМ	Мішки з одним-трьома шарами з мішкового бітумованого паперу і рештою шарів з непросоченого мішкового паперу.	Для малогігроскопічної продукції.
БМП	Мішки з одним-трьома шарами з мішкового бітумованого паперу з внутрішнім шаром із мішкового паперу ламінованого поліетиленом і рештою шарів із мішкового непросоченого паперу.	Для гігроскопічної продукції, агресивних хімікатів, для продукції, що унеможливає потрапляння до неї волокон паперу.
БМК	Мішки з одним-трьома шарами із мішкового бітумованого паперу і рештою шарів із мішкового мікрокрепованого паперу.	Для малогігроскопічної продукції.
УБМ	Мішки з верхнім шаром із білого паперу, одним шаром з мішкового бітумованого паперу і рештою шарів з мішкового непросоченого паперу.	Для малогігроскопічної продукції.
ВМП	Мішки з одним-двома шарами з мішкового вологостійкого паперу, ламінованого поліетиленом і рештою шарів з мішкового непросоченого паперу.	Для гігроскопічної продукції, агресивних хімікатів, продукції, що не допускає потрапляння до неї волокон паперу.
ПМ	Мішки з одним-двома шарами з мішкового паперу ламінованого поліетиленом і рештою шарів із мішкового непросоченого паперу.	Для гігроскопічної продукції, агресивних хімікатів, що унеможливає потрапляння до неї волокон паперу.

Готові мішки піддають двом видам випробувань – випробування на ударну міцність при падінні та експлуатаційні випробування. Випробування на ударну міцність при падінні полягає в скиданні наповнених мішків з певної висоти досягаючи їх розриву. Мішки заповнюють реальним вмістом. Під час виконання випробувань виконують скидання на лицьову поверхню (пласке падіння) або на торці (торцеве падіння). Також виконують послідовні скидання різного типу (рис.2.25).

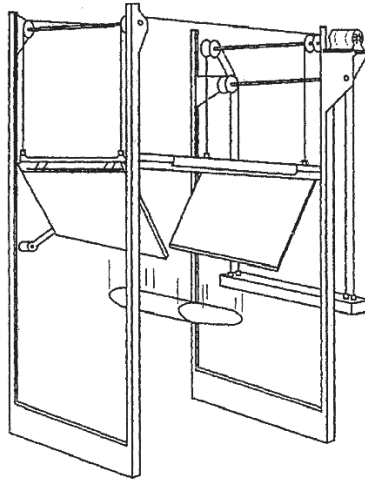


Рис.2.25. Пристрій для плаского скидання паперових мішків

Технологія виготовлення паперових мішків

Сучасне обладнання для виробництва мішків – це механізовані поточні лінії, до складу яких входять пристрої розмотування паперу, трубочні машини, швейні агрегати, пристрої для накопичення та Поручпакування готових мішків. Для окремих типів мішків лінії можуть включати друкарські секції. На (рис.2.26) наведені технологічні схеми виготовлення паперових мішків (а,б – для виготовлення склеєних мішків, в- для виготовлення зшитих мішків) . Рулони паперу надходять до виробничого цеху зі складу 1 за допомогою вантажних ліфтів або елеваторів 2, після чого розподіляються між потоковими лініями за допомогою транспортерів або спеціалізованих візків. Рулони паперу 3 сортують за типами та форматами, після чого подають на трубочну машину 4, яка за потреби оснащена вбудованим друкарським вузлом. На трубочній машині формується та відрізається заготовка майбутнього мішка у вигляді трубки. Кожен шар паперу безперервно склеюється вздовж повздовжньої кромки трубки, а сусідні шари між собою з'єднуються за допомогою поперечної склейки на кінцях трубок. Клей

централізовано виготовляється та подається у резервуари трубочної машини через трубопроводи 12 і 13 для забезпечення повздовжнього та поперечного склеювання. За необхідності на зовнішній шар мішка наносять друк у 1–4 кольори, пропускаючи папір через друкарський верстат. Готові трубки для закріплення клею витримують на ущільнювальних пластинчастих транспортерах 5, стрічкових транспортерах або піддонах, що забезпечує надійне склеювання та стабільність конструкції мішків.

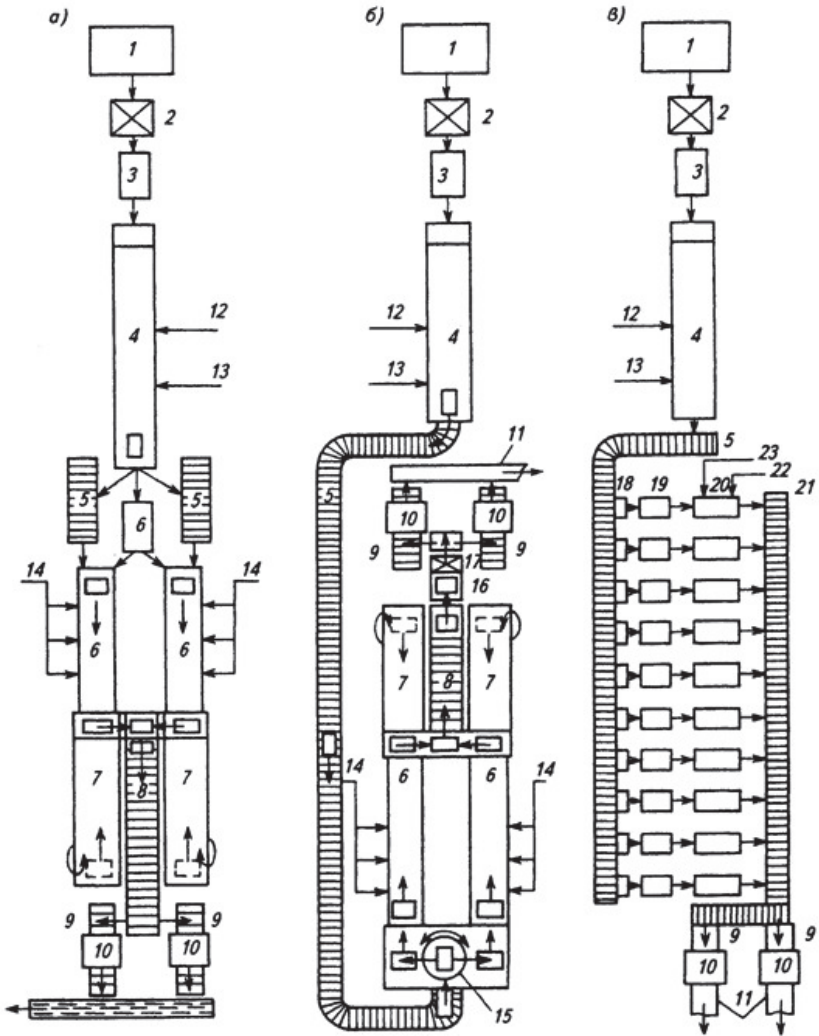


Рис.2.26. Схеми технологічних ліній виготовлення мішків

Поруч із трубочною машиною зазвичай встановлюють два пристрої для приклеювання днища 6, які оснащені поворотним механізмом - що дозволяє орієнтувати трубку перпендикулярно до осі машини. Ці механізми можуть складатись з двох однакових частин, призначених для згинання і склеювання днища з одного або з обох кінців трубки, що дозволяє виготовляти як відкриті, так і закриті мішки. Клей до пристрою подається по трубопроводу 14.

Склеєні мішки для прискорення схоплення клею направляються на ущільнювальний стрічковий транспортер 7, після чого формуються в пачки по 20-30 штук на контрольному пункті (рис.2.26), звідки передаються на пластинчастий транспортер 8, який направляє мішки до пакувальних пресів 10. Мішки укладаються в кіпи по 500-100 штук на одному з транспортерів 9 і подаються під прес, де стягуються синтетичною стрічкою. Готові Кіпи мішків транспортером 11 направляються на склад.

Схема *б)* відрізняється від схеми *а)* більш високим рівнем механізації процесів та дещо іншим розміщенням обладнання. За схемою *б)* після трубочної машини мішки по ущільнювальному стрічковому конвеєру 5 поступають в пакетуючий елеватор 15, звідти пачками по 20-30 штук по чергово подаються до агрегатів склеювання днища 6. Вони складаються з двох однакових частин для бігівки і склеювання днища по торцях трубок. Далі мішки проходять через ущільнювальний стрічковий транспортер 7 і по пластинчастому транспортеру 8 направляються на пакування або в машину 16 для обмотування стрічкою сформованих пакетів з 25 мішків.

Зшиті мішки виготовляються за схемою *в)*. Лінії для зшитих мішків мають більш просту конструкцію, ніж лінії для склеєних, але в разі виробництва зачинених мішків, потрібний інший відрубний пристрій. Після трубочної машини трубки подаються на стрічковий транспортер, з якого і рівномірно розподіляються між 6-10 швейними машинами. Вони накопичуються на столах 18, де витримуються для забезпечення схоплення клею, і направляються до пристрою укладання клапана 19. Після цього трубки прошиваються ниткою 22 по прикріпленому паперовому прошарку 23 на швейних машинах 20. За потреби під час прошивки здійснюється герметизація швів.

Готові мішки сортують та формують у пачки по 20-30 штук на стрічковий конвеєр 21, який подає мішки до пакувальних пресів 10. Зшиті мішки пакуються у пакети по 100 штук.

Багатошарові паперові мішки (рис.2.27) виготовляються із заготовок, які називають трубками. Вони випускаються на трубочних машинах. Трубки формуються із різними конструктивними особливостями в залежності від типу мішків: склеєних або зшитих, із закритою або відкритою горловиною. В потоковій лінії виробництва мішків папір з розмотувальної секції подається до трубочних машин (рис.2.28). Кількість

рулонів, що розмотуються, відповідає кількості шарів мішку. Рулони 2 встановлені на опорних стійках. В розмотувальній частині машини може бути встановлений друкарський станок 1 для нанесення друку на зовнішній шар мішків. Якщо друк не потрібний, його вимикають.

Під час розмотування шари паперу поступають в вузол бокового суміщення 6. Тут шари зміщуються відносно один одного поперек машини в привідний бік на 20-30 мм для утворення повздовжнього канта, по якому в подальшому відбувається повздовжнє склеювання окремих полотнин. Суміщення відбувається спеціальним 6 автоматично або з пульта керування вручну.



Рис.2.27. Загальний вид машини для виготовлення багатошарових мішків

Заміна рулонів відбувається без зупинки машини (при швидкості до 10 м/хв.). Попередній рулон, розмотаний до діаметра близько 300 мм відводять на додатковий розкат 3, а наступний, діаметром до 1300 мм, встановлюють на його місце. Косо зрізану частину полотна на початку нового рулону змащують клеєм і перед закінченням розмотки попереднього рулону приклеюють до його рухомого полотна. Обидва склеєні полотна притискаються одне до одного в одній з пар валиків і остаточно з'єднуються. Старе полотно після цього відсікається спеціальним ножем і робота машини триває.

Після вузла бокового суміщення папір поступає у вузол регулювання ступеня натягу 7. Тут за допомогою паперонатяжного пристрою, який автоматично змінює кут охопту робочих валиків, полотно рівномірно розтягується. При цьому усуваються небажані деформації та складки які виникають в процесі розмотування (рис.2.28).

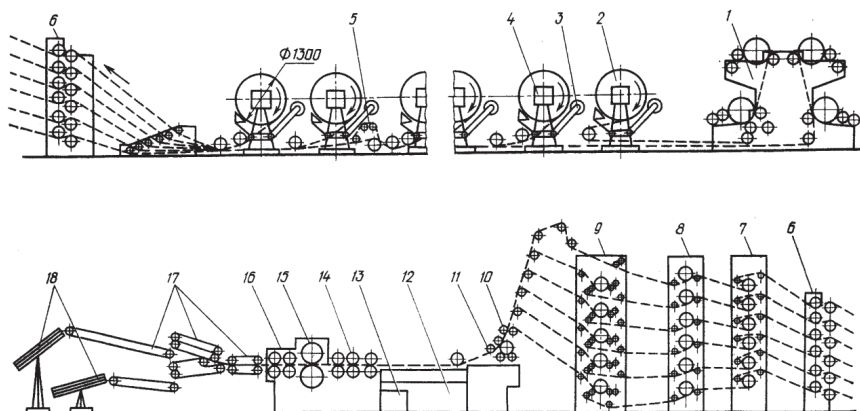


Рис.2.28. Схема трубочної машини

Наступний вузол - це вузол перфорації паперу в в напрямку, перпендикулярному ходу полотна.. Перфорація відбувається спеціальним зубчастим ножом, який закріплений на валику 8.

Далі відбувається поперекове нанесення клею на всі шари мішка. Механізм нанесення клею 9 виконаний таким чином, щоб клей наносився на всі полотна одночасно. Планки, які наносять клей, повинні рухатись із такою швидкістю, щоб клей не розтікався.

У зоні розміщення привідних валиків 11 шари паперу з'єднуються. На пристрої 10 з фронтального боку машини на бокову кромку кожного шару паперу наноситься клейовий шар, що формує повздовжній шов на трубці. За допомогою привідних валиків 11 склеєне полотно подається на формуючий стіл 12.

Трубки формуються на формувальному столі, який обладнаний розсувними лінійками, напрямними роликками та формувальними дисками. Сформована трубка надходить в головну частину машини, що складається із витяжного преса 14, рубального механізму з ножом 15 та відривних валиків 16. Відривні валики мають більшу швидкість обертання, ніж швидкість подачі трубки. В цій частині машини здійснюється відрізання трубки заданого розміру. Отримані трубки подаються ремнями 17 на верхній або нижній приймальні столи 18, де збираються в пакки.

Машини може бути додатково оснащена пристроєм 5 для повздовжнього склеювання двох вузьких рулонів і пристроєм для загинання кромки перед повздовжньою склейкою шарів паперу із поліетиленовим покриттям. Для утворення бокових складок трубки (фальців) форматний стіл оснащують подвійними форматними дошками і пристроями для складання фальців. Пристрій складається з лінійок та дисків, які забезпечують необхідну глибину фальців.

Швейний агрегат

Швейні агрегати застосовують для зшивання днища паперових мішків, виготовлених із паперу, склеювання якого ускладнено (ламінованих, бітумованих та інш.). Існують два типи швейних агрегатів. На агрегатах першого типу обидві сторони зачиненого мішка прошивають по чергово. На агрегатах другого типу – одночасно.

Зшивання мішків другого типу (рис 2.29.) відбувається наступним чином. Трубки зі штабеля 1 укладаються на рухомий ланцюговий транспортер 8, який подає їх з певним інтервалом до швейних апаратів 3. Прошивка днища мішків здійснюється нитками з котушки 2 по прикріпленій паперовій стрічці шириною 50 мм, яка подається з бобіни 7. Стрічка огинає торці трубок, натягується та відрубється ножами 5, розміщеними з обох боків агрегату. З метою запобігання самовільного розпускання шва стрічка виступає за межі мішка на 20-25 мм.

Для герметизації прошитих швів на агрегатах встановлені спеціальні пристрої 4, які покривають шви рідкими сумішами на основі парафіну.

Зшиті мішки подаються ланцюговим транспортером на приймальний стіл 6, оснащений прибором для рахування мішків, де вони вкладаються в пачки по 10 штук і подаються на подальше пакування.

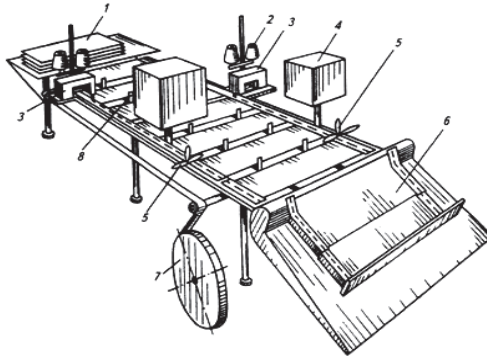


Рис.2.29. Схема швейного агрегату

Для ознайомлення із специфікою обладнання, необхідно переглянути наступні інформаційні джерела:



ТЕМА 3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЦТВА ТАРИЗВИТИМИ КАРТОННИМИ КОРПУСАМИ

Бічні стінки (обичайки) кручених корпусів картонної тари виготовляють шляхом прямої або спіральної навивки в кілька шарів проклеєної по всій поверхні паперової стрічки на оправлення необхідної форми (циліндричної, овальної, прямокутної, шестигранної тощо) або фасонуванням навитих циліндричних гільз (рис.3.1). Виготовлені таким чином обичайки зазвичай обклеюють зовні барвистою етикеткою і з'єднують з картонним або бляшаним дном фальцювальними закаточними швами. Цим способом виготовляють картонні коробки, банки, пенали, гільзи, відра, барабани і деякі деталі інших пакувальних виробів.



Рис.3.1. Картонний тубус

Зокрема у комбінованих банках навитий картонний корпус з'єднується зі штампованим з жерсті дном і горловиною закаточними швами. Корпуси кручених картонних пеналів виконуються з картонним дном, що закатується в обичайку, а також із внутрішньою крученою циліндричною рамкою (шийкою) або без неї. В останньому випадку обичайка кришки надягається безпосередньо на обичайку корпусу пеналу. У відрах для підвищення жорсткості торець навитої обичайки з боку горловини обгортається кільцевим профілем всередину, а знизу обгортання виконується всередині обичайки, в яку вклеюється край штампованого картонного днища (рис.3.2). Барабани картонні навиті виготовляються з обичайкою товщиною від 2,5 до 4 мм і закатаним з торця дном, виконаним з фанери, двп або жерсті.



Рис.3.2. Картонні бочки

Спіральна навивка гільз може також здійснюватися з одночасною подачею стрічок із різних матеріалів (паперу, картону, фольги, полімерної плівки), які розмотуються з декількох ролонів. Тара з такими композитними стінками володіє підвищеними газостійкістю та вологостійкістю. Для посилення бар'єрних властивостей внутрішню поверхню витих картонних корпусів додатково каширують алюмінієвою фольгою.

Виготовляють виті картонні корпуси (рис.3.3) на спеціальних гільзонавивних автоматах, які зазвичай забезпечують розмотку паперової стрічки з одного або декількох ролонів, суцільне промазування клеєм її поверхні, пряме або спіральне багат шарове навивання стрічки (стрічок) на оправку до необхідної товщини стінки корпусу, а також прикочування і сушку отриманих гільз.



Рис.3.3. Операція намотування стрічок паперу на оправку

Деякі автомати крім цього здійснюють розрізку довгих гільз на заготовки необхідної довжини та обклеювання їх зовнішньої поверхні

яскравими етикетками. Остання операція може відбуватись на окремих флатових або рулонних етикетувальних автоматах (рис.3.4). Для виготовлення витих корпусів використовується різноманітне технологічне обладнання, в тому числі:

- універсальні автомати для прямого навивання циліндричних та овальних гільз;
- автомати спірального навивання гільз;
- автомати для різання гільз на частини заданої довжини;
- флатові та рулонні етикетувальні автомати.



Рис.3.4. Операція нанесення клею на стрічки паперу

Технологічний процес виготовлення пакування з витого паперового корпусу складається з наступних етапів:

1. Підготовка сировини. Рулони крафт-паперу проходять ретельну перевірку якості, включно з контролем вологості, товщини та міцності. Для підвищення експлуатаційних характеристик папір обробляють спеціальними хімічними складами або механічно калібрують, що забезпечує відповідність стандартам міцності та довговічності у подальшій переробці.

2. Розрізання паперу. Рулони крафт-паперу подають на повздовжньо-різальну машину, яка розрізає його на більш вузькі стрічки.

Ці стрічки будуть формувати шари трубок (рис.3.5). Ширину стрічок можна регулювати в залежності від бажаної товщини та діаметра трубки.

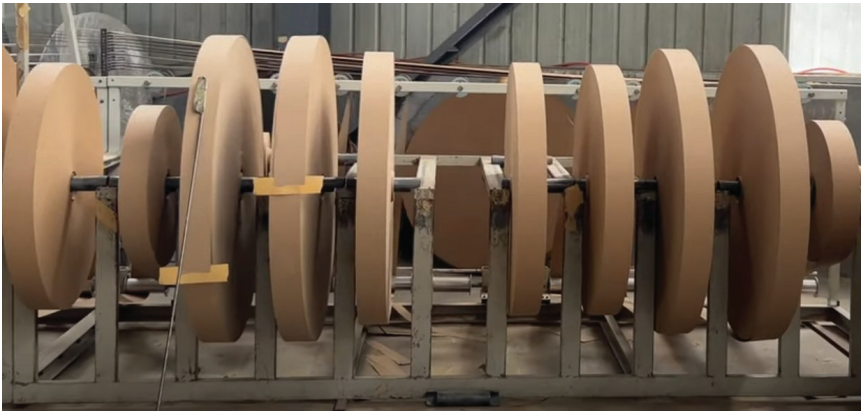


Рис.3.5. Розрізування паперу на стрічки

3. Нанесення клею. На стрічки крафт-паперу наносять клей, найчастіше на водній основі. Тип і кількість клею має вирішальне значення, оскільки вони визначають міцність з'єднання між шарами.

4. Намотування паперу здійснюється шляхом обгортання стрічок із нанесеним клеєм навколо оправки — циліндричного стрижня, що формує папір у вигляді трубки. Цей процес часто називають спіральним намотуванням, оскільки паперові стрічки подаються під певним кутом до осі обертання оправки. Важливим аспектом є точне регулювання кута подачі та натягу стрічок під час намотування, що забезпечує рівномірне прилягання шарів та високу міцність готової трубки. Контроль цих параметрів здійснюється автоматизованими системами управління та кваліфікованим персоналом, які слідкують за стабільністю процесу в режимі реального часу. Правильне регулювання дозволяє уникнути деформацій і дефектів, що можуть вплинути на якість пакування та її експлуатаційні характеристики.

5. Обрізання по довжині (рис.3.6). Коли трубка досягає заданої довжини, її безперервно обрізають до необхідного розміру. На цьому етапі застосовують пили або дискові ножі, вибір яких залежить від товщини та діаметра трубки.

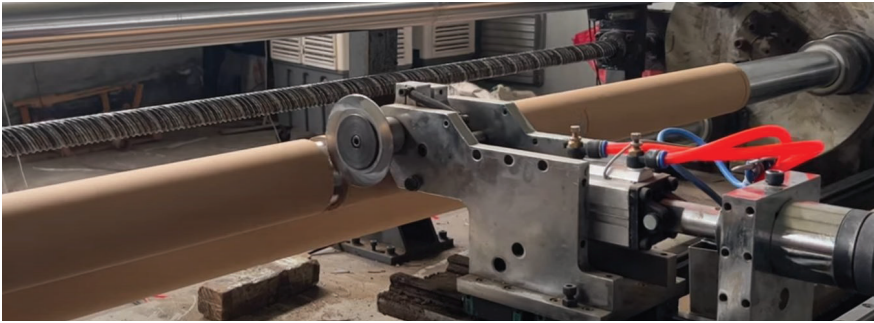


Рис.3.6. Обрізання паперової труби

6. Затвердіння та сушка. Трубки залишають для затвердіння та висихання. Цей процес дозволяє клею повністю застигнути та закріпити зв'язки між шарами.

7. Остаточне оздоблення. Отримані вироби піддаються процесам оздоблення, таким як обрізання, шліфування, нанесення покриття.

Для ознайомлення із сучасним діючим обладнанням
необхідно переглянути:



ТЕМА 4. АВТОМАТИЗОВАНІ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ГОФРОВАНОЇ ТАРИ

Історія створення та застосування гофрованого картону налічує більше ста років. Початок виробництва гофрованого картону обумовлений необхідністю створення пакувального матеріалу, який би забезпечував захист продукту від зовнішнього механічного впливу. Перший патент на виробництво гофрованого паперу було зареєстровано в Англії в 1856 році. В США перші гофровані шари паперу для захисту скляних пляшок та ламп виготовив та запатентував в 1871 році Альберт Джоунс. В 1882 році Роберт Томсон презентував перший в світі гофроагрегат. В період з 1883 по 1888 роки перші гофроагрегати були встановлені на промислових підприємствах Англії, Німеччини та Франції. Нарешті у 1895 році було презентовано перший гофроагрегат безперервної дії.

У 1879 році Роберт Гейр спробував використовувати гострі штампи для різання картону, а тупі для рівного згину. При цьому він спробував сумістити друкарський процес із процесом виготовлення коробок. Винахід Гейра щодо використання штамів для висічки контуру коробок відкрив для гофрокартону нове застосування (рис.4.1). Вже наприкінці 20-х років ХХ сторіччя більше 20% від загальної кількості ящиків та коробок становили ящики з гофрованого та плаского картону.



Рис. 4.1. Зразки пакування з гофрованого картону

У 1916 році вперше було виготовлено п'ятишаровий гофрокартон. Для його використання було застосовано два гофроагрегати. В період з 1920 по 1930 роки виробники гофрокартону проводили різні експерименти і як результат закріпилось правило для п'ятишарового картону - використовувати один шар крупного гофра та один шар дрібного.

У 1936 році німецький хімік Джордан Бауер розробив формулу клею для гофрокартону на основі крохмалю, і з цього часу процес приготування клею залишається майже незмінним.

Гофрований картон являє собою інженерну конструкцію, характеристики якої залежать від властивостей матеріалів що входять до її складу та від геометричного профілю складових елементів.

Гофрований картон (рис.4.2) є зразком багат шарових конструкцій. Він складається з плоских шарів картону (лайнєрів), які чергуються із хвилястими гофрованими шарами паперу (флютинг). Ці шари з'єднані між собою клеєм.



Рис.4.2. Гофрований картон

Гофрований картон належить до анізотропних конструкцій, бо він має неоднакові властивості в різних напрямках. При докладанні зусиль в напрямку, перпендикулярному гофрам, цей матеріал працює як амортизуючий за рахунок малої жорсткості в цьому напрямку хвилястого шару. При докладанні зусилля вздовж напрямку гофр гофрокартон демонструє високу площинну та торцеву жорсткість завдяки високій жорсткості хвилястого шару в цьому напрямку. Плaskі шари гофрованого картону фіксують хвилясті шари, забезпечуючи сприйняття стискаючих, розтягуючих та протискаючих навантажень. Вибір типу та марки гофрокартону здійснюють з урахуванням експлуатаційного призначення тари та вимог до її міцнісних характеристик.

Класифікація гофрованого картону

Класифікація, основні параметри, марки та розміри гофрованого картону описані в ДСТУ 9245:2023 КАРТОН ГОФРОВАНИЙ. Технічні умови. Цей стандарт поширюється на гофрований картон (рис.4.3), призначений для виготовлення тари (ящиків, коробок, лотків, виробів складної конфігурації тощо) та допоміжних пакувальних засобів (вкладок, ґраток, обичайок, прокладок, амортизаторів), що використовуються для транспортування та зберігання різних видів товарів.

Залежно від кількості шарів виготовляють картон таких типів (табл.4.1):

Д – двошаровий, що складається з одного плоского та одного гофрованого шарів;

Т - тришаровий, що складається з двох плоских та одного гофрованого шарів;

П – п’ятишаровий, що складається з трьох плоских та двох гофрованих шарів;

С – семишаровий, що складається з чотирьох плоских та трьох гофрованих шарів.

Марки картону згідно з ДСТУ наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

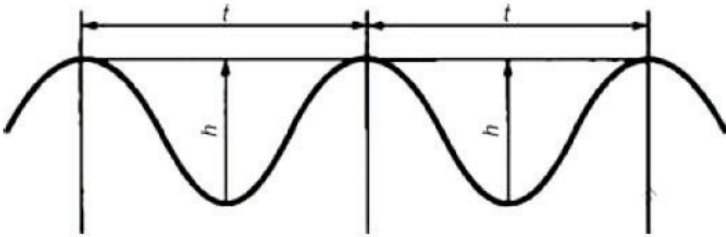
Тип	Марка
Д	Д
Т	T11, T12, T13, T14, T15, T21, T22, T23, T24, T25, T26, T27
П	П31, П32, П33, П34, П35, П36, П37
С	С41, С42, С43, С44, С45

Призначення картону наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Марка	Призначення
Д	Для виготовлення допоміжних пакувальних засобів, для каширування
T11 – T15	Для виготовлення споживчої тари та допоміжних пакувальних засобів, що сприймають статичні (навантаження штабеля) та динамічні навантаження
T21 – T27	Для виготовлення споживчої тари, виробів складної конфігурації та допоміжних пакувальних засобів, що сприймають статичні (навантаження штабеля) та динамічні навантаження
П31- П37	Для виготовлення жорсткої тари, виробів складної конфігурації та допоміжних пакувальних засобів, що сприймають статичні (навантаження штабеля) та динамічні навантаження
С41 – С45	Для виготовлення великогабаритної високоміцної та жорсткої тари, контейнерів, допоміжних пакувальних засобів, що сприймають статичні (навантаження штабеля) та динамічні навантаження

Картон формують з профілем гофрів А, С, В, D, Е та F. Зображення профілю гофра показано на рисунку 4.3.



Умовні позначки:

h — висота гофра; t — крок гофра.

Рис. 4.3

Розміри гофрів наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Профіль гофра	Висота гофра h , мм	Крок гофра t , мм
F	від 4,4 до 5,5	від 8,0 до 9,5
C	від 3,2 до 4,4	від 6,5 до 8,0
B	від 2,2 до 3,2	від 4,5 до 6,5
D	від 1,6 до 2,2	від 3,6 до 4,5
E	від 1,1 до 1,6	від 3,2 до 3,6
F	від 0,75 до 1,0	від 1,5 до 3,0

Картон виготовляють з бурим (кольору натурального волокна), білим, хмаристим та облагородженим (із вибіленої макулатури або пігментованого покриття) поверхневим шаром. Картон: типу Д виготовляється в рулонах або аркушах; типів Т, П і С – в аркушах.

Двошаровий гофрований картон типу Д виготовляють із гофр різних типів — В і D. Через недостатню жорсткість для застосування в конструкціях ящиків його використовують переважно як прокладковий або обгортковий матеріал, де потрібна гнучкість і захист, але не висока несуча здатність.

Тришаровий гофрокартон розрізняють за марками Т11, Т12...Т15, Т21, Т22...Т27. Чим більша цифра після літери Т, тим вище якість картону. Тришаровий гофрований картон найбільш широко застосовують в виробництві тари.

Гофрокартон Т із гофрами А має високу пружність. Велика висота і крок гофрів надає йому амортизаційної властивості. У випадках, коли необхідно забезпечити міцність на стискання у вертикальному напрямку (наприклад при пакуванні товарів, що не мають стійкості всередині пакування або тих, що зберігаються в штабелях великої висоти) найбільш підходить гофрокартон із профілем А. Цей тип картону рекомендовано використовувати в конструкціях ящиків для пакування виробів, які

потребують захисту від ударів та інших динамічних навантажень. З нього також виготовляють різного типу прокладки та амортизатори.

Гофрокартон Т із гофрами В відрізняється більш високою жорсткістю у порівнянні із гофрами А, на ньому отримуємо більш якісний друк. Цей картон бажано застосовувати у випадках, коли необхідна велика міцність до роздавлювання. Крім того, цей картон міцніший в лініях згину. Гофрокартон із профілем В легше складається, завдяки чому коробки малого розміру мають більш охайний вигляд. Цей картон доцільно використовувати в конструкціях ящиків для продукції, яка не потребує амортизаційного захисту. Наприклад, консервні банки, побутова хімія, харчові продукти в споживчій тарі, меблі тощо.

Гофрокартон Т із гофрами С поєднує властивості гофрокартонів з гофрами А і В та одночасно має достатню жорсткість та гарні амортизаційні властивості. Даний тип гофрокартону є найбільш поширеним матеріалом в ящиках для пакування крихких виробів, м'якої та жорсткої продукції, яка потребує захисту поверхні.

Гофрокартон Т із гофрами D та E за рахунок більшої кількості гофрів на погонний метр полотна має рівну поверхню плаского лицьового шару та високу площинну жорсткість. Це дозволяє здійснювати високоякісний друк, що особливо важливо для споживчої тари. Такий картон і тара з нього займають значно менше місця при транспортуванні та зберіганні. Цей тип гофрокартону знаходить широке застосування в різних конструкційних рішеннях тари та використовується для пакування харчових продуктів, побутових приладів, посуду. Також цей матеріал застосовують для виготовлення внутрішніх перегородок і фіксації продуктів всередині пакування. Такі перегородки займають значно менший об'єм.

Семишаровий гофрований картон С використовують в конструкціях надміцних коробок та контейнерів вантажопідйомністю до 200 кг із черговістю гофрів С – В – А. Але найбільш розповсюдженим є семишаровий гофрокартон із черговістю D – А – В. Зовнішній шар із гофром D забезпечує високу жорсткість в обох напрямках та амортизує сильний удар. Середній шар А дозволяє підвищити еластичність та здібність амортизувати виникаючі ударні навантаження. Внутрішній шар з гофрою типу В має достатню жорсткість і високу здатність протистояти площинному стисканню, що забезпечує ефективний захист і витримування тиску, який чиниться зсередини коробки від упакованого виробу.

Фізико-механічні властивості гофрованого картону

Фізико-механічні властивості гофрованого картону для виробництва тари визначаються такими показниками: маса 1 м^2 , товщина, опір продавлюванню, площинне та торцеве стискання, розшарування, розрив із прикладанням руйнівного зусилля вздовж гофрів по лінії рилування після одного подвійного перегину на 180° , вологість, а також якість склеювання

та рулювання. Окрім загальних технічних характеристик картонних і паперових матеріалів, для листового гофрованого картону додатково контролюють розміри, кут косини аркушів, величину короблення та профіль гофрів.

Маса 1 м² гофрокартону залежить від маси плоских і гофрованих шарів, типу гофрів та якості клею, що входять до його складу. Визначають масу як відношення ваги зразка до його площі. Товщина гофрокартону є сумарною величиною товщин усіх шарів і клейових прошарків. Вимірювання товщини здійснюють відповідно до стандарту ГОСТ 22186, заміряючи в декількох точках зразка за допомогою мікрометра або товщиноміра. Результат виражають у міліметрах, що забезпечує точність контролю параметрів матеріалу.

Опір продавлюванню визначається згідно з ДСТУ ISO 2759. Під закріпленій по контуру зразок крізь різцеву діафрагму подають надлишковий тиск до моменту розриву матеріалу. Показник продавлювання визначається по значенню надлишкового тиску на манометрі (МПа).

Опір площинному стисканню є одним із ключових фізико-механічних показників гофрованого картону, що характеризує максимальне зусилля, яке матеріал здатен витримати при рівномірно розподіленому навантаженні по його площині до моменту втрати стійкості гофру (руйнування). Цей параметр зазвичай вимірюють за допомогою спеціальних пресів, що створюють навантаження на зразок картону, поступово збільшуючи силу до моменту руйнування. Результати подають у кілоньютонах на метр (кН/м).

Опір торцевому стисканню визначають відповідно до вимог ДСТУ 3561. Методика полягає у вимірюванні руйнівного зусилля при стисканні зразка гофрованого картону, розташованого на торцевій стороні. Зразок встановлюють між двома жорсткими плитами, які утримують матеріал. При випробуванні одна плита рухається рівномірно в напрямку, перпендикулярному до площини зразка, створюючи поступове стискаюче навантаження. Стиск продовжують до повного руйнування матеріалу, після чого фіксують максимальне навантаження, зафіксоване приладом. Для отримання репрезентативного показника проводять десять повторних випробувань, результати яких усереднюють. Результат оцінюють у кН/м.

Опір до розшарування гофрованого картону визначають для тришарового, п'ятишарового та семишарового типів картону. Для цього зразок встановлюють у спеціальне пристосування, яке забезпечує навантаження, спрямоване на розділення шарів картону в зоні склеювання гофрованого та плоского шарів. Зразок навантажують за допомогою гребінок, які вводять у гофри, передаючи розтягуюче зусилля безпосередньо на шари. Поступове збільшення навантаження викликає розшарування матеріалу, і фіксується руйнівне зусилля, необхідне для цього процесу. Така методика дозволяє оцінити якість склеювання та

структурну цілісність гофрокартону, що є критично важливим для пакувальних матеріалів високої міцності та довговічності.

Матеріали для виготовлення гофрованого картону

Для виготовлення гофрокартону використовують папір для гофрування згідно з ДСТУ 7798, картон для плоских шарів та клей на основі крохмалевмісних продуктів.

Картон для плоских шарів гофрокартону. Для плоских шарів гофрокартону розроблені спеціальні сорти картону, які забезпечують високу міцність, стійкість до ударів та інших видів впливу. Ці сорти називають крафт-картоном (крафт-лайнером), що в перекладі з німецької означає міцний або силовий картон.

Крафт-картон зазвичай складається з двох шарів, які з'єднуються безклеєвим способом безпосередньо на картоноробній машині. Верхній шар вирізняється підвищеною міцністю, гладкістю та оптимальною пористістю. Міцність цього шару забезпечує стійкість гофрокартону до стирання, а також запобігає утворенню щілин під час технологічних операцій бігування та фальцювання. Гладкість і пористість верхнього шару є ключовими параметрами, що впливають на якість зовнішнього вигляду виробу та підвищують здатність картону до високоякісного друку. Завдяки такому поєднанню властивостей крафт-картон демонструє надійність і естетичність, що робить його оптимальним матеріалом для пакувальних виробів із високими вимогами до механічної міцності та друкарських характеристик.

Найбільш привабливим зовнішнім виглядом відрізняється крафт-картон з верхнім шаром із сульфатної целюлози. Нижній шар складається з переробленої вторинної маси. Деякі марки плоских шарів виготовляють повністю з сульфатної целюлози. Цей тип картону називають білим.

Для надання гофрокартону та тарі з нього спеціальних властивостей, випускають плоскі шари картону для зовнішнього оздоблення різнокольорові, з переливами, ламіновані або з різними іншими покриттями, що підвищують вологостійкість та стійкість до стирання.

Для виготовлення гофрованого картону допускається застосування картону для плоских шарів із щільністю 125-320 г/м². Найбільше розповсюдження отримав картон із щільністю 125, 150, 175 та 225 г/м². Для найбільш міцних та жорстких сортів гофрокартону застосовують плоскі шари із масою квадратного метру від 200 до 450 грамів.

Папір для гофрування. Папір для гофрування згідно з ДСТУ 7798:2015 випускають трьох марок Б-1, Б-2 і Б3 клеєний і неклеєний. Папір, призначений для гофрування, має задовольняти наступним вимогам:

- виготовляться кольору натурального волокна;
- намотування паперу має бути щільним, рівномірним по всій ширині рулону;

- кількість обривів в одному рулоні не повинно перевищувати трьох;
- коливання маси паперу площею 1 м² по ширині рулону для всіх марок не повинні перевищувати 5% від середнього значення між максимальним та мінімальним показниками.

Це забезпечує стабільність властивостей матеріалу та відповідність нормативним вимогам до якості паперу.

Папір для гофрування виготовляється переважно з макулатури. Жовта солом'яна маса разом із макулатурою робить папір найбільш придатним для гофрування. Для збільшення механічної міцності додають сульфатну целюлозу. Марки паперу Б-1 та Б-2 на 25% складаються з сульфатної целюлози, Б-3 - на 35%. Інші складові волокнистої сировини для виготовлення паперу не нормуються, проте найкращі фізико-механічні властивості гофрокартону досягаються при використанні напівцелюлози. Для виробництва гофрованого картону найчастіше застосовують папір з масою 125±6 г/м² і товщиною близько 0,23 мм. Товщина плоского шару гофрокартону може варіюватися залежно від вимог до міцності тари.

Міцність гофрованого шару та амортизаційні властивості гофрокартону значною мірою залежать від жорсткості паперу, що використовується. Основним показником, який визначає міцність гофри, є модуль пружності паперу, який пропорційний його масі на одиницю площі (1 м²) та квадрату товщини матеріалу. Зі збільшенням ступеня помелу целюлози під час виготовлення паперу зростає модуль пружності, проте одночасно зменшується товщина паперу. В результаті загальна зміна модуля пружності залишається незначною, оскільки збільшення жорсткості компенсується зниженням товщини.

Вміст наповнювачів у папері, які зазвичай застосовуються для покращення технологічних та оптичних властивостей, суттєво впливає на жорсткість гофри. Підвищений вміст наповнювачів призводить до помітного зниження жорсткості, що негативно позначається на міцності гофрокартону. Тому для збереження оптимальних експлуатаційних характеристик гофрованого картону важливо мінімізувати кількість наповнювача, не порушуючи при цьому інших властивостей матеріалу.

Таким чином, для виготовлення якісного гофрокартону необхідно враховувати співвідношення маси, товщини та ступеня помелу паперу, а також ретельно контролювати вміст наповнювачів. Це дозволяє досягти оптимального балансу між міцністю, жорсткістю і амортизаційними властивостями, що є ключовими факторами для забезпечення надійності та довговічності пакувальних матеріалів.

Клей для виготовлення гофрокартону. Міцне склеювання гофрованих та плоских шарів картону є однією з основних умов отримання якісного гофрокартону. Швидкість роботи гофроагрегату визначається якістю клею та швидкістю склеювання. Основні клеї, що використовуються для виробництва гофрокартону, - це силікатний та крохмальний. Прагнення до вдосконалення процесу склеювання призвело до розробки технології виготовлення модифікованого крохмального клею,

що забезпечує роботу агрегатів на швидкості до 200 м/хв. Сучасний процес підбору клею рухається в напрямку застосування безводних та синтетичних клеїв.

Хімічний склад силікату натрію та отриманого з нього клею залежить від співвідношення кварцового піску та соди, а також наявності домішок. Це співвідношення характеризується силікатним модулем. Чим вище цей модуль, тим швидше відбувається процес склеювання шарів гофрованого картону, тим вище швидкість роботи гофроагрегату. Однак підвищення силікатного модуля обмежено збільшенням в'язкості клею. Найбільш гарні результати дає клей з модулем в межах 3,4-3,5 та щільністю 1,38 г/см³.

Якість силікатного клею може бути підвищена за рахунок його модифікації – введення різних домішок. Частіше з цією метою використовують каолін, казеїн та крохмаль. Використання клею із домішками підвищує міцність і швидкість склеювання, жорсткість картону, зменшує налипання клею на розігріті поверхні. На сучасних гофроагрегатах для склеювання паперових шарів найчастіше використовують клей на основі крохмалю. Крохмальний клей має ряд переваг перед силікатним:

- можливість роботи гофрувального агрегату на більш високих швидкостях;
- більша міцність склеювання;
- менша чутливість до вологості поверхонь;
- можливість працювати без обрізання кромки гофрованого картону;
- більший строк роботи ножів;
- екологічність.

Обов'язковими компонентами для приготування крохмального клею, який використовується у виробництві гофрокартону, є крохмаль, вода, бура (натрієва сіль борної кислоти) та гідроксид натрію. Основною клейкою речовиною в суміші виступає крохмаль, який забезпечує необхідну адгезію між шарами паперу. Для виготовлення клею можуть використовуватися різні види крохмалю, зокрема кукурудзяний, картопляний або пшеничний, що дає змогу підбирати склад відповідно до технологічних вимог і типу картонного матеріалу.

Міцність клейової плівки, утвореної крохмальним клеєм, значно перевищує міцність зв'язку між волокнами паперу, що гарантує надійне склеювання шарів гофрокартону. Концентрація крохмалю в клеї варіюється в межах 15-27% від загальної маси розчину. При цьому 10-25% від загального вмісту крохмалю становить клейстеризований крохмаль, який відповідає за формування міцної клейової плівки. Решта — це неклеїстеризовані крохмальні зерна, які виконують дві ключові функції: перш за все, вони є основним адгезивом, що забезпечує зчеплення між паперовими шарами, а також сприяють поглинанню вологи з розчину, що підвищує ефективність склеювання.

Процес приготування крохмального клею передбачає точне дозування всіх компонентів і контроль температурного режиму, оскільки від цих факторів залежить якість та стабільність клеючих властивостей. Вода служить розчинником, що забезпечує рівномірне розподілення крохмалу і реагентів, зокрема бура і гідроксиду натрію. Буранатрій та гідроксид натрію відіграють роль регуляторів реакції клейстеризації, стабілізуючи клейову структуру і підвищуючи її стійкість до механічних впливів та змін вологості.

Важливо також відзначити, що якість крохмального клею безпосередньо впливає на характеристики готового гофрокартону, зокрема його міцність, водостійкість і довговічність. Тому в технологічному процесі виробництва клей регулярно перевіряють на відповідність стандартам і регламентам, забезпечуючи оптимальний баланс між еластичністю і міцністю склеювання. Також застосування різних типів крохмалу дозволяє регулювати властивості клею залежно від специфічних вимог до продукції, що виготовляється.

Вода є розчинником крохмалу. Вміст води в крохмальному клею складає від 73 до 85% маси, і вся вона має бути видалена на гофроагрегаті.

Гідроксид натрію зменшує температуру клейстеризації крохмалу, прискорює набухання крохмальних зерен.

Бура підвищує липкість клею і виконує роль антисептика, а також підвищує в'язкість дисперсії, при цьому клей не утворює крапель при нанесенні його на вершини гофрів та не забруднює гофровали.

В'язкість клейстеру має бути оптимальною для підтримання зерен крохмалу у підвищеному стані, що є критично важливим для якісного склеювання шарів картону. Процес клейстеризації відбувається під час проходження картону по нагрітих поверхнях гофрувального агрегату, де зерна крохмалу поглинають воду. Це призводить до збільшення в'язкості клейової плівки, що значно прискорює процес формування міцного з'єднання між шарами матеріалу. Внаслідок цього покращуються адгезійні властивості клею, що є ключовим фактором для забезпечення міцності гофрованого картону.

Контроль якості крохмального клею здійснюється шляхом регулярного вимірювання його основних параметрів: концентрації, температури та в'язкості. Концентрація клею за сухим залишком повинна знаходитися в межах від 15% до 27%. Нижня межа обумовлена зниженням швидкості висихання клею при недостатній концентрації, що негативно впливає на технологічний процес і міцність з'єднання. Верхня межа концентрації обмежена дефіцитом води, необхідної для повноцінної клейстеризації зерен крохмалу, що ускладнює формування однорідної клеєвої плівки.

Температура клейстеру також є важливим фактором, оскільки вона впливає на швидкість та інтенсивність процесу клейстеризації, а відповідно — на кінцеві фізико-механічні властивості клею. Підтримання

оптимальної в'язкості забезпечує рівномірне нанесення клею на поверхню картону та стабільність технологічного процесу.

Таким чином, збалансований контроль концентрації, температури та в'язкості клейстеру є необхідною умовою для отримання якісного гофрованого картону з високими показниками міцності та надійності.

Сучасні швидкохідні гофроагрегати мають клейові пристрої, здатні наносити тонкий шар клею на вершини гофрів, тому можна використовувати клей підвищеної концентрації. Такий клей містить мінімальну кількість води, що зменшує витрати на сушіння картону, сприяє роботі гофроагрегатів на високих швидкостях та полегшує вирішення проблеми короблення гофрокартону.

Температура клейстеризації клею має бути якомога нижче, - чим нижча температура клейстеризації клею, тим менше витрачається пари і вища швидкість роботи гофроагрегату. Температура клейстеризації залежить від типу крохмалю та кількості гідроксиду натрію. У картопляного крохмалю вона становить близько 58°, пшеничного - 74°, кукурудзяного - 80°.

Клеї з картопляного та пшеничного крохмалю при виробництві гофрокартону використовують рідко, оскільки вони мають ряд недоліків. Мала в'язкість призводить до неякісного проклеювання шарів, а через низьку температуру клейстеризації на клеєнаносному пристрої утворюються «бурульки» із залишків клейстеру. Крім цього підвищений вміст білка сприяє піноутворенню.

Натомість клеї на основі кукурудзяного крохмалю володіють рядом переваг. Ці клеї дешеві, дозволяють здійснювати склеювання на великій швидкості, забезпечують низьку витрату клею та збереження енергії. Стабільність готового розчину дозволяє зберігати його протягом декількох діб.

Витрата клею залежить перш за все від товщини його шару ~~клею~~ на клеєнаносному валу, тобто валу, який контактує з вершинами гофрованого паперу. На більшості сучасних клеєнаносних пристроях товщина цього шару підтримується на рівні 0,15-0,25 мм і регулюється за допомогою шаберного валика. Зміна зазору між валами є основним способом регулювання витрати клею при склеюванні гофрокартону.

Технологія виготовлення гофрокартону

Процес виготовлення гофрокартону містить наступні технологічні процеси, що виконуються послідовно: розмотування з рулонів паперу для гофрування та картону для плоских шарів, їх нагрів, гофрування, склеювання гофрованих та плоских шарів, сушки та охолодження, нарізання гофрованого картону (рис.4.4).

Процес виготовлення починається з того, що картон (лайнер) і папір для гофрування (флютінг) доставляють в приміщення, де встановлений

гофроагрегат. Рулони паперу та картону встановлюються на розкати. Для покращення склеювання картон для плоского шару підігрівается.

Безпосередньо процес гофрування включає в себе нагрів, зволоження паперу, після чого він проходить крізь гофровали. Після гофрування валик для нанесення клею покриває клеєм вершини гофрів. Потім папір щільно притискається до картону – відбувається склеювання двошарового картону.

На більшості гофроліній після формування двошарового гофрокартону до нього доклеюють додаткові шари: один шар картону — для отримання тришарового, або один чи два шари двошарового — для п'яти- чи семишарового гофрокартону.

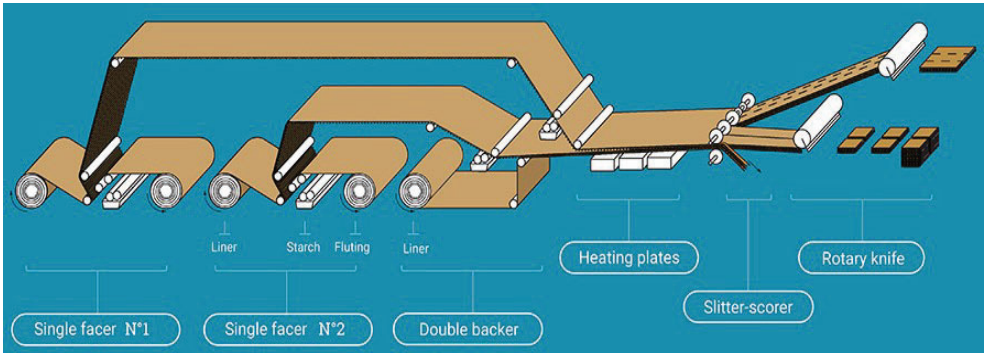


Рис. 4.4. Технологія виготовлення п'ятишарового гофрованого картону

Рулони картону та паперу для гофрування встановлюються на спеціальні пристрої, які називають розкатами. Основна задача розкату – забезпечити горизонтальну та вертикальну нерухомість рулону та одночасно його вільне розмотування. Для цього кожен розкат обладнаний двома захватами з обох боків рулону. Після встановлення рулону на розкат, захвати стискаються і за допомогою затискних патронів надійно фіксують рулон. Як правило, розкати мають конструкцію у вигляді вилки з кріпленням для рулону на кожному боці. Важливою задачею для виготовлення якісного гофрокартону є центрування всіх рулонів картону та паперу. Сучасні гофроагрегати обладнані системами заміни рулонів без зупинки роботи.

Процес нагріву картону перед склеюванням призначений для досягнення рівномірної температури і вологості по всій площині полотна. Попередній нагрів картону також сприяє кращому зчепленню між його шарами і дає змогу контролювати вологість картону матеріалу. Процес нагріву картону здійснюється за допомогою нагрівальних гладких циліндрів, температура яких сягає 165-175°.

Зволоження полотна паперу для гофрування з одночасним нагрівом, а також нагрів картону сприяють розчиненню клеючої речовини та покращують проникнення клею між волокнами обох матеріалів (рис.4.5). Крім того, в процесі зволоження збільшується деформаційна властивість паперу при гофруванні.



Рис.4.5. Секція встановлення рулонів гофрувального агрегату

Процес гофрування полягає у деформуванні плоского паперу з метою надання йому хвилястої форми заданого профілю. Важливою умовою гофрування є збереження структури та цілісності волокон паперу. Гофрування здійснюється шляхом пропускання зволоженого й нагрітого полотна паперу між парою нагрітих гофрувальних валів (рис.4.6). Профіль та розміри гофрів визначаються конфігурацією зубів на гофрувальних валах .



Рис. 4.6. Гофрувальний циліндр

Гофровані шари перед процесом склеювання нагріваються насиченою парою, що дозволяє підвищити їх температуру до 180–200 °С. Такий нагрів сприяє стабілізації форми гофрів та забезпечує більш ефективне висихання клею, що покращує міцність склеювання. Для досягнення оптимальних результатів гофрувальні вали повинні бути

постійно чистими, без залишків клею і паперу. Це забезпечується регулярним технічним обслуговуванням, включаючи механічне очищення та застосування спеціальних розчинників або парового очищення, що запобігає накопиченню забруднень і перешкоджає зниженню якості гофрування. Наступним етапом є склеювання плоского та гофрованого шарів картону. Процес складається з кількох технологічних операцій, серед яких формування клейової плівки необхідної товщини на робочих поверхнях, нанесення клею безпосередньо на вершини гофрів та притискання гофрованого шару до плоского шару. Всі ці операції виконуються в клейовій секції виробничої лінії, де регулюються параметри нанесення клею для забезпечення рівномірного та надійного з'єднання шарів. Важливо контролювати товщину клейового шару, оскільки надмірна кількість клею може призвести до втрати гнучкості матеріалу, а недостатня викликає недостатню міцність склеювання.

Загалом, постійний контроль температури, чистоти гофрувальних валів та параметрів нанесення клею забезпечує високу якість гофрованого картону, що відповідає вимогам до міцності та довговічності пакування. Після гофропресу двошаровий гофрокартон потрапляє на накопичувальний міст через похилий стрічковий транспортер. Задача стрічкового транспортеру полягає в підтримуванні постійного натягу стрічки, яка виходить з гофропресу. Натяг має бути достатнім, щоб не допустити провисання двошарового картону. Для цього транспортер (рис.4.7) працює із більшою швидкістю ніж гофропрес.



Рис. 4.7. Стрічковий транспортер і накопичувальний міст

Конструкція накопичувального моста може включати в себе один, два або три яруси для зберігання двошарового картону. Кількість ярусів залежить від типу картону, який виготовляється (три-, п'яти або семишаровий). Найбільш розповсюджена конструкція накопичувального моста (рис.4.8) містить стрічковий транспортер, який повільно переміщує

спіралі двошарового картону. Таке тимчасове зберігання гофрокартону дозволяє на певні проміжки часу зменшувати швидкість роботи гофропресу для заміни валів або переналадкування.

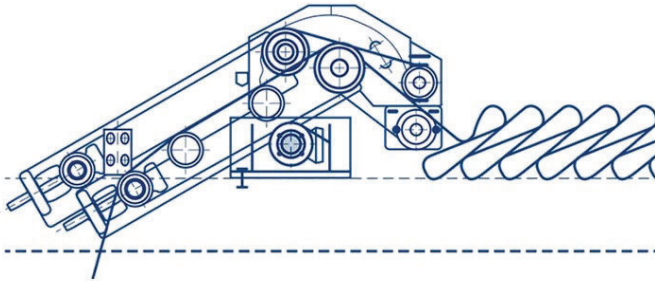


Рис.4.8. Стрічковий транспортер і накопичувальний міст

Конструкція деяких накопичувальних мостів включає спеціальний натяжний вал, який формує спіралі двошарового картону. Така конструкція дозволяє визначати точну кількість гофрокартону, який знаходиться на накопичувальному мосту. На виході з моста полотно має бути натягнуто та вирівняно для наступного процесу. Натяг в поперечному напрямку має бути рівномірним для якісного нагріву полотна. По накопичувальному мосту двошаровий гофрокартон транспортується до клейно-сушильно-різальної секції, яка є частиною технологічної лінії по виробництву тришарового гофрованого картону. В секцію подається полотно двошарового гофрокартону і полотно покривного картону, а на виході з неї отримують листи тришарового гофрокартону заданої довжини та ширини(рис.4.9).

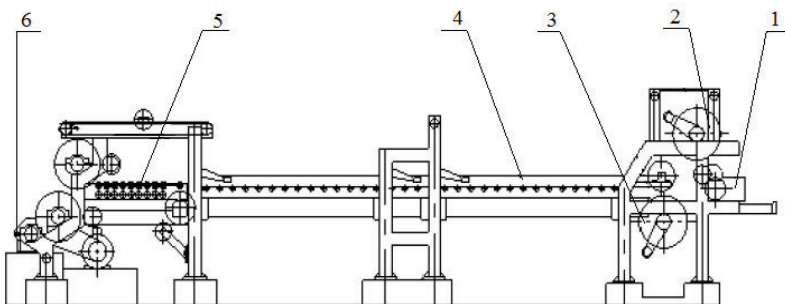


Рис.4.9. Клейова-сушильна секція

На вході в секцію знаходиться пристрій нанесення клею 1, після якого розміщуються сушильно-охолоджувальний стіл. Він включає в себе нагрівач двошарового картону 2, нагрівач картону 3, нагрівальну секцію 4 та охолоджувальну секцію 5. Узагальнений алгоритм розрахунку накопичувального моста у стрічковому транспортері для гофроагрегату наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4.

Алгоритм розрахунку накопичувального моста

Крок	Параметр / Назва	Формула або опис розрахунку	Одиниці вимірювання	Примітки / Уточнення
1	Швидкість лінії гофроагрегату	$V_l = \text{довжина заготовки} / \text{час проходження через секцію}$	м/с	Визначається за виробничим режимом
2	Час зупинки гофроагрегату на зміну рулону	$t_{зуп}$ — час, потрібний для зміни рулону або регулювання	хв	Встановлюється з практичного досвіду або паспорта обладнання
3	Довжина полотна, що необхідно накопичити	$L_{нак} = V_l \cdot t_{зуп}$	м	Це мінімальна довжина, яку має вмщувати міст
4	Кількість витків полотна на мості	$n = L_{нак} / l$ де l — довжина одного витка через ролики	витки	Розраховується за схемою прокладання полотна через верхні/нижні вали
5	Висота накопичення (теоретична)	$h = n \cdot n$, де h — висота одного витка між роликами	м	Визначає вертикальний розмір моста
6	Місткість моста по площі	$S = L_{нак} \cdot \text{ширина полотна}$	м ²	Враховується при виборі типу та розміру накопичувача
7	Напрямок натягу полотна	Параметр, що враховує сторону затягування полотна	—	Має відповідати напрямку подачі до наступної секції
8	Час розвантаження моста	$t_{розв} = L_{нак} / V_{подачі}$, де $V_{подачі}$ — швидкість подачі до наступного етапу	хв	Має бути достатній, щоб уникнути холостого ходу
9	Параметри роликів опор	Кількість, довжина, діаметр та відстань між роликами	шт / мм	Забезпечують плавне переміщення полотна
10	Автоматизація процесу	Визначення наявності датчиків положення, частотників та системи управління натягом	—	Необхідна для безперервної синхронізації з гофроагрегатом

Підготовка полотна двошарового гофрокартону і другого плоского шару картону до склеювання відбувається за допомогою попереднього нагріву (рис.4.10). Регулювання нагріву здійснюється шляхом обертання картону навколо поверхні нагрівального барабану.

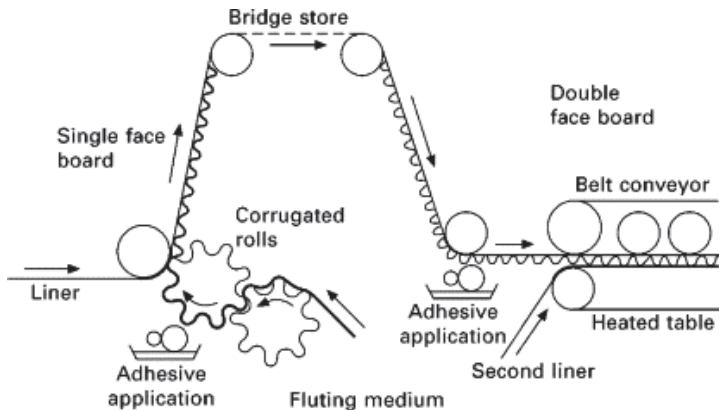


Рис.4.10. Технологічна схема виробництва тришарового гофрованого картону

Пристрій нанесення клею має забезпечувати подачу достатньої кількості клею на вершини гофрів без їх роздавлювання. Система нанесення клею схожа на гофропрес та включає в себе вал, що наносить клей і занурений у ванну із клеєм. Регулювання товщини шару клею здійснюється за допомогою віджимного валу, який очищується шаберною пластиною. Двошаровий гофрокартон з нанесеним на нього клейовим шаром поєднується з плоским шаром картону. Остаточне склеювання шарів відбувається на сушильно-охолоджувальному столі. Вал нанесення клею рухається набагато повільніше ніж гофрополотно.

Сушильно-охолоджувальний стіл призначений для забезпечення необхідної кількості тепла та тиску протягом певного періоду часу для закріплення зв'язку між двошаровим гофрокартоном та іншим шаром плоского картону, а також для видалення надлишкової вологи. Конструктивно стіл можна розділити на нагрівальну і охолоджувальну секції.

Функція нагрівальної секції – підтримувати щільний контакт плоского картонного з двошаровим гофрокартоном, забезпечувати необхідну кількість тепла для висихання клею та видалення вологи. Традиційно нагрівальна секція складається з нижніх нагрівальних сушильних плит, сушильної тканини і притискного механізму, який притискає полотно гофрокартону через тканину до сушильних плит.

Охолоджувальна секція, розміщена після нагрівальної секції, виконує важливу функцію — забезпечення необхідного та стабільного натягу полотна для його рівномірного протягування через нагрівальний стіл і клейовий вузол. Рівномірність натягу по всій ширині полотна є критичною умовою для запобігання виникненню деформацій, хвилястості або зморшок, які можуть негативно вплинути на якість готового гофрованого картону.

Після проходження сушильно-охолоджувального стола гофрований картон надходить у різальну секцію, де здійснюється точний розкрій безперервного полотна. На цьому етапі поєднуються два основні процеси: поздовжнє різання та поперечне різання. У результаті утворюються окремі аркуші гофрокартону, що відповідають заданим розмірам і формату.

До складу різальної секції входять два основні технологічні вузли — поздовжньо-різальний рилувальний вузол, який формує лінії згину та виконує поділ полотна за шириною, та поперечно-різальний вузол, який забезпечує різання картону по довжині. Узгоджена робота цих вузлів гарантує точність геометричних параметрів готової продукції та стабільність розмірів аркушів.

Поздовжня різка (рис.4.11) виконується за допомогою системи дискових ножів і часто поєднується із рилуванням. Вузол поперечної різки розділяє полотно гофрокартону на аркуші необхідної довжини. Ножі розміщені на циліндричних тримачах. Довжина аркуша гофрокартону залежить від форми майбутнього ящика та контролюється за допомогою електронних систем.



Рис.4.11. Поздовжня різка гофрованого картону

Стапельовання розрізаних в розмір аркушів гофрокартону (рис.4.12) відбувається автоматично на спеціальному обладнанні. Готові пачки об'язуються стрічкою та поступають на склад готової продукції.



Рис.4.12. Склад готової продукції

Відео роботи гофромашини



Класифікація тари з гофрованого картону

Складені коробки та ящики з гофрованого картону є одними з найпопулярніших і найбільш широко вживаних видів пакування. Це пов'язано з рядом їхніх переваг у порівнянні з іншою тарою: низькою вартістю, зручністю автоматизації основних технологічних операцій при виготовленні, можливістю складання у плоскі заготовки, придатністю до поліграфічного оформлення.

Тара з гофрованого картону поділяється на наступні основні функціональні групи: ящики, коробки, лотки, барабани, піддони, контейнери і допоміжні пакувальні засоби.

Ящики з гофрованого картону є найбільш поширеною продукцією та конструктивно поділяються на основні групи: складні з чотириклапанним дном і кришкою, складні з чотириклапанним дном і з'ємною клапанною кришкою, футлярного типу, обгорткового типу, комбіновані.

Внутрішні розміри ящиків мають відповідати вимогам ДСТУ 9142:2019 з врахуванням габаритних розмірів і маси продукції, що пакується. Відношення довжини до ширини ящика рекомендовано приймати не більше 2,5:1; відношення висоти до ширини - не більше 2:1 та не менше 0,5:1. Допустимі відхилення внутрішніх розмірів ящиків не мають перевищувати ± 3 мм для ящиків з гофрованого картону типу Т та ± 5 мм для ящиків з картону типу П.

Під час розрахунків на опір стисканню необхідну висоту штабеля встановлюють відповідно до нормативно-технічної документації на ящики із гофрованого картону для конкретної продукції. Зазвичай висоту штабеля при розрахунках встановлюють на 2,5 м. На ящики з гофрованого картону для продукції різних видів розроблені окремі стандарти, які враховують специфічні властивості різних галузей промисловості.

Коробки з гофрованого картону за конструктивними особливостями поділяються на: складні, зшивні, клеєні, штамповані, комбіновані та складних спеціальних конструкцій.

Складні коробки виготовляються з клапанами різноманітної форми у вигляді застібок, висічених у самому картоні, за допомогою яких коробки збираються. Зшивні коробки збираються за допомогою різних металевих скріпок, скоб, кнопок, металевої стрічки.

Клеєні коробки бувають різноманітної форми: прямокутні, багатогранні, круглі та овальні.

Штамповані коробки виготовляють суцільними та складними. Вони можуть мати прямокутну, круглу, овальну та інші форми.

При виробництві комбінованих коробок використовують засоби з'єднання деталей, характерні для клеєних і зшивних або клеєних і складних коробок. Коробки складних спеціальних конструкцій виготовляють за індивідуальними замовленнями. До таких належать подарункові набори, футляри, скриньки та інше.

Лотки не мають кришки (рис.4.13) і використовуються зазвичай для пакування різної плодоовочевої продукції. Лотки з гофрованого картону за конструкцією поділяються на наступні групи: складні з однієї заготовки, складні з декілька заготовок, нескладні, комбіновані.

Лотки утворюються з висічених заготовок складної конфігурації і складаються без застосування клею шляхом закріплення стінок за допомогою фіксуючих елементів. Лотки можуть мати вентиляційні отвори та отвори для ручок. Також часто передбачені фіксатори та ніжки для встановлення лотків один на один в штабелі.

Барабани з гофрованого картону призначені для перевезення предметів циліндричної форми і мають бокову стінку у вигляді (формі) багатогранника. Барабани поділяють на дві групи: ті, що складаються з однієї заготовки з клапанним дном і кришкою і ті, що складаються з багатогранної обичайки із торцевими кришками.

Піддони використовують для пакування тарно-штучних вантажів, утворення вантажного пакету, переміщення, транспортування та

зберігання вантажів. Піддони поділяють на дві групи: картонні та комбіновані.



Рис. 4.13. Картонний лоток із полуницею

Контейнери призначені для перевезення різних виробів, які мають первинне пакування, що дозволяє створити збільшену вантажну одиницю. Контейнери (рис.4.14) поділяють на наступні групи: складні із збірними опорами, із з'ємною кришкою, із з'ємною стінкою; збірні з окремих заготовок, що збираються на піддоні.

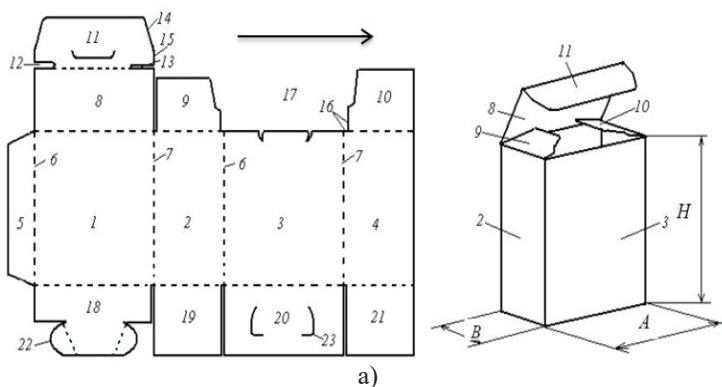


Рис. 4.14. Картонні контейнери з кавунами

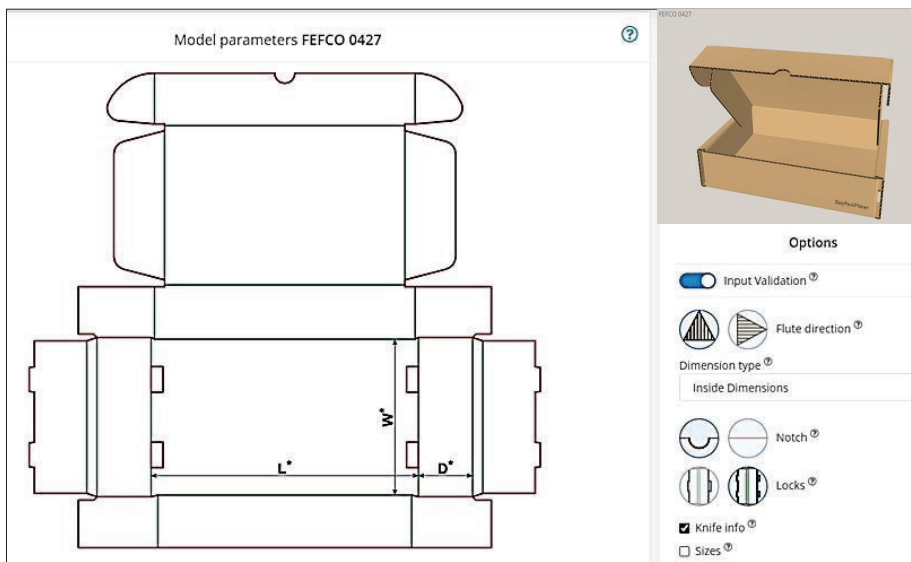
Для коробок і ящиків, в залежності від характеру продукції, що пакується, передбачено використовувати допоміжні пакувальні засоби. Допоміжні засоби служать для розділення упакованих виробів, підвищення міцності ящика, захисту виробів від ударних та вібраційних навантажень. Ці вироби можна поділити на наступні види: прокладки, амортизатори, решітки, перегородки. Найпростішою є прокладка прямокутної форми. Вона може використовуватись для закривання отворів між зовнішніми клапанами, для зміцнення днища або горловини ящика, для розділення продукції по рядах, для розділення ящика по вертикалі. Вертикальні прокладки і решітки значно підвищують міцність ящиків на стискання, що особливо важливо при їх штабелюванні. Амортизатори, в залежності від призначення, поділяють на опорні, бокові та кутові.

ТЕМА 5. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ РОЗГОРТОК ГОФРОКАРТОНУ

У загальному вигляді процес виготовлення пакування з гофрокартону включає: технологічний процес виготовлення матеріалу, друк тексту чи зображення, оздоблення, штанцювання, фальцювання і з'єднання, стапелювання та пакування. Для виготовлення пакування конкретного типу (рис.5.1) можуть використовуватись не всі перелічені процеси, а лише необхідні.



а)



б)

Рис.5.1. Основні елементи розгортки складних коробок

В залежності від призначення і конструктивних особливостей пакування з гофрованого картону може поставлятися замовнику у вигляді плоского розкрою без фальцювання і з'єднання сторін або у фальцованому і з'єднаному по бічній стороні вигляді. Ящики з гофрокартону можуть виготовлятися з однієї заготовки або з декількох. При розробці конструкції складних коробок тримірне зображення тари переводять в двомірне плоске зображення її заготовки. Розгортка має зображати зовнішній бік коробки і відтворювати особливості конструкції пакування та технологію збірки. На (рис.5.1,а) стрілкою вказаний рекомендований напрямок гофрокартону. Всі елементи розгортки (і відповідно ящику) можна умовно поділити на головні і допоміжні. До головних елементів відносять лицьову 1, задню 3, бокові 2 і 4 сторони, а також верхню 8 і нижні 18 та 20 сторони. На них наносять текстову інформацію та зображення. Призначення допоміжних елементів - кріплення і фіксація основних елементів. Основні елементи коробки та її розгортка зображені на (рис. 5.1,б). Габаритні розміри тари з гофрокартону вказують на розгортці як відстань між серединами біговальних канавок, які обмежують відповідну сторону.

Система нижніх бокових клапанів і нижніх сторін утворюють дно коробки. Нижні сторони можуть бути приклеєні або кріпитись різними замковими затворами. В даному випадку на нижній стороні 20 виконані прорізи 23, в які вставляють язички 22.

Основне технологічне обладнання для виготовлення тари з гофрованого картону

Отримання гофрованого картону та виготовлення виробів з нього здійснюється на відповідному обладнанні, яке можна поділити на основні групи:

- обладнання для виробництва гофрованого картону;
- бігувально-різальні машини;
- штанцювальне обладнання;
- друкарське обладнання;
- каширувальне обладнання;
- фальцювальне-склеювальне та фальцювальне-зшивне обладнання.

Бігувально-різальне (рилювально-різальне) обладнання використовують для виготовлення ящиків простих конструкцій, різноманітних прокладок, вкладишів та амортизаторів. Також на цьому обладнанні виконують заготівельні операції. На бігувально-різальному обладнанні (рис.5.2) виконується розкрій аркушів гофрованого картону по ширині і повздовжнє бігування (рилювання) з метою отримання заготовок ящиків (рис. 5.3).

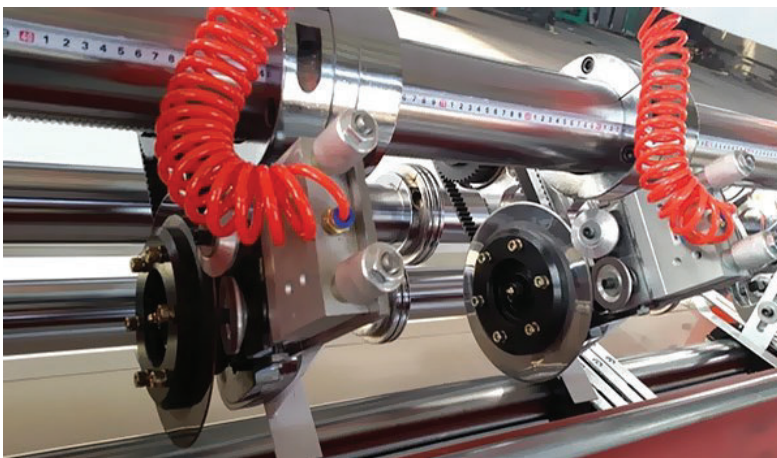


Рис. 5.2. Бігувально-різальна ділянка



Рис. 5.3. Рильовально-різальне обладнання

Штанцювальне обладнання

Штанцювальне (висікальне) обладнання (рис.5.4) використовується для виготовлення коробок та іншої тари складної конфігурації. При виборі штанцювального обладнання перш за все орієнтуються на його продуктивність та вартість. При невеликих розмірах партій (до 10 тис. одиниць) доцільно використовувати плоско-штанцювальне обладнання, на якому можна виробляти чотириклапанні ящики, лотки, піддони та коробки складної конструкції.



Рис. 5.4. Плоско-штанцювальна машина STERLING S-CUT 106

Процес висікання (штанцювання) відбувається шляхом притискання (плоский удар) одного аркушу штанцювальною плитою до висікального штампу (штанцформи). Механізм вертикального переміщення нижньої плити може бути виконаний у вигляді важільного або кулачково-важільного механізму з електромеханічним або гідравлічним приводом. Плоска штанцформа (рис.5.5) являє собою плоску фанерну основу з пазами, в які вставлені висікальні, біговальні, перфораційні та інші сталеві лінійки (ножі). Штанцформа під кожен виріб виготовляється індивідуально і може бути використана багаторазово, до повного зносу ножів.

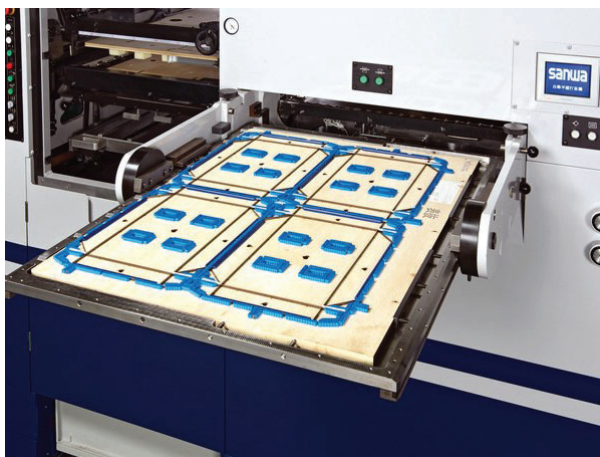


Рис.5.5. Плоска штанцювальна форма

При виготовленні великих партій картонної пакування доцільним є застосування ротаційно-штанцювального обладнання, оскільки воно забезпечує значно вищу продуктивність у порівнянні з плоско-вісікальними машинами.

У деяких випадках продуктивність ротаційних машин може перевищувати продуктивність плоских аналогів у 8–10 разів. Це особливо актуально для масового виробництва, де важлива швидкість обробки.

Водночас необхідно враховувати, що роторні штанцювальні форми є значно складнішими у виготовленні, потребують високоточної обробки та є дорогими у виробництві, що виправдано лише при великомасштабних тиражах продукції.

Ротаційно-штанцювальне обладнання (рис.5.6) призначене для виготовлення гофротари будь-якої конфігурації. В роторній машині аркуш картону подається між двома валами що обертаються, на одному з яких закріплена роторна штанцювальна форма, а на іншому присутнє еластичне покриття.

Відео - роторна штанцформа

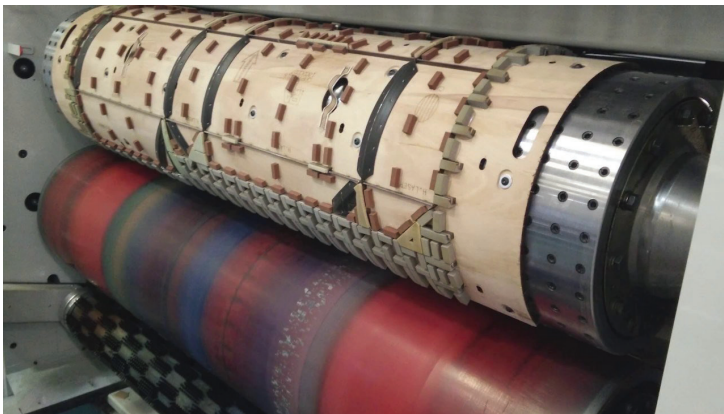


Рис. 5.6. Роторна штанцформа та вал з еластичним покриттям

Каширування картону

У поліграфії кашируванням називається вид обробки поліграфічних виробів. Процес каширування полягає в тому, що на щільну основу з паперу або картону приклеюється тонший шар паперу (лайнера). Ця технологія дозволяє нанести на поверхню пакування яскраву, повнокольорову картинку з точною передачею кольору, що не завжди можливо зробити методом прямого друку. Процес каширування здійснюється на спеціальному обладнанні, що керується автоматичними програмами. Сама технологія вкрай проста. Поверхня матеріалу покривається клейовим шаром, потім лайнер накладається на основу, після чого відбувається процес пресування та просушування. Як правило, перед початком каширування зображення заздалегідь наноситься на лайнер і покривається шаром УФ-лаку. Для виготовлення більш ошатного пакування, лайнер також можна прикрасити тисненням, фольгуванням, ламінуванням та іншими видами післядрукарської обробки.

Флейцевий каширувальний верстат
для картону та гофрокартону



Принцип роботи каширувальної машини полягає в наступному. Лист картону затягується протяжними валами, після чого на його поверхню за допомогою клейових валиків наноситься шар клею. Далі картон, рухаючись уперед, підхоплює аркуш облицювального паперу. Важливо правильно орієнтувати гофрокартон: вісь гофрів повинна збігатися з напрямком подачі. Обидва аркуші — основа та лайнер — притискаються один до одного прес-валами, після чого подаються на приймальний стіл (рис.5.7).



Рис. 5.7. Напівавтоматична каширувальна машина

Фальцювальне обладнання

Після отримання розгортки ящика або коробки за необхідності може здійснюватися складання розгортки, зшивання або склеювання картонного ящика по з'єднувальному шву (рис.5.8). Застосовуються наступні види з'єднувального шву: зшивання проволокою, склеювання клеєм, склеювання стрічкою, склеювання з подальшим зшиванням, зшивання з подальшим склеюванням стрічкою.

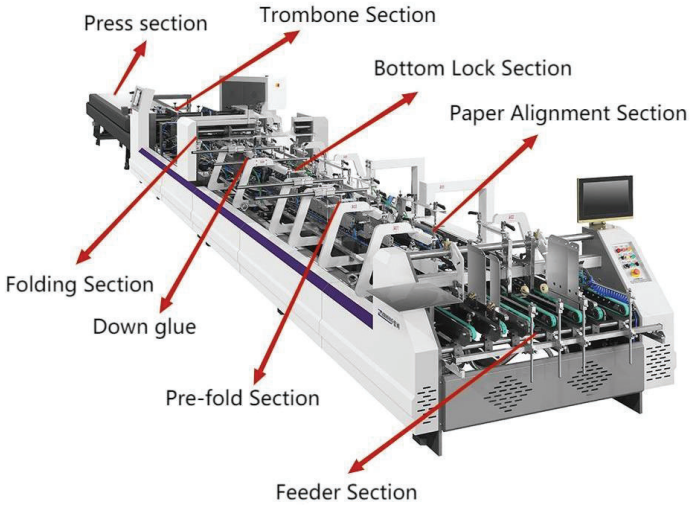


Рис.5.8. Фальцювальньо-склеювальна машина

Фальцювальньо-склеювальні машини призначені для фальцювання і склеювання ящиків з гофрокартону товщиною не менше 2 мм по бічному клапану. Сучасне фальцювальне обладнання призначене для склеювання чотирикутних або шестикутних коробок, а також конвертів, папок тощо. Машини працюють в напівавтоматичному або автоматичному режимах і виконують наступні операції:

- нанесення клею на клапан;
- складання (фальцювання) ящика або коробки по двох лініях бігування;
- склеювання, сушка та вивантаження готового виробу.

Склеювання здійснюється при кімнатній температурі розчинним у воді клеєм. Склеювання ящика по з'єднувальному клапану є більш прогресивним методом у порівнянні зі зшиванням. Основна перевага полягає в простоті конструкції машини і більш високій продуктивності. Міцність клейового шву залежить від адгезійних властивостей клею і структури поверхні картону.

Після нанесення клейової суміші заготовка проходить крізь пресувальну секцію, де здійснюється контрольоване притискання з'єднаних поверхонь з точно заданим тиском, що гарантує надійність адгезії. Особливістю сучасних машин є наявність системи автоматичного моніторингу параметрів процесу: датчики фіксують температуру, вологість, точність подачі та тиск у різних вузлах, передаючи дані на центральний пульт керування. Завдяки інтеграції з комп'ютерними технологіями оператор може у реальному часі відслідковувати якість роботи, своєчасно коригувати параметри і запобігати появі браку. Ще однією інженерною особливістю є застосування модульного принципу побудови машини, що дозволяє конфігурувати її залежно від специфіки виробництва: від компактних моделей для середніх тиражів до багатосекційних ліній для масового пакувального виробництва. У таких лініях додатково можуть бути вбудовані системи нанесення друкованої інформації, маркування, а також пристрої для контролю якості склеювання шляхом оптичних сенсорів або ультразвукової перевірки шва. Це забезпечує високий рівень стабільності та відповідність продукції міжнародним стандартам пакувальної галузі. Енергоефективність є ще одним ключовим аспектом при конструюванні фальцювально-склеювальних машин: використання електроприводів з рекуперацією енергії, оптимізація траєкторій рухомих елементів, застосування низьковитратних систем охолодження і підсушування клею дозволяють зменшити собівартість продукції без втрати якості. Крім того, виробники впроваджують системи швидкої діагностики і прогнозування несправностей на основі аналізу накопичених даних, що відповідає концепції «розумного виробництва» та Індустрії 4.0. Усе це робить сучасні фальцювально-склеювальні машини невід'ємною частиною автоматизованих пакувальних ліній, здатних працювати з високою продуктивністю, точністю та стабільністю, забезпечуючи гнучкість і конкурентоспроможність виробництва. Таким чином, розвиток конструкції цього обладнання спрямований на інтеграцію інноваційних рішень у галузі механіки, електроніки та програмного забезпечення, що дозволяє повністю автоматизувати процес виготовлення картонної та гофрокартонної тари, знизити втрати часу і матеріалів, а також гарантувати стабільно високу якість кінцевої продукції у відповідності до сучасних стандартів і вимог ринку.

**Машина для склеювання папок
з гофрованого картону**



ТЕМА 6. КОМПЛЕКСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІННОВАЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ ПАПЕРОВИХ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І ТАРИ

Виробництво гофрокартонної тари є одним з найбільш затребуваних напрямів у сфері сучасного пакування завдяки універсальності, екологічності та економічній ефективності цього матеріалу. Гофрокартон використовується для виготовлення як споживчої, так і транспортної тари для харчових продуктів, побутової техніки, промислових виробів, косметики, фармацевтики та іншої продукції. Основу технологічного процесу виробництва гофротари складає виготовлення тришарового або багат шарового гофрокартону з подальшим перетворенням його у різноманітні пакувальні вироби.

Процес виробництва гофрокартонної тари починається з підготовки рулонного паперу, який є сировиною для формування плоских і гофрованих шарів. До основних типів паперу, що використовуються у цьому процесі, належать тестлайнер, флутинг і крафтлайнер. Вибір конкретного типу залежить від вимог до міцності, вологостійкості та призначення кінцевого продукту. Виробництво гофрованого картону здійснюється на високопродуктивних гофроагрегатах — автоматизованих лініях безперервної дії, які забезпечують гофрування паперу, нанесення клею, поєднання шарів, сушіння та ламінування. Гофрування здійснюється шляхом пропускання паперу крізь нагрівальні гофрувальні вали з рифленою поверхнею, що формують хвилю відповідного профілю. Залежно від вимог до тари, застосовуються профілі типів В, С, Е, F або їх комбінації (наприклад, ВС чи EF), що дозволяє оптимізувати структуру картону за жорсткістю, амортизаційними властивостями та товщиною.

Контроль параметрів гофрування є критично важливим для забезпечення стабільності геометрії й фізико-механічних характеристик гофрокартону, від яких безпосередньо залежить якість і надійність готової тари. Після формування гофрокартону аркуші або рулони передаються на лінії для виготовлення пакувальних виробів. На цьому етапі використовується обладнання для флексодруку, штанцювання, вирізання, склеювання та зшивання. Машини флексодруку забезпечують нанесення одноколірного або багатоколірного зображення (логотип, інструкції, маркування) з високою роздільною здатністю. Далі за допомогою автоматизованих штанцювальних пресів з плоскими або циліндричними штампами виконуються вирізання вікон, клапанів та отворів, а також формування складної геометрії пакування.

Склеювання здійснюється на складально-клеючих машинах, які працюють із високою продуктивністю та забезпечують точність з'єднання клапанів коробок. Альтернативою є зшивання дротом, що застосовується для виготовлення тари підвищеної міцності, наприклад, для важких вантажів. У виробництві також використовуються автоматичні лінії для виготовлення піддонів з гофрокартону, а також вбудовані системи контролю якості (камера візуального контролю, лазерні вимірювачі розмірів, датчики тиску на клапани). Сучасні підприємства прагнуть до автоматизації всіх етапів виробництва, включаючи логістику, що дозволяє підвищити продуктивність і зменшити витрати. На провідних заводах застосовуються ERP-системи та SCADA-рішення для інтеграції виробничого процесу, прогнозування потреб у сировині, оптимізації технологічних параметрів та обліку готової продукції. Гофрокартонна тара класифікується за кількістю шарів (три-, п'яти-, семишаровий), типом профілю хвилі (одинарна, подвійна, мікрохвиля) та за типом конструкції (клапанні коробки, висічні коробки, лотки, комбіновані пакування з вікнами). Кожен тип має своє призначення: мікрогофра — для споживчої пакування з друком високої якості, п'ятишаровий гофрокартон — для транспортної тари, що витримує великі навантаження. Окрему увагу варто приділити екологічності виробництва. Паперові відходи після штанцювання повертаються у переробку, застосовуються безпечні водорозчинні клеї та фарби на водній основі. Більшість гофротари піддається вторинній переробці, що відповідає сучасним стандартам сталого розвитку та екологічної сертифікації FSC.

Таким чином, технології та обладнання для виготовлення гофрокартонної тари становлять складну, але ефективну систему, що поєднує високотехнологічні рішення з екологічними підходами. Завдяки широкому спектру конструктивних рішень, доступності сировини та можливості вторинної переробки, гофрокартон залишається незамінним матеріалом у сучасній пакувальній промисловості. Його виробництво базується на комплексному застосуванні високоточного механічного, гідравлічного, пневматичного та цифрового обладнання, а також на глибокому розумінні властивостей матеріалу та вимог до кінцевого продукту.

Автоматизація та інтелектуальні системи управління

Виробництво гофрокартону стало високотехнологічним процесом, де автоматизація відіграє ключову роль. Сучасні виробничі лінії оснащені

Таблиця 6.1.

Алгоритм первинного розрахунку автоматичної лінії пакування
комбікормів у клапанний мішок

№п/п	Назва параметра	Формула / Опис розрахунку	Одиниці вимірювання	Примітка
1	Маса продукту в одному мішку	m_{bag} (вхідний параметр)	кг	Типові значення 25 або 50 кг
2	Швидкість дозатора (продуктивність подачі)	Q_{feeder} (вхідний параметр)	кг/с	Залежить від типу дозатора/шнека/стрічки
3	Час наповнення мішка	$t_{\text{fill}} = m_{\text{bag}} / Q_{\text{feeder}}$	с	Без урахування корекції ваги
4	Базовий час зважування	$t_{\text{weigh_base}}$ (вхідний параметр)	с	Напр. 0,8 с для тензометричної платформи
5	Час зважування з урахуванням точності	$t_{\text{weigh}} = t_{\text{weigh_base}} \cdot (1 + \delta_w/100)$	с	δ_w — допуск зважування, %
6	Час закриття/герметизації клапана	t_{valve} (вхідний параметр)	с	Для клапанних мішків із клейовою/ультр азвуковою герметизацією
7	Час скидання та індексації мішка	t_{index} (вхідний параметр)	с	Падіння мішка на транспортер + крокові переміщення
8	Тривалість циклу пакування одного мішка	$t_{\text{cycle}} = t_{\text{fill}} + t_{\text{weigh}} + t_{\text{valve}} + t_{\text{index}}$	с	Сумарний час на один мішок
9	Теоретична продуктивність	$N_{\text{th}} = 3600 / t_{\text{cycle}}$	мішк/год	Без урахування втрат
11	Фактична продуктивність лінії	$N = N_{\text{th}} \cdot \eta$	мішк/год	Реальна швидкодія системи
12	Масова продуктивність	$M = N \cdot m_{\text{bag}} / 1000$	т/год	Перехід із кг у тонни
13	Питома енергоємність на мішок	$E_{\text{bag}} = P_{\text{elec}} / N$	кВт·год/мішок	P_{elec} — сумарна встановлена потужність лінії, кВт
14	Питомі витрати стисненого повітря	q_{air} (вхідний параметр)	Нл/мішок	Упневмоциліндрів клапана, маніпуляторів

Інноваційні методи друку

У сучасному технологічному середовищі, що характеризується стрімким розвитком логістичних процесів, електронної комерції, діджиталізованих систем керування та автоматизованих складських комплексів, пакувальна тара вже давно перестала виконувати виключно функцію захисту товару (рис.6.2). Сьогодні вона розглядається як важливий інженерно-маркетинговий елемент із високим рівнем інтеграції в ланцюг доданої вартості, виконуючи роль носія комунікаційного, інформаційного та брендового навантаження.

Характеристика	Цифровий друк	Флексографія	Літоламінація
Нанесення зображення	Струменевий, лазерний	Аналоговий	Офсет
Масштаб виробництва	Малосерійне	Масове виробництво	Масове виробництво
Рівень якості	Висока роздільна здатність	Середня якість	Висока якість
Рівень автоматизації	Індустрія 4.0	Традиційний	Традиційний
Економічна ефективність	Маленька серія	Великий обсяг	Преміум сегмент
Функціональна спеціалізація	Універсальний	Універсальний	Преміум сегмент

Рис.6.2. Узагальнення методів друку на картонних пакуваннях

У цьому контексті інноваційні методи нанесення зображень і технологічного маркування на гофровані пакувальні матеріали — зокрема цифровий друк, флексографія та літоламінація — стають ключовими технологічними рішеннями, що визначають якісно новий рівень функціональності пакування. Цифровий друк, який базується на безконтактних методах нанесення зображення (переважно струменевому або лазерному принципі), є надзвичайно ефективним у ситуаціях, що вимагають високої гнучкості, швидкої зміни дизайну, персоналізації або виробництва коротких тиражів. Завдяки відсутності друкарських форм і мінімальним підготовчим втратам, цифрові системи забезпечують не лише скорочення часу виробничого циклу, але й зниження сукупних витрат на

виготовлення одиничного пакування при збереженні високої роздільної здатності друку, широкої колірної гами та високої точності передачі графічних елементів. Такі рішення є особливо актуальними в умовах маркетингової кастомізації продукції, таргетованих рекламних кампаній, адаптації під локальні мовні та культурні ринки, а також у сегменті преміального та персоналізованого пакування. Паралельно з цим, флексографічний друк — один із наймасовіших методів нанесення графіки на гофрокартон — демонструє високу ефективність у серійному виробництві. Завдяки використанню фотополімерних друкарських форм, швидкосохнучих фарб (зокрема УФ-чутливих), автоматизованих систем змішування і подачі фарби, сучасні флексомашини забезпечують значну продуктивність і прийнятну якість друку при зниженій собівартості, що є визначальним чинником для великих пакувальних підприємств. До технічних переваг флексографії належать здатність працювати з широким спектром картонних матеріалів різної щільності, стабільна кольоропередача при багатоколірному друці, а також адаптація до безперервного виробничого потоку з інтеграцією у високошвидкісні пакувальні лінії. Зі свого боку, літоламінація забезпечує найвищий візуальний рівень пакування завдяки поєднанню офсетного друку на крейдованому аркуші з наступним ламінуванням отриманого зображення на гофровану основу. Така технологія дозволяє отримати графіку фотоякості, з насиченим кольором, високою деталізацією і блиском, що робить її ідеальним рішенням для елітної продукції, подарункових наборів, товарів преміум-класу або експозиційного розміщення в торгових мережах. Водночас літоламінація вимагає більш тривалого циклу обробки та має вищу собівартість, тому її застосування доцільне лише за умови відповідного комерційного обґрунтування. Важливим напрямом розвитку всіх вищезазначених методів є їх інтеграція з інформаційно-керуючими системами згідно з концепцією «Індустрії 4.0». Сучасні рішення дозволяють здійснювати синхронізацію процесу друку з корпоративними ERP- та MES-платформами, забезпечуючи гнучке керування потоком графічної інформації безпосередньо в реальному часі. Завдяки цьому стає можливим динамічне оновлення дизайну, інтерактивна персоналізація упаковки, виведення змінної інформації (наприклад, QR-кодів, серійних номерів, RFID-міток), а також глибока аналітика щодо поведінки споживача та логістичних характеристик товару. Така трансформація пакування з фізичної оболонки в цифровий інтерфейс між виробником, продуктом і споживачем відкриває нові горизонти для автоматизації, простежуваності, маркетингу та сталого розвитку. З позиції інженерного

аналізу, впровадження інноваційних технологій друку потребує системного підходу до модернізації виробничих ліній, вибору сумісних субстратів, оптимізації фарбових систем, а також застосування засобів комп'ютерного зору для контролю якості графіки в режимі онлайн. Таким чином, інноваційні методи друку на гофрованому пакувальному матеріалі формують мультифункціональну інженерну екосистему, що одночасно виконує задачі візуалізації, комунікації, маркування, відслідковування та диференціації товару, гармонійно поєднуючи технічну доцільність із маркетинговою ефективністю.

Сталість та екологічність виробництва

Сучасне виробництво гофрокартону орієнтоване на сталий розвиток та мінімізацію впливу на навколишнє середовище. Використання вторинної сировини, оптимізація споживання енергії та впровадження систем утилізації відходів стали стандартами галузі. Крім того, виробники активно впроваджують технології, що дозволяють зменшити споживання води та енергії, а також знизити викиди шкідливих речовин.

У сфері сучасного пакування технології та обладнання для виробництва гофрокартонної тари відіграють ключову роль у впровадженні інноваційних рішень, зокрема у дизайні та персоналізації продукції. Завдяки розвитку цифрових систем, лазерної різки та високошвидкісного друку, виробники отримали змогу виготовляти тару нестандартних форм, розмірів і конструкцій із точним урахуванням специфікацій замовника. Це особливо важливо для продукції, що потребує індивідуального підходу до пакування — наприклад, харчових товарів, косметики або електроніки. Сучасні цифрові друкарські машини дозволяють наносити персоналізовані зображення, логотипи, тексти, QR-коди та інші графічні елементи безпосередньо на гофрокартон з високою роздільною здатністю. Персоналізація пакування не лише підвищує естетичну привабливість продукції, але й слугує ефективним інструментом маркетингу, сприяє впізнаваності бренду та створює позитивне враження у кінцевого споживача. Завдяки автоматизованим лініям з числовим програмним керуванням, можливе гнучке переналаштування обладнання під різні тиражі, що дає змогу оперативно реагувати на ринкові зміни й запити клієнтів. У підсумку, інновації в дизайні та персоналізації гофротари забезпечують додану вартість, сприяють розвитку брендів та оптимізують процеси пакування в умовах динамічного ринку.

ТЕМА 7. ВИРОБНИЦТВО ТАРИ ТА ПАКОВАННЯ З ГАЗОНАПОВНЕНИХ ПЛАСТМАС (ПІНОПЛАСТІВ)

Пінопласт – легкий газонаповнений полімерний матеріал, який є гетерогенною системою, що складається з твердої або пружньо-еластичної фази (полімеру, суміші декількох полімерів, суміші полімеру і наповнювачів) та газової фази. Це особливий вид матеріалів, які відрізняються неоднорідністю, що нагадує структуру застиглої піни.

Пакування з пінопласту має високі вібропоглинаючі та термоізоляційні властивості, малу питому вагу, естетичний вигляд. Воно негігроскопічне, хімічно інертне, не пошкоджує поверхню пакованих виробів та витримує відносно високе ударне навантаження. В наш час пінопласт широко використовують для пакування електронних приладів, крихких виробів (скло, фарфор, кришталь), а також для виробництва ізоtermічного пакування. З пінопласту та комбінованих матеріалів на його основі виготовляють ящики, футляри, лотки та інші види тари, різноманітні вкладиші та ложементи.

В залежності від полімерної основи розрізняють пінопласти термопластичні (на основі полістиролу, поліетилену, полівінілхлориду) та термореактивні (на основі фенолоформальдегідних, епоксидних та інших смол). Для виробництва тари з пінопласту і елементів пакування складної конфігурації широко застосовують полістирол різних марок, що спінюється. Він являє собою продукт полімеризації стиролу в присутності пороутворювача (ізопентану), який становить від 4,4 до 6% маси гранул розміром від 0,4 до 2,5 мм. Друге місце за популярністю посідає поліуретан, з якого можна виготовляти жорсткі, напівеластичні та еластичні елементи пакування. Поліуретан спеціальних марок використовується для наплення на поверхню пакованих виробів, при цьому він має гарну адгезію до металів, дерева та паперу. Рідше для пакування застосовуються пінопласти на основі полівінілхлориду.

Пакування з пінопласту може виготовлятися різними методами, що залежать від способу отримання піноматеріалу та виду полімеру, що використовується. Найбільш поширеними методами є:

- лиття під тиском;
- безпресовий метод;
- змішування компонентів заливочних компаундів;
- екструзія листових пакувальних матеріалів.

Метод лиття під тиском

Процес виготовлення тари з пінопласту методом лиття під тиском має ряд особливостей у порівнянні із класичною технологією лиття термопластів і реактопластів. Різниця ця обумовлена наявністю в гранулах полімеру пороутворювача, температура кипіння або розкладення якого значно нижча температури переробки полімеру. Внаслідок цього

гранульований матеріал при пластифікації в герметично зачиненому об'ємі циліндра ливарної машини не спінюється, а насичується газом пороутворювача, що випарюється, створюючи в циліндрі тиск 1,7 – 3,5 МПа. Оскільки цей розчин при скиданні тиску миттєво розширюється, його впорскування у форму з циліндра ливарної машини має здійснюватися з максимальною швидкістю, забезпечуючи її часткове заповнення.

Подальше заповнення всього внутрішнього об'єму форми здійснюється в результаті вспінювання впорснутої порції полімеру, розчиненого в ній газом.

Через пористу структуру пінопласти мають дуже низьку теплопровідність, тому для їх охолодження в ливарній формі до досягнення граничної зони механічної міцності потрібен тривалий час. Після вилучення виробу з форми його подальше охолодження здійснюється у водяній ванні. Для виготовлення тари (рис.7.1) та інших елементів пакування цим методом можна застосовувати інжекційні ливарні машини, а також екструзійні агрегати і преси.

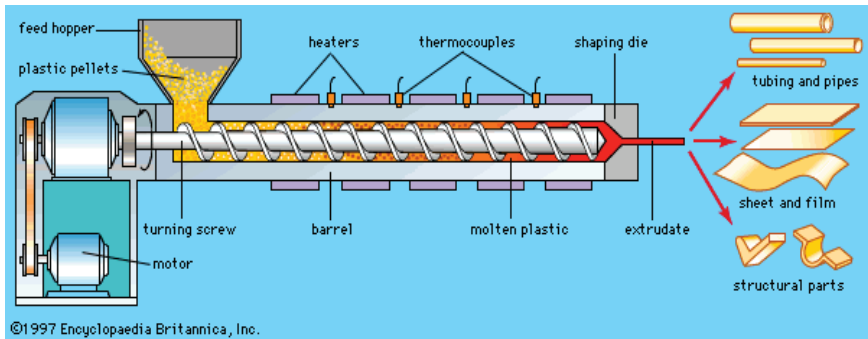


Рис.7.1. Технологічна схема лиття під тиском

Анімація структурного лиття
з пінопласту



Безпресовий метод отримав найбільш широке розповсюдження для виготовлення пінополістирольної тари та елементів пакування складної конфігурації. Він включає в себе такі основні операції:

- попереднє вспінювання гранул полістиролу;
- дозрівання спінених гранул;
- формування виробів;
- вилежування та сушка відформованих виробів.

Попереднє спінювання являє собою самовільне розширення гранул при температурі, що перевищує температуру склування полімеру (85-95°C) в потоці теплоносія, в якості якого використовується пара, кипляча вода або гаряче повітря. В результаті такого нагріву полімер гранул переходить в в'язкотекучий стан, а пороутворювач, що випарюється, по всьому його об'єму утворює елементарні осередки з надлишковим тиском газу, який спонукає розтягування полімеру та збільшення гранул в об'ємі від 8 до 20 раз. Причому за рахунок пороутворювача гранули збільшуються в об'ємі лише на 50%, а інше розширення відбувається внаслідок проникнення в осередки водяної пари або гарячого повітря (рис.7.2). Найчастіше в якості теплоносія використовують пару, яка не лише нагріває гранули, але й проникає в пори, утворюючи всередині додатковий тиск. У воді процес спінювання відбувається повільніше, тому легше отримати матеріал із потрібним значенням питомої ваги.

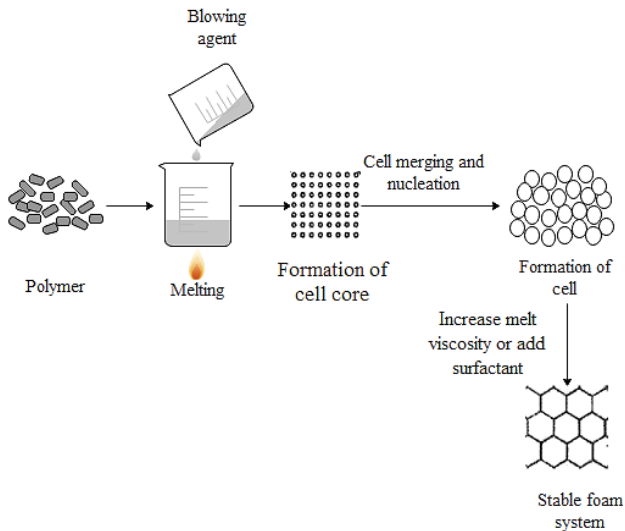


Рис.7.2. Технологія формування спінених гранул (полістерол)

При подальшому охолодженні спінених гранул водяна пара і пороутворювач конденсуються всередині повітряних осередків, утворюючи в них розрідження. Для забезпечення подальшого розширення цих гранул при формуванні виробів, необхідно щоб тиск всередині пор дорівнював атмосферному. Відразу після спінювання гранули є еластичними і чутливими до ушкоджень.

Під час дозрівання попередньо спінених гранул відбувається їх підсушування і насичення повітрям. Для цього гранули перемішують в бункер дозрівання, де вони перемішуються та обдуваються повітрям. Час дозрівання триває від 12 до 24 годин і залежить від ваги спіненого полістиролу (чим менше вага тим більше час дозрівання).

При формуванні виробів заданої форми і розмірів спінені гранули засипають в спеціальні перфоровані форми і нагрівають (парою, кип'ячою водою). В процесі такого нагріву гранули остаточно спінюються, збільшуються в розмірах і, щільно притискаючись один до одного в закритому об'ємі форми, з'єднуються між собою у виріб. Нагрівання також може здійснюватися зануренням форми у окріп. Тривалість нагріву складає 20-60 секунд. Після нагріву виріб охолоджують у формі для переходу матеріалу з еластичного стану в твердий. Час охолодження становить 2-10 хвилин і залежить від товщини стінок виробу, що формується. Після вилучення з форми виріб залишається вологим, тому його сушать при температурі 50–60 °С протягом 2–3 годин.

На (рис.7.3) зображено машину формування виробів, що складається зі станини 1, на якій закріплено дві нерухомі паралельні плити 2 і 3. Між нерухомими плитами знаходиться рухома плита 4, яка переміщується по напрямним 5. Плита 4 переміщується за допомогою гідравлічного циліндра 6. На поверхнях плит 2 і 4 закріплено напівформи 7.

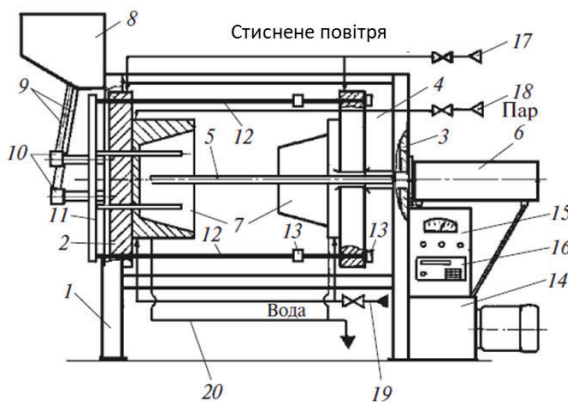


Рис.7.3. Машина формування виробів

На станині також розміщено: бункер 8; пневмонаповнювачі 10; штовхач 11, з'єднаний із рухомою плитою важелями 12; гідростанція 14; шафа керування 15. Стиснене повітря подається по трубопроводу 17; паропровід 18; вода на контур охолодження подається по трубопроводу 19.

Спінений гранульований матеріал завантажується в бункер 8. На початку циклу шток гідроциліндра 6 переміщує рухому плиту 4 і після чого/в наслідок чого напівформи 7 змикаються. З бункеру 8 по трубопроводах 9 через пневмонаповнювачі 10 порожнину форми заповнює гранульований полістирол. Після цього з паропроводу 18 пара поступає в отвори напівформ.

Під дією пари гранули в формі нагріваються, остаточно спінюються, збільшуються в об'ємі і з'єднуються (спікаються) у виріб. Далі подача пари зупиняється, і форма 7 охолоджується водою, яка подається по трубопроводу 19 і зливається через колектор 20. Після охолодження виробу до досягнення необхідної механічної міцності матеріалу форма 7 відчиняється зворотнім рухом рухомої плити 4, при цьому в момент початку руху з пневмосистеми 17 в отвори напівформ подається стиснене повітря, яке від'єднує виріб від стінок форми. Після проходження певної ділянки шляху плита 4 через шайби 13 і важелі 12 тягне за собою механічний штовхач 11, який остаточно викидає виріб із нерухомої напівформи. Тривалість циклу формування становить 2 – 8 хвилин і залежить від температури теплоносія і розмірів виробу, що формується. Зазвичай на 1 см товщини стінки виробу припадає 1,5 хвилини тривалості циклу. Конструкція машини (рис.7.4) дозволяє формувати одночасно до 8 виробів. Зусилля змикання форми – 110 кН.

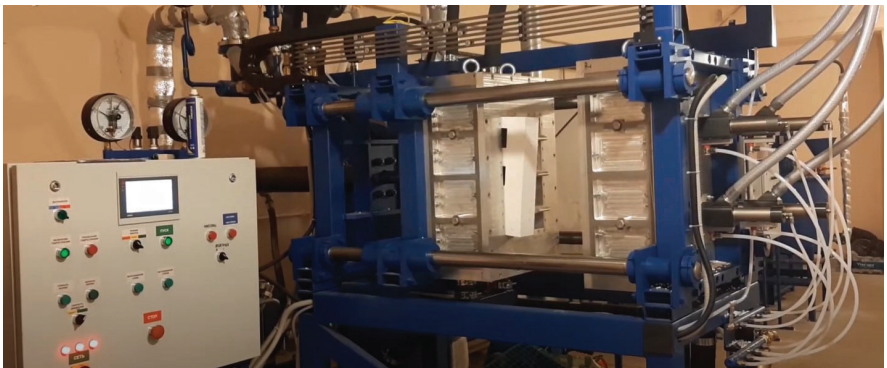


Рис. 7.4. Загальний вигляд машини формування виробів з спіненого полістиролу

Після формування готові вироби вкладають на стелажі ~~вилежування~~ для вилежування та сушки протягом 2-3 годин.

На (рис.7.5) зображено технологічну схему лінії для одночасного виготовлення різноманітної тари з пінопласту (коробки, лотки, футляри) в умовах дрібносерійного багатонаменклатурного виробництва.

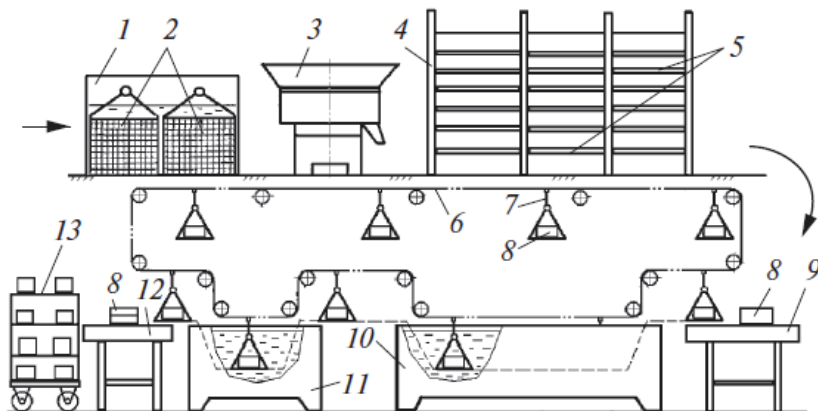


Рис.7.5. Технологічна схема виготовлення тари з пінопласту

До складу лінії входять наступні пристрої і механізми, які розміщені в послідовності виконання технологічного процесу:

- ванна 1 з гарячою водою, в якій розміщені корзини 2 з гранульованим матеріалом для його попереднього спінування;
- центрифуга 3, яка видаляє воду зі спінених гранул;
- багатоярусні стелажі 4 з полками 5, на яких відбувається сушка і дозрівання гранул;
- ланцюговий конвеєр 6, який безперервно переміщує лійки 7 із формами 8;
- стіл 9 для збирання форм з їх заповненням спіним матеріалом;
- ванна 10 з гарячою водою, в якій відбувається остаточне спінування в формах 8 гранульованого матеріалу і формування виробів;
- ванна 11 з холодною водою, в якій відбувається охолодження форм 8 із готовими виробами;
- стіл 12, на якому здійснюється розбірка форм 8 та видалення готових виробів (рис.7.6) на рухомі возики 13.

Гранульований матеріал засипають в корзини 2, які занурюють у ванну 1 з гарячою водою (90-95°C). Процес спінування відбувається

повільніше, ніж при нагріві парою, тому легше отримати матеріал із заданим значенням насипної ваги. Далі спінений полістирол пересипають в центрифугу 3, де вода відділяється від гранул. На полицях 5 гранули дозрівають і підсушуються протягом 12 годин. Готовим матеріалом наповнюють форми 8. Форми встановлюють в люльки 7 ланцюгового конвеєру 6. В процесі подальшого безперервного руху ці люльки спочатку занурюються у ванну 10 з гарячою водою, де гранульований матеріал нагрівається, остаточно спінюється, збільшується в об'ємі і спікається у виріб. Далі люльки потрапляють у ванну 11, де форми охолоджуються. Після цього форми знімають на стіл 12, де форми розкривають, а готові вироби вкладають на рухомі возики 13.



Рис.7.6. Срезки елементів пакування з пінопласту

Розібрані форми вкладають в люльки і конвеєром передають на початкову позицію. Виготовлені вироби переміщують в окреме приміщення, де відбувається вилежування та сушка. Така лінія дозволяє виготовляти вироби розмірами до 400 мм із продуктивністю до 700 штук на годину.

Метод змішування компонентів заливальних компаундів

Цим методом виготовляються пінопласти із термореактивних полімерів. Такі композиції застосовують для виготовлення тари і амортизуючих елементів пакування складної конфігурації, а також для заповнення тари з виробом та для нанесення пенопластів безпосередньо на поверхню виробів з метою їх термоізоляції та захисту від механічних ушкоджень. Технологічна схема заливної установки для фенолформальдегідних мас зображена на (рис.7.7). Установка складається:

- з двох ємностей 1 і 2 для полімеру і каталізатору відповідно;
- двох дозуючих насосів 3 і 4, з'єднаних з ємностями трубопроводами 5 через крани 6;
- електродвигуна 7, який через ремінну передачу 10 обертає насоси. Швидкість обертання встановлюється за допомогою регуляторів 8 і 9;
- змішувальної головки 12, приєднаної до насосів трубопроводами 13 через крани 14;

- манометрів 16, що з'єднані з ємностями через дроселі 16.

В процесі роботи установки фенолформальдегідна композиція і каталізатор безперервно подаються по трубопроводах з ємностей 1 і 2 дозуючими насосами 3 і 4 у змішувальну головку 12. При перемішуванні протягом 1-2 секунд відбувається спінювання. Далі суміш подається на заливку.

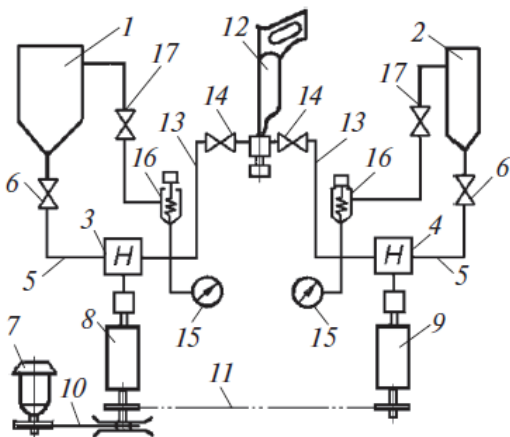


Рис.7.7. Технологічна схема заливної установки

Тару та інші вироби отримують шляхом заливки отриманого піноматеріалу при кімнатній температурі в закриті форми (рис.7.8). Внутрішня поверхня форм обробляється антиадгезійним розчином для уникнення налипання. Самі форми виготовляють з металу, деревини або пластику.



Рис. 7.8. Процес наповнення форм піно матеріалом

Процес виробництва формованого пінопласту зсередини



Екструзія листових пакувальних матеріалів

З листових піноматеріалів, які отримані методом екструзії, для пакування найчастіше використовують пінополіетилен і пінополістирол. Спінені поліетиленові листи отримують на звичайних екструзійних агрегатах, призначених для переробки термопластів. На цьому обладнанні виготовляють листи із щільністю 400 – 550 кг/м³, шириною до 1500 мм і товщиною від 1 до 6 мм. Такі листи можна зварювати і формувати. Для пакування продукції використовують також комбінування пінопластів з іншими матеріалами: папером, картоном фольгою.

Лоток (рис.7.9) із спіненого полістиролу на сьогодні є однією з самих популярних одноразових пакувань. З появою супермаркетів з'явилась потреба фасувати велику кількість різноманітних продуктів безпосередньо на місці. У порівнянні із папером лоток з пінополістиролу дозволяє підготувати продукт до продажу заздалегідь і далі розмістити його на прилавку. При цьому лоток обертається прозорою ПВХ-плівкою. Таким чином безпосередньо в магазині є можливість отримати зручне герметичне прозоре пакування.



Рис.7.9. Продукція, пакована в лотки з пінополістиролу

Інше застосування листа (рис.7.10) із спіненого полістиролу у пакуванні – це виробництво коробок для яєць, ланч-боксів, тарілок та стаканів.



Рис. 7.10. Зразки пакувань зі спіненого полістиролу

Комплекс обладнання для виготовлення такого пакування складається з екструдера для виробництва листа із спіненого полістиролу та термоформувальної машини для формування листа. Екструдер зазвичай побудований за тандемною технологією, тобто складається з двох послідовно встановлених екструдерів, поєднаних вузькою перехідною трубкою. В першому екструдері (рис.7.11) відбувається плавлення гранул полістиролу із невеликою кількістю тальку, а в другому відбувається перемішування розплаву із газом.



Рис. 7.11. Екструдер для виробництва листів пінополістиролу

Рулонам (рис.7.12) необхідно відстоятись протягом декількох днів, а далі лист підлягає термоформуванню.

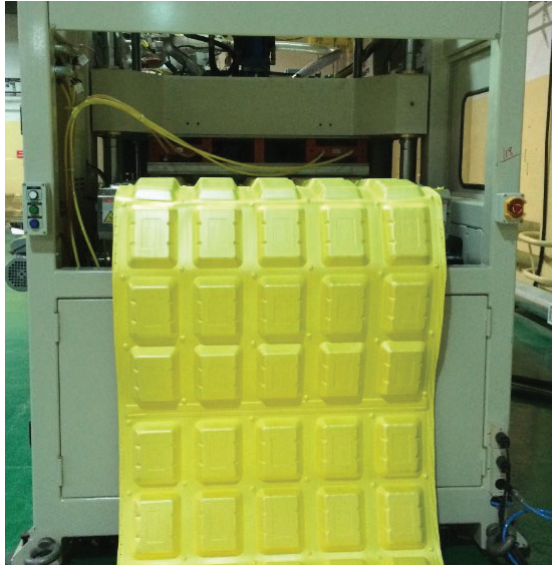


Рис. 7.12. Термоформовочна машина

Термоформовочна машина працює зі швидкістю 3-4 секунди на цикл, що дозволяє виготовляти до 30000 пакувань на годину. Машина складається з розмотки рулону, формуючого пресу, вирубного пресу, машини для укладки та подрібнювача. Всі процеси, окрім встановлення рулону матеріалу, виконуються автоматично. Процент відходів при виробництві пакувань складає до 40%. Тому відходи подрібнюються і направляються на вторинну переробку. Вторинні гранули використовують для виробництва більш габаритних виробів, наприклад стінових панелей.

Термоформувальна машина
для пінополістиролу



ТЕМА 8. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТЕРМОФОРМОВАНОЇ ТАРИ З ЛИСТОВИХ І РУЛОННИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

1. Листові і плівкові термопластичні матеріали для термоформування

Класифікація листових і плівкових матеріалів. Сьогодні немає чіткого поділу на листи і плівки. Умовно до листів відносять вироби з товщиною більше 0,25-0,5 мм. Проте частіше для поділу на листи і плівки беруть до уваги тип обладнання, який застосовується для виготовлення тари. Листові і плівкові полімерні матеріали можна класифікувати за наступними ознаками (рис.8.1):

Класифікація листових і плівкових матеріалів



Рис.8.1. Загальна класифікація листових і плівкових матеріалів для термоформування

Всі основні властивості переробки полімерних листів і плівок визначаються властивостями полімерних матеріалів, з яких вони виготовлені.

Основні термопластичні матеріали, що використовують для термоформування

Термопластичні матеріали класифікують за ISO 1043, який є міжнародним стандартом, що встановлює аббревіатурні позначення для пластмас (полімерів). Він складається з кількох частин (рис.8.2):



Рис.8.2. Опис складових частин ISO 1043

В Україні ці стандарти прийняті з позначкою ДСТУ ISO (табл.8.1)

Табл.8.1

Стандарти позначення для пластмас

Частина стандарту	Назва українською	Позначення
ISO 1043-1	Пластмаси. Позначення полімерів — Частина 1	ДСТУ ISO 1043-1:2005
ISO 1043-2	Пластмаси. Позначення наповнювачів та армуючих матеріалів — Частина 2	ДСТУ ISO 1043-2:2005
ISO 1043-3	Пластмаси. Позначення пластифікаторів — Частина 3	ДСТУ ISO 1043-3:2005
ISO 1043-4	Пластмаси. Позначення властивостей вогнестійкості — Частина 4	ДСТУ ISO 1043-4:2005

Абрєвіатурні позначення (табл.8.2) для найпоширеніших полімерних матеріалів відповідно до міжнародного стандарту ISO 1043 (також підтримується і в українських стандартах ДСТУ).

Позначення (табл.8.2) використовуються на пакуванні, маркуванні пластикових виробів, а також у специфікаціях до пакувального обладнання (наприклад, для налаштування температури зварювання плівок).

Позначення полімерних матеріалів

Матеріал	Абревіатура (ISO 1043 / ДСТУ)
Полістирол	PS
Полівінілхлорид	PVC
Поліетилен	PE
Поліетилен високої щільності	HDPE
Поліетилен низької щільності	LDPE
Поліпропілен	PP
Поліамід (зазвичай PA6 або PA66)	PA
Полікарбонат	PC
Поліетилентерефталат	PET

Полістирол (ПС) – прозорий матеріал із гарним блиском. Температура склування 100 °С, температура полімеризації 260 °С. Щільність 1,05-1,15 кг/дм³. Стійкий до дії олії, спиртів, води, лужних і кислотних розчинів. Нестійкий до бензину, ефірних олій, оцтової та молочної кислот. Полістирол дуже крихкий, через це його неможливо переробляти з рулону. Зазвичай переробляється на установках, що складаються з екструзійного і формуючого агрегатів. Під дією сонячних променів та вологи поступово відбувається помутніння і пожовтіння ПС, збільшується його крихкість та з'являються тріщини. Найбільша робоча температура для виробів з ПС не перевищує 70°С. ПС добре забарвлюється, на його поверхню легко наносити друк.

Співполімер з бутадієновим каучуком – ударостійкий полістирол (УПС), що має непрозору білу поверхню. Хімічні властивості УПС аналогічні властивостям ПС. Характеризується значно більшою ударною в'язкістю, але більш схильний до старіння. Гарно переробляється пневмовакуумним формуванням. Широко застосовується для виготовлення пакування, в тому числі для харчових продуктів. З листового ПС методами термоформування отримують блістерне пакування, лотки, підставки для продуктів, одноразовий посуд.

Полівінілхлорид (ПВХ) стійкий до дії бензину, спиртів, концентрованих кислот та лугів. Фізіологічно не шкідливий, тому деякі марки ПВХ використовують для виробів медичного призначення. Температура склування 65-160 °С. Щільність 1,4 кг/дм³. При нагріві вище 160 °С починає руйнуватись із виділенням хлориду водню.

ПВХ має високу механічну міцність, жорсткість і твердість, але низьку ударну в'язкість. Властивості плівок залежать від вмісту домішок. Методом термоформування з листового ПВХ виготовляють лотки, піддони для різних продуктів, а також блістерне пакування. Також жорсткий ПВХ широко використовується як будівельний матеріал.

Поліетилен (ПЕ) отримують в результаті полімеризації газу етилену. За нормальних умов ПЕ не розчиняється в органічних розчинниках. Стійкий до кислот і лугів. Під дією кисню, температури, ультрафіолету відбувається старіння ПЕ, яке виражається в погіршенні фізико-механічних властивостей. В залежності від умов полімеризації отримують різні марки ПЕ.

Поліетилен низької щільності (ПЕНЩ) виготовляється при температурі 200-300°C і при високому тиску 100-350 МПа. Щільність 0,91-0,93 кг/дм³. Температура плавлення 110°C. Він стійкий до дії бензину, спиртів, розчинів солей і лугів. При температурі до 60 °C витримує дію азотної та сірчаної кислот. На повітрі під дією діоксиду вуглецю, кисню і вологи можуть з'являтися тріщини.

ПЕНЩ – це конструкційний матеріал загальнотехнічного призначення, який поєднує невелику вартість із достатньо високими фізико-механічними показниками. ПЕНЩ зберігає еластичність до температури –60°. Нетоксичний, не виділяє в навколишнє середовище шкідливих речовин. Вироби з ПЕНЩ дозволені для контакту з харчовими продуктами та водою. До недоліків ПЕНЩ відносять низьку робочу температуру, горючість, важкість нанесення на поверхню друку.

У виробництві тари і пакування ПЕНЩ використовується переважно у вигляді плівок. Плівки виготовляють методом екструзії через плоску формуючу головку. Широке застосування ПЕНЩ знаходить у виробництві різноманітних пакетів (побутового призначення, мусорні, медичні). Для групового пакування використовують плівки, що розтягуються.

Поліетилен високої щільності (ПЕВЩ) отримують полімеризацією при температурі 80°C і невисокому тиску 0,3-0,5 МПа. Щільність 0,95 кг/дм³. Температура плавлення 120-125°C. ПЕВЩ більш стійкий до дії розчинників та агресивних середовищ. ПЕВЩ володіє кращими фізико-механічними показниками, теплостійкістю, твердістю, морозостійкістю, ніж ПЕНЩ.

З ПЕВЩ можна виготовляти тару усіма основними способами переробки термопластів, найбільш часто використовують лиття під тиском. Добре зварюється. Більшість пляшок, споживчих і промислових контейнерів виготовляють з ПЕВЩ методом екструзії з роздувом. ПЕВЩ має молочний колір, тому пакування з нього зазвичай роблять кольоровим. Пляшки використовують для побутової хімії, шампунів, моторної олії. Контейнери великих розмірів застосовують для транспортування хімічних речовин. Методом лиття під тиском з ПЕВЩ виготовляють ящики, відра, корзини. Плівки з ПЕВЩ використовують для виробництва внутрішніх вкладишів для забезпечення водонепроникності.

Поліпропілен (ПП) стійкий до дії бензину, нафти, спиртів, розчинників, розчинів кислот і лугів. Щільність 0,9 кг/дм³. Температура плавлення 165-170°C. ПП нетоксичний, але має специфічний присмак і запах, що зменшує його застосування в харчовій промисловості і медицині. Недоліком є низька морозостійкість (-5°C) і горючість. ПП є

конструкційним матеріалом загально технічного призначення, і використовується в автомобілебудуванні та машинобудуванні.

З ПП можна отримувати тару всіма способами переробки термопластів. Плівки з ПП у порівнянні з ПН володіють більш високими теплостійкістю, прозорістю, жорсткістю, твердістю та здатністю до зварювання.

Плівки з ПП застосовують для пакування фармацевтичних товарів, продуктів харчування, цигарок. З білих плівок виготовляють етикетки. Широко застосовують в пакуванні багат шарові матеріали з плівками ПП. В картон, ламінований ПП, пакують продукти, що розігрівають в мікрохвильових печах.

Методом екструзії та інжекційного роздуву з гранульованого ПП отримують пляшки і тонкостінні контейнери. Завдяки високій теплостійкості їх використовують для розливу гарячих рідин. Литтям під тиском виготовляють коробки для йогуртів, сметани та маргарину. Також з ПП виготовляють ковпачки з різьбою.

Полікарбонат (ПК) є аморфним, оптично прозорим полімером. Кристалізація відбувається дуже повільно і матеріал залишається прозорим протягом всього строку експлуатації виробу. ПК стійкий до дії розчинів солей та кислот. ПК нетоксичний і може застосовуватись для формування виробів медичного призначення.

ПК є матеріалом інженерно-технічного призначення і застосовується для виробів із високою ударною стійкістю і широким діапазоном робочих температур - від -100 до 200 °С. Формовані вироби застосовують в електротехніці, автомобільній та побутовій техніці.

Поліамід (ПА) широко застосовується при виробництві виробів шляхом пневмовакуумного формування. Він стійкий до дії бензину, нафти, розчинників. Щільність 1,1 кг/дм³. Температура склування 50-60°С, температура плавлення 220-260°С. У виробництві пакування використовують такі властивості як жорсткість, твердість, зносостійкість, придатність для нанесення друку. Використовують переважно у вигляді плівок. Широко використовують для вакуумного пакування м'яса, сиру та інших продуктів.

Поліетилентерефталат (ПЕТ) є аморфним кристалічним прозорим полімером із температурою плавлення 255-265°С. Температура склування 80 °С. Щільність 1,4 кг/дм³. ПЕТ стійкий до глибокого охолодження, дії олій, кислот і розчинників. ПЕТ не гігроскопічний і має діапазон робочих температур від -60°С до 170°С.

ПЕТ має малу в'язкість розплаву, тому тару з нього можна виробляти литтям під тиском і екструзією. Важлива галузь застосування - це пляшки для газованих напоїв. Плівки ПЕТ є несучою основою багат шарових матеріалів. На них наносять ламіновані покриття, які забезпечують термозварювання. Такі плівки використовують у вакуумному пакуванні продуктів. Шляхом литтям під тиском з ПЕТ

виготовляють лотки для різної продукції, які можна використовувати для розігріву у мікрохвильових пічках.

Методи отримання листів і плівок

Від способу виробництва полімерних плівок залежать як їх властивості (фізико-механічні і технологічні), так і економічні показники. Як правило, для кожного полімеру оптимальним є один метод отримання плівки, але іноді зустрічають і різні методи.

Більше того, в однакових методах можуть бути різні додаткові операції, що залежать від властивостей полімеру і специфічних особливостей призначення тари. Існують наступні промислові методи виготовлення плівок і листів: екструзія розплаву полімеру, полив розчину полімеру на поліровану поверхню, каландрування, пресування. Основні методи виробництва плівок і листів наведені в таблицях 8.3 і 8.4.

Основні методи виробництва полімерних плівок

Таблиця 8.3

Полімер	Екструзія рукавні	Екструзія плоскі	Каландрування	Лиття
ПЕНЦ, ПЕВЦ	+	+	-	-
ПП	+	+	-	-
ПВХ	+	+	+	-
ПС	+	+	-	-
ПЕТ	-	+	-	-
ПК	-	+	-	+
ПА	+	+	-	+

Основні методи виробництва листів з термопластів

Таблиця 8.4

Полімер	Екструзія	Пресування	Каландрування
ПЕНЦ, ПЕВЦ	+	+	-
ПП	+	+	-
ПВХ	+	+	+
ПС	+	-	-
ПК	+	+	-
ПА	+	-	-

Отримання листів і плівок екструзією

Принципова схема екструзійного агрегату для виробництва листів наведена на (рис. 8.3). Листова заготовка з екструдеру 1 потрапляє в зазори між гладильними валами 5-7 каландра 4, де відбувається калібрування листу за товщиною, нанесення глянцею на поверхню листа і часткове охолодження. Після калібрування листовий матеріал потрапляє на охолоджуючі валки 8 і 9 і по рольгангу 10, який оснащений додатковим охолоджуючим пристроєм, за допомогою тягнучих валиків 11 потрапляє на відрізний пристрій 12 для різання поздовжніх кромок.

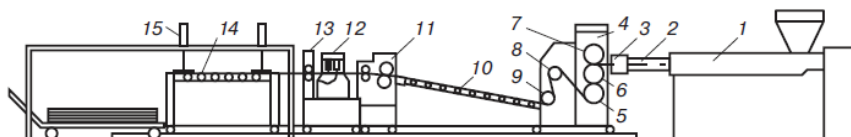


Рис.8.3. Принципова схема виробництва полімерних листів екструзією

Поперекова різка заготовки на листи потрібного розміру здійснюється гільйотинними ножами 13, які керуються за допомогою фотоелементів, що регулюють довжину листа. Готові листи за допомогою транспортеру 15 автоматично складаються на візок.

Гладильний пристрій (рис.8.4) нагадує за конструкцією каландар, має один нерухомий валок (середній), і два інших, корпуси підшипників яких переміщуються по відношенню до середнього. Зусилля між валками становить 20-90Н на 1 см валка. Валки термостатуються водою або маслом. Колова швидкість валків залежить від лінійної швидкості екструзії і зазвичай дещо перевищує її.



Рис.8.4. Виробництво листів ПВХ

В залежності від товщини листа і виду термопластів використовують каландри з валками діаметром від 200 до 800 мм і довжиною від 4 до 8 діаметрів валка. Регулювання зазору здійснюється двома гвинтами, які переміщують валки разом із підшипниковими вузлами на певне задане значення. В момент пуску установки і для чистки каландру валки розмикаються за допомогою пневмоприводу. Сучасне обладнання стабілізує товщину листа в повздовжньому напрямку за допомогою спеціального сканера, який вимірює товщину заготовки і дає імпульс на корекцію відхилень від заданого значення. Зазвичай це зміна частоти обертання приводу екструдера.

Плівки з полімерних матеріалів випускають двох типів – рукавні та плоскі.

Рукавні плівки отримують роздувом рукавної заготовки (рис.8.5), яка отримана екструзією розплаву полімеру крізь щілину за допомогою стисненого повітря.

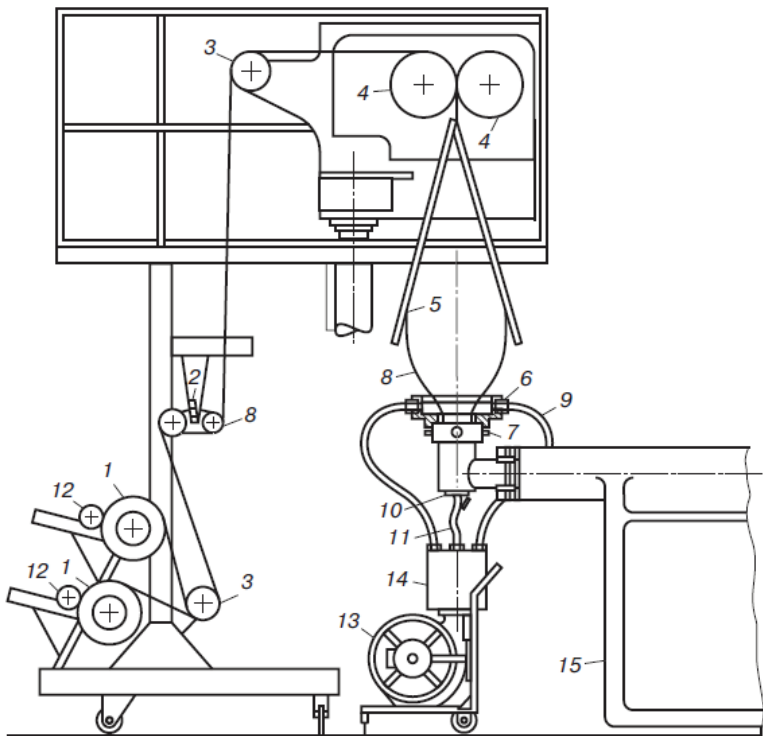


Рис. 8.5. Схема виробництва рукавних плівок роздувом заготовки

Агрегат для виробництва рукавних плівок витисканням заготовки і її роздувом догори зображено на (рис.8.6). Розплав полімеру витискається екструдером 15 через екструзійну головку 7 у вигляді циліндричної рукавної заготовки 8 і за допомогою стисненого повітря (тиск 0,12-0,15 МПа), що подається всередину заготовки, відбувається роздув до необхідного розміру.

Протіканню повітря з порожнини заготовки запобігають валки 4, які щільно затискають заготовку. Рукав охолоджується повітрям, яке примусово подається на заготовку через спеціальні сопла в охолоджуючому кільці 6 повітродувкою 13. Рукавна плівка складається за допомогою спеціальних напрямних 5. Обрізання кромки рукава здійснюється ріжучим приладом 2. Після обрізання з рукава утворюються два полотна, які намотуються на котушки 12. Загальний вид екструдера для виготовлення рукавних плівок наведено на рис.8.6.



Рис.8.6. Екструдер для виготовлення рукавних плівок

Існує два методи виробництва плоских плівок – з охолодженням заготовки на охолоджуючих барабанах та у водній ванні. На (рис.8.7). показана принципова схема екструзійного агрегату для виробництва плоских плівок з охолодженням на барабані. В цьому випадку розплав полімеру з кутової плоскощілинної екструзійної головки 1 витискається на охолоджуючі барабани 2, звідки, проходячи через систему роликів і дисковий ніж 4 для обрізання поздовжніх кромки, намотується на барабан 6.

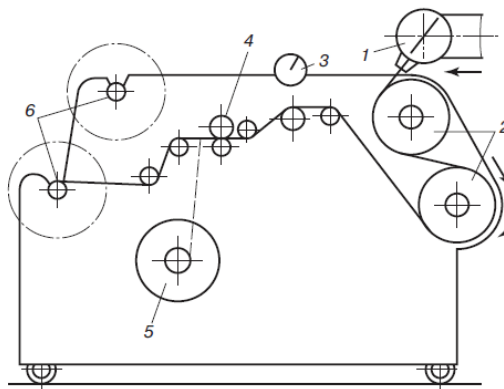


Рис.8.7. Схема екструзійного агрегату для виробництва плівок охолодженням на барабані

Охолодження барабану здійснюється за допомогою води або гліцерину. Поздовжні кромки можуть намотуватись на барабан 5 або подаватись на спеціальний пристрій для отримання гранул.

При охолодженні (рис.8.8) у воді отримують плівки із дзеркальним блиском і більшою жорсткістю. Під час охолодження на барабанах плівки мають більш рівномірні фізико-механічні властивості.

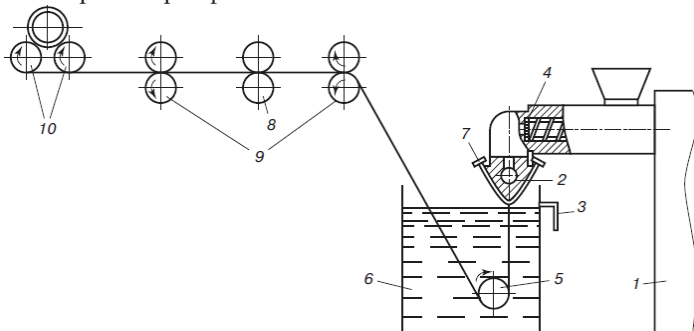


Рис.8.8. Схема екструзійного агрегату для виробництва плоских плівок з охолодженням в воді

Агрегат (рис.8.8) працює наступним чином. Розплав полімеру екструдером 1 витискається у вигляді плоскої стрічки через плоскощільну головку 2 безпосередньо у ванну з холодною водою, звідки за допомогою тягнучих валків 9 плівка матеріалу подається на ріжуче пристосування 8 для обрізки поздовжніх кромки. Готова плівка намотується на барабан приймального пристрою 10.

До складу екструзійних агрегатів для виробництва листів і плівок входить багато загальних комплектуючих пристроїв: екструдер, екструзійна головка, тягнучі та приймальні пристрої. Екструдери в цих пристроях виконують функцію генератору розплаву і за конструкцією можуть відрізнитись кількістю шнеків і співвідношенням довжини шнеків до їх діаметрів. В цих агрегатах, зазвичай, лінійна швидкість відбору заготовки набагато перевищує лінійну швидкість екструзії. За рахунок цього здійснюється поздовжнє розтягнення.

Екструзійна головка (рис.8.9) являє собою пристосування з вихідним каналом визначеної конфігурації, через який під тиском протискається розплав полімеру, і при цьому утворюється виріб або заготовка необхідного профілю. Найбільш просто уявити головку як фігурний отвір, через який тече потік розплаву полімеру. Слід зауважити, що профіль виробу і профіль матриці можуть не збігатись за формою. В деяких випадках між ними не існує навіть геометричної схожості.

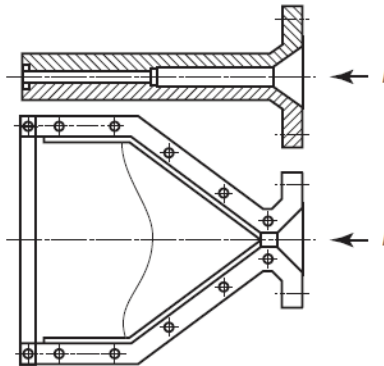


Рис. 8.9. Схема плоскощільної головки

В залежності від напрямку виходу матеріалу розрізняють головки прямокутні та кутові. В прямокутних головках напрям потоку розплаву полімеру збігається з віссю черв'яка. В кутових головках напрям течії розплаву полімеру в більшості випадків змінюється на 90° С відносно осі черв'яка. В залежності від опору і тиску, що виникає в головках, розрізняють головки низького тиску (до 6 МПа), середнього тиску (6-20 МПа) та високого тиску (більше 20 МПа).

Для отримання одношарових листів і плоских плівок найчастіше використовують плоскощілинні головки. Існує багато конструкцій головок. Найбільш популярними конструкціями є головки з клиноподібним розподільчим каналом типу «хвіст ластівки» (розплав поступає безпосередньо в розподільчий канал) і головки з колекторним розподіленням розплаву.

При екструзії плоских і рукавних плівок швидкість потоку розплаву полімеру різна в різних точках перерізу головок. Завдяки наявності градієнту швидкості молекули полімеру орієнтуються у поздовжньому напрямку потоку. При екструзії листів і плівок з термопластів матеріал відбирається приймальними пристроями. Колова швидкість валків пристроїв калібрування перевищує лінійну швидкість екструзії і завдяки цьому відбувається додаткова поздовжня орієнтація.

Деформаційні властивості в напрямку екструзії можуть як зростати, так і зменшуватись, в залежності від матеріалу і ступеня розтягу. Через це орієнтовані полімери мають анізотропію механічних властивостей.

1.1. Отримання листів і плівок каландровим методом

На (рис.8.10). показана принципова схема каландрової лінії для отримання плоских плівок.

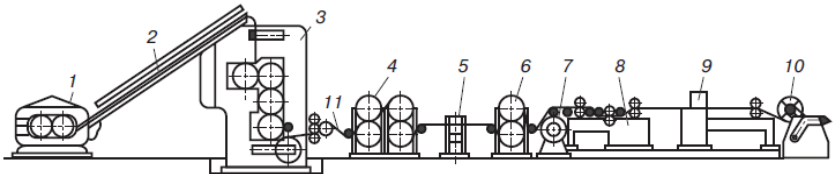


Рис.8.10. Принципова схема каландрової лінії

До складу каландрової лінії входять змішувальні вальці 1, транспортерна стрічка 2 для безперервного живлення каландру 3, охолоджуючі барабани 4, пристрій для безперервного вимірювання товщини плівки 5, барабани для остаточного охолодження 6, розширюючий пристрій 8, пристрій, що тягне 9 з одночасним відрізанням поздовжніх кромek та приймально-намотувальний пристрій 10.

До складу каландрової лінії для виробництва листів входить пристрій для поперекового відрізання листового полотна, а також пристрій для штабелювання. Крім того, остаточне охолодження листового полотна здійснюється на рольгангах холодним повітрям, що подається знизу на рольганги.

Каландрова лінія працює наступним чином. Попередньо приготовлена суміш подається на змішувальні вальці 1, звідки транспортером 2 безперервно подається на листувальні каландри 3. Відформоване плівкове полотно 11 поступає на охолоджуючі барабани 4,

де здійснюється охолодження (термічна стабілізація) сформованої плівки. Безперервне вимірювання товщини плівки здійснюється безконтактним вимірювальним пристроєм. Остаточне охолодження сформованої плівки здійснюється на барабанах 6, звідки плівка через лічильник 7 і розширюючий пристрій 8 для вирівнювання плівки тягнучим пристроєм 9 потрапляє на барабан 10.

Основним агрегатом, від якого залежить продуктивність лінії і якість готового виробу, є каландр. Валки каландрів виготовляють зі сталі. В корпусі валків є отвори для циркуляції теплоносія. Для отримання рівнотовщинних виробів необхідний рівномірний нагрів валків. Іноді всередині валків встановлюють додаткові нагрівачі.

Каландрування відбувається при температурі зовнішньої поверхні валків 160-200 °С і колової швидкості валків 10-100 м/хв, в залежності від товщини виробу і типу матеріалу. Нагрів має відбуватись з граничним відхиленням $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Виконання цієї вимоги забезпечується примусовою циркуляцією теплоносія. В якості теплоносія переважно використовується олія.

Принцип каландрування (рис.8.11) базується на наступному. Пластифікована термопластична маса безперервно подається до каландру, рівномірно розподіляється по довжині першого міжвалкового зазору каландру, звідки підхоплюється наступними валками і проходить через другий і третій міжвалкові зазори. Товщину листа або плівки регулюють зміною останнього міжвалкового зазору.

Описана технологія отримання листів і плівок каландруванням основана на нагріві матеріалу до температури плавлення полімеру і називається високотемпературним способом.

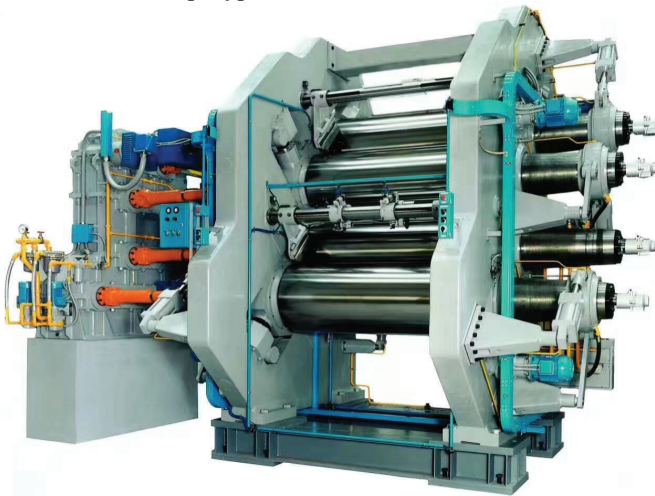


Рис. 8.11. Загальний вигляд каландру

Плівка, отримана каландровим способом, має поздовжню орієнтацію. Так, при переробці пластифікованого ПВХ лінійна швидкість відбору охолодженої плівки перевищує колову швидкість останнього валка на 30-100%.

Тому міцність при розтягуванні в поздовжньому напрямку на 10-20% вища міцності в поперековому напрямку. В зоні відбору від каландру за допомогою окремих витяжних пристроїв вдається розтягнути плівку до 500% її початкової довжини.

Класифікація методів виробництва об'ємних виробів з листових і плівкових термопластів

Наприкінці XIX століття винайшли спосіб переробки листових термопластичних матеріалів, і з того часу він існує в практично незмінному вигляді. Плоска заготовка з термопласту нагрівається до температури, яка відповідає вискоеластичному стану або до температури початку плавлення кристалів (в залежності від структури полімеру). Далі нагріта заготовка закріплюється по контуру в зажимному пристрої і встановлюється над формуючим інструментом. Формування заготовки у виріб відбувається під дією різниці тисків над вільною поверхнею заготовки і тиску в порожнині, утвореній заготовкою і поверхнею формуючого інструменту. Перепад тиску може бути створений різними способами: вакуумування порожнини між формуючою поверхнею інструменту і заготовкою (вакуумне формування), створенням надлишкового тиску стисненим повітрям (пневматичне формування), водяною парою або рідиною, а також тиском на заготовку спеціальних механічних пуансонів (механічне формування).

При формуванні виробу відбувається витягування термопласту і створення в ньому напружень, які намагаються повернути форму виробу до початкового плоского стану. Для того, щоб зафіксувати конфігурацію виробу, температуру термопласту опускають нижче точки скловання або нижче температури початку плавлення кристалів.

Всередині цієї загальної схеми розроблено багато варіантів, кожен з яких дозволяє простіше, економічніше і якісніше виготовити необхідний виріб.

Всі різновиди методу термоформування можна поділити за наступними ознаками: спосіб нагріву заготовки; вид пристрою для затискання заготовки; спосіб створення тиску формування; вид формування; вид інструменту для формування; метод фіксації форми виробу.

Нагрівання заготовок – одна з найбільш довготривалих і відповідальних операцій в процесі термоформування листових полімерів.

Найбільш поширені чотири способи нагріву: конвективний, теплорадіаційний, контактний, змішаний.

Конвективний нагрів дає найкращі результати з точки зору рівномірності розігріву. Самим розповсюдженим теплоносієм в такого роду нагрівачах є повітря.

Найбільш розповсюджений *теплорадіаційний* нагрів. В залежності від товщини заготовок і потрібної продуктивності процесу нагрів може бути одно або двобічним, крім того, процес нагріву може здійснюватися на одній або двох позиціях. В порівнянні із конвективним теплорадіаційний нагрів дає менш рівномірне температурне поле по поверхні заготовки, але зменшує тривалість процесу формування.

Контактний нагрів для переробки листових термопластів застосовується відносно рідко, оскільки деякі з них мають тенденцію налипати до нагрівальних плит. Контактний нагрів може бути одно і двобічним.

Змішаний нагрів представляє собою поєднання конвективного і теплорадіаційного нагріву і володіє перевагами обох, хоча конструктивне рішення обладнання при цьому ускладнюється.

Нагрів заготовок - одна з найбільш тривалих операцій в процесі формування тари і зазвичай займає від 50 до 80% загального циклу. Через малу теплопровідність полімерів поверхня листової заготовки нагрівається швидше, ніж внутрішні шари. Тому на поверхні заготовки можливе протікання термічної деструкції, а всередині матеріал не встигає перейти в еластичний стан. Зменшення часу нагріву за рахунок збільшення інтенсивності нагріву зазвичай не призводить до позитивних результатів.

При термоформуванні застосовують два види пристроїв для затискання заготовок. Перший забезпечує жорстке кріплення заготовок по периметру. Другий дозволяє заготовці в момент її формування прослизати, залучаючи в процес утворення виробу об'єм матеріалу, який знаходився в початковий момент поза контуром затискного пристрою.

В залежності від конструктивного оформлення процесу затискні пристрої можуть бути рухомими і стаціонарними.

Розрізняють наступні види формування: вакуумне, пневматичне, гідравлічне, пароповітряне, механічне і комбіноване.

Під час *вакуумного формування* порожнина під розігрітою заготовкою герметизується і з неї відсмоктується повітря. Тиск під заготовкою поступово зменшується. На матеріал впливає зусилля, рівне добутку площини на різницю тиску над заготовкою і під нею (табл.8.5).

Таблиця 8.5

Вид формування	Формула тиску/зусилля	Пояснення	
Вакуумне	$F = A \cdot (P_{\text{зовн}} - P_{\text{внут}})$	Зусилля визначається різницею тиску над і під заготовкою, помноженою на площу її поверхні.	F – зусилля формування, (Н); A – площа поверхні заготовки, (M^2); $P_{\text{зовн}}$ – атмосферний тиск (~ 101325 Па); $P_{\text{внут}}$ – тиск у вакуумній камері, (наприклад, 20 000 Па за умови високого розрідження).
Пневматичне	$F = A \cdot P_{\text{пневмо}}$	Тиск формування дорівнює тиску стисненого повітря, що подається зверху на заготовку.	$P_{\text{пневмо}}$ – тиск стисненого повітря (0,1–0,6 МПа); вакуум під заготовкою відсутній, тиск подається згори.
Гідравлічне	$F = A \cdot P_{\text{гідр}}$	Рідина під тиском діє на заготовку через мембрану, створюючи тиск.	$P_{\text{гідр}}$ – тиск рідини (Па). У більшості випадків застосовують мембрану, прямого контакту немає. Тиск може бути вищий, ніж у пневмоформуванні, залежно від насоса.
Пароповітряне	$F = A \cdot P_{\text{пар}}$	Суміш пара і повітря створює тиск і нагріває заготовку одночасно.	$P_{\text{пар}}$ – тиск пароповітряної суміші (Па), утворює як тепло, так і силовий вплив на заготовку. Значення тиску звичай обмежене вимогами безпеки (до 0,3–0,4 МПа).
Механічне	$F = F_{\text{мех}} = \sigma_{\text{форм}} \cdot A$	На заготовку діє механічна сила через пуансон або інший механізм.	$F_{\text{мех}}$ - механічна сила формування, (Н); власне зусилля, яке передається на заготовку через пуансон. $\sigma_{\text{форм}}$ - питоме напруження формування, Па або (H/M^2) визначається властивостями термопласту при заданій температурі деформації.
Комбіноване	$F = A \cdot P_{\text{комб}}$ або $F = F_{\text{мех}} + A \cdot \Delta P$	Поєднання механічного впливу та різниці тисків або додаткових агентів.	$P_{\text{комб}}$ - зведений тиск, який включає як механічний, так і пневматичний або вакуумний вплив (Па). ΔP - Різниця тиску над і під заготовкою (Па). $\Delta P = P_{\text{зверху}} - P_{\text{знизу}}$; включає: вакуум знизу (розрідження), пневматичний/ гідравлічний тиск зверху, або пароповітряний тиск.

Заготовка починає втягуватись в порожнину і, якщо в цій порожнині розмістити форму, заготовка набуде її форми. По мірі збільшення розрідження під заготовкою буде зростати питоме зусилля, яке теоретично може сягнути 0,1МПа. Щоб збільшити тиск формування, можна герметизувати порожнину над заготовкою і подати в неї стиснене повітря, а нижню порожнину з'єднати з атмосферою. Як і в першому випадку заготовка набуде вигляду форми, проте тиск формування при такому методі буде дорівнювати тиску стисненого повітря. Цим методом гарно формуються листові заготовки товщиною до 5 мм. Такий метод називають *пневматичним формуванням*. Пневмоформування має наступні переваги перед вакуумним: можливість переробки товстих заготовок і великогабаритних виробів, менший час циклу виготовлення тари за рахунок прискорення процесу формування, краща точність розмірів виробів. Головним недоліком пневмоформування є більш складна конструкція (відповідно дорожче) обладнання. Іноді замість стисненого повітря використовують рідину, яку нагнітають під тиском в порожнину над заготовкою. В такому випадку рідина є теплоносієм, що нагріває заготовку. Як правило при *гідралічному формуванні*, для запобігання прямого контакту між рідиною і заготовкою, прокладають еластичну мембрану. Іноді, для підтримування високої температури термопласту протягом всього періоду формування виробу, для створення тиску використовують пароповітряну суміш, яка є одночасно і теплоносієм. Таке формування називають *пароповітряним*.

У ряді випадків зусилля, необхідне для формування виробу, створюється механічно за допомогою штовхача. Цей спосіб формування називають *механічним*.

У виробничих процесах значне розповсюдження отримали різні комбінації вакуумного, пневматичного і механічного формування. Доволі часто використовується поєднання механічного з пневматичним, і вакуумного з пневматичним методами.

Не зважаючи на спосіб створення перепаду тиску, формування листових матеріалів поділяють на негативне, позитивне, вільне, негативно-позитивне.

Негативне формування (формування в матриці) забезпечує отримання виробів, зовнішня поверхня яких відтворює форму і тиснення внутрішньої поверхні матриці. При позитивному формуванні (формування в пуансоні) внутрішня поверхня виробу, що формується, повторює форму і тиснення зовнішньої поверхні пуансону. Вільне формування відбувається без контакту матеріалу заготовки з формуючим інструментом. Негативно-позитивне формування поєднує елементи формування як в матриці, так і в пуансоні. Можливий варіант поєднання вільного формування з негативним або позитивним.

Зазвичай заготовки плівок і листів мають однакову товщину по всій площині. Проте саме це є перешкодою для отримання виробів складної

конфігурації або виробів із особливими вимогами до різновтовщинності стінок. Тому іноді необхідні спеціальні способи формування, які поєднують попереднє профілювання заготовок необхідної форми.

Вільне формування відбувається без контакту матеріалу заготовки із формуючим інструментом. Він доволі часто просто відсутній. Його замінює спеціальна рама, яка визначає конфігурацію виробу. При вільному формуванні заготовка закріплюється в рамі (рис.8.12), яка встановлена над вакуумною або пневматичною камерою, нагрівається і далі формується, не торкаючись стінок камери. При цьому деформація заготовки триває до тих пір, поки не настане рівновага між зусиллям формування і напруженням, що виникає в термопласті (рис.8.12). Якщо рівновага не настане, то деформація буде тривати до розриву листа, що формується.

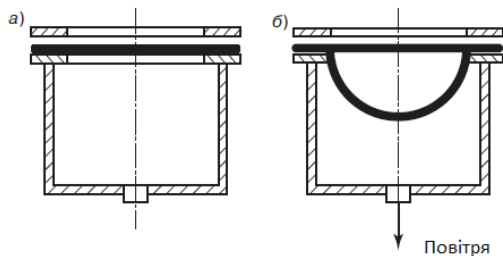


Рис.8.12. Схема вільного формування

Зазвичай при вільному формуванні використовують круглі, овальні або прямокутні рами. Для регулювання глибини витягування застосовують різні системи керування керуючими клапанами подачі стисненого повітря або вакууму за допомогою контактних і безконтактних датчиків.

Методом вільного формування можна отримувати вироби із плоским днищем. Для цього на певній відстані від рами встановлюють опорну площадку, яка утворює перешкоду заготовці на певній висоті. Такий метод називають вільний з обмежувачем.

Недоліком методу вільного формування є обмежені можливості вибору конфігурації виробу, високі вимоги до рівномірності нагріву термопласту і товщини заготовки. Невідповідність цим вимогам призводить до нерівномірного витягування і неправильної форми виробу.

Негативне формування (формування в матриці), (рис.8.13), забезпечує отримання виробів, зовнішня поверхня яких точно відтворює форму і тиснення поверхонь матриці. Цей метод має велике розповсюдження. На рис.8.13, б показана перша стадія негативного формування: з матриці, над якою встановлена заготовка відкачується повітря та створюється різниця тисків і заготовка деформується (стадія вільного формування). Далі починається стадія формування на інструменті. В цей час частина заготовки входить в контакт із формою. В

залежності від глибини форми формування бокових стінок і днища заготовки може відбуватися в різній послідовності. При цьому об'єм матеріалу заготовки витрачається на формування стінок, а товщина вільного матеріалу постійно зменшується. Це пов'язано із різким охолодженням поверхні заготовки через контакт із формою. Таким чином відбувається витончення стінки виробу від горловини до днища.

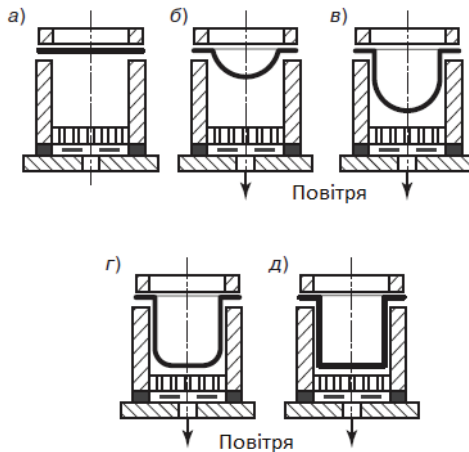


Рис.8.13. Схема негативного формування

В той момент, коли частина заготовки торкається нижньої частини матриці, починається формування днища виробу (рис.8.11, з). Як і на стінках матриці, через охолодження матеріалу від контакту із дном матриці, об'єм вільного матеріалу і товщина стінки зменшується. Найбільш тонкими виробу стають в кутах між стінками і днищем. При оформленні деталей складної конфігурації значне потоншення спостерігається в місцях переходів поверхонь.

Таким чином, недоліком негативного методу формування є значна різновтовщинність виробів при глибокому формуванні, особливо в кутах і місцях переходів. Позитивне формування (формування на пуансоні) забезпечує отримання виробів, внутрішня поверхня яких точно відтворює форму і тиснення зовнішньої поверхні пуансону. При формуванні цим методом (рис.8.14) розігрітий лист стикається з верхнім торцем пуансону, на якому утворюється днище виробу. Через це, при позитивному формуванні, найбільша товщина виробу утворюється на днищі.

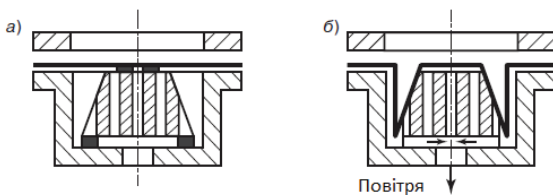


Рис. 8.14. Схема позитивного формування

Подальша зміна форми заготовки відбувається за рахунок витягування матеріалу, який утворює бокові стінки виробу. Це призводить до того, що найбільш тонкою виходить горловина виробу. Застосування позитивного методу формування обмежується великими відходами матеріалу. Крім того, можна формувати листи, які не прогинаються при нагріві під дією власної ваги. Зазвичай при використанні позитивного методу формують вироби невеликої глибини та без гострих кутів. Негативне формування із попереднім механічним витягуванням (рис.8.15) полягає в тому, що закріплений над матрицею лист термопласту втискається в неї штовхачем. Штовхач, опускаючись, надає листу форму, яка приблизно відповідає формі матриці, і виконує попереднє механічне витягування листа. Як тільки штовхач проходить в нижнє положення, в матриці відбувається пневматичне (вакуумне) формування – лист притискається до внутрішньої поверхні матриці і відтворює малюнок форми.

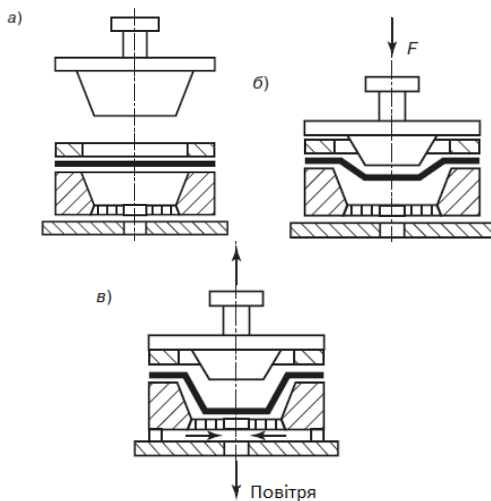


Рис.8.15. Схема негативного формування із попереднім механічним витягуванням

Під час механічного витягування потоншуються бічні стінки заготовки, а товщина днища майже не змінюється. При пневмовакуумному формуванні більше за все витягується дно виробу і кути біля днища. Кожна з операцій процесу створює виріб з нерівномірними товщинами стінок. При правильному поєднанні двох операцій ці нерівномірності компенсуються. Перевагою цього методу є можливість отримання глибоких виробів із рівномірною товщиною стінок. До недоліків слід віднести складність обладнання і збільшення кількості технологічних параметрів, які необхідно контролювати.

Класифікація термоформованої тари

Тару та пакування, виготовлені термоформуванням листових полімерних матеріалів можна класифікувати наступним чином:

1. За конструкцією:

- контейнери: можуть бути різної форми та розміру, з кришками або без, для харчових продуктів, косметики, промислових товарів тощо;
- блістерне пакування: складається з формованої основи та прозорого купола, що закриває продукт. Використовується для ліків, електроніки, іграшок та інших товарів;
- корекси: це вкладиші з термоформованого матеріалу, які використовуються для фіксації та захисту товарів всередині коробки або іншої пакування;
- лотки: використовуються для транспортування та зберігання харчових продуктів, напівфабрикатів та інших товарів;
- одноразовий посуд: стакани та тарілки для вживання гарячих і холодних напоїв та їжі.

2. За призначенням:

- харчове пакування: для м'ясних продуктів, молочних продуктів, кондитерських виробів, овочів, фруктів та інших продуктів харчування;
- медичне пакування: для лікарських засобів, медичних інструментів та інших медичних виробів;
- промислове пакування: для електроніки, побутової техніки, інструментів та інших промислових товарів;
- косметичне пакування: для кремів, шампунів, гелів та інших косметичних засобів;

3. За ступенем жорсткості:

- жорстке пакування: виготовляється з товстих матеріалів та має високу міцність;
- напівжорстке пакування: має меншу жорсткість, ніж жорстка, але зберігає форму та захищає продукт;

- м'яке пакування: виготовляється з тонких матеріалів та може змінювати форму під впливом зовнішніх факторів;
- 4. За можливістю переробки:
 - перероблюване пакування: може бути перероблена після використання та використана для виробництва нових виробів;
 - неперероблюване пакування: не може бути перероблена та підлягає утилізації.

Блістерне пакування – це вид пакування, який складається з двох основних частин:

1. Формована основа (блістер): це пластикова частина, яка має форму, що відповідає контурам товару, який пакується. Блістер може мати різні форми та розміри, залежно від продукту.

2. Підкладка: це зазвичай картонна або пластикова картка, до якої прикріплюється блістер. На підкладці розміщується інформація про товар, виробника, логотипи тощо.

Блістерне пакування (рис.8.16) має низку важливих переваг, що зумовлюють його широке використання в різних галузях, зокрема у фармацевтичній та харчовій промисловості.



Рис.8.16. Приклади блістерного пакування

Передусім, воно забезпечує надійний захист продукту від механічних пошкоджень, впливу вологи, пилу та інших зовнішніх чинників, що сприяє збереженню якості товару протягом усього терміну придатності. Завдяки прозорій пластиковій частині споживач має змогу візуально оцінити вміст пакування, що підвищує привабливість товару на полиці та сприяє інформованому вибору. Пакування є зручним у користуванні, оскільки легко відкривається та за потреби може бути

повторно закрита. Крім того, на картонній або фольгованій підкладці легко розмістити всю необхідну інформацію щодо складу, способу застосування або зберігання продукту. Завдяки варіативності форм і розмірів блістери можуть адаптуватися до найрізноманітніших товарів, забезпечуючи ефективне, естетичне та функціональне пакування.

Серед основних недоліків блістерного пакування варто відзначити підвищену вартість його виготовлення порівняно з деякими альтернативними видами пакування, що може впливати на загальну собівартість продукту. Це пов'язано як із використанням спеціалізованих матеріалів, так і зі складністю технологічного процесу формування блістерів. Крім того, екологічний аспект також викликає занепокоєння, оскільки деякі типи пластиків, що застосовуються у виробництві блістерного пакування, є складними для повторної переробки та можуть створювати труднощі при утилізації. Це підвищує навантаження на навколишнє середовище, особливо у випадках, коли відсутні відповідні системи сортування та переробки відходів. Таким чином, попри численні функціональні переваги, використання блістерного пакування вимагає збалансованого підходу з урахуванням як економічних, так і екологічних факторів.

Корекси - це вид пластикового пакування, який широко використовується для пакування різноманітних товарів, особливо кондитерських виробів. Вони мають характерну структуру з комірками або заглибленнями, призначеними для розміщення окремих одиниць продукту.



Рис.8.17. Корекси для цукерок

Корекси як тип термоформованого пакування є важливим елементом сучасної пакувальної інженерії, особливо в сегменті харчової та кондитерської промисловості. Їх основною конструктивною особливістю є комірчаста структура, яка дозволяє фіксувати кожен окремий продукт у індивідуальній комірці, що істотно знижує ризик пошкодження під час

транспортування чи зберігання. Для виробництва корексів зазвичай використовують термопластичні матеріали, зокрема полістирол (PS), полівінілхлорид (PVC) або інші полімери з необхідними характеристиками жорсткості та термостійкості. Це забезпечує достатню міцність пакування при збереженні гнучкості у виробничому процесі.

Завдяки можливості виготовлення корексів у широкому діапазоні форм і розмірів, вони легко адаптуються до специфіки продукту: від маленьких цукерок до великих шматків торта або заморожених напівфабрикатів. Важливо зазначити, що сучасні технології дозволяють наносити на поверхню корексів етикетки, логотипи або маркування, що не лише інформує споживача, але й підвищує маркетингову привабливість товару.

Перевагами використання корексів є висока ефективність захисту продукції від ударів і деформацій, зручність відкривання та закривання, естетичний зовнішній вигляд, а також гнучкість у дизайні.

Корекси знаходять широке застосування у пакуванні кондитерських виробів (цукерки, печиво, тістечка, мармелад, зефір) та харчових продуктів (ягоди, овочі, напівфабрикати).

Завдяки своїй легкості, прозорості та презентабельності вони водночас виконують функцію захисту, зберігання й демонстрації продукції. Усі ці характеристики роблять корекси ефективним і технологічно обґрунтованим рішенням у сучасних пакувальних процесах.

5-шарова лінія
з коекструзії
силосної плівки



Екструдер
для
видувної



Екструзійна лінія для ПВХ листів



ТЕМА 9. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНОЇ ПОЛІМЕРНОЇ ТАРИ

Великогабаритна полімерна тара – це невід’ємна частина сучасних логістичних процесів. Вона використовується для транспортування та зберігання великих і важких вантажів, забезпечуючи їхню безпеку та збереження (рис.9.1, рис.9.2).

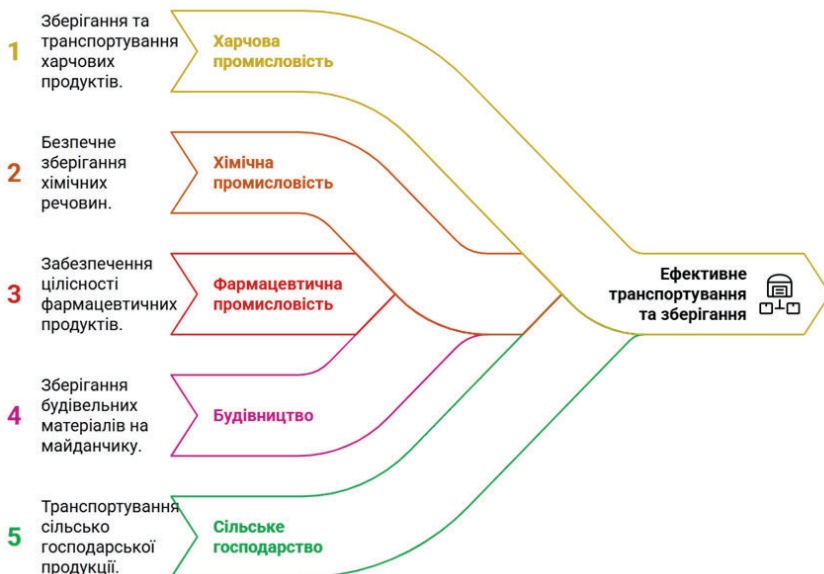


Рис.9.1. Приклади використання великогабаритної полімерної тари



Рис.9.2. Пластиковий контейнер

Класифікація великогабаритної полімерної тари може здійснюватися за різними критеріями:

1. За матеріалом виготовлення:

- поліетилен (ПЕТ, ПНТ, ПВТ): найпоширеніший матеріал для виробництва крупногабаритних контейнерів, баків, бочок. Відрізняється міцністю, легкістю, хімічною стійкістю;

- поліпропілен: використовується для виробництва міцних і жорстких контейнерів, які здатні витримувати значні навантаження;

- полікарбонат: матеріал з високою ударостійкістю, прозорістю, стійкий до температурних перепадів. Використовується для виробництва контейнерів для особливо цінних вантажів.

2. За конструкцією:

- контейнери (рис.9.3): великогабаритні ємності різної форми і розміру, призначені для транспортування сипучих, рідких і твердих вантажів;

- бочки та баки: циліндричні ємності з вузьким горлом, призначені для транспортування рідин і сипучих матеріалів;

- піддони: плоскі платформи для укладання вантажів та їхнього транспортування за допомогою навантажувачів;

- ящики: універсальний вид тари, який знайшов широке застосування в різних сферах діяльності. Їх популярність зумовлена низкою переваг, таких як міцність, легкість, довговічність і гігієнічність.



Рис.9.3. Полімерний ящик для овочів

3. За призначенням:

- транспортні: використовуються для перевезення вантажів на великі відстані;

- зберігання: призначені для тривалого зберігання вантажів на складах;

- спеціальні: мають додаткові функції, наприклад, термоізоляцію, хімічну стійкість.

4. За способом виробництва:

- лиття під тиском: використовується для виробництва контейнерів складної форми;
- екструзія: використовується для виробництва труб, профілів, листів;
- ротаційне формування: використовується для виробництва великогабаритних баків і резервуарів.

Переваги великогабаритної полімерної тари:

- міцність і довговічність: здатні витримувати значні навантаження без деформації; захищають вміст від ударів, стирання та інших механічних пошкоджень; при правильному використанні служать протягом багатьох років;
- легкість і зручність в обігу: мала вага; легко миються і дезінфікуються; зручні для переміщення вручну; можливість штабелювання;
- хімічна стійкість: не вступають у реакцію з більшістю хімічних речовин; можуть використовуватися для транспортування агресивних середовищ; стійкі до впливу кислот, лугів, розчинників; забезпечують безпеку транспортування небезпечних речовин;
- вологостійкість: захищають вміст від вологи і конденсату; не деформуються під впливом вологи;
- екологічність: можливість повторного використання; багато видів полімерів підлягають переробці;
- різноманітність форм і розмірів: можна підібрати тару під будь-які потреби; можливість виготовлення тари за індивідуальними розмірами;
- додаткові переваги: можливість нанесення маркування; можливість оснащення додатковими елементами (колеса, кришки, кріплення); можуть бути виготовлені в різних кольорах і дизайні.

Способи виготовлення великогабаритної тари

Литтям під тиском в серійному виробництві зазвичай виготовляють міцні пластмасові ящики, плоскі піддони та інші аналогічні вироби.

Тип пластика, з якого виготовляється тара, впливає на те, як вона використовується, скільки разів її можна використовувати повторно, і чи можна її економічно переробити. Пластик є універсальним терміном для синтетичного полімеру, який утворений з повторюваних ланцюжків дрібних молекул (мономерів), які пов'язані між собою утворюючи довгі молекулярні нитки. Полімери з яких виготовляють піддони або ящики, є синтетичними і поділяються на дві основні категорії:

- Thermosets (терморективный): ці пластмаси можна розплавити лише один раз, після чого їм надають остаточної форми при охолодженні. Повторне нагрівання не дозволяє їх знову пом'якшити. Перевага терморективных пластиків полягає в тому, що їх точка займання дуже

висока, що робить їх рівень пожежонебезпеки дуже низьким. Проте, ця властивість означає, що вони не можуть бути легко перероблені.

- **Thermoplasts** (термопластичний): пластики цієї категорії завжди розм'якшуються при нагріванні і розсмоктуються. Термопласти можуть бути перероблені багато разів. В результаті, навіть якщо термопластичний піддон отримає серйозні пошкодження, він не виявиться на звалищі. Ця тара може бути перероблена безпосередньо в новий виріб.

З двох типів пластмас, які можна використовувати для виготовлення тари, термопласти є кращими і набагато більш поширеними. Легка можливість їх вторинної переробки забезпечує поставки матеріалів для повторного використання і допомагає компаніям створити стійкий замкнений або круговий ланцюжок поставок. Існує три найбільш поширених типи термопластів, що використовуються для виготовлення пластикової тари.

Полівінілхлорид (ПВХ): є одним з найпопулярніших в світі термопластів. Він дуже щільний, дуже твердий і має відмінну міцність на розтягнення. Він також легко модифікуються – додавання різних хімічних речовин в суміш змінює його властивості, роблячи його жорстким або гнучким в міру необхідності. Але ці зміни можуть створювати проблему при переробці. ПВХ також має тенденцію ставати крихким при низьких температурах, тому пластикові піддони з цього матеріалу непридатні для використання в холодній логістиці. ПВХ також використовується в будівництві, в побуті і в сфері охорони здоров'я.

Акрилонитрил-бутадієн-стирол (АБС): використовується для створення широкої номенклатури продукції - від автомобільних бамперів до клавіатурних ковпачків і блоків LEGO. АБС відрізняється високою жорсткістю, що може підтвердити будь-хто, хто наступив на LEGO. Він має широкий спектр застосування, включаючи піддони та ящики. Недоліком АБС є схильність до легких механічних пошкоджень, а також пожежонебезпечність. Крім того, цей матеріал не є безпечним для контакту з харчовими продуктами. Попри технічну можливість переробки, АБС-пластик потребує спеціалізованого обладнання, яке не є широко доступним, що призводить до його частого потрапляння на звалища.

Поліетилен (ПЕ): це найпопулярніший пластик в світі, який використовується для виготовлення сумок, пляшок з водою та іграшок. Це один з найпростіших пластиків, властивості якого залежать від його щільності. Поліетилен низької щільності (ПЕНЦ) використовується для поліетиленових пакетів і лабораторних труб.

Поліетилен високої щільності (ПЕВЩ) є універсальним термопластом, який використовується для виготовлення широкого спектра виробів — від побутових контейнерів, зокрема молочних глечиків, до промислових піддонів, що потребують підвищеної міцності. Цей матеріал характеризується високою механічною стійкістю та стабільністю властивостей у широкому діапазоні температур, що робить його придатним для використання як за низьких, так і за високих температур.

Додатковою перевагою ПЕВЩ є його хороша сумісність із поліетиленами іншої щільності під час переробки, що полегшує утилізацію та виготовлення нових виробів.

Завдяки поєднанню міцності, термостабільності та реальної придатності до вторинної переробки, ПЕВЩ вважається одним із найефективніших матеріалів для створення довговічних і екологічно раціональних пакувальних рішень (рис.9.4), зокрема для піддонів.

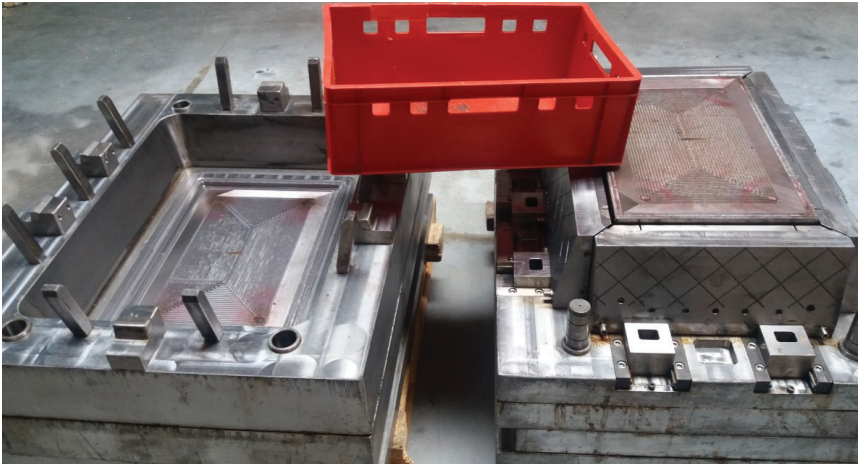


Рис.9.4. Форма для виготовлення полімерного ящика

Ще однією проблемою для пластикової тари з ПВХ і АБС є їх вразливість до деформації звичайними розчинниками. АБС-пластик виявляє певну схильність до деградації під дією звичайних харчових речовин, як-от лимонна кислота чи молоко, а при впливі промислових розчинників, зокрема ацетону, зазнає суттєвого руйнування. ПВХ є менш вразливим до хімічного впливу, хоча також може погіршуватися під дією ацетону. Реакційна здатність цих двох пластиків і можливість хімічного

вилугування і фізичного розкладання під дією звичайних речовин роблять їх непридатними для використання в якості пластикових піддонів в харчовій промисловості та інших чутливих галузях промисловості.

На відміну від інших пластиків, поліетиленові матеріали мають широкий спектр хімічної сумісності з розчинниками, що робить їх кращим вибором для виготовлення харчової пластикової пакування. ПЕВЩ також достатньо міцний для промислового використання у важких умовах.

З трьох типів термопластів, які можуть бути використані для виготовлення полімерної тари, ПЕВЩ, безумовно, є найбільш універсальним варіантом. При використанні ПЕВЩ для виготовлення пластикових піддонів стандартизованого розміру, отримують піддон, який можна без проблем використовувати практично в будь-якій галузі.

Лиття під тиском являє собою складний процес, який складається з декількох послідовних технологічних стадій:

- заповнення форми розплавом: після смикання форми, гарячий розплав з нагнітального циліндру впрскується у відносно холодну формуючу порожнину (форму) крізь ливникову систему;

- ущільнення розплаву: під дією тиску розплав ущільнюється і, остаточно заповнюючи формуючу порожнину, точно копіює її внутрішню поверхню;

- витримка під тиском: розплав витримується у формі під тиском, частково компенсує усадку, яка відбувається під час охолодження виробу. Тиск зазвичай підтримується до моменту затвердіння розплаву в найбільш тонких елементах ливникової системи. Після їх затвердіння повністю припиняється подача розплаву;

- охолодження: розплав у формі продовжує охолоджуватись і усаджуватись, але вже без компенсації;

- виштовхування виробу: форма відчиняється, і охолоджений виріб виштовхується в більшості випадків за допомогою спеціальної системи.

Тривалість циклу лиття під тиском в значній мірі залежить від конструкції виробу. На (рис.9.5) зображена умовна схема термопластавтомату. Матеріал 2 з пластифікатором завантажують в бункер ливарної машини 1, з якого він певними дозами потрапляє в нагнітальний циліндр 3. В циліндрі відбувається нагрів металу нагрівачами 5, розміщеними по його зовнішній оболонці.

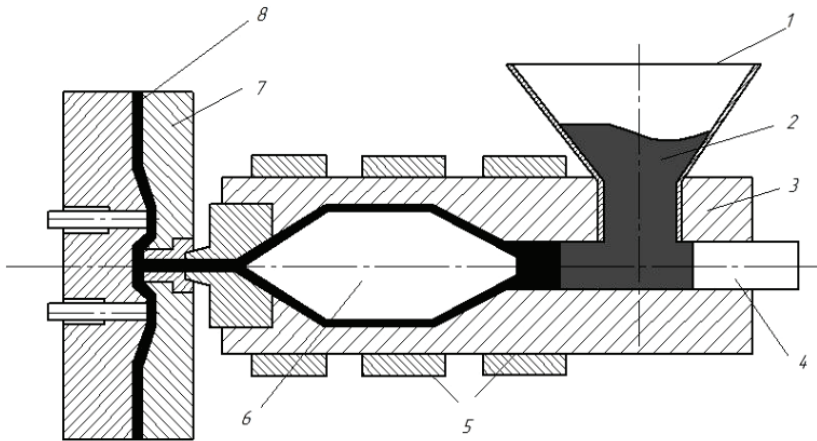


Рис. 9.5. Схема термопластавтомату

За допомогою нагнітального поршню 4 розігрітий матеріал через перехідник (ливник) подається у форму 7. Для кращого перемішування і нагріву матеріалу в нагнітальному циліндрі присутній обтічник 6. В деяких конструкціях ливарних машин циліндричні обтічники замінюють втулками, які викликають менше втрат тиску.

Термопластичні матеріали у нагнітальному циліндрі нагріваються до температури плинності. Нагрівання термореактивних матеріалів здійснюється до температур, трохи менше температур отвердіння. Остаточний нагрів відбувається при проходженні матеріалу через перехідник.

При конструюванні прес-форм для лиття під тиском враховується усадка матеріалу при затвердінні. У кристалічних полімерів (ПЕВТ, ПВХ) усадка достатньо велика і може сягати до 2%. Усадка аморфних матеріалів порівняно невелика і однакова в усіх напрямках (0,4-0,6%).

Лиття під тиском здійснюється на спеціальних ливарних машинах (рис.9.6) з ручним, механічним, гідравлічним, пневматичним або змішаним типом приводу. В роботі відбувається два рухи: хід поршня в ливарній машині і відкривання-закривання прес-форми. аким чином, процес лиття під тиском термопластичних матеріалів забезпечує отримання виробів складної геометричної форми з високою точністю розмірів, чітким відтворенням дрібних деталей та стабільними фізико-механічними властивостями, що робить цей метод одним із найбільш універсальних і поширених у сучасному виробництві полімерної продукції.

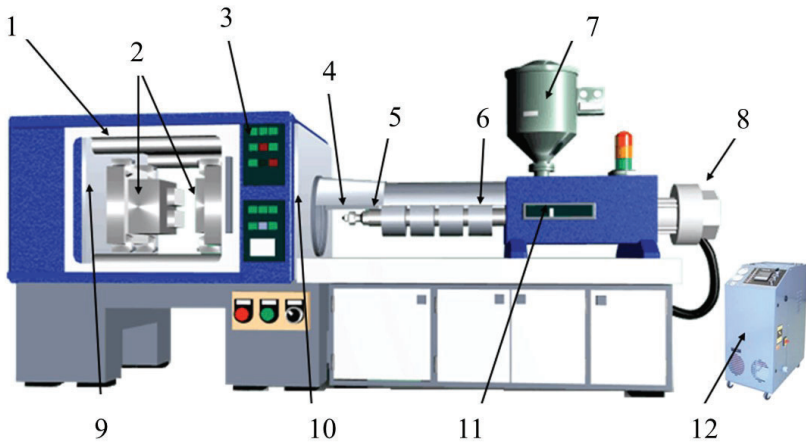


Рис. 9.6. Система відкриття-закривання прес-форми: 1 – напрямні колони, 2 – прес-форма (лита форма), 3 – панель керування, 4 – литтєва форсунка, 5 – циліндр шнека, 6 – нагрівальні елементи (термозони), 7 – бункер для подачі грануляту, 8 – привід шнека (електродвигун), 9 – рухома плита, 10 – нерухома плита, 11 – індикатор положення шнека, 12 – терморегулювальний блок.

В залежності від способу керування ливарні машини бувають ручні, напівавтоматичні та автоматичні.

Екструзійно-роздувальні агрегати застосовують для виготовлення великогабаритних об'ємних порожнистих виробів (бочок, барабанів, каністр, фляг) місткістю до 500 літрів.

До складу екструзійно-роздувального технологічного обладнання (рис.9.7) обов'язково входять наступні функціональні пристрої: екструдер, який здійснює пластифікацію матеріалу; екструзійна головка, яка формує з пластифікованого матеріалу трубчасту заготовку; роздувний пристрій, що забезпечує отримання з трубчастої заготовки готовий виріб і охолодження. Комбінований одночерв'ячний екструзійно-роздувальний агрегат складається зі станини 1, на якій закріплені електродвигун 2 з блоком шківів 3, які передають обертання через клинові ремені 4 на блок шківів 5, закріплених на валу циліндричного редуктора 6. На станині 1 знаходиться корпус 7 з підшипниковим вузлом, до якого приєднується завантажувальний бункер 8 і горизонтально розміщений матеріальний циліндр 9, в середині якого обертається черв'як 10.

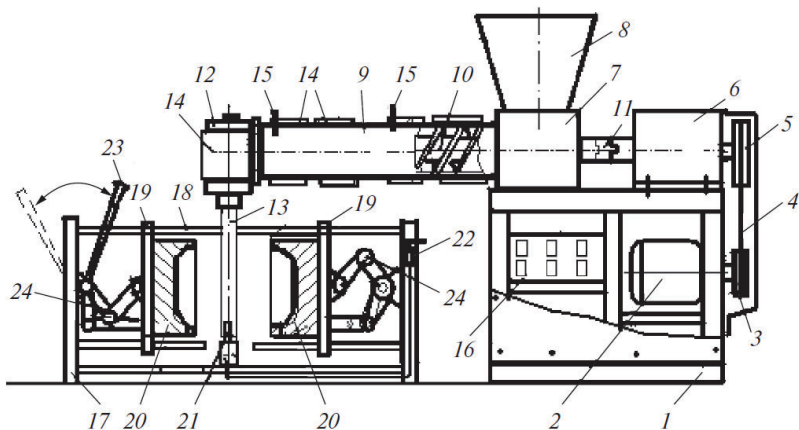


Рис. 9.7. Функціональна схема екструзійно-роздувального агрегату

При цьому привідний кінець черв'яка спирається на підшипниковий вузол корпусу 7, що вміщує радіальні та упорний підшипники, через муфту 11 приєднується до вихідного валу редуктора 6. На торці матеріального циліндру 9 співвісно закріплена кутова одномісна екструзійна головка 12, яка формує з пластифікованого матеріалу трубчасту заготовку 13. Головка 13 обігрівается кільцевим електронагрівальним ТЕНом 14. На зовнішній поверхні матеріального циліндру, який містить декілька зон нагріву, розміщені аналогічні ТЕНи 14, а також в кожній зоні закріплюється термопара 15, яка контролює температуру. При цьому електронагрівальні елементи і термопара кожної зони приєднані до відповідного реле, які розміщені на панелі блоку керування 16 і забезпечують автоматичне регулювання температури нагріву.

Роздувальний пристрій 17 агрегату, розміщений під екструзійною головою, містить дві плити 19, що рухаються горизонтально по колонках 18. На плитах закріплені роздувні напівформи 20, а також розміщений співвісно із каналом екструзійної головки 12 нерухомий ніпель 21, на який через кран 22 подається стиснене повітря. Зовнішній діаметр ніпелю зазвичай відповідає внутрішньому діаметру горловини тари, яка виготовляється, тоді як зовнішню поверхню цієї горловини формують сполучувані з ніпелем частини напівформ 20. Зустрічне переміщення плит 19 і змикання форм забезпечується поворотом важіля за рукоятку 23, в результаті чого дволанкові важільні механізми 24 приводяться в рух із

необхідним зусиллям і зачиняють форму. У корпусі 7 та роздувальній формі 20 також наявні канали, якими циркулює охолоджувальна вода, що подається з живильного колектора.

Перед початком роботи в бункер 8 агрегату засипають гранульований матеріал, на термореле 16 встановлюють необхідні для пластифікації матеріалу температури нагріву матеріального циліндру по зонах. Після розігріву циліндру 9 до заданої температури агрегат вмикається в роботу.

В процесі роботи гранульований матеріал з бункеру 8 через завантажувальне вікно рівномірним струменем засипається між витками черв'яка 10, що обертається, і переміщуються вздовж матеріального циліндру 9. При цьому матеріал пластифікується в однорідну в'язкоплинну масу і крізь кільцевий отвір в екструзійній головці 12 витискається у вигляді трубчастої заготовки доти, доки заготовка нижнім торцем не зайде на ніпель 21. В цей момент екструдувannya заготовки припиняється і поворотом важіля 23, плити 19 зводяться із напівформами 20.

В результаті роздувна форма змикається та із зусиллям зачиняється. При цьому на ніпелі 21, поверхнями напівформ, що сполучаються, формується зовнішня поверхня горловини тари. Верх трубчастої заготовки затискається торцями форми і зварюється. Далі поворотом відчиняється кран 22 і в заготовку через ніпель 21 подається стиснене повітря. Заготовка роздувається і щільно притискається до стінок форми. Після витримки часу, необхідного для охолодження матеріалу до досягнення механічної міцності, припиняється подача стисненого повітря, а кран ніпелю 21 з'єднується із атмосферою і стиснене повітря скидається із порожнини готового виробу.

Далі зворотним обертанням важіля плити 19 розводять, напівформи 20 розмикаються і готовий виріб видаляється з ніпелю 21. За необхідності, спеціальним інструментом перетиснутий кінець заготовки 13 зрізається. Далі екстрадується наступна заготовка і цикл повторюється. З виготовленого виробу за цей час прибирають залишки облою (рис.9.8). Екструзійно-роздувне обладнання, зображене на (рис.9.7), має низку суттєвих інженерно-технологічних переваг, які зумовлюють його широке застосування у виробництві тари з термопластів. По-перше, дана система поєднує в собі два технологічних процеси — екструзію та роздув, що дозволяє інтегрувати пластифікацію, формування заготовки та виготовлення кінцевого виробу в одному компактному агрегаті. Це суттєво підвищує продуктивність, зменшує потребу в проміжному охолодженні та транспортуванні напівфабрикату. По-друге, конструкція пристрою передбачає точне зональне регулювання температури матеріального циліндра, що гарантує стабільні реологічні властивості розплаву. Також реалізована автоматизація температурного контролю, що підвищує повторюваність процесу та якість продукції. Екструзійна головка утворює симетричну трубчасту заготовку, яку далі можна рівномірно роздувати в замкнутій формі до заданої геометрії.

Серед недоліків даного обладнання слід відзначити високі вимоги до точності виготовлення та синхронізації вузлів — від рухомих плит форми до подачі стисненого повітря. Також значне навантаження на редуктор і черв'ячний механізм вимагає регулярного технічного обслуговування. Іншим обмеженням є відносно низька гнучкість при зміні типорозміру продукції: кожна нова форма потребує перенастроювання як механічної частини, так і режимів нагріву. Крім того, при недостатньому охолодженні у формі можливе нерівномірне ущільнення стінок виробу або деформації. Водночас стиснене повітря після формування необхідно утилізувати, що потребує додаткових рішень у пневмосистемі. Таким чином, екструзійно-роздувальні агрегати (рис.9.8) є високоефективним технологічним рішенням для масового виготовлення порожнистих виробів із термопластів, однак потребують високого рівня інженерного супроводу, точного налаштування й системного обслуговування.



Рис. 9.8. Екструзійно-роздувальна машина для виробництва пластикових каністр

Головним робочим органом екструзійно-роздувальних агрегатів є черв'як, який в матеріальному циліндрі екструдера виконує наступні функції:

- захоплює гранульований матеріал із завантажувального бункера і переміщує його вздовж матеріального циліндру від зони завантаження до екструзійної головки;
- інтенсивно перемішує, пластифікує, стискає і гомогенізує розчин, забезпечуючи при цьому видалення з нього повітря та інших газів;
- створює тиск, забезпечуючи просування розчину матеріалу крізь екструзійну головку.

Конструктивні параметри черв'яка залежать як від необхідної пластифікаційної продуктивності екструдера, так і від теплофізичних, хімічних і механічних властивостей пластмас, що переробляються. У зв'язку з цим черв'яки виготовляють однозахідними і багатозахідними, з постійним і перемінним кроком витків, з постійною і перемінною глибиною міжвиткових каналів.

При виготовленні великогабаритної тари (місткістю більше 5 літрів) швидкість видачі заготовки великої довжини має бути високою. Крім того, при недостатній швидкості виходу з головки екструдера заготовка схильна до витягування у верхній, більш пластичній частині під дією власної ваги, що призводить до зменшення площі перерізу й нерівномірної товщини стінок виробу. Оскільки навіть високопродуктивні екструдери не забезпечують необхідну швидкість видачі великих заготовок, екструзійно-роздувальні агрегати, призначені для виготовлення габаритних виробів, виконують із спеціальним акумулюючим пристроєм (рис.9.9).

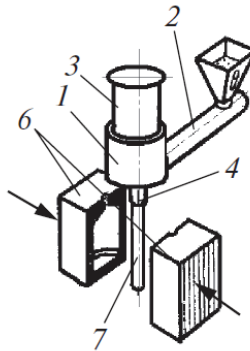


Рис.9.9. Схема виконання екструзійного агрегату

Акумулюючий пристрій 1 накопичує необхідний об'єм матеріалу, пластифікованого екструдером 2, далі поршнем, який переміщується гідроциліндром 3, витискає його з великою швидкістю через формуючий канал головки 4. Трубчаста заготовка 7 подається в розіркнену форму 6. В таких агрегатах час заповнення акумулятора 1 пластифікованим матеріалом з екструдера 2 є співрозмірним із сумарним часом усіх наступних стадій технологічного циклу, тому їх, як правило, виконують однопозиційними.

Об'ємну швидкість V потоку пластифікованого матеріалу, що витискається поршнем із формуючого каналу екструзійної головки, можна розрахувати за швидкістю:

$$V = \frac{\pi \cdot p \cdot d \cdot \Delta^2}{12 \cdot \mu \cdot l}, \text{ см}^3/\text{с}, \quad (9.1)$$

де p - тиск, який створюється поршнем в матеріалі до його виходу з отвору, Па;

d , Δ та l – середній діаметр, ширина і довжина формуючого каналу головки відповідно, см;

μ – динамічна в'язкість пластифікованого матеріалу, Па·с.

Існує тенденція застосовувати екструзійно-роздувальні агрегати (рис.9.10) з акумулятором і при виготовленні виробів середніх розмірів в багатомісних роздувальних формах, чим не лише підвищується продуктивність, а й покращується якість виробів, що виготовляють.

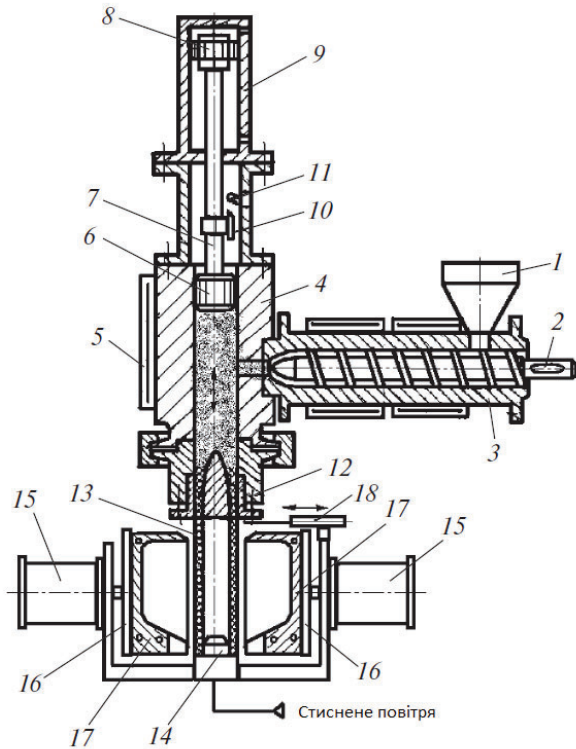


Рис. 9.10. Функціональна схема вертикального екструзійно-роздувального агрегату із акумулятором

В екструзійно-роздувальних агрегатах акумулюючий пристрій може розташовуватись вертикально, похило чи горизонтально. За похилого або горизонтального розташування акумулятор, як правило, закріплюють разом з екструдером на спільній станині. Недоліком такої компоновки є значний опір, що виникає при витисканні розчину через зміну напрямку руху на вертикальний. Через це агрегати із вертикальною компоновкою більш поширені. В них гранульований матеріал захоплюється з бункера 1 черв'яком 2 екструдера і переміщується вздовж нагрітих стінок матеріального циліндра 3. При цьому гранули стискаються, матеріал пластифікується, інтенсивно переміщується і гомогенізується в однорідний розчин, який протискається через з'єднувальний канал в акумулятор 4. Акумулятор обігрівається кільцевими електронагрівальними елементами 5.

Під тиском розчину плунжер 6 повільно переміщується вгору разом із поршнем 8 гідроциліндра 9. При накопиченні потрібного об'єму розчину спрацьовує кінцевий вимикач 11, який подає команду на перемикання гідроциліндра 9 в режим робочого ходу. При цьому поршень 8 швидко переміщує вниз плунжер 6, який, в свою чергу, із високою швидкістю витискає накопичену дозу пластифікованого матеріалу в головку 12. В кільцевому каналі головки 12 формується трубчаста заготовка 13. Черв'як 2 екструдера продовжує обертатись, запобігаючи зворотному витисканню розчину. В кінці ходу плунжера заготовка 13 торкається своїм нижнім торцем ніпеля 14 і в цей час за допомогою гідроциліндрів 15 зводяться плити 16 із напівформами 17. В результаті роздувальна форма зачинається.

При цьому на ніпелі 14 верхніми напівформ, що сполучаються, формується зовнішня поверхня горловини тари, що виготовляється, а верх трубчастої заготовки перетискається торцями форми і зварюється. Далі спрацьовує пневмоклапан і через ніпель 14 в заготовку подається стиснене повітря, яке роздуває заготовку і притискає її до стінок форм. Після витримування часу повітря скидається в атмосферу. Далі зворотним ходом гідроциліндрів 15 напівформи 17 відчиняються і виготовлена тара вилучається. За допомогою ножа 18 з торця екструзійної головки 12 зрізається залишок заготовки 13. За цей час черв'як 2, що безперервно обертається, заповнює акумулятор новою порцією матеріалу і цикл повторюється. З метою підвищення продуктивності екструзійно-роздувальні агрегати, призначені для виготовлення пластмасової тари великої маси і місткості (більше 0,5 м³), можуть виконуватись з акумулятором, який наповнюють два і більше екструдери.

Намотуванням можна виготовляти міцні корпуси великогабаритної тари з круглим, овальним або прямокутним перерізами (барабани, діжки, цистерни, контейнери), а також оболонки із замкненими торцями, наближені до форми кулі або еліпсу. У такий спосіб армуючий наповнювач у вигляді стрічки, ниток або полотна, просочений полімерним

зв'язувальним матеріалом, намотують за певною схемою на оправку, що обертається і має конфігурацію готового виробу.

Вироби таким чином можна виготовляти сухим, вологим чи комбінованим методом формування.

Сухий метод полягає в тому, що наповнювач, який армує, на окремій машині попередньо просочується полімерним зв'язувальним матеріалом з подальшим. Далі отриманий матеріал намотується на оправку для формування виробу. Відокремлення просочування в самостійну операцію дозволяє значно розширити діапазон полімерних зв'язувальних матеріалів, а також забезпечити більш рівномірне просочування наповнювача. При цьому спрощується конструкція намотувального обладнання, забезпечується більш стабільний пошаровий вміст зв'язувального матеріалу у виробі, покращується гігієнічність процесу та умови роботи. Технологічний процес формування за сухим методом включає кілька послідовних операцій.

Спочатку отримують збагачений полімерним зв'язувальним і просушений рулонний матеріал (рис.9.11).

Далі цей матеріал намотують на оправку, формуючи заготовку потрібної форми. Після цього заготовку піддають термообробці для фіксації структури, а потім охолоджують. Наступним етапом є випресовування сформованого виробу з оболонки оправки, для чого використовують гідравлічні домкрати або механічні лебідки. Завершується процес механічним доопрацюванням виробу з метою досягнення необхідних розмірів, чистоти поверхні та якості кінцевого продукту.



Рис. 9.11. Виробництво цистерни методом намотування полімерної нитки

У вологому методі формування виробів ключовою особливістю є поєднання операцій просочування армуючого наповнювача зв'язувальною речовиною та його намотування на оправку в єдиний технологічний етап. Такий підхід забезпечує істотне скорочення тривалості виробничого циклу за рахунок усунення проміжних стадій. Нанесення зв'язувального матеріалу може здійснюватися двома основними способами: або шляхом пропускання армуючого наповнювача крізь ванну, наповнену зв'язувальною композицією, або методом напилення. Обидва варіанти дозволяють досягти рівномірного просочення, що є критичним для забезпечення механічної цілісності та однорідності готового виробу.

Комбінований метод полягає в тому, що при намотуванні виробу, що формується за сухим методом, до вже нанесеного наповнювача між шарами додатково вводять певну кількість рідкого термореактивного зв'язувального. Цим забезпечують більшу однорідність та герметичність виробів, що формують.

Обладнання для виготовлення виробів методом намотування (рис.9.12) зазвичай включає систему обертання оправки (форми) та механізм розкладальника армуючого наповнювача, який за потреби обладнується просочувальною ванною. Кінематична схема такого устаткування повинна забезпечувати обертання оправки по траєкторії, що гарантує стабільне положення армуючого матеріалу в зоні намотування — без проковзування або зсуву під дією натягу. Вибір типу намотування визначається геометрією виробу, його розмірами, товщиною стінок, типом армуючого матеріалу (нитка, стрічка, полотно), а також конструкцією оправки. Залежно від цих факторів застосовують пряме кільцеве, спіральне або комбіноване намотування, яке може вимагати обертання оправки у двох площинах для забезпечення потрібної укладки.

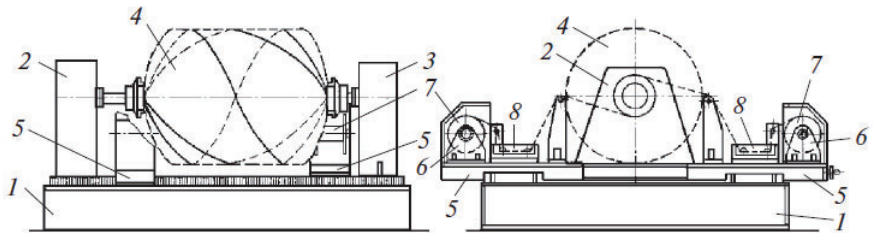


Рис.9.12. Верстат для спірального намотування замкнених оболонок

Верстат, який забезпечує формування як замкнених оболонок, так і корпусів з відкритими торцями із спіральним навиванням, складається зі станини 1, несучих стійок 2 і 3. В шпинделях стійок встановлюється змінна оправка 4. По напрямним станини зворотно-поступально переміщуються дві каретки 5, кожна з яких містить шпулю 6, в якій

встановлюють змінну катушку 7 із армуючим матеріалом, а також ванну 8, заповнену полімерним зв'язувальним. Від привода верстата, розміщеного посередині станіни, крізь передавальний механізм здійснюється обертання оправки 4 і пов'язані з нею зворотно-поступальні переміщення кареток 5 по напрямним.

В процесі роботи цього верстата безперервний скловолоконистий армуючий матеріал розмотується з катушок 7, проходить крізь ванну 8, де просочується зв'язувальним і намотується під певним натягом на оправку, що обертається 4, а каретки 5 зворотно-поступально переміщуються при цьому по напрямним станіни. Цим забезпечується спіральна або більш складна схема розкладання матеріалу по поверхні оправки.

Після нанесення на оправку необхідної кількості шарів матеріалу, сформована оболонка підлягає отвердінню - холодному чи при підвищеній температурі. Замість волого просочування в машині може застосовуватись і попередньо просочені волокна. Після отвердіння відформованої оболонки вона видаляється зі знятої оправки і цикл повторюється.

Оправки є важливим елементом намотувальних верстатів. Їх розміри, конфігурація і конструктивне виконання визначаються розмірами і формою внутрішньої поверхні виробів, що виготовляють. Вони повинні мати достатню для формування міцність, легко відділятися від виробу без його ушкодження. При проектуванні оправок необхідно враховувати всі зусилля і напруження, що виникають в процесі формування; стискання, обумовлені усадкою оболонки в процесі отвердіння. В залежності від цих факторів оправки можуть бути:

- з дерев'яної або металевої форми, яка випресовується з виготовленого виробу після його отвердіння;
- надувних форм, в яких по закінченню формування скидають тиск для їх видалення;
- сердечників, виготовлених з металевого сплаву з низькою температурою плавлення або спеціального воску (після завершення отвердіння такий сердечник видаляється шляхом плавлення при підвищеній температурі);
- тонкостінних форм, які лишаються у виробі.

Оправки діаметром до 600 мм виконують, як правило, монолітними, більші за розміром – складними або розбірними. При виготовленні закритих оболонок застосовують надувні, розбірні або ті, що видаляються руйнуванням. У випадках, коли форму залишають всередині виробу, отримують вироби з двошаровими стінками. Внутрішня форма забезпечує герметичність, хімічну або корозійну стійкість, а зовнішня оболонка надає корпусу необхідну механічну міцність.

Відцентрове формування застосовують для виготовлення корпусів великогабаритної тари та інших виробів, що мають форму тіл обертання (циліндричну, джжкоподібну, конічну). При виготовленні виробів цим

способом в нагріту форму, торці якої закриті фланцями, завантажують порцію розплаву термопластів і рідкої смоли з затверджувачем реактопластів, далі форму приводять в обертання. При цьому матеріал, що знаходиться у формі, під дією відцентрових сил рівномірно розподіляється по поверхні форми і, притискаючись до стінок, ущільнюється. Далі в процесі охолодження термопластів або полімеризації реактопластів матеріал твердіє і утворює відливку (рис.9.13). Через те, що процес здійснюється при високих частотах обертання форми, під дією відцентрових сил в матеріалі виникає достатньо великий тиск, і тому усадка виробу майже відсутня. Далі обертання припиняється, з форми прибираються фланці і відливку вилучають. При завантаженні у форму матеріалу у вигляді порошку або гранул тривалість формування виробу зростає, через необхідність додаткового часу на його плавлення і гомогенізацію.

Таким чином зазвичай виробляють вироби з поліамідів, поліефірів та інших термопластів з низькою в'язкістю. Напівавтоматичні машини відцентрового формування застосовують для виготовлення великогабаритних виробів зі склопластику. Найбільш раціональним способом для отримання великогабаритних об'ємних порожнистих виробів є **ротаційне формування**.



Рис.9.13. Приклади тари, виготовленої ротаційним формуванням

Ротаційним формуванням виготовляють великогабаритні ємності (баки, цистерни, діжки, канистри, піддони) та інші різноманітні вироби об'ємом від 0,25 до 40 м³.

Ротаційне формування – спосіб виготовлення тонкостінних порожнистих виробів з пластмас, при якому в герметично зачинену

металеву форму завантажують порцією полімерного матеріалу і, в залежності від конфігурації виробу, обертають в одній або двох перпендикулярних площинах з одночасним її нагріванням і подальшим охолодженням. При цьому матеріал, нагріваючись від стінок форми, плавиться, гомогенізується і рівномірним шаром розподіляється по поверхні форми. Далі в процесі охолодження матеріал переходить в твердий стан і утворює порожнистий виріб, який видаляється з форми після її зупинки (рис.9.14).

Основним матеріалом для виробництва методом ротаційного формування виробів є поліетилен (70-75%). Застосування поліетилену обумовлено його низькою вартістю, високою термостабільністю, легкою переробкою гранул в порошок, а також гарними експлуатаційними властивостями. Розроблена спеціальна марка поліетилену, показник плинності якої при переробці зменшується з 5 до 1,5. Цей матеріал характеризується підвищеним значенням ударної в'язкості при низьких температурах. Другий за поширеністю матеріал – полівінілхлорид (10-13%), серед якого є марки спеціально призначені для ротаційного формування.

Етапи виготовлення виробів

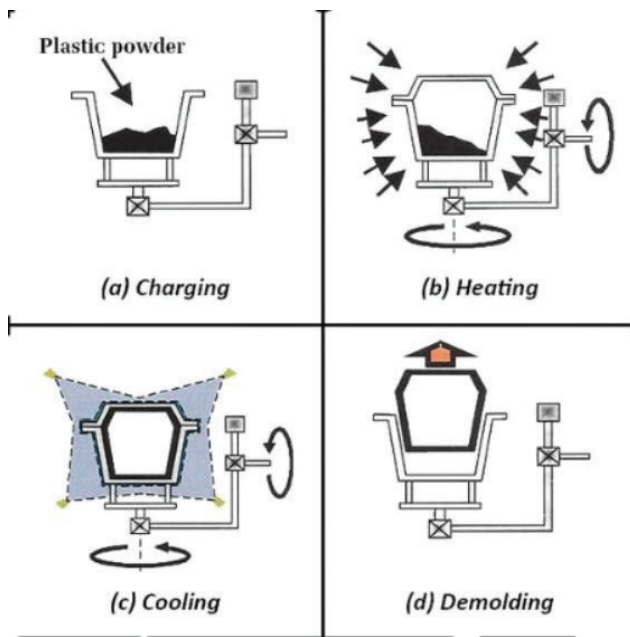


Рис.9.14. Етапи виготовлення виробів ротаційним формуванням

На першому етапі на поверхню порожнини форми наносять рідкий антиадгезив, далі дозується порошкоподібний або рідкий полімерний матеріал і завантажується у форму. Після завантаження форма герметично зачиняється. Товщина стінок виробу, що виготовляється, буде залежати від кількості матеріалу.

На другому етапі відбувається формування виробу. Для цього форма приводиться до обертання відносно двох перпендикулярних осей і одночасно нагрівається. Матеріал гомогенізується і розподіляється рівномірним шаром по поверхні форми. Режим нагріву має забезпечити інтенсивне розплавлення матеріалу. Тривалість нагріву залежить від виду матеріалу, товщини стінок і конфігурації виробу. Велике значення має вибір частоти обертання форми. Частота обертання може коливатись від 9 до 32 обертів на хвилину. Нагрів форми здійснюється в спеціальній камері. Процес формування зазвичай здійснюється при атмосферному тиску.

На третьому етапі технологічного процесу здійснюється примусове охолодження форми, яка продовжує обертатися, до повного затвердіння матеріалу, з якого виготовляється виріб. Зазвичай для цього форму переміщують у спеціальну охолоджувальну камеру, де на неї діють розпиленням холодної води або направленими струменями охолодженого повітря. У деяких випадках охолодження може відбуватись на відкритому майданчику, однак такий підхід менш контрольований і може впливати на стабільність процесу. Вибір і дотримання оптимального режиму охолодження має вирішальне значення, оскільки він суттєво впливає як на якість готового виробу, так і на загальну тривалість технологічного циклу. При стабільному обертанні форми рекомендується застосовувати поступовий характер охолодження: спочатку повільне зниження температури для зняття внутрішніх напружень, а потім більш інтенсивне охолодження до завершення затвердіння. Правильно підібраний режим забезпечує високу точність геометричних параметрів і мінімізує деформації виробу.

На четвертому етапі відбувається розкриття форми та видалення готового виробу. Як правило, за рахунок усадки виріб легко видаляється. Далі цикл повторюється. Вироби, виготовлені методом ротаційного формування, характеризуються рівнотовщинністю стінок, не містять з'єднувальних швів і внутрішніх напружень в матеріалі, їх поверхня в точності відтворює конфігурації форми (рис.9.15). Деякі параметри процесу встановлюють, зважаючи на наступні залежності:

- чим вища температура пластифікації матеріалу, тим меншу швидкість обертання форми необхідно встановлювати;
- зі збільшенням габаритних розмірів виробу швидкість обертання зменшується;
- зі збільшенням товщини стінки збільшується значення усадки виробу в процесі охолодження.

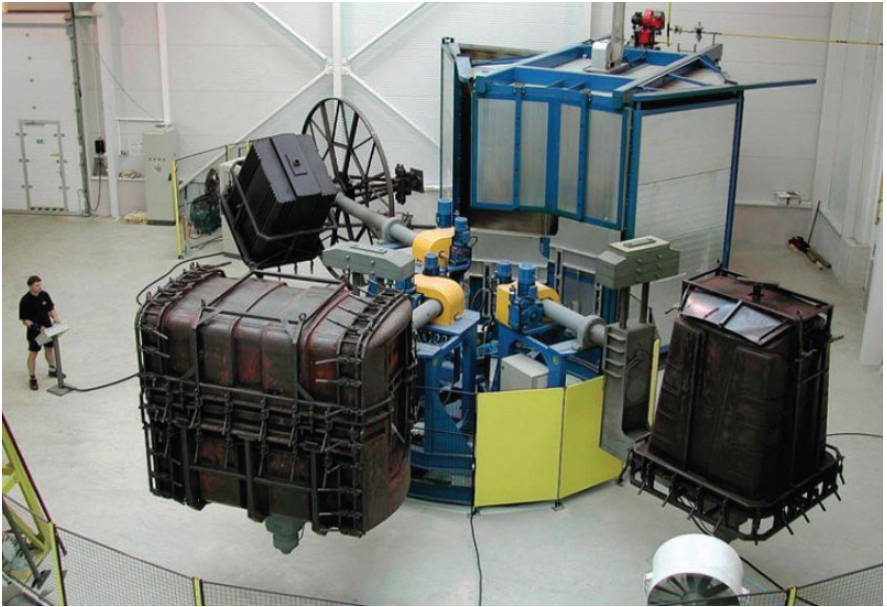


Рис.9.15. Багатошпindelьна карусельна ротаційна машина

Технологічне обладнання для ротаційного формування класифікують за декількома ознаками:

- за кількістю робочих шпindelів – на одно-, дво- чи багатошпindelьні;
- за кінематикою переміщення шпindelів – на стаціонарні, човникові, маятникові та карусельні;
- залежно від способу нагрівання та охолодження форми, обладнання поділяється на повітряне та рідинне;
- за кількістю виробів, що формуються одночасно – на одно- чи багатомісні.

Машина для лиття піддонів



Ротаційне лиття



ТЕМА 10. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТЕРМОФОРМОВАНОЇ ПОЛІМЕРНОЇ ТАРИ Й ПАКОВАННЯ

Обладнання для термоформування. Класифікація обладнання

Основним параметром формуючих машин вважають максимальний розмір їх затискних пристроїв і найбільшу глибину формування.

Обладнання для термоформування класифікують за наступними параметрами: за методом формування, за призначенням, за кількістю позицій, за траєкторією руху матеріалу, за видом заготовок.

Як було зазначено раніше, метод формування визначає вид робочого середовища для створення різниці тиску. Відповідно машини можуть бути оснащені однією з наступних систем:

- вакуумною системою, яка створює розрідження у формуючій камері;
- пневмосистемою, яка створює надлишковий тиск стисненого повітря над заготовкою, що перебуває у процесі формування;
- гідросистемою для створення тиску рідини;
- системою створення пароповітряної суміші.

На багатьох машинах встановлюють приводи для створення механічного зусилля на матеріал, що формується. Також існує велика кількість машин оснащених одночасно декількома видами приводів, які забезпечують комбінований вплив на плівкову або листову заготовку.

В машинах з ручним керуванням більшість операцій виконуються оператором обладнання. Це, в першу чергу, стосується операцій укладки заготовок і вилучення готових виробів.

В напівавтоматичних машинах вкладання заготовки і вилучення виробів здійснюється вручну. Всі інші операції виконуються автоматично відповідно до заздалегідь заданого режиму. Система контролю і регулювання складається з кінцевих вимикачів, терморегуляторів і реле часу, за допомогою яких встановлюється тривалість кожної операції і всього циклу.

В автоматичних машинах всі операції синхронізовані і відбуваються автоматично без участі оператора.

Машини, призначені для переробки окремих листових заготовок, як правило, працюють в ручному або напівавтоматичному режимі. Машини, які переробляють рулонні матеріали, найчастіше автоматичні. Машини, поєднані з екструдером для виготовлення рулонних матеріалів з порошкового або гранульованого матеріалу, завжди працюють в автоматичному режимі і призначені для виготовлення великих партій однакових виробів. Класифікація обладнання для термоформування тари наведена в таблиці 10.1.

Класифікація обладнання для формування об'ємної тари

Таблиця 10.1

<i>За методом формування</i>	<i>Призначення/застосування</i>
Вакуумформовочні машини	Для тонкостінних виробів з нескладною геометрією поверхні
Пневмоформовочні машини	Для виробів з товстостінових матеріалів і для виробів зі складною геометрією поверхні
Машини для механічного формування	Великосерійне виробництво виробів простої форми
Машини для гідравлічного формування	Переробка особливо товстих листів і матеріалів, що потребує зволоження при формуванні
Машини для формування комбінованими методами	Для всіх різновидів формованих виробів
<i>За видом керування</i>	
Машини з ручним керуванням	Для виготовлення одиничних зразків та невеликих серій виробів
Машини з напівавтоматичним керуванням	Для малих та середніх серій виробів, для виробів великих розмірів або складної форми
Машини з автоматичним керуванням	Для великих серій однотипних виробів
<i>За призначенням</i>	
Універсальні машини	Для виробництва широкого асортименту виробів різних габаритів різної серійності
Спеціалізовані машини	Для великих серій обмеженої номенклатури з певного термопласту
Комбіновані машини	Для великих і середніх серій. Зміна номенклатури потребує суттєвого перенаштування машини
<i>За кількістю позицій</i>	
Однопозиційні машини	Всі операції здійснюються на одній позиції
Багатопозиційні машини	На кожній позиції відбувається один вид операції (нагрівання, формування, охолодження та інш)
Багатопозиційні з однаковими операціями	Одні й ті самі операції одночасно виконуються на кількох позиціях.
<i>За видом заготовки</i>	
Машини для формування заготовок певного розміру	Застосування таких машин потребує додаткового розкрою заготовок, пристроїв для подачі заготовок і вилучення виробів
Машини для формування рулонних матеріалів	Обов'язкова операція - вирубка готових пристроїв
Живлення безпосередньо від екструдера або каландра	Створюються на базі машин, призначених для виробництва великих серій виробів.

В залежності від типу матеріалу, вимог до конструкції та оформлення готових виробів термоформувальне обладнання може бути оснащено різними вузлами: вирубні пристрої, зварювальні пристрої, пристрої для заповнення тари, пристрої для формування кришок, пристрої для нанесення друку, пристрої для складання готової продукції.

10.1. Однопозиційні машини

Однопозиційними (рис.10.1) називають такі формувочні машини, де всі технологічні операції здійснюються на одному місці агрегату. Найчастіше ці машини бувають універсальними з ручним або напівавтоматичним керуванням.

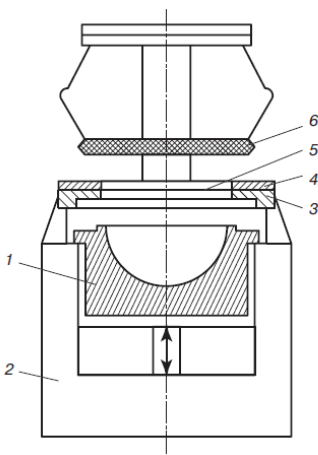


Рис.10.1. Принципова схема однопозиційної вакуумформувочної машини

На рис.10.1. зображено схему роботи однопозиційної формувочної машини. На станині 2 встановлена матриця 1. Над матрицею нерухомо змонтована нижня частина затискної рами 3, на якій за допомогою верхньої рухомої рами 4 кріпиться листова заготовка 5. Над заготовкою розміщено нагрівач 6, положення якого можна регулювати по висоті. Для зручності обслуговування при укладанні заготовки і вилученні виробу нагрівач відводять вбік. В процесі роботи оператор підіймає рухому частину рами, укладає заготовку, опускає раму і здійснює притискання заготовки гвинтовим або кулачковим затвором. Далі встановлюється нагрівач в робоче положення.

Після нагріву заготовки (зазвичай машина оснащена таймером), оператор підіймає матрицю до контакту із заготовкою. Після цього вмикається вакуумний насос, який створює формуючу різницю тиску. Після завершення процесу формування, оператор відводить нагрівач вбік і починається охолодження готового виробу. Деякі машини оснащені спеціальними пристроями для обдуву виробу повітрям. Далі матриця опускається вниз, готовий виріб вилучається, укладається нова заготовка і цикл повторюється.

На однопозиційних машинах з напівавтоматичним керуванням (рис.10.2), призначеним для формування з попереднім механічним витягуванням, для приводу нижнього столу і верхнього пуансону, як правило, використовують пневматичні циліндри.

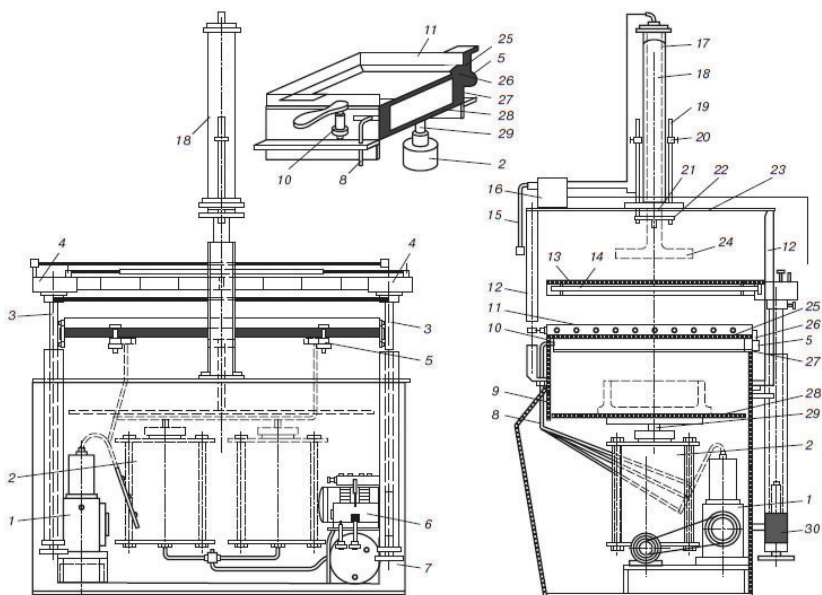


Рис. 10.2. Схема однопозиційної машини з верхнім плунжером для попереднього механічного витягування

Приклад машини для виробництва великогабаритних виробів зображено на рис.10.3. На станині 7 змонтовані два пневматичні циліндри 2. На штоках 29 цих циліндрів закріплено стіл 28. При подачі стисненого повітря від компресору 6 в циліндри стіл піднімається у формувальній камері 9. При підйомі стіл притискається до гумового ущільнення 27. Листова заготовка 25 притискається до верхнього гумового ущільнення 26 прижимною рамою 11 за допомогою затискачів 10. В залежності від товщини заготовки відстань між ущільненням 27 і затискнуою рамою регулюються гвинтами 5. Повітря із формувальної камери відсмоктується через патрубки 8 за допомогою вакуум-насосу 1.

На напрямних 3 змонтовані два поворотні нагрівачі 4. Нагрівач складається з П-подібного каркасу 13 і нагрівальних елементів 14. Нагрівачі по висоті встановлюють за допомогою гвинтових пристроїв 30.

Пневмоциліндр 18, призначений для приводу верхнього пуансона, змонтований на рамі 23, яка кріпиться на двох стойках 12. Знизу на штоку 21 закріплена відносно тонка плита 22, на яку кріпиться пуансон 24. Хід поршня 17 регулюється спеціальними кільцями 20, які закріплені на стрижнях 19. Піднімається і опускається пуансон завдяки перемиканню клапанів, які розміщені в коробці 16. У варіанті ручного керування клапани перемикаються за допомогою ручки 15.

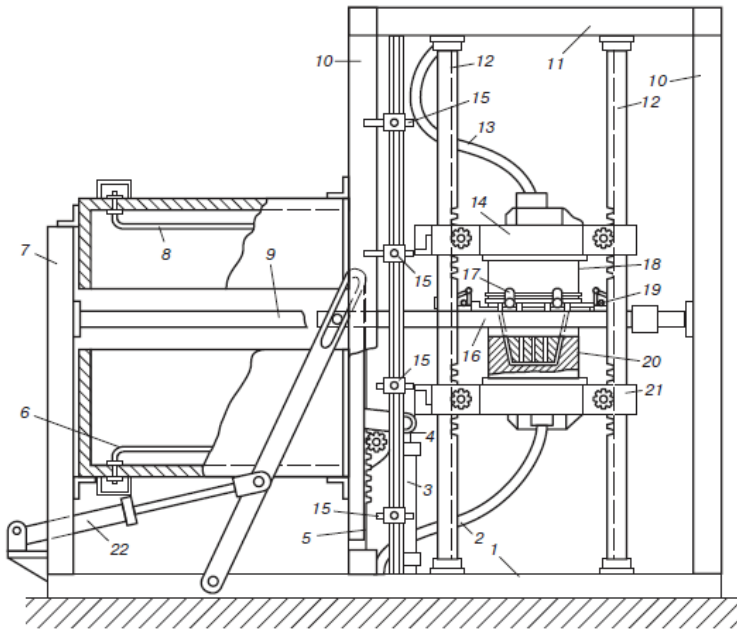


Рис.10.3. Схема однопозиційної машини, яка дозволяє виконувати вакуумне, пневматичне, механічне і комбіноване формування

Схема однопозиційної формувальної машини, здатної виконувати різні типи термоформування, представлена на рисунку 10.3. Конструктивно рама машини складається з чотирьох вертикальних стійок 10 та двох вкорочених стійок 7, які жорстко з'єднані між собою поздовжніми та поперечними розпірками 1 і 11. Між цими розпірками розміщені зубчасті рейки 12, які одночасно виконують функцію направляючих колонок для переміщення рухомих плит 14 і 21. До цих плит жорстко закріплюються пуансон 18 і матриця 20 вакуумної форми. У початковому стані форма відкрита, і оператор вручну розміщує лист термопластичного матеріалу в затискну раму 19, встановлену на каретці 16. Після подачі оператором сигналу система активується (рис.10.4): краї листа автоматично притискаються до рами за допомогою планок, що діють під тиском пневматичних циліндрів. Далі шток 4 пневмоциліндра 3 швидко опускає дверцята кожуха, і каретка 16 разом із затиснутою в рамі 19 заготовкою за допомогою пневмоциліндра 22 переміщується по напрямних 9 у зону нагріву, розміщену між нагрівачами 6 і 8. Після закриття дверей 5 здійснюється нагрів заготовки, а по завершенні цього етапу каретка 16 повертається у вихідне положення за сигналом реле часу.

Пуансон 18 і матриця 20 змикаються. Відбувається процес попереднього механічного витягування заготовки. Остаточний виріб формується вакуумом і тиском стисненого повітря, які створюються у порожнинах форми вакуумною і пневматичною системами через шланги 2 і 13. Автоматично встановлюється затримка виробу у формі на охолодження. Після охолодження форма розмикається. При цьому переміщення плит контролюється кінцевими вимикачами 15.



Рис. 10.4. Однопозиційна вакуум-формуюча машина із попереднім розтягуванням заготовки

Однопозиційні машини зазвичай є універсальні за призначенням. Переналаджування таких машин при зміні номенклатури доволі просте. Більшість вакуум-формувальних машин цього типу оснащені універсальними формувальними столами, які не мають спеціальних посадкових місць для кріплення формуючого інструменту.

Це дозволяє встановлювати форму в будь-якій точці столу, при цьому додаткового кріплення для форми не передбачене. Ущільнення в такому випадку забезпечується за рахунок гумової прокладки, закріпленої на опорній поверхні форми. Підтискання ущільнення здійснюється за рахунок ваги форми.

Однопозиційні машини можуть бути оснащені нагрівачами інфрачервоного та конвекційного типу, одно- або двобічними. При

двобічному обігріві можливі два варіанти взаємного переміщення заготовки і нагрівачів: найбільш поширений варіант із рухомими нагрівачами і нерухомою заготовкою.

Однопозиційні машини зазвичай призначені для формування виробів середніх і великих розмірів. Такі машини часто комплектуються набором змінних, різних за розмірами затискних пристроїв, що дозволяє легко змінювати розміри виробів, що формуються.

10.2. Багатопозиційні машини з однорідними позиціями

Багатопозиційні машини (рис.10.5) відрізняються тим, що технологічні операції здійснюються одночасно на різних ділянках агрегатів. Через те, що термопласти є поганими провідниками тепла, нагрів заготовок при формуванні відбувається повільно, і час нагріву може перевищувати час всіх інших технологічних операцій.



Рис.10.5. Двопозиційна вакуум-формуюча машина із попереднім розтягуванням заготовки

Для підвищення продуктивності застосовують багатопозиційне обладнання, що виконує однотипні операції паралельно. Найпоширенішим є двопозиційні пневмовакuumні формувальні машини, які мають два формувальні вузли та один спільний нагрівач. Нагрівач переміщується в горизонтальній площині між позиціями, що дозволяє одночасно проводити формування виробу на одній позиції та нагрів заготовки на іншій, забезпечуючи безперервність і ефективність процесу.

Оператор розміщує заготовку на одну з позицій і вручну пересуває на неї нагрівач. В цей час подається сигнал на формування другої нагрітої заготовки. Формування і охолодження відбувається автоматично. Оператор лише вилучає готовий виріб з машини, складає нову заготовку і переміщує нагрівач. На цей момент заготовка, що стоїть на першій позиції, вже нагріта і починається процес її формування.

Одним із різновидів двопозиційних машин (рис.10.6) з однорідними формувальними позиціями є здвоєні машини, які оснащені двома незалежними нагрівачами та двома формувальними зонами. При цьому обидві позиції працюють під управлінням спільної вакуумної або пневматичної системи. Особливістю конструкції є організація роботи з часовим зсувом між циклами формування на кожній позиції, що дозволяє раціонально використовувати приводні механізми машини, зменшуючи простір обладнання. Такий підхід сприяє підвищенню загальної продуктивності процесу та полегшує роботу оператора, забезпечуючи більш рівномірне навантаження.

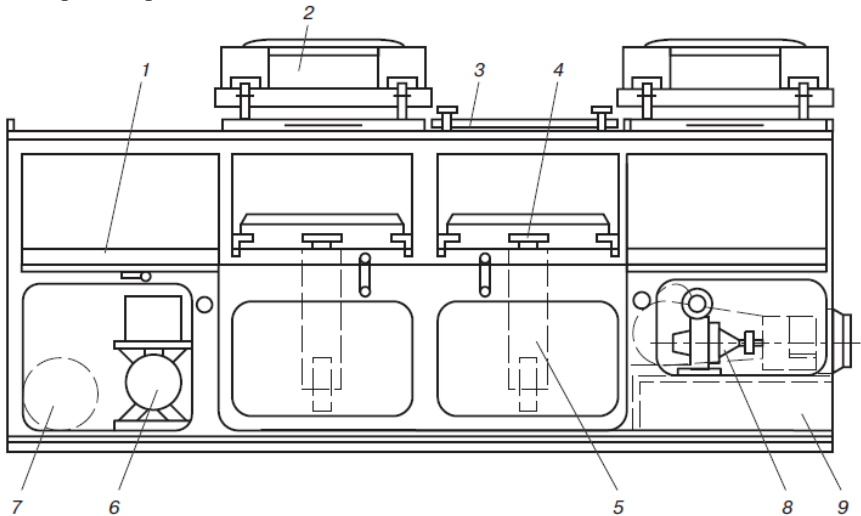


Рис.10.6. Схема здвоєної вакуум-формувальної машини

Схема здвоєної вакуум-формувальної машини наведена на рис.10.6. Заготовки розміщуються в камері 1, де вони попередньо нагріваються в той час, коли нагрівачі 2 відводять в бік від формувальних камер. З камер попереднього нагріву заготовки вручну вкладаються в затискні рами 3. Після остаточного нагріву відбувається формування виробу на пуансоні або в матриці, які встановлені на рухомих столах 4 формувальних камер. Привід рухомих столів реалізований за допомогою циліндрів 5.

Вакуумна система машини складається з вакуум-насосу 6 і ресиверу 7. Для приводу рухомих столів 4 можна використовувати механічний, пневматичний або гідравлічний приводи.

Багатопозиційні машини з однорідними позиціями застосовують лише для переробки листового матеріалу, оскільки рулонний матеріал нагрівається значно швидше. Машини цього типу універсальні за призначенням. Найчастіше вони використовуються для вакуумного або комбінованого формування. Найдоцільніше використання такого типу машин- для формування виробів з товстолистових заготовок.

11. Багатопозиційні машини з позиціями різного призначення

Цей тип формувального обладнання отримав найбільше поширення, що пов'язано з високою продуктивністю подібних машин і з можливістю здійснення на них напівавтоматичного і автоматичного циклів.

Для переробки товстолистових матеріалів частіше використовуються машини карусельного типу. Листовий матеріал (рис.10.7), що переробляється, здійснює колове циклічне переміщення від позиції до позиції.

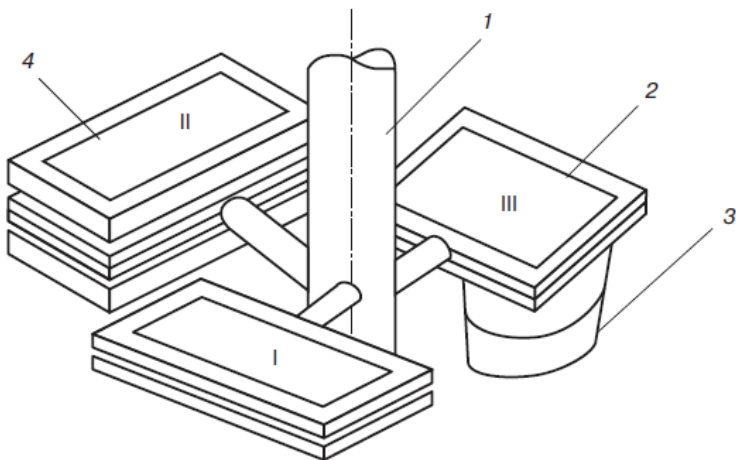


Рис. 10.7. Схема трипозиційної карусельної машини

Найбільше розповсюджені в промисловості трипозиційні карусельні машини (рис.10.7). Машини складаються з ротору 1, на якому закріплені три затискні рами 2, формуючої камери 3 і нагрівача 4. Оператор на позиції 1 закриває заготовку в затискну раму. Через певний час ротор повертається на 120° і заготовка потрапляє в позицію II, де відбувається її нагрів. Далі ротор повертається ще на 120° , і нагріта заготовка приходить на позицію III, для формування і охолодження виробу. При черговому

повороті ротору відформована заготовка потрапляє на позицію 1, де оператор вилучає готовий виріб і вкладає нову заготовку.

Час між двома поворотами ротору на 120° дорівнює часу самого тривалого процесу, який відбувається на будь-якій позиції. Як правило, нагрів заготовки відбувається приблизно в 2,5 рази довше, ніж процеси формування і вкладання заготовки (рис.10.8). З урахуванням цього були створені чотирипозиційні карусельні вакуум-формувальні машини. В цих машинах позиції нагріву розділені на дві попереднього і остаточного нагріву.

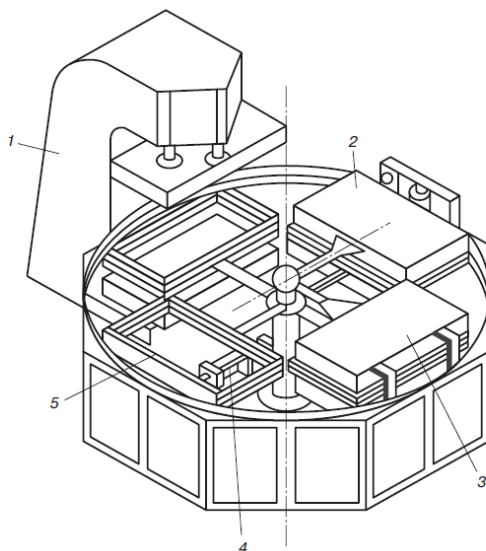


Рис.10.8. Схема чотирипозиційної пневмоформувальної машини карусельного типу

Машини цього типу призначені для формування великогабаритних виробів з листових заготовок товщиною 2-15 мм. Лист матеріалу вручну вкладають в затискну раму 5, після чого вона затискається. На роторі машини закріплені чотири затискні рами. Поворот ротору здійснюється за допомогою пневматичного циліндру 4. Ротор повертається на 90° і заготовка переміщується в позицію попереднього нагріву, де встановлені нагрівачі 3. В цей час на завантаження подається наступна рама. Нагрівачі зазвичай забезпечують двобічний нагрів заготовки. Наступним рухом ротору заготовка переміщується в зону остаточного нагріву 2. Матеріал нагрівається до еластичного стану і після чергового повороту ротору подається на формування. Позиція формування може бути оснащена пресом 1, який забезпечує не лише змикання камери формування, а і вирубвання сформованого виробу.

Всі машини карусельного типу працюють в напівавтоматичному режимі і не призначені для роботи із рулонними матеріалами. За призначенням їх можна віднести до машин комбінованого типу – дозволяється заміна номенклатури виробів, що формуються, в доволі широкому діапазоні. Але для переходу з одного виробу на інший необхідне суттєве переналагодження.

10.3. Машини для формування з рулонних матеріалів

Для формування виробів з рулонних матеріалів призначені багатопозиційні машини стрічкового типу. На (рис. 10.9) наведена схема такої машини з горизонтальним формуючим вузлом, призначеним для роботи в автоматичному циклі.

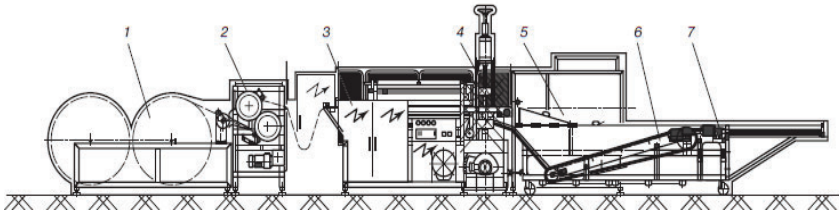


Рис.10.9. Схема машини із попереднім нагрівом для формування тари з рулону

Тонкий лист подається в машину в рулонах. Механізм розмотування і розрахований на встановлення двох рулонів, що дозволяє працювати без зупинок для заміни матеріалу. З механізму розмотування лист потрапляє в попередній нагрівач 2. В цьому механізмі здійснюється попередній контактний нагрів матеріалу на валках. Далі матеріал потрапляє у вузол нагріву 3, в якому за рахунок двобічного нагріву термопласт переходить в еластичний стан. Через те, що лист в попередньому нагрівачі рухається безперервно, а процес формування відбувається періодично, між нагрівачами передбачено створення накопичувальної петлі. З вузла нагріву заготовка поступає у вузол формування 4. Вирубання готових виробів в наведеній машині відбувається безпосередньо у вузлі формування. Далі по похилому жолобу 5 готові вироби потрапляють на конвеєр, розміщений перпендикулярно осі машини. Залишки матеріалу (рис.10.10) подрібнюються під час вирубання готових виробів і далі

За допомогою такого технологічного процесу виготовляють blisterне пакування, пластикове пакування, лотки, корекси (рис.10.11). Товщина плівок, що підлягають обробці, - від 0,15 до 0,8 мм. Максимальна глибина формування не перевищує 150 мм. Матеріали плівок, що використовуються, - ПВХ, ПП, ПЕТ, ПС.

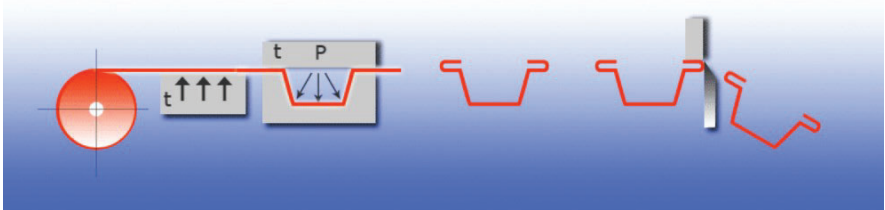


Рис.10.11. Технологічна схема негативного пневмоформування із загином уздовж поздовжніх країв

Технологічна лінія (рис.10.12) призначена для виготовлення виробів із загином уздовж поздовжніх країв. Після формування виробу висікаються ділянки краю смуги. Поздовжні краї, що залишилися, загинаються у вузлі двостороннього загинання кромки. Створюються краї типу «пенал». Ніж відрізає смугу впоперек.

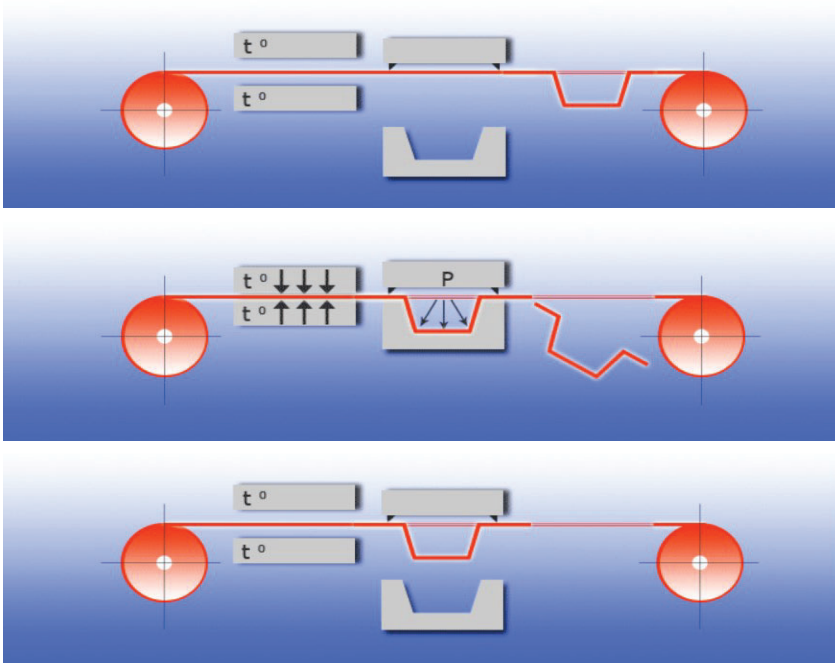


Рис.10.12. Технологічна схема негативного пневмоформування із вирубанням в зоні формування

Технологічне обладнання на (рис.10.13) призначене для виготовлення тари середніх розмірів. Попередньо нагріту стрічку подають у вузол формування, пневмоформують. Вирубкування відбувається у вузлі формування в процесі пневмоформування. Облой намотують на барабан або подрібнюють.

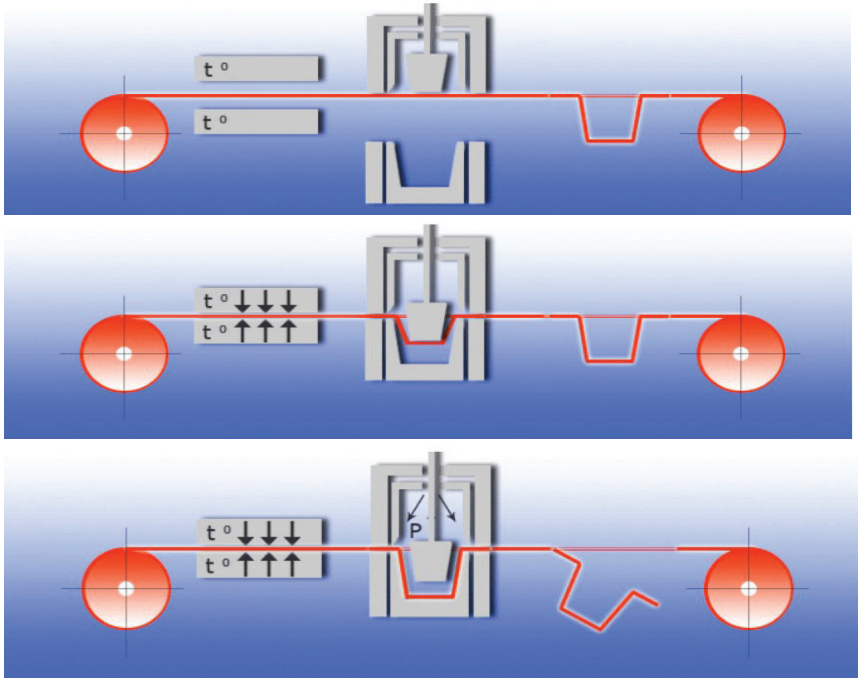


Рис. 10.13. Технологічна схема пневмоформування із видавлюванням матеріалу пуансоном

Автоматичне обладнання негативного пневмоформування із видавлюванням пуансоном і подальшим роздувом (рис.10.14) призначене для виготовлення виробів з великою глибиною формування. Попередньо розігріту стрічку переміщують в пневмокамеру і після витягування пуансоном здійснюють остаточне формування стисненням повітрям. Вирубка зазвичай відбувається у вузлі формування. За допомогою такого технологічного процесу (рис.10.16) виготовляють пакування для торгів, одноразові склянки. Товщина плівок, що підлягає обробці, - до 1 мм. Максимальна глибина формування сягає 200 мм і більше. Матеріали плівок, що використовуються, - ПВХ, ПП, ПЕТ, ПС.

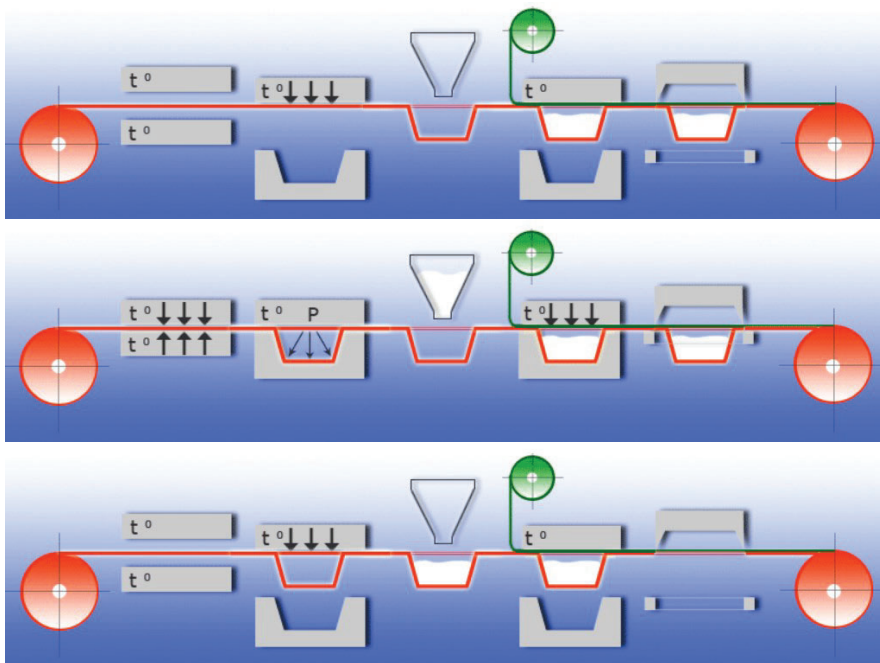


Рис.10.14. Комплексна лінія для пневмоформування пакування, наповнення його продуктом та запаювання



Рис. 10.15. Загальний вигляд пневмоформувальної машини для рулонних матеріалів

Комплексні лінії (рис.10.15) призначені для виготовлення разових паковань і подальшого наповнення їх продуктом. Стрічка формується, відформована ділянка подається у вузол дозування продукції. Після цього пакування з продукцією запаюються фольгою, папером або поліпропіленом та висікаються. Таке обладнання розраховано на виготовлення великих серій однотипних продуктів харчування.

10.3. Потокові лінії та спеціальне обладнання

Одним із суттєвих недоліків методу формування литсових і плівкових матеріалів є відносно висока вартість листа та плівки (рис.10.16). Крім того, формування виробів на описаному вище обладнанні пов'язано із подвійними енергетичними витратами – спочатку при виготовленні заготовок методом екструзії, а потім нагрівом матеріалу для забезпечення формування.

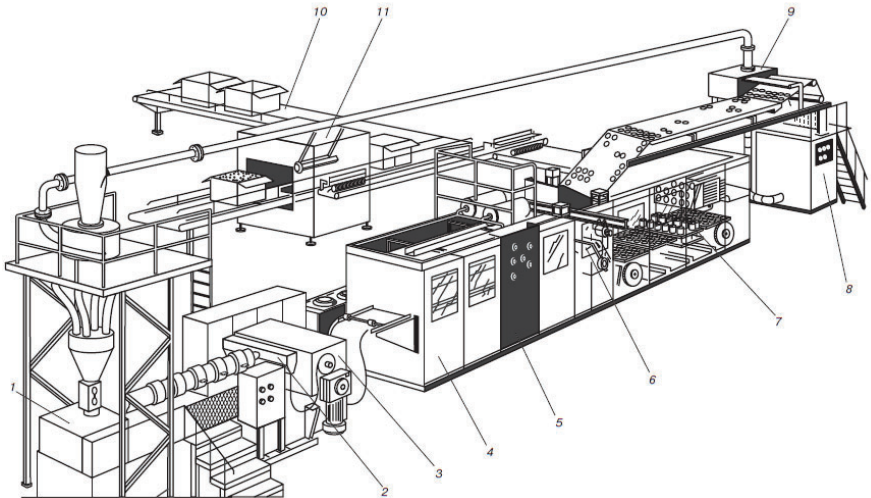


Рис.10.16. Загальний вигляд автоматичної лінії повного циклу формування

Цей недолік зникає при використанні автоматичних ліній, до складу яких входять вальці або екструдери, які виготовляють листовий матеріал, і формуюча машина. До переваг машин типу «екструдер-формуючий агрегат» можна віднести зменшення енерговитрат, рівномірність нагріву листа, зменшення витрат на транспорт і обробку вихідного матеріалу. До недоліків – складність керування і необхідність точної синхронізації роботи окремих вузлів. На рис.10.16 наведена схема загального вигляду технологічної лінії, яка працює за принципом «екструдер-формуючий агрегат». До неї входять одношнековий екструдер 1 із плоскощільовою

головкою 2 та валковий калібруючий пристрій 3, станція нагріву 4 і станція формування 6. Вирубка виробів здійснюється на станції формування. Готові вироби автоматично підраховуються, штабелюються і потрапляють на транспортер 7, а далі спеціальними жолобами до вузла пакування 11. Картонні коробки подаються рольгангом 10. Заповнена картонна тара відправляється на склад. Відходи матеріалу подрібнюються до розміру гранул полімеру і системою пневмотранспорту направляються в бункер для вторинного використання.

10.4. Виробництво м'якої споживчої тари з плівкових матеріалів

М'яка тара є одним з найбільш поширених видів пакування. Вона широко застосовується для дозування, транспортування та зберігання продуктів різної форми та агрегатного стану: твердих, рідких, пастоподібних, сипких тощо.

Головною перевагою м'якої тари є незначна вага і невелика вартість, тому вона переважно є одноразовою.

Споживчу м'яку тару з плівкових матеріалів можна класифікувати за наступними ознаками:

1. За матеріалом:

- поліетилен низького тиску (ПЕНТ): міцний, шурхотливий, використовуються для пакетів «майок», фасувальних пакетів.
- поліетилен високого тиску (ПЕВТ): гладкий, еластичний, використовуються для пакетів «банан», пакетів з петлевою ручкою.
- поліпропіленові (ПП): прозорі, міцні, використовуються для пакування харчових продуктів, текстилю.
- біорозкладні: виготовляються з рослинних матеріалів (кукурудзяний крохмаль) або оксо-розкладних домішок.

2. За конструкцією:

- пакет «майка»: найпоширеніший тип, з бічними складками і ручками.
- пакет «банан»: прямокутний пакет з прорізними ручками.
- пакет з петлевою ручкою: міцний пакет з привареними ручками.
- фасувальний пакет: тонкий пакет без ручок, для фасування товарів.
- пакет з замком zip-lock: герметичний пакет із застібкою.
- вакуумний пакет: для зберігання продуктів у вакуумі.

3. За призначенням:

- для харчових продуктів: овочів, фруктів, м'яса, риби, хліба.
- для побутових товарів: одягу, взуття, іграшок.
- для промислових товарів: будівельних матеріалів, хімічних речовин.
- для сміття: для збору та утилізації відходів.
- рекламні пакети: з нанесеним логотипом або зображенням.

4. За товщиною:
 - тонкі (до 20 мкм): фасувальні пакети.
 - середні (20-50 мкм): пакети «майки», пакети «банан».
 - товсті (понад 50 мкм): пакети з петлевою ручкою, пакети для сміття.
5. За кольором:
 - прозорі.
 - кольорові (білі, чорні, червоні, сині тощо).
 - з малюнком.

10.5. Технологія виготовлення пакета «майка»

Пакет «майка» із логотипом – це гігієнічне пакування для продуктів, універсальна тара для перенесення вантажів. Насьогодні цей тип пакету є найбільш вживаний як для фасування окремого виду продуктів безпосередньо в торгівельних залах магазинів, так і для групового пакування різних продуктів. Пакети, призначені для фасування продукції, зазвичай виготовляють прозорими різного кольору. На пакети для групового пакування, як правило, нанесена поліграфія.

Вантажопідйомність пакета залежить від товщини плівки. Чим більше пакет – тим більш міцним він має бути, тому для його виготовлення застосовують більш щільний матеріал. Зазвичай вказують максимально допустиму вагу для кожного розміру пакета.

Вантажопідйомність пакета в залежності від товщини плівки:

- 15 мкм – 3 кг;
- 20 мкм – 5 кг;
- 25 мкм – 7 кг;
- 30 мкм – 10 кг;
- 35 мкм – 13 кг;
- 40 мкм – 15 кг.

Виготовлення плівки здійснюється в екструдері (рис.10.17). В екструдер завантажують гранули полімеру, які за допомогою шнеку подаються в камеру нагріву. Температура полімеризації залежить від типу полімеру і може коливатись в межах від 180 до 240 °С. Після підготовки сировини її витискають через калібровані під певну товщину плівки отвори круглої форми. Розплавлена маса, яку витискають, утворює рукав плівки, який під напором стисненого повітря підіймається до верхньої частини екструдера і охолоджується. У верхній частині апарата плівка розрізається і намотується на барабан.

Для виробництва кольорової плівки в бункер разом із гранулами засипають барвник, концентрація якого не перевищує 5-7%.

Для нанесення зображення на полімерну плівку найчастіше застосовується флексографічний метод друку, який забезпечує високу якість та швидкість нанесення зображень на гнучкі матеріали. У цьому методі використовуються еластичні фарби з підвищеною адгезією, що

дозволяє забезпечити надійне зчеплення фарбового шару з поверхнею плівки навіть за умов подальшої термообробки.



Рис.10.17. Екструдер для виготовлення плівки

Процес друку, як правило, здійснюється на флексографічному друкарському обладнанні, яке має кілька друкарських секцій — зазвичай стільки, скільки кольорів передбачено у графічному зображенні. Наступним етапом (рис.10.18) – формується пакет.



Рис. 10.18. Пакеторобна машина

Кожна секція відповідає за нанесення одного з кольорів, що дозволяє створювати повнокольорові логотипи чи іншу графіку. Після завершення

друку рулон плівки з нанесеним зображенням подається до пакеторобної машини. Тут плівка розрізається відповідно до заданої ширини майбутнього пакета, після чого формуються контури виробу, зокрема складки в нижній та бічній частинах. Далі нагрівальний прес, підтримуючи стабільну температуру 180 °С, формує донні та бокові шви. Готова заготовка потім спрямовується на наступну операцію — обрізку, перфорацію або пакування. Заготовки пакетів проходять через оптичний датчик, який визначає початок і кінець пакета по нанесеному малюнку, далі гільйотина вирізає пакет за заготовкою по шаблону і формує ручки. Готові пакети проходять контроль якості на міцність швів і відсутність дефектів.

10.6. Технологія виготовлення пакета дой-пак

Дой-пак (від англ. doу-pack) — це тип гнучкого пакування з інтегрованим плоским дном, що забезпечує її вертикальну стійкість без додаткових опор. Така конструкція є зручною для зберігання, транспортування та презентації продукції. Пакети дой-пак виготовляються з багатошарових полімерних плівок, які забезпечують високі бар'єрні властивості та ефективно захищають вміст від впливу вологи, кисню, світла та інших зовнішніх чинників. Відмінною рисою цього пакування є наявність нижньої складки (так званого донного фальцу), яка при заповненні дозволяє пакету розширюватися в об'ємі та утримувати стабільне вертикальне положення. Така конструкція поєднує в собі гнучкість м'якого пакування з функціональністю жорсткої тари, що робить дой-пак оптимальним рішенням для рідких, пастоподібних і сипучих продуктів у харчовій, фармацевтичній та косметичній промисловості. Переваги пакетів дой-пак:

- стійкість – наявність плоского дна забезпечує пакету можливість вертикально стояти на полиці, що не лише підвищує його привабливість для споживачів, але й робить пакування зручним у використанні та зберіганні.
- герметичність - багатошарові матеріали забезпечують надійний захист від вологи, повітря та інших зовнішніх впливів, що подовжує термін зберігання продуктів.

- зручність використання - можливість оснащення пакетів застібками-блискавками (zip-lock), дозаторами або клапанами робить їх зручними для багаторазового використання.

- економія місця - гнучка конструкція дозволяє компактно розміщувати пакети на полицях та при транспортуванні.

- привабливий зовнішній вигляд (рис.10.19): велика площа поверхні дозволяє наносити яскраві та інформативні зображення, що сприяє ефективному брендуванню (рис.10.20).

- екологічність - можливість використання перероблених матеріалів робить дой-паки більш екологічними, ніж деякі інші види пакування.



Рис. 10.19. Пакети типу дой-пак

Сфери застосування:

- харчова промисловість: кава, чай, спеції, сухі сніданки, снеки, горіхи, соуси, майонези, кетчупи, дитяче харчування;
- косметична промисловість: шампуні, гелі для душу, креми, лосьйони;
- побутова хімія: пральні порошки, миючі засоби;
- корми для тварин.

Типи дой-паків:

- із застібкою-блискавкою (zip-lock);
- з дозатором або клапаном;
- з прозорим віконцем;
- з ручкою для перенесення.

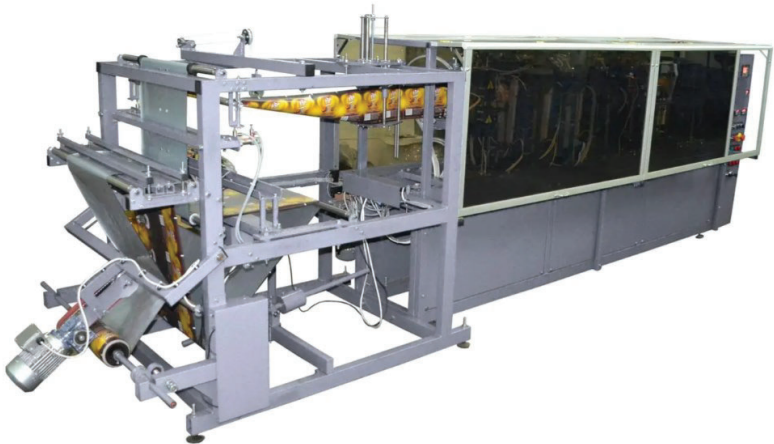


Рис.10.20. Автомат для виготовлення пакетів дой-пак

Технологія виробництва пакетів дой-пак — це складний процес, який вимагає спеціалізованого обладнання та матеріалів. Ось основні етапи цього процесу:

1. Підготовка матеріалів. Для виготовлення дой-паків використовують багатошарові плівки, які складаються з декількох шарів різних полімерів. Це забезпечує необхідні бар'єрні властивості, міцність і герметичність пакета. У підготовку входить: ламінування - шари плівки склеюються між собою за допомогою ламінації, що дозволяє отримати матеріал з необхідними характеристиками; друк - на плівку наноситься друк, що містить інформацію про продукт, логотип виробника та інші необхідні дані.

2. Формування пакету. Рулон плівки розмотується і подається в машину для формування пакетів. Плівка складається таким чином, щоб утворилося плоске дно пакета. За допомогою термічного зварювання формуються бічні та нижні шви пакета. За необхідності встановлюються додаткові елементи, такі як застібка zip-lock, дозатор або клапан.

3. Контроль якості. Кожен пакет перевіряється на герметичність, щоб гарантувати збереження продукту. Перевіряється якість зварних швів, щоб уникнути розривів. Перевіряється якість друку, щоб забезпечити чіткість і яскравість зображення.

4. Пакування. Готові пакети пакуються в коробки або інші види пакування для транспортування та зберігання.

Термоформувальна машина
MAT-500M зі штабелеукладачем



Машина для термоформування
пластику



ТЕМА 11. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАКОВАНЬ У ФОРМАТІ ТУБ. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУШОНІВ

Конструктивне виконання туб

Тубою називають разову споживчу тару із корпусом, який забезпечує витискання вмісту, з вузькою горловиною, яка закупорюється бушоном (ковпачком), і дном, яке зачиняється після наповнення продукцією.

В туби пакуються у великому асортименті пастоподібна харчова, косметична та фармацевтична продукція, товари побутової хімії, а також фарби, мастильні матеріали та інші товари. Туби є не лише зручною і економічною разовою споживчою тарою, але одночасно й найпростішим дозуючим пристроєм.

Туба (рис.11.1, а) складається з головки, вузька горловина якої переходить в плече у формі усіченого конусу, і корпусу у вигляді тонкостінної трубки, один кінець якої з'єднується по периметру із плечем головки, а другий – відкритий. Горловини туб виконуються у формі циліндра, який містить стандартну метричну різьбу. Особливістю конічної горловини є те, що ковпачок закручується на неї вліво (рис.11.1, б). Отвір в горловині зазвичай має круглу форму. Проте, щоб надати продукту, що витискається, іншої форми, виконуються отвори фігурного перерізу. Отвір горловини, за необхідності, герметично зачиняється мембраною.

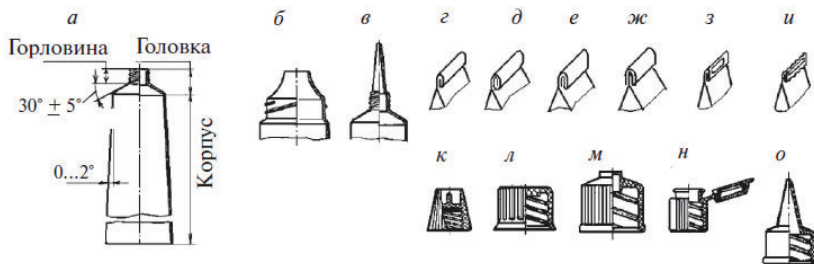


Рис.11.1. Виконання туб та їх конструктивних елементів

Туби з фармацевтичною продукцією часто містять на горловинах спеціальні конструктивні елементи, наприклад у вигляді подовженого носика - канюлі (рис.11.1, в), шприца для ін'єкцій та інших пристосувань, які підвищують ефективність використання вмісту.

Горловина головки туби переходить в плече, яке має форму усіченого конусу з нахилом утворюючої (бокової лінії) в межах від 25° до 35° . Плече, в свою чергу, з'єднується по периметру з кінцем тонкостінного

корпуса. Корпус туби має циліндричну форму або утворює конічну поверхню із кутом 1-2°. Конічні корпуси дозволяють вкладати порожні туби одна в одну. В результаті при транспортуванні і зберіганні порожніх туб зменшується простір, необхідний для їх зберігання, та забезпечується кращий захист від забруднень.

Матеріал корпусу туби повинен мати гарні бар'єрні властивості, бути інертним до продукту, що пакується, забезпечувати необхідну міцність і герметичність корпусу, надійно утримувати покриття та поліграфічне оздоблення і, найголовніше, легко деформуватись при стисканні пальцями людини. Широко застосовують туби металеві (рис.11.2), пластмасові і виготовлені з комбінованих багатошарових матеріалів з об'ємом від 4 до 500 см³, із зовнішнім діаметром корпусу в межах від 10 до 60 мм і довжиною в межах від 35 до 300 мм.



Рис.11.2. Зразки металевих туб

Металеві туби спочатку виготовлялись з пластичних сплавів на основі олова та свинцю. Перший патент на металеві туби було видано в 1841 році в США. Починаючи з 1920 року і по теперішній час туби виготовляють з легкого та нешкідливого високопластичного алюмінію. Переваги алюмінієвих туб полягають у міцному і герметичному суцільноштампованому корпусі, ідеальних бар'єрних властивостях матеріалу, ефективному процесі виробництва, а також у високоеластичному корпусі.

Корпус практично не має остаточної пружності, яка призводить до мимовільного відновлення його форми після стискання. Цим в процесі тривалого використання запобігається потрапляння всередину туби

повітря через горловину і його взаємодія із вмістом, а також забезпечується використання продукту майже без залишку.

Пластмасові туби з'явилися на пакувальному ринку у 1980-х роках і з того часу набули широкого поширення завдяки своїм економічним і функціональним перевагам. Вони є більш доступними за вартістю порівняно з алюмінієвими аналогами, а також відзначаються хорошими можливостями для декоративного оформлення, що важливо з погляду маркетингу. Однією з ключових особливостей є пружний корпус, який після стискання повертається до початкової форми, завдяки чому пакування зберігає привабливий зовнішній вигляд протягом усього терміну використання. Однак, на відміну від алюмінієвих туб, пластмасові не завжди забезпечують повну герметичність після відкриття: пружне відновлення форми може сприяти частковому потраплянню повітря всередину, що потенційно впливає на стабільність продукту. Саме тому вибір між пластмасовими й алюмінієвими тубами залежить від вимог до зберігання, чутливості вмісту до кисню та терміну придатності.

Виготовляють пластмасові туби переважно з поліетилену високої і низької щільності, або із суміші цих матеріалів. Товщина стінки корпусу - 0,4-0,5 мм.

Поліетилен добре фарбується і надає широкі можливості для декоративного багатокольорового оформлення туб сухим офсетним друком/способом, тисненням фольгою, трафаретним друком та іншими методами. Поверхня туб підлягає попередній обробці електричними розрядами для покращення зчеплення із шаром фарби. Після сушки фарби поліетиленові туби покривають прозорим лаком, який захищає друк і робить поверхню блискучою.

Застосовують пластмасові туби переважно для пакування косметичної продукції, яка не містить окислювальних речовин, а також для пакування мастильних матеріалів і харчових продуктів.

Ламінатні туби виготовляють з гнучких багатошарових матеріалів, отриманих в результаті з'єднання матеріалів в багатошарові шляхом ламінування або каширування. Виготовляють туби з ламінатів, основа яких складається з алюмінієвої фольги товщиною 20-40 мкм або спеціальної плівки з високою щільністю. Найбільш широко застосовують п'ятишарові ламінати товщиною 0,3-0,4 мм, в яких середній шар з алюмінієвої фольги з'єднується із зовнішніми шарами з поліетилену через проміжний шар співполімеру – нукрелу. Нукрел – це кислотна співполімерна смола, яка використовується в якості сполучного шару завдяки відмінній зчеплюваності з фольгою і поліетиленом. Ламінатні туби поєднують в собі міцність, еластичність і високу дифузійну щільність, як алюмінієві туби, і привабливий зовнішній вигляд та інші перевагами пластмасових туб.

На горловину головки туб спочатку нагвинчують ковпачки, далі їх на дозувальному обладнанні заповнюють продукцією через відкритий кінець корпусу. Після наповнення корпус герметично зачиняється плоским фальшовочним або зварним з'єднанням. При закритті металевої туби

кінець її корпусу стискається в плоске положення, декілька разів перегинається, а далі обтискається губками фальцювального механізму. В залежності від необхідної міцності застосовують подвійне, потрійне, четверне або сідлоподібне (рис.11.1, г, д, е, ж) укупорювальне загинання кінців труби. Після обтискання гладке (рис.11.1, з) або із рифленням (рис.11.1, и) фальцювальне з'єднання стає щільним, герметичним і стабільним. При обтисканні або після обтискання фальцювального з'єднання на нього наноситься маркування, яке зазвичай містить інформацію про дату виготовлення продукції.

Пластмасові та ламінатні труби (рис.11.3) після наповнення зав'язують зварюють з'єднувальним швом. При зварюванні кінець наповненої труби спочатку нагрівають до стану пом'якшення матеріалу, наприклад, гарячим повітрям, після чого стискають холодними плоскими губками пресового механізму. Матеріал при цьому охолоджується і на кінці труби утворюється герметичне зварне з'єднання шириною 6-8 мм. Одночасно на поверхні зварного шву в одній з губок друкується маркування. Для надання тарі естетичного вигляду на заключному етапі на трубах підрізається нерівний край зварного шву.

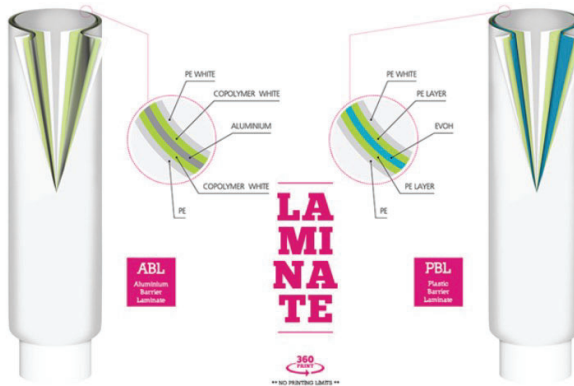


Рис. 11.3. Конструкція ламінатної труби

Ковпачки (бушони) містять конструктивні елементи для закріплення їх на горловині, закривання і герметизації отвору, декоративному оформленню паковань. За формою ковпачки можна поділити на конічні (рис.11.1, к) і циліндричні (рис.11.1, л) з гладкою або рифленою боковою поверхнею, а також фігурні, що мають більш складну конфігурацію (рис.11.1, м-о). Закріплення ковпачків на горловині труб забезпечується різьбовим з'єднанням. Для цього застосовують метричні, конічні та багатозаходні різьби, які забезпечують швидке закріплення за півоберту. Для герметичного закривання отвору на горловині труби поверхню, що

сполучається, виконується у вигляді плоского, сферичного і конічного ущільнювача, або ж на дно ковпачка вкладаєть пружну прокладку. Для укрупнювання пластмасових і ламінатних туб широко застосовують ковпачки із зовнішнім діаметром, який дорівнює діаметру корпусу туби. В процесі експлуатації пластикові туби рекомендовано ставити на плоску поверхню горловиною донизу. В такому положенні вміст туби стікає в нижню частину корпусу, заповнює горловину і після зняття ковпачка легко витискається з неї. Головною перевагою ковпачків, які містять відкидну кришку (фліп-офф) (рис.11.1, н), є те, що вони дозволяють швидко відчиняти і зачиняти тубу, не знімаючи її з горловини. Туби, отвір в горловині яких герметично зачинено мембраною, зачиняють ковпачками оснащеними спеціальною голкою (рис.11.1, к), яка забезпечує її проколювання при першому використанні. Виконують також ковпачки із прозорим екраном, носиками і багатьма іншими функціональними пристосуваннями, які сприяють більш ефективному використанню вмісту.

Виробництво металевих туб . Для виготовлення металевих туб використовують смуги або листи з алюмінію марки АД00 товщиною 4–5мм, (рис.11.4).



Рис.11.4. Металеві туби

Технологічний процес виготовлення металевих туб складається з наступних операцій:

1. Вирубання круглих заготовок (рондолі) на прес-автоматі зі смуг або листів алюмінію. Зазвичай заготовки мають діаметр 25 або 35 мм.
2. Проведення галтувального оброблення заготовок у спеціалізованому барабанному апараті з метою видалення задирок,

згладжування країв та покращення поверхневої якості перед наступними етапами формоутворення.

3. Відпал заготовок (рис.11.5) в електричній печі при температурі 520-560°C протягом 90-120 хвилин для підвищення пластичності матеріалу.



Рис. 11.5. Бункер із заготовками

4. Мийка заготовок у ванні з розчином соди, ополіскування у ванні із чистою водою і сушка при температурі 100 °С в сушильній камері.

5. Додавання в бункер із заготовками спеціального порошку із жиром або мастилом для полегшення процесу витискання туб.

6. Формування із заготовок холодним витисканням безшовних туб із товщиною стінок корпусу близько 0,1 мм на прес-автоматі з зусиллям 2 МН.

7. Здійснення операції накатування різьби на горловині туб за допомогою спеціалізованого формувального обладнання, яке забезпечує формування зовнішньої гвинтової поверхні шляхом пластичної деформації металу без зняття стружки (рис.11.6). Цей процес дозволяє отримати точну геометрію різьбового з'єднання, необхідного для подальшої герметичної взаємодії туби з кришкою або дозатором.

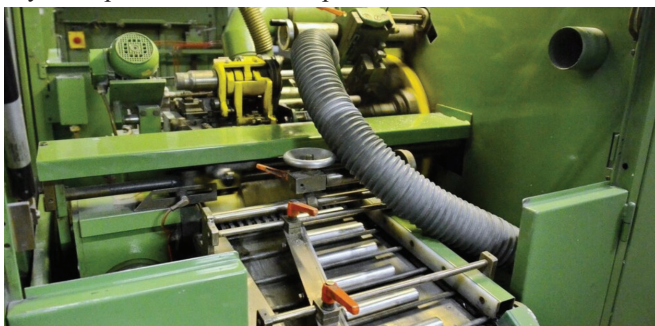


Рис.11.6. Ділянка накатування різьби

8. Підрізання корпусу туби на необхідну довжину, торцювання горловини і накатка різьби.

9. Відпал туб в прохідній печі для зняття наклепу, підвищення пластичності і видалення жирового технологічного мастила шляхом його випалювання.

10. Лакування внутрішньої поверхні туби 2-3 кратним напиленням на неї лаку з частковим проміжним і остаточним сушінням покриття в потоковій сушці.

11. Нанесення на зовнішню поверхню шару емалевої фарби, яка є основою для нанесення подальшого друку. Після нанесення фарби відбувається сушка (рис.11.7).



Рис.11.7. Нанесення фарби на зовнішню поверхню туби

12. Нанесення кольорового друку, лакування і сушка зовнішньої поверхні туби.

13. Нанесення на внутрішній хвостовій поверхні корпусу латексної пасти для забезпечення герметизації туби плоским фальцювальним з'єднанням.

14. Нагвинчування ковпачка на горловину туби на спеціальному автоматі (рис.11.8).

15. Контроль якості виготовлених туб.

16. Укладання туб в транспортну або технологічну тару.

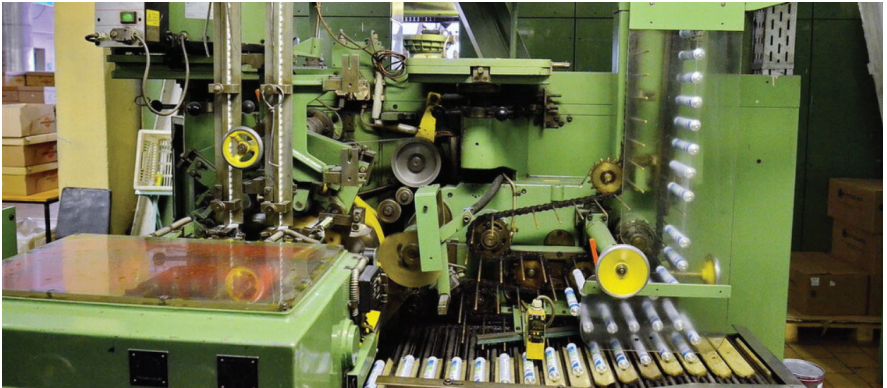


Рис.11.8. Нагвинчування ковпачка на тубу

Отже, виготовлення металевих туб є багатоступеневим високотехнологічним процесом, що поєднує операції механічної, термічної, хімічної та декоративної обробки з метою отримання герметичного, функціонального і естетично привабливого виробу.

Виготовлення пластмасових і ламінатних туб

Пластмасові туби виготовляють як безшовними — наприклад, методом екструзії з роздувом, — так і збірними з окремо виготовлених частин. У збірних тубах (рис.11.9) корпус з'єднують з головкою або безпосередньо під час формування головки (наприклад, литтям під тиском чи термоформуванням), або під час наступної зварювальної операції.



Рис. 11.9. Зразки та типорозміри пластмасових туб

Виробництво безшовних пластмасових туб характеризується низькою продуктивністю, тому воно застосовується відносно рідко. В той

же час постійно збільшуються об'єми виробництва на високопродуктивному автоматичному обладнанні пластмасових і особливо ламінатних туб. Головки для цих туб виготовляють в основному з поліетилену методом лиття під тиском і термоформуванням в багатомісних формах. Корпуси збірних туб (рис.11.10) бувають безшовними і з поздовжнім зварним швом. Безшовні циліндричні корпуси отримують шляхом розрізання на відрізки потрібної довжини безшовної пластмасової трубки, виготовленої методом екструзії.



Рис.11.10. Технологічний процес виготовлення безшовних пластикових туб

При цьому декоративне багатокольорове оздоблення заготовок виконується на наступних операціях виробничого процесу. Корпуси з поздовжнім зварним швом виготовляють з попередньо декорованого стрічкового матеріалу, згорнутого в рулон. В процесі виготовлення

корпусів ця стрічка розмотується з рулону і згортається в трубку з точним суміщенням і зваркою внахльст її країв. Далі отримана трубка розрізається на заготовки заданої довжини. Точне обрізання забезпечується фотоелементом, який сприймає спеціальні мітки на поверхні стрічки. Отримана зі стрічки трубка перед розрізанням на мірні заготовки може додатково покриватись зовнішнім шаром поліетилену шляхом екструзії. При цьому підвищується міцність корпусу і поздовжній зварний шов стає майже непомітним. Безшовні циліндричні корпуси виготовляють в основному з однорідної пластмаси, в той час як корпуси з поздовжнім зварним швом роблять зазвичай з багатошарових рулонних матеріалів. Ламінатні корпуси з додатковим зовнішнім поліетиленовим покриттям коштують дорожче звичайних, тому їх застосовують лише для особливої продукції. Герметичне з'єднання корпусу з плечем головки в збірних тубах виконується зварюванням. В ламінатних тубах на головку додатково приварюють штамповані з того ж ламінату зовнішні і внутрішні кільцеві вставки (ронделі), які підвищують дифузійну міцність туби в цій зоні. Для утворення зварних з'єднань може застосовуватись термоконтактне, променеве або ультразвукове зварювання (рис.11.11). Збірка туб завершується нагвинчуванням на горловину ковпачків (бушонів), після чого готовий виріб подають на наповнення.

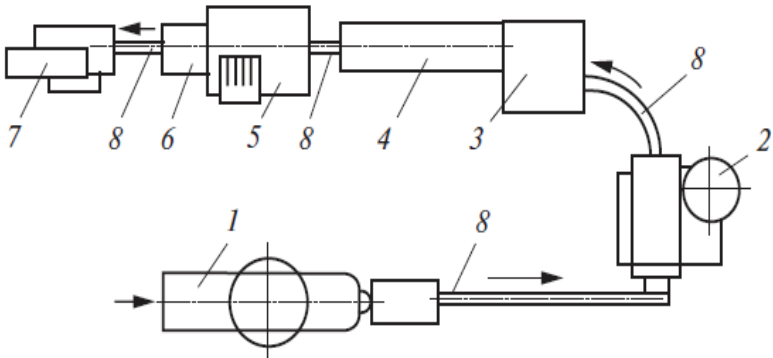


Рис.11.11. Технологічна схема виготовлення пластмасових туб

Технологічний процес виготовлення пластмасових туб містить наступні операції (рис.11.11):

1. На екструдері 1 відбувається формування циліндричної трубки і розрізання її на мірні заготовки корпусу.
2. На позиції 2 відбувається формування поліетиленової головки і зварка із заготовкою корпусу.
3. На позиції 3 відбувається внутрішнє лакування туби з подальшим сушінням в камері 4.

4. Нанесення багатокольорового друку на зовнішню поверхню на поліграфічному обладнанні 5 із подальшим сушінням в камері 6.
5. Нагвинчування ковпачка на спеціальному обладнанні 7 та укладання готової труби в транспортну тару.
6. Транспортна система 8 пов'язує між собою всі пристрої технологічної лінії.

Зазвичай продуктивність технологічного обладнання (рис.11.12) для виробництва поліетиленових труб становить 80 - 120 туб за хвилину.

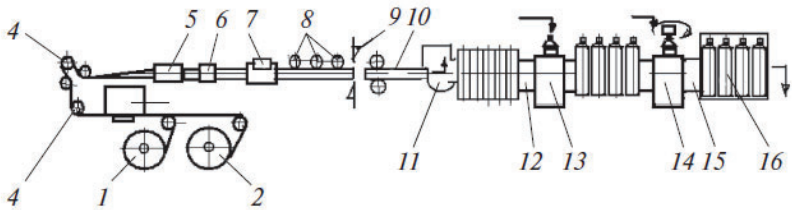


Рис.11.12. Схема автоматичної лінії по виробництву ламінатних туб

Технологічне обладнання для виготовлення ламінатних туб зображено на рис.11.12. Лінія містить два пристрої розмотування 1 і 2, на які встановлюються рулони декорованої ламінатної стрічки, зварний пристрій 3, який забезпечує з'єднання кінців рулонів без зупинки виробничого процесу.

Через направляючі ролики 4 стрічка подається в рукавоутворювач 5 і оправку 6, де згортається у трубку з точним суміщенням країв внахлост. В зоні нахлосту краї стрічки з'єднуються між собою безперервним зварним швом під впливом струму високої частоти зварної головки 7 та роликів 8. На наступному пристрої 9 трубка розрізається на заготовки 10 у відповідності до заданої довжини. Потрібна точність різання забезпечується фотоелементом, який реагує на мітки, що нанесені на поверхню при поліграфічному оформленні стрічки. Далі заготовки корпусів туб на станції 11 повертаються на 90° і укладаються на стрічковий конвеєр 12, який слугує проміжним накопичувачем і забезпечує подачу корпусів у збиральний автомат 13. В цьому місці головки туб разом із корпусами надягаються на оправлення і на ньому зварюються між собою по периметру плеча головки струмами високої частоти. При цьому в ламінатних тубах на головку додатково приварюють штамповану кільцеву

вставку. В пристрої 14 ковпачки нагвинчуються на горловину труби і готові вироби пристроєм 15 вкладаються у транспортну тару 16.

Таке обладнання (рис.11.13) забезпечує продуктивність до 70 труб за хвилину.

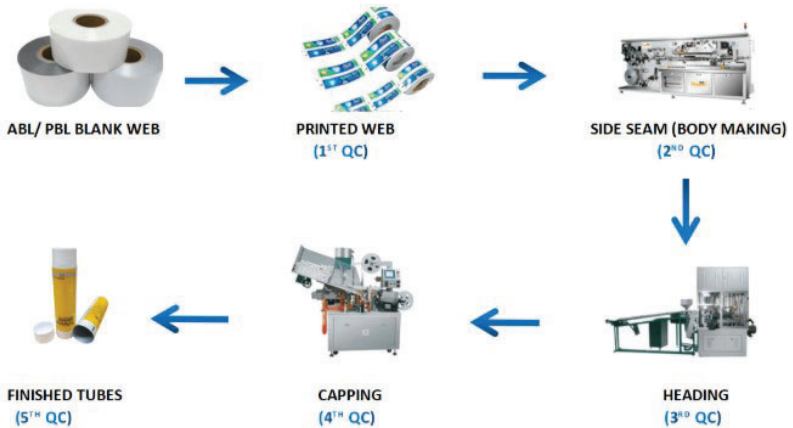


Рис. 11.13. Технологічний процес виготовлення ламінатних труб

Виробництво ковпачків (бушонів) для труб

Ковпачки (бушони) для всіх типів труб виготовляються методом лиття під тиском з поліетилену високої щільності, поліпропілену або полістиролу з їх різноманітним кольоровим фарбуванням. Виготовлення відбувається в багатомісних формах на спеціалізованих термопластавтоматах. Метод лиття під тиском, що використовується для виготовлення ковпачків (бушонів) із термопластичних полімерів, має низку важливих переваг і певні обмеження. До основних переваг цього методу належать висока продуктивність і можливість автоматизації процесу, що дозволяє виготовляти великі партії виробів із високою точністю геометрії та стабільною якістю. Завдяки застосуванню багатомісних прес-форм забезпечується ефективне використання часу циклу, що знижує собівартість продукції при серійному виробництві. Крім того, технологія лиття під тиском дозволяє отримувати вироби складної форми з чітко опрацьованими функціональними елементами — різьбленням, фіксаторами, герметизувальними поясами тощо, що критично важливо для надійного з'єднання з трубами. Пластмаси, з яких виготовляються бушони (поліетилен, поліпропілен, полістирол), мають хорошу хімічну інертність, легкість у переробці, кольорову варіативність

та достатню міцність при низькій вартості. Водночас метод має і певні недоліки. Найважливішим з них є висока вартість виготовлення прес-форми, яка потребує точної механічної обробки з високоякісної сталі та відповідної термообробки, що робить економічно невідповідним виробництво малими серіями. Також слід враховувати можливі деформації чи усадку матеріалу після охолодження, що вимагає ретельного контролю температурного режиму та конструкції системи охолодження. Додатково, при складній геометрії бушона може виникнути потреба у вторинній обробці — обрізанні литників, шліфуванні чи нанесенні різьби, що ускладнює технологічний маршрут. Незважаючи на це, метод лиття під тиском залишається домінуючим у виробництві пластмасових ковпачків для туб завдяки своїй гнучкості, точності й ефективності (рис.11.14).



Рис.11.14. Термопластавтомат для виготовлення бушонів

Найчастіше бушони виготовляють з пластику, такого як поліетилен (ПЕ) або поліпропілен (ПП). Ці матеріали є дешевими, міцними та хімічно стійкими. Іноді використовують інші матеріали, такі як алюміній або гума, залежно від призначення туби. Дизайн бушона залежить від типу туби та її призначення. Важливо врахувати розмір, форму, тип різьблення та інші характеристики. Існує 4 типи бушонів: багатогранні, конічні рифлені, конічні подовжені, циліндричні.

Прес-форма – це інструмент, який використовується для формування бушонів. Вона виготовляється з високоякісної сталі та має порожнину, що відповідає формі бушона. Пластик розплавляється та впорскується в прес-форму під високим тиском. Після охолодження пластик твердне, і бушон виймається з прес-форми. Деякі бушони потребують додаткової обробки, такої як обрізка, шліфування або нанесення різьблення.

Готові бушони перевіряються на відповідність стандартам якості. Це включає перевірку розмірів, форми, міцності та інших характеристик. Готові бушони пакуються та відправляються на зберігання або до замовника. Виробництво бушонів для туб (рис.11.15) – це високоавтоматизований процес. Використовується сучасне обладнання, таке як термопластавтомати та роботи. Важливо дотримуватися високих стандартів якості, оскільки бушони використовуються для пакування різних продуктів, включаючи харчові продукти та лікарські засоби.



Рис.11.15. Багатомісна форма для виготовлення бушонів

Для розрахунку конструкції бушонів необхідно врахувати функціональні, технологічні та естетичні вимоги, вибрати відповідний матеріал (найчастіше поліетилен або поліпропілен), розрахувати розміри та міцність, розробити конструкцію прес-форми для виготовлення, а також провести випробування та контроль якості готових виробів, щоб забезпечити їх відповідність стандартам і надійність у використанні з різними типами туб.

Процес виробництва
ламінованих труб PremiaFlex



Виготовлення алюмінієвих
пакувальних трубок



ТЕМА 12. ЗАСОБИ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ВИДУВНОЇ ПОЛІМЕРНОЇ ТАРИ. ЕКСТРУЗІЙНО-РОЗДУВНЕ ТА ІНЖЕКЦІЙНО-РОЗДУВНЕ ОБЛАДНАННЯ

Спосіб виготовлення видувної пластмасової тари передбачає формування порожнистої заготовки з термопластичного полімерного матеріалу. У розігрітому стані цю заготовку поміщають у спеціальну форму, де вона роздувається стисненим повітрям до потрібної об'ємної конфігурації. Цим способом виготовляють як споживчу тару (пляшки, банки, колби), так і великогабаритну транспортну тару. Широке застосування такої тари обумовлено можливістю виготовлення практично з усіх термопластичних матеріалів. Переваги видувної тари полягають у її різноманітних формах і кольорах, включно із прозорими виробами, у високій формостійкості при великій місткості і мінімальній масі тари, у можливостях її багаторазового використання і герметичного закривання, у зручності збирання і переробки використаного пакування у вторинну сировину. Сьогодні за об'ємами виробництва видувна тара займає третє місце після плівкового і термоформованого пакування.

Екструзія з роздувом — це спосіб, за яким полімерна пластифікована трубчаста заготовка 1 (рис. 12.1) виходить з головки 2 екструдера в розімкнену роздувну форму 3, де її нижній кінець надівається на ніпель 4. Далі форма змикається, стискає і відрізає верхній кінець заготовки і формує на ніпелі 4 горловину тари. Наступний етап - роздув тари 5 за допомогою стисненого повітря, яке подається через ніпель 4. Після охолодження тари ніпель 4 з'єднується з атмосферою, форма 3 розкривається і готова тара 5 вилучається з неї. Далі ножом 6 від головки 2 відрізається перетиснений кінець 7 і цикл повторюється.

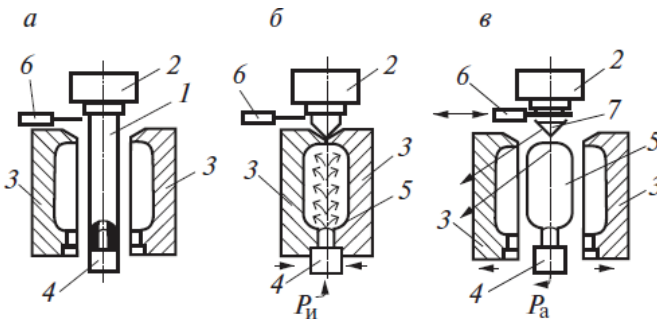


Рис.12.1. Схема екструзії з роздувом

Цим універсальним способом можна виготовляти ємності місткістю від 0,1 дм³ до 5 м³. Недоліки: наявність на виробі з'єднувального шва та обля в місці стискання і перерізання верхнього кінця заготовки; неможливість отримання на виробі каліброваної горловини.

Інжекція з роздувом — це спосіб, за якого розплавлений полімер через сопло 1 (рис. 12.2) подається в роз'ємну прес-форму 2, де на оправці 3 формується трубчаста заготовка 4. Далі після охолодження заготовки до пластичного стану форма 2 розкривається і оправка 3 разом із заготовкою 4 переміщується у форму, що змикається, 5. В цьому місці за допомогою стисненого повітря, яке подається через отвір в оправці 3, заготовка роздувається в тару 6. Після завершення охолодження та скидання надлишкового тиску готовий виріб виймається з відкритої формувальної оснастки.

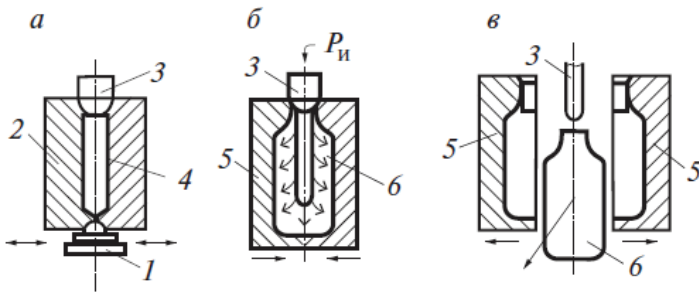


Рис.12.2. Схема інжекції з роздувом

Таким чином виготовляють тару місткістю від 0,01 до 0,5 дм³, вона має калібровану горловину і рівно товщинний корпус, не містить з'єднувального шва і обля.

Роздув з литих трубчастих заготовок (преформ) – спосіб, за якого виготовлена литтям під тиском калібрована трубчаста заготовка 1 (рис.12.3.) спочатку надягається на оправку 2 і розігрівається нагрівачами 3 до пластичного стану. Далі на оправці переміщується у форму, що змикається 4. Тут стисненим повітрям, яке подається через отвір в оправці 2, преформа роздувається в тару 5, а після охолодження і скидання надлишкового тиску форма розчиняється і виготовлена тара видаляється. Далі цикл повторюється.

Таким способом виготовляють тару місткістю від 0,1 до 5 дм³, вона має калібровану горловину і рівно товщинний корпус, не містить

з'єднувального шва та обля. Недолік – необхідність повторного розігріву преформи (рис.12.3).

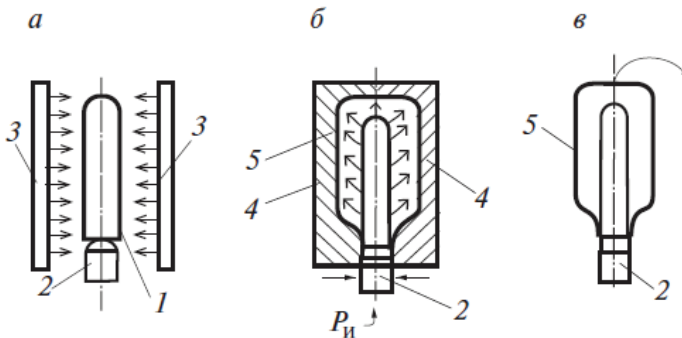


Рис. 12.3. Схема роздуву тари з преформи

Спосіб роздуву тари з преформ із двовісною орієнтацією містить наступні етапи. Преформа 1 (рис.12.4) спочатку надягається на розсувну оправку 2 і нагрівається нагрівачами 3 до пластичного стану. Далі на цій оправці переміщується у роздувальну форму 4, що змикається. На цьому місці преформа витягується штоком у поздовжньому напрямку, а далі стисненим повітрям роздувається у тару 5. Після охолодження та скидання надлишкового тиску тара видаляється на оправці 2 з форми. Далі тара знімається з оправки і цикл повторюється.

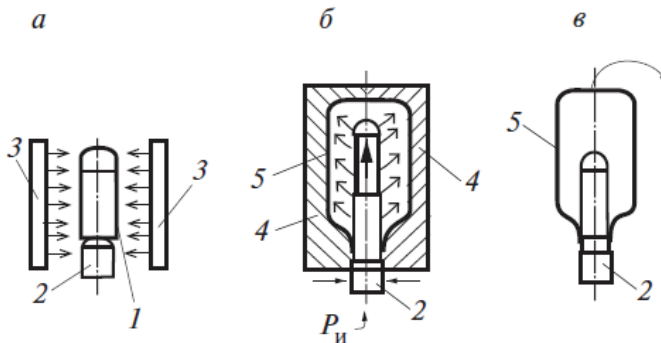


Рис.12.4. Схема роздуву тари із преформ із двовісною орієнтацією

Цим способом виготовляють тару місткістю від 0,1 до 10 дм³. Вона має калібровану горловину, міцний і прозорий корпус, що забезпечується двовісним розтягом матеріалу. Окрім цього тара рівнотовщинна, без з'єднувального шва та обля. Недоліки: обмежена номенклатура термопластичних матеріалів, що переробляються; необхідність повторного

розігріву преформи; більш складне конструктивне виконання технологічного обладнання.

При *інжекційно-екструзійному роздуві* виготовлену литтям під тиском калібровану горловину тари 1 (рис.12.5) встановлюють на ніпель 2 розімкненої роздувальної форми 3. Далі з головки 4 до неї екструдують пластифіковану трубчасту заготовку 5, яка зварюється нижнім кінцем із горловиною 1. Після цього форма 3 змикається і відбувається роздув тари 6 стисненим повітрям. Після охолодження тари 6 ніпель 2 з'єднується з атмосферою, форма 3 розкривається і готовий виріб видаляється з неї. Далі на ніпель 2 надягається наступна горловина 1, ножом 7 від головки 4 екструдера відрізається перетиснений кінець заготовки 8, цикл повторюється.

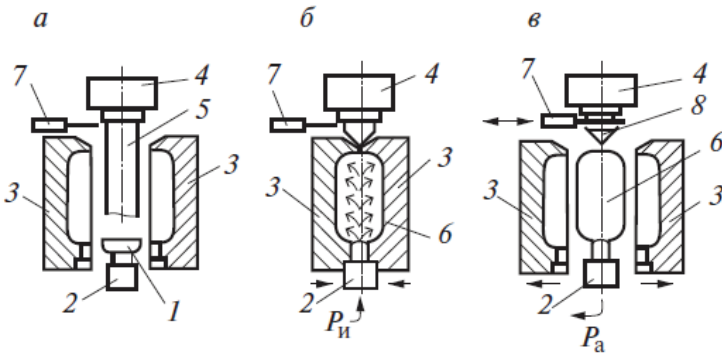


Рис.12.5. Схема інжекційно-екструзійного роздуву тари

Цим способом виготовляють пляшки місткістю до 1 дм³ і туби. Вироби отримують із калібною горловиною і рівновісним корпусом. Недоліки: наявність на виробі з'єднувальних швів в місці горловини й дні; більш складне конструктивне виконання форми 3; низька продуктивність процесу.

Для виготовлення видувної пластмасової тари найбільш широко застосовується екструзія з роздувом, інжекція з роздувом і роздув з литих трубчастих заготовок (преформ) з двовісною орієнтацією. При виготовленні тари необхідно враховувати можливості технологічного обладнання. Конфігурація тари має забезпечувати вільне розмикання роздувальної форми та вилучення виробу, бути, за можливістю, симетричною відносно площини роз'єму. Лінія роз'єму форми зазвичай виконується в одній площині, яка повинна проходити вісь симетрії її корпусу і горловини, а для тари із корпусом прямокутного чи овального перерізу – через середину вузької сторони.

Основні розміри видувної тари мають задовольняти наступним співвідношенням:

- при її виготовленні екструзією з роздувом:

$$D_T/d_3 = 1,7 \dots 5; L_T/D_T = 1 \dots 5; b_T/a_T = 1 \dots 3; d_3 \geq d_T; \quad (12.1)$$

- при її виготовленні інжекцією з роздувом:

$$D_T/d_T = 1,5 \dots 4; L_T/d_T = 4 \dots 12; b_T/a_T = 1 \dots 2,5; S_2/S_1 = 1,5 \dots 3; S_3/S_4 = 1 \dots 2. \quad (12.2)$$

В співвідношеннях:

D_T, L_T, a_T, b_T – діаметр, висота, товщина і ширина тари;

d_3, d_T – діаметр заготовки і горловини тари;

S_1, S_2 – товщина заготовки у горловини і дна;

S_3, S_4 – максимальна і мінімальна товщина заготовки в поперековому перерізі.

Для збільшення товщини стінок у нижній частині і забезпечення нормальної роботи технологічного обладнання дну видувної тари зазвичай надають конічну або круглу форму, а для її підвищення стійкості в дні роблять заниження. Радіус закруглення для циліндричної тари рекомендовано приймати рівним або більшим $0,1 \cdot D_T$.

Процес виготовлення видувної тари зазвичай проходить наступні етапи:

- отримання розплаву полімерного матеріалу;
- формування з розплаву трубчастої заготовки, яка знаходиться в пластичному стані;
- подача пластичної заготовки в роздувальну форму;
- роздув у формі пластичної заготовки в об'ємний виріб;
- охолодження сформованого виробу у формі до температури, за якої забезпечується необхідна механічна міцність;
- розмикання форми і видалення з неї виготовленої тари;
- обробка виготовленої тари (прибирання облою).

Екструзійно-роздувне технологічне обладнання

До складу екструзійно-роздувного технологічного обладнання обов'язково входять наступні функціональні пристрої: екструдер, який здійснює пластифікацію матеріалу; екструзійна головка, що формує з пластифікованого матеріалу трубчасту заготовку; роздувний пристрій, що забезпечує отримання з трубчастої заготовки готовий виріб і охолодження.

В залежності від параметрів цих пристроїв, їх конструктивного виконання і розміщення в просторі все екструзійно-роздувне технологічне обладнання прийнято характеризувати наступними показниками:

- максимальний об'єм виробу, що виготовляється – від $0,1 \text{ дм}^3$ до 5 м^3 і більше;
- пластифікаційна продуктивність – від 8 до 400 кг/год і більше;

- тип екструдера – одночерв'ячний, двочерв'ячний, дисковий;
- взаємне розміщення екструдера і роздувного пристрою – горизонтальне, вертикальне, комбіноване;
- тип екструзійної головки – прямоточна чи кутова, одно- чи багатомісна;
- спосіб видачі трубчастої заготовки – поступальним переміщенням черв'яка, безперервним обертанням черв'яка, поршнеvim акумулятором;
- кількість позицій роздуву – одно- чи багатомісні;
- спосіб роздуву виробу – через рухомий або нерухомий ніпель, через роздувну голку, через екструзійну головку;
- кінематика руху роздувальних форм – зворотно-поступальний, гойдалковий, ротаційний періодичний або безперервний, комбінований.

Експлуатаційні характеристики черв'яка. Головним робочим органом еуструзійно-роздувних агрегатів є черв'як. Конструктивні параметри черв'яка залежать як від необхідної пластифікаційної продуктивності екструдера, так і від теплофізичних, хімічних і механічних властивостей пластмас, що переробляються. У зв'язку з цим черв'яки виконують однозахідними та багатозахідними, з постійним і змінним кроком витків, з постійною і перемінною глибиною міжвиткових каналів. Для переробки термопластів зазвичай застосовують черв'яки із постійним кроком витків і перемінною глибиною каналу, оскільки їх простіше виготовляти. Вони забезпечують більш високу продуктивність і, по мірі зменшення глибини каналу, покращують теплопередачу матеріалу. По своїй довжині такі черв'яки зазвичай містять три характерні ділянки (рис.12.6): зону завантаження L_1 , зону стискання L_2 і зону витискання L_3 . Чітких меж, які розділяють ці зони, не існує, тому що на граничних ділянках кожної із зон виконується робота суміжної зони. Так, в кінці зони завантаження частина матеріалу вже пом'якшена, а в кінці зони стискання можуть залишатись тверді частинки матеріалу, які остаточно пластифікуються у зоні витискання.

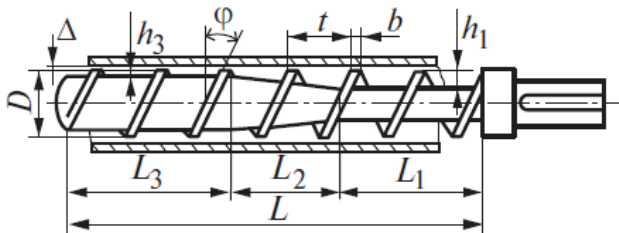


Рис.12.6. Схема однозахідного черв'яка

Зона завантаження L1 зазвичай займає 30% довжини робочої частини черв'яка, при цьому ефективність її роботи характеризується кількістю гранульованого матеріалу, що подається з бункеру за одиницю часу. Значення гвинтового каналу черв'яка в цій зоні має бути найбільшим, тому його виконують глибиною h_1 не менше $0.1D$ зовнішнього діаметра черв'яка.

Ефективність роботи цієї зони залежить також від кута підйому ф гвинтової лінії черв'яка і коефіцієнтів тертя гранульованого матеріалу з черв'яком і поверхнею матеріального циліндру. Для нормального транспортування необхідно, щоб коефіцієнт тертя матеріалу о поверхню циліндру був більший, ніж о поверхню черв'яка. Реалізується ця умова за рахунок більшої шорсткості робочої поверхні циліндра в зоні завантаження, а також охолодженням черв'яка. В результаті гранульований матеріал, що поступає з бункера, в гвинтовому каналі черв'яка ущільнюється з утворенням пробки, яка за рахунок більш високого зчеплення з поверхнею циліндра просувається до зони стискання.

В зоні стискання L2 розмір гвинтового каналу черв'яка поступово зменшується в напрямку зони витискання. Це може бути забезпечено поступовим зменшенням глибини каналу, кроку нарізання витків або зовнішнього діаметра черв'яка. Значення такого зменшення залежить від потрібного ступеня стискання. Для більшості поширених черв'яків із перемінною глибиною каналу ступінь стискання E визначають із співвідношення:

$$E = \frac{0,93 \cdot h_1}{h_3}, \quad (12.3)$$

де h_1 і h_3 – глибина гвинтового каналу на початку і в кінці черв'яка відповідно.

Для черв'яків з перемінним кроком і постійною глибиною гвинтового каналу ступінь стискання визначається за формулою

$$E = \frac{t_1}{t_3}, \quad (12.4)$$

де t_1 і t_3 – крок витків на початку і в кінці черв'яка відповідно.

Слід зазначити, що здійснення стискання за рахунок виготовлення черв'яка з перемінним кроком технологічно складніше і тому застосовується лише при невеликих діаметрах черв'яка. Довжина зони стискання встановлюється в залежності від властивостей матеріалу. Під час переробки пластмас із низькою термостабільністю, зокрема полівінілхлориду (ПВХ), процес стискання матеріалу в зоні пластифікації здійснюється повільно, щоб уникнути його термічного розкладу. У зв'язку з цим зона стискання в таких випадках може становити до половини загальної довжини черв'яка. Для забезпечення оптимальних умов переробки термопластичних матеріалів екструдери оснащують черв'яками зі ступенем стискання, який зазвичай знаходиться в межах від 1,5 до 4,5.

Такий діапазон забезпечує необхідний тиск і рівень гомогенізації полімерного розплаву без перегріву, що особливо важливо при роботі з матеріалами, чутливими до температури. Правильний вибір геометрії черв'яка є ключовим фактором для досягнення стабільного процесу екструзії та високої якості готових виробів.

Наприклад, для переробки гранульованого полістиролу ефективне ущільнення матеріалу становить 1,75.

В зоні витискання L3 крок і глибина гвинтового каналу черв'яка постійні. Параметрами цієї зони визначається пластифікаційна продуктивність екструдера. При короткій зоні витискання та великій глибині гвинтового каналу нерівномірний прогрів розплаву призводить до зниження продуктивності екструдера внаслідок збільшення опору на екструзійній головці. Продуктивність черв'яка з довгою зоною витискання і малою глибиною каналу не залежить від опору на виході. Зазвичай зона витискання становить від 3 до 7 діаметрів черв'яка.

Важливою експлуатаційною характеристикою черв'яка є співвідношення його робочої довжини L до діаметру D. В сучасних машинах, призначених для переробки термопластів, застосовують черв'яки із довжиною робочої частини L в межах (15-20)D. При чому із збільшенням довжини черв'яка покращується розподілення температури і підвищується продуктивність екструдера за рахунок підвищення швидкості обертання черв'яка або збільшення глибини гвинтового каналу. Для переробки реактопластів застосовують черв'яки із довжиною робочої частини в межах (12-15)D і ступенем стиснення 1, а в деяких випадках 0,8. Це призводить до декомпресії матеріалу, що полегшує точне регулювання процесу нагріву матеріалу.

Матеріальні циліндри в екструдерах виконують переважно у вигляді гільз, які часто збирають з окремих секцій, що мають на кінцях фланці і з'єднуються болтами. Така конструкція дозволяє встановлювати в них черв'яки різної довжини. Уздовж матеріального циліндра розрізняють дві характерні ділянки: зону з отвором для подачі матеріалу з бункера в гвинтовий канал черв'яка, а також зону пластифікації, в якій матеріал стискається, розплавляється і гомогенізується. Зазвичай, циліндри виготовляють з жаростійких сталей із обробкою внутрішньої поверхні азотом.

Продуктивність і конструктивне виконання екструзійно-роздувних агрегатів пов'язані із розмірами і місткістю виробів, що виготовляють. Як правило, при виробництві малогабаритної тари (місткістю до 0,5 дм³) продуктивність екструдера достатньо висока, і час видачі з нього заготовки є набагато меншим допустимої тривалості часу екструдуювання і ще більшим за час охолодження в роздувальній формі. Відповідно,

безперервно працюючий екструдер здатний обслуговувати декілька роздувальних форм, забезпечуючи тим самим більш високу продуктивність (рис.12.7). Цей принцип роботи реалізується в карусельних багатопозиційних екструзійно-роздувних автоматах.

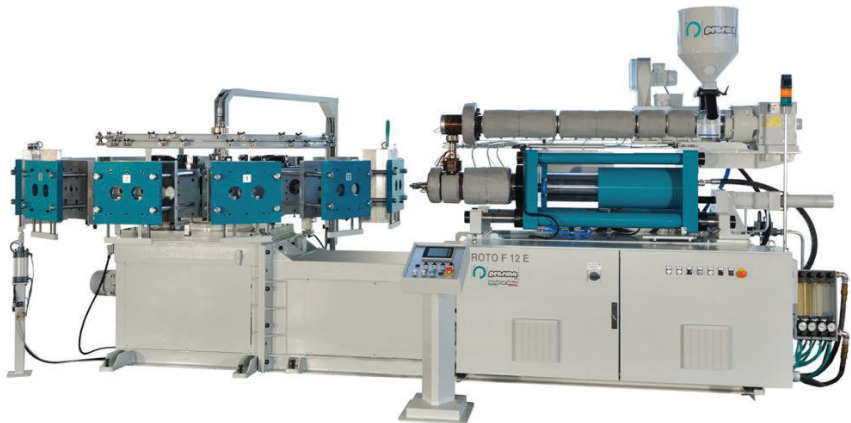


Рис.12.7. Карусельний багатопозиційний екструзійно-роздувний автомат

При цьому на першій позиції здійснюється видача заготовки екструдером в роздувальну форму. Після повороту столу на другій позиції відбувається роздув тари, а на інших позиціях відбувається охолодження. На останній позиції з форми видаляється готовий виріб.

При виготовленні виробів середніх розмірів (місткістю до 5 дм³) час видачі більш об'ємних заготовок суттєво зростає і стає близьким до сумарного часу всіх наступних операцій технологічного циклу. Тому для виготовлення таких виробів доцільно застосовувати одно- або двопозиційні екструзійно-роздувні агрегати відповідно з однією стаціонарною або двома рухомими формами. При цьому в двопозиційних автоматах на першій позиції відбувається роздув і охолодження виробу, а на другій розмикання форми і вилучення готової тари. При використанні багатоканальної екструзійної головки можна за один цикл виготовляти декілька малогабаритних виробів.

Екструзійна головка. Конструктивне виконання екструзійної головки (рис.12.8) визначається розмірами і масою виробу, що виготовляється, взаємним розміщенням екструдера і роздувного пристрою, способом видачі трубчастої заготовки, кількістю позицій, способом роздуву та іншими факторами. З огляду на це розрізняють наступні типи екструзійних головок – прямоточні і кутові, одно- і багатомісні.

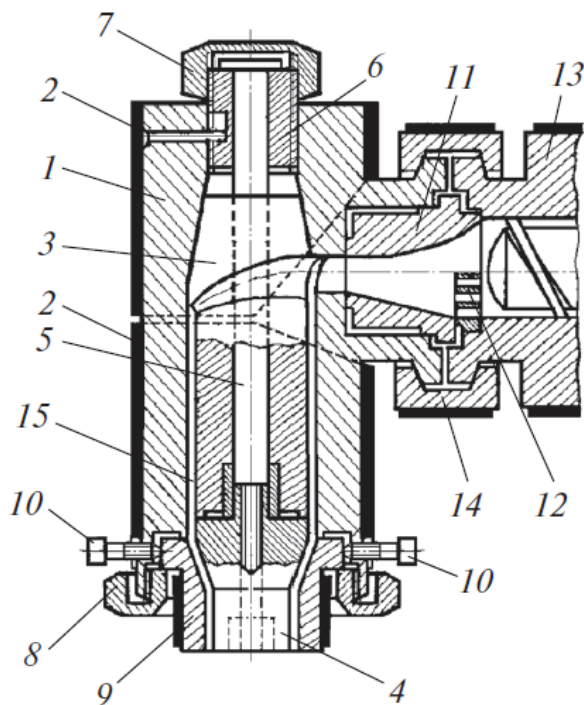


Рис.12.8. Кутова екструзійна головка

Найбільш розповсюджена кутова одномісна екструзійна головка (рис.12.8) має корпус 1, охоплений кільцевим нагрівальним елементом 2, всередині якого розміщені вертикальний і горизонтальний канали. При цьому в вертикальному каналі розміщується дорн 3, який закінчується з'ємним наконечником 4. Кріпляться ці деталі за допомогою штанги 5, різьбової втулки 6 і контргайки 7. На нижньому торці вертикального каналу гайкою 8 до корпусу приєднується мундштук 9, співвісне розміщення якого встановлюється гвинтами 10.

В горизонтальному каналі корпусу розміщений перехідник 11, канал якого перекриває решітка 12 із сіткою, яка забезпечує фільтрацію розплаву, що видається із матеріального циліндра 13 екструдера. Кріпиться головка до матеріального циліндра хомутом 14. При роботі матеріал, що подається з матеріального циліндра 13, проходить крізь решітку 12 і далі через канали перехідника 11 і дорну 3 направляються у формуючий канал 15. Формуючий інструмент екструзійних головок, включаючи мундштук і дорн, виконуються індивідуально для кожного виду виробу.

Способи роздуву трубчастої заготовки. При формуванні виробу застосовується три способи роздуву трубчастої заготовки у формі: подача

стисненого повітря через ніпель, розміщений знизу звготовки; подача повітря через дорн екструзійної головки; подача стисненого повітря через голку. Вибір способу роздуву залежить від конфігурації виробу.

При роздуві через ніпель (рис.12.9, а) трубчаста заготовка 1, яка поступає з екструзійної головки, своїм нижнім торцем заходить на ніпель 2 і в цей момент напівформи 3 змикаються. Верх трубчастої заготовки перетискається торцями форми і зварюється, а на ніпелі 2 формується зовнішня поверхня горловини тари. Далі через отвір в ніпелі 2 всередину заготовки подається стиснене повітря, яким вона роздувається у виріб.

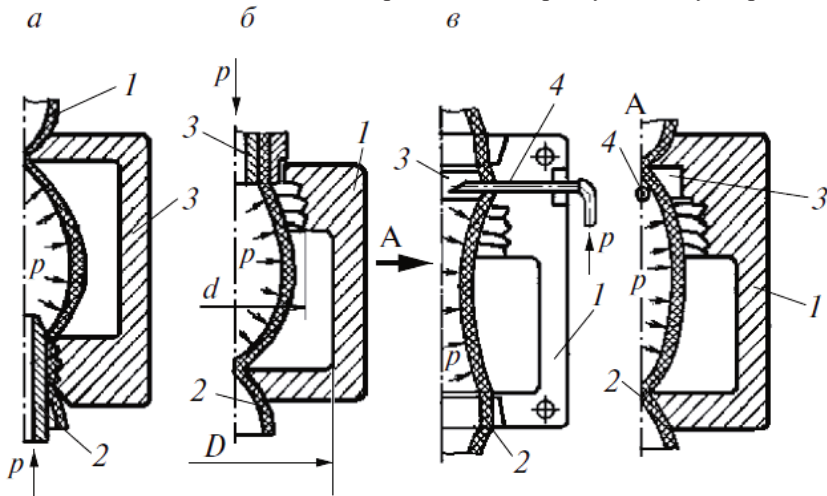


Рис. 12.9. Способи роздуву трубчастої заготовки в формі

При подачі стисненого повітря через дорн екструзійної головки (рис.12.9, б) напівформи 1 при змиканні спочатку перетискають і зварюють нижню частину заготовки 2, а на подовженому дорні 3 поверхнями напівформ формується зовнішня поверхня горловини тари. Далі через отвір в дорні 3 всередину заготовки 2 подається стиснене повітря.

При роздуві через голку (рис.12.9, в) напівформи 1 перетискають заготовку 2 своїми торцями у верхній та нижній частинах. У напівформах присутня технологічна порожнина 3, в якій розміщується роздувна голка 4. Голка проколює стінку перетиснутої заготовки і потрапляє у порожнину. Далі через отвір в голці всередину заготовки подається стиснене повітря, яке роздуває тару. Після цього частина заготовки, яка знаходилась в технологічній порожнині 3, відрізається разом з облоєм. Роздувну голку краще розміщувати в площині змикання напівформ.

Роздувом через ніпель (рис.12.10) зазвичай виготовляють тару з вузьким горлом, забезпечуючи точність горловини як по зовнішній, так і по внутрішній поверхні. У цьому способі виготовлений виріб після розкривання форми залишається на ніпелі, чим спрощується автоматизація

процесу видалення тари. Вироби з великими розмірами горловини роздувають подачею у заготовку стисненого повітря через дорн головки або через голку. Роздувом через голку можна також формувати вироби з повністю замкненою порожниною.

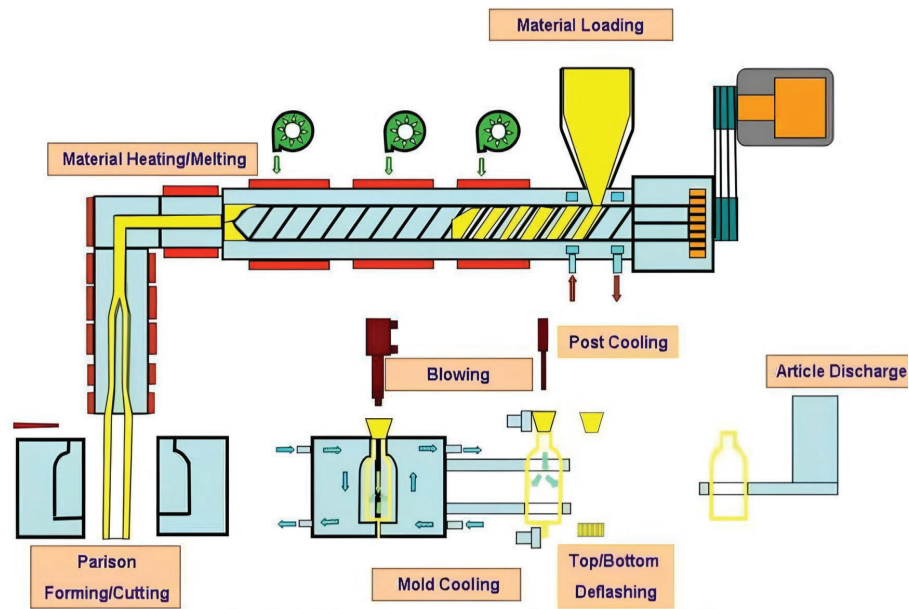


Рис.12.10. Технологічний процес виготовлення тари екструзійно-роздувним методом

На (рис.12.10) представлено схему технологічного процесу виготовлення тари екструзійно-роздувним методом, яка демонструє послідовність основних етапів переробки полімерного матеріалу у готовий порожнистий виріб. Процес розпочинається з етапу Material Loading, тобто завантаження гранульованої сировини в бункер, звідки вона надходить у зону Material Heating/Melting, де відбувається її нагрівання і пластикація за допомогою черв'ячного екструдера. Переміщення, плавлення та гомогенізація матеріалу забезпечуються обертовим гвинтом і зональним підігрівом. Після досягнення необхідного ступеня в'язкості розплавлений полімер подається у формуючу головку, де здійснюється Parison Forming/Cutting – формування та обрізка первинної трубчастої заготовки (паризона).

Далі відбувається роздування (Blowing) заготовки у прес-формі. При цьому половинки форми стискаються, охоплюючи паризон, після чого через центральний стрижень подається стиснене повітря, яке забезпечує

прилягання полімеру до внутрішньої поверхні форми. Одночасно вмикається Mold Cooling – система охолодження прес-форми, що забезпечує швидке твердіння виробу. Після завершення формування відкривається форма, і виріб піддається додатковому Post Cooling – охолодженню у відкритому стані, щоб стабілізувати геометрію та механічні властивості.

Наступним етапом є Top/Bottom Deflashing – видалення облоя (надлишкового матеріалу) у верхній і нижній частинах виробу, що виникає в місцях змикання півформ. Після цього готова тара транспортується на етап Article Discharge, де здійснюється вивантаження виробу з технологічної лінії.

Компоновка роздувних форм залежить від схеми роздуву. Вони містять обов'язкові і додаткові конструктивні елементи. До категорії обов'язкових належать формоутворюючі деталі, прес-канти, системи охолодження форми і видалення з робочої порожнини повітря. Додаткові елементи – це механізми видалення виробу з форми, механізми запирання напівформ і елементи для відділення облоя.

Інжекційно-роздувне технологічне обладнання

В інжекційно-роздувних агрегатах спочатку литтям під тиском виготовляють ампулоподібні заготовки з відформованою горловиною, а після чого в гарячому стані вони переносяться у видувні форми, де формуються у готові вироби.

Інжекційно-роздувні агрегати класифікують:

- за кількістю робочих позицій – на двопозиційні, трипозиційні чи багатопозиційні;
- за кінематикою руху заготовки – на агрегати із зворотно-поступальним періодичним рухом, з ротаційним періодичним рухом або безперервним рухом;
- за кількістю виробів, що одночасно формуються – одномісні і багатомісні;
- за способом формування – з неорієнтованим або орієнтованим формуванням.

На (рис.12.11) зображено поетапний технологічний процес виготовлення полімерної тари інжекційно-роздувним методом, який поєднує переваги лиття під тиском та пневмоформування. Процес складається з чотирьох основних стадій, що дозволяють отримати виріб високої геометричної точності з формованою горловиною. На першому етапі (позиція 1) за допомогою injection unit розплавлений полімер впорскується під тиском у injection mold — прес-форму для лиття. У результаті формується попередня заготовка (preform), яка має ампулоподібну форму із точно сформованою різьбовою горловиною. Далі,

на другому етапі (2), заготовка залишається закріпленою в ливниковій частині, після чого її разом з blowing rod (стрижнем для роздування) переміщують у blow mold — роздувну форму. Заготовка при цьому залишається у гарячому (термопластичному) стані, що є принципово важливим для наступного етапу. На третьому етапі (3) через внутрішній канал blowing rod у заготовку подається стиснене повітря (air in), яке проходить через one-way air valve та роздуває її до повного контакту з внутрішніми поверхнями blow mold.

Під дією тиску і охолодження полімер приймає форму порожнистого виробу. На фінальному етапі (4) форма відкривається, а сформований виріб (blow molded part) виводиться з формувальної зони за допомогою механізму виштовхування (v — напрямок руху). Завдяки точному контролю геометрії горловини, яку формують у литтєвій частині, та високій однорідності стінок, ця технологія широко використовується для виготовлення тари для фармацевтичної, харчової та косметичної продукції. Інжекційно-роздувні машини можуть бути дво-, три- або багатопозиційними та працювати як із періодичним (зворотно-поступальним або ротаційним), так і з безперервним переміщенням заготовок.

За способом (рис.12.11) деформування розплаву розрізняють орієнтоване та неорієнтоване роздування, що впливає на міцність і бар'єрні властивості готових виробів.

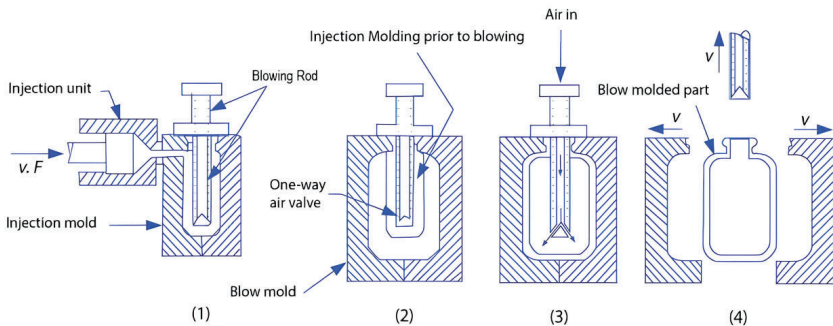


Рис.12.11. Технологічний процес виготовлення тари інжекційно-роздувним методом

Принцип роботи двопозиційного інжекційно-роздувного агрегату зображено на (рис.12.12). Агрегат складається зі станіни 1, де співвісно встановлені: плита 3, на якій встановлені розувні напівформи 4; стіл 5, що обертається на 180° , на якому закріплено дві пари оправок 6; плита 7, на якій закріплені ливарні форми 8, з'єднані каналами 9 із ливниковим отвором 10 плити; черв'ячний інжекційний пристрій 11.

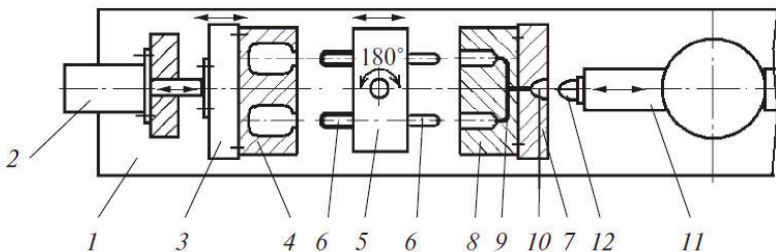


Рис.12.12. Схема двопозиційного багатомісного інжекційно-роздувного агрегату

На початку робочого циклу гідроциліндром 2 плита 3 і стіл 5 переміщуються до плити 7. При цьому форми 4 і 8 змикаються. Далі інжекційним пристроєм 11 через сопло 12 і ливниковий отвір 10 в ливарні форми 8 під тиском подається пластифікована полімерна маса, з якої на оправках 6 формуються ампулоподібні заготовки. Одночасно у видувних формах 4 стисненим повітрям, яке подається через оправки 6, заготовки роздуваються у готові вироби. Після закінчення цих процесів гідроциліндром 2 плита 3 і стіл 5 переміщуються в початкове положення, одночасно з цим форми 4 і 8 розмикаються, а готові вироби видаляються з оправок 6. Далі стіл обертається на 180° , переміщує оправки 6 з відлитими заготовками до роздувних форм 4 і цикл повторюється.

Обладнання для роздуву тари з преформ

Транспортування готових пластикових пляшок, які займають значний об'єм при відносно малій масі, є економічно недоцільним і неефективним з логістичної точки зору. Тому більшість виробників рідких продуктів, зокрема напоїв, віддають перевагу виготовленню тари безпосередньо на підприємстві шляхом роздування ампулоподібних заготовок — преформ. Ці преформи значно компактніші за обсягом і постачаються спеціалізованими виробниками, що суттєво зменшує витрати на транспортування. Широкому впровадженню цієї технології сприяє відносна простота та доступність обладнання для роздуву, а також висока якість кінцевої продукції. Найпоширенішим матеріалом для виготовлення преформ і пластикових пляшок є поліетилентерефталат (ПЕТ), який уперше з'явився у 1978 році та практично повністю витіснив інші матеріали в сегменті пляшкової тари об'ємом від 0,33 до 5 літрів.

Сьогодні ПЕТ є провідним полімером у харчовій та пакувальній промисловості завдяки своїм бар'єрним властивостям, легкості, прозорості та перероблюваності.

ПЕТ має багато корисних властивостей. Перш за все це дуже легкий матеріал. Звичайна півлітрова ПЕТ- пляшка важить приблизно 28 грамів (пляшка такого ж об'єму зі скла може важити до 350 грамів) . ПЕТ абсолютно прозорий, це робить його привабливим для розливу мінеральної води та газованих напоїв.

Для запобігання псуванню продукції під дією сонячних променів ПЕТ може бути окрашений. Ще одна перевага ПЕТ-тари - її міцність, що є дуже важливим при транспортуванні і зберіганні. При цьому ПЕТ, як і скло, добре утилізується. Для пакування ПЕТ-тари зазвичай не потрібні ящики, її пакують у поліетиленову плівку з картонним піддоном або без нього.

ПЕТ – це тверда, безбарвна, прозора речовина в аморфному стані і біла, непрозора в кристалічному стані. Переходить в прозорий стан при нагріванні до температури склування і залишається в ньому при різкому охолодженні. Одним з важливих параметрів ПЕТ є характерна в'язкість, яка визначається довжиною молекули полімеру. Міцний, зносостійкий, хороший діелектрик. Сійкий до дії більшості органічних розчинників, але руйнується у лужних та аміачних розчинах. Сійкий до дії мікроорганізмів, тому його природний розклад надзвичайно повільний.

Асортимент преформ (рис.12.13) для виробництва тари з ПЕТ надзвичайно великий.

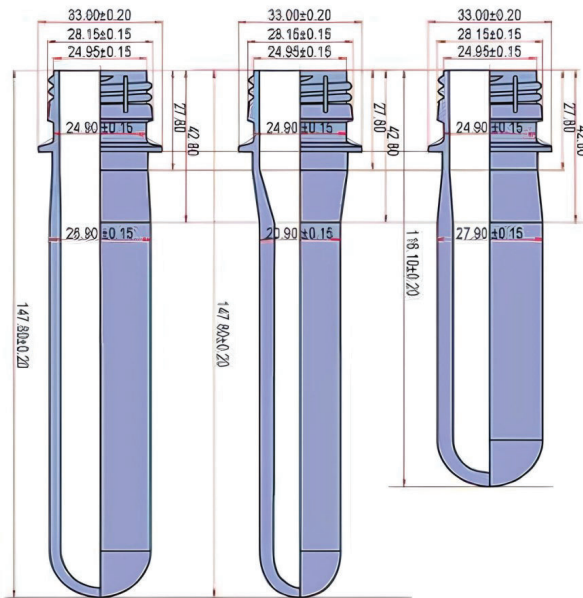


Рис. 12.13. Конструктивне виконання преформ

Вибір типу і маси преформ регламентується об'ємом тари, її конфігурацією, а також бар'єрними властивостями, що залежать від матеріалу і товщини стінок. Наприклад, в залежності від ступеня насичення вмісту вуглекислотою, товщину стінок збільшують до 0,2 мм для слабогазованих мінеральних і фруктових вод, і до 0,36-0,8 мм для сильногазованих напоїв.

Чим більша товщина стінок пляшки, тим кращі її показники, проте вартість пляшки при цьому зростає майже прямопропорційно збільшенню ваги преформи. В ідеалі, під кожен різновид тари і тип обладнання, що використовується, має застосовуватись окремий тип преформи. Але на практиці використовують преформи, які є доступними у виробників.

За своєю конфігурацією всі різновиди преформ можна поділити на три основні групи: універсальні, товстостінні та укорочені. Універсальна преформа достатньо добре і швидко прогривається, не руйнується при поздовжньому розтягуванні і придатна до остаточного формування стисненим повітрям. Довжина універсальної преформи - 148 мм, товщина стінки - 3 мм, вага - 42 г (для пляшки 1,5 дм³). Товстостінна преформа має товщину стінки до 4,5 мм. Така преформа потребує набагато більше часу для розігріву (до 15 хвилин). Для роздуву тари з товстостінної преформи необхідне стиснене повітря з надлишковим тиском до 4 МПа. Укорочена преформа призначена для роздуву тари лише на високоякісному потужному обладнанні із використанням стисненого повітря з надлишковим тиском до 4 МПа. Але така преформа при транспортуванні займає на 40% менше місця, ніж універсальна.

Залежно від конфігурації горла розрізняють преформи/пляшки для газованих напоїв та мінеральної води, для рослинної олії, для молочних продуктів і соків. Технологічний процес роздуву пляшки з преформи зображено на (рис. 12.14).

Метод видувного формування пляшок із ПЕТ-преформ, є високоефективним технологічним процесом, який забезпечує виготовлення тари з високою геометричною точністю, низькою масою та достатньою механічною міцністю. Серед ключових переваг даного методу варто відзначити його здатність формувати складні просторові конфігурації тари із збереженням чітких розмірів, що особливо актуально для тари, яка піддається автоматизованому пакуванню, транспортуванню та штабелюванню. Крім того, технологія дозволяє забезпечити рівномірну товщину стінок за рахунок контрольованого розтягу преформи в поздовжньому та поперечному напрямках, що позитивно впливає на бар'єрні властивості та стійкість до внутрішнього тиску (наприклад, у пляшках для газованих напоїв). Завдяки використанню стандартних преформ, метод легко інтегрується у поточне виробництво з високою швидкістю циклу, що сприяє зниженню собівартості продукції при великих обсягах.

Разом із тим, даний метод має й певні недоліки. Найбільш критичним є високий рівень енергоспоживання, зумовлений необхідністю попереднього розігріву преформи до температури, достатньої для формування, що потребує точного температурного контролю. Також існують обмеження щодо товщини стінок: при великій товщині преформа гірше прогривається та важче піддається рівномірному формуванню. У випадках використання товстостінних або укорочених преформ виникає необхідність застосування підвищеного тиску повітря (до 4 МПа), що вимагає наявності спеціалізованого високоточного компресорного обладнання. Крім того, некоректно підібрана преформа або режим розтягу може призвести до утворення зон з різною товщиною стінок, що негативно позначається на механічних властивостях готового виробу. Умовно стабільна форма пляшки також потребує подальшого охолодження у формі, що подовжує цикл і знижує продуктивність у порівнянні з екструзійно-роздувними методами.

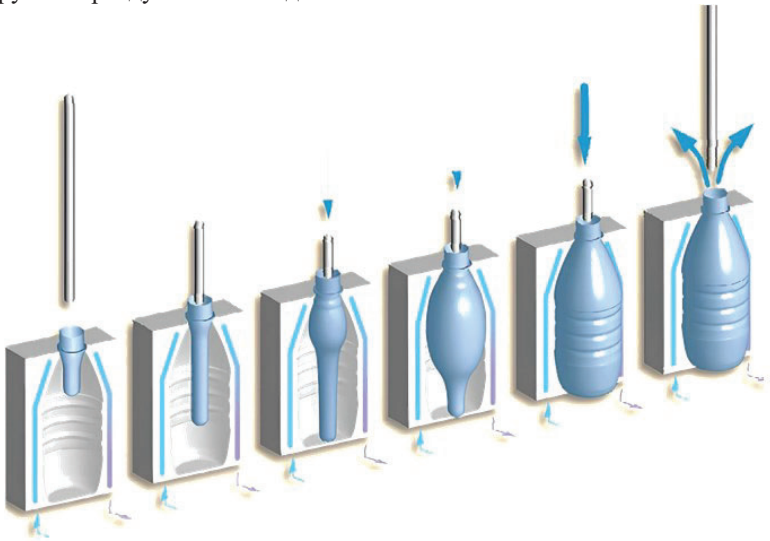


Рис.12.14. Роздув пляшки з ПЕТ преформи

Розігріту до необхідної температури преформу поміщають у форму. До горловини пляшки притискається роздувна головка, всередині якої рухається шток з неіржавної сталі діаметром 12 мм. Після змикання напівформ шток починає рух і розтягує преформу в повздовжньому напрямку. При подоланні штоком половини довжини ходу, через роздувну головку всередину преформи подається стиснене повітря. При цьому шток продовжує розтягувати преформу до максимальної довжини тари. Після формування тари, надлишковий тиск скидається, шток розтяжки виходить, роздувна головка прибирається з горловини і форма відчиняється. Готова тара вилучається з форми.

Технологічне обладнання для роздуву ПЕТ тари

Класифікація обладнання для роздуву ПЕТ-пляшок може здійснюватися за різними параметрами, такими як рівень автоматизації, продуктивність, тип нагріву, кількість форм та інші. Ось деякі з основних видів класифікації:

1. За рівнем автоматизації.

- Автоматичне обладнання: повністю автоматизовані лінії, які містять всі етапи виробництва пляшок: завантаження преформ, нагрівання, роздув, охолодження та вивантаження готової продукції. Характеризуються високою продуктивністю та мінімальним втручанням людини.

- Напівавтоматичне обладнання: частина процесів (зазвичай завантаження преформ та вивантаження пляшок) виконується вручну. Забезпечують меншу продуктивність порівняно з автоматичними лініями, але є більш доступними за ціною.

2. За продуктивністю.

- Малопродуктивне обладнання: призначене для невеликих виробництв або для виготовлення спеціалізованої тари. Продуктивність може варіюватися від кількох сотень до кількох тисяч пляшок за годину.

- Середньопродуктивне обладнання: використовується на підприємствах середнього масштабу. Продуктивність може досягати кількох тисяч пляшок за годину.

- Високопродуктивне обладнання: застосовується на великих заводах з масовим виробництвом напоїв та інших рідин. Продуктивність може перевищувати десятки тисяч пляшок за годину.

3. За типом нагріву.

- Інфрачервоний нагрів: використовуються інфрачервоні лампи для нагрівання преформ. Забезпечує швидкий та рівномірний нагрів.

- Термотунельний нагрів: преформи проходять через спеціальний тунель з нагрівальними елементами. Забезпечує більш повільний та менш рівномірний нагрів порівняно з інфрачервоним нагрівом.

4. За типом руху преформ всередині машини від зони нагріву до зони роздуву.

- Лінійні: преформи переміщуються через зону нагріву на каретках, які виконують лінійний циклічний або зворотно-поступальний рух.

- Роторні: зона роздуву та зона нагріву преформ виконані у вигляді роторів із встановленими роздувними формами.

5. За іншими параметрами: тип сировини; розмір тари, що виготовляється; з системою рекуперації повітря і без тощо.

Напівавтоматичне обладнання для роздуву тари

В такому обладнанні (рис.12.15) операції завантаження преформи в піч, переміщення розігрітої преформи у форму роздувної машини та вилучення готової тари виконує оператор.



Рис. 12.15. Напівавтоматична машина роздуву ПЕТ-тари

Обладнання складається з двох функціональних одиниць: піч та роздувна машина. Піч зазвичай має конвеєр, на якому на спеціальні насадки встановлюють вертикально преформи. Преформи рухаються вздовж інфрачервоних ламп і нагріваються до необхідної температури (120-130°). Нагріту преформу оператор встановлює у форму роздувної машини і натискає кнопки початку циклу роздуву. За допомогою пневматичного циліндра форми зникають. Далі до горловини преформи притискається роздувна головка. Пневматичний циліндр механізму розтягування приводить в рух шток, який проходить через роздувну головку і розтягує преформу в поздовжньому напрямку. У процесі формування виробу шляхом розтягування в преформу подається стиснене

повітря, що забезпечує її роздування та щільне прилягання до внутрішньої поверхні форми, формуючи геометрію готової тари. Після завершення циклу формування надлишковий тиск автоматично скидається в атмосферу, після чого шток розтягування та роздувна головка повертаються у вихідне положення.

Формувальні половини прес-форми розмикаються, відкриваючи доступ до готового виробу. Оператор вилучає сформовану пляшку та встановлює нову преформу для наступного циклу. Таким чином, процес є повторюваним і циклічним, що дозволяє забезпечити високу продуктивність при серійному виготовленні тари з термопластичних матеріалів, насамперед поліетилентерефталату (ПЕТ).

Продуктивність напівавтоматичного обладнання зазвичай становить від 600 до 800 одиниць на хвилину. Тиск повітря для формування тари - 1,5 МПа. За допомогою напівавтоматичного обладнання зазвичай виготовляють пляшки ємністю від 0,2 до 6 дм³. Кількість пляшок, що формують одночасно, - від 1 до 3. Також за допомогою напівавтоматичного роздувного обладнання виготовляють кеги та бутлі ємністю до 40 дм³. Для виготовлення такого типу тари використовують спеціальні преформи. Зазвичай тиск повітря для роздуву кегів становить 3,5 – 4 МПа.

Автоматичне обладнання для роздуву тари

Автоматичне обладнання (рис.12.16) зазвичай є частиною ліній для розливу рідкої продукції.



Рис. 12.16. Автоматична машина роздуву ПЕТ-тари

Готова тара після роздувної машини транспортерами подається на розлив. Продуктивність автоматичного обладнання зазвичай сягає до 8000

пляшок на годину для автоматів з лінійним переміщенням преформ, і може сягати до 30000 пляшок за годину для роторних роздувних автоматів.

На автоматичному роздувному обладнанні зазвичай виготовляють пляшки ємністю 0,5-2 дм³ для розливу мінеральної води, безалкогольних напоїв та пива. Висока продуктивність обладнання реалізовується за рахунок використання багатомісних форм, в яких одночасно роздувається декілька одиниць тари. Для роторних машин великої продуктивності кількість форм становить 16 і більше. Тиск стисненого повітря для формування тари зазвичай становить 4 МПа.

**Напівавтоматична видувна машина
УПФ-5 для ПЕТ пляшок 0.1 - 6.0 л**



**Лиття під тиском (ЛВМ)
для контейнерів і упаковки**

**Двостанційна екструзійно-видувна
машина Powerjet EB30U**



ТЕМА 13. ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА СКЛЯНОЇ ТАРИ. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ СКЛЯНОГО ПАКОВАННЯ

13.1. Характеристика скляної тари

Скло поділяється на штучне і природне (рис.13.1). До природного відносять скло, яке утворилось в процесі діяльності вулканів, наприклад обсидіанове скло. Штучними є всі види скла, створені людиною. Штучне скло, в свою чергу, поділяють на органічне і неорганічне.



Рис.13.1. Обсидіанове скло

Органічним називають прозоре скло з пластмас на основі полікарбонатів, полістиролів, полівінілхлоридів та інш. Характеризується відносно невеликою щільністю, підвищеною міцністю, малою чутливістю до ударних навантажень, і тим, що при руйнуванні не утворює небезпечних уламків. Застосовують для виготовлення безосколкового тришарового скла, яке використовують в склінні літаків та автівок. З нього також виготовляють деталі приладів, лінзи та інші технічні вироби.

Для виготовлення різних видів тари та елементів пакування широко застосовується неорганічне скло — аморфний, твердий і крихкий матеріал, який у різній мірі є прозорим. Воно є термопластичним за поведінкою при нагріванні та утворюється внаслідок охолодження розплаву, що містить склоутворюючі оксиди (кремнію, бору, алюмінію, фосфору, титану, цирконію) та оксиди металів (літію, натрію, калію, магнію, свинцю). В залежності від основного склоутворюючого оксиду розрізняють наступні види такого скла: силікатне (на основі оксиду кремнію SiO_2), боратне (на основі оксиду бору B_2O_3), боросилікатне (на основі SiO_2 та B_2O_3),

фосфатне (на основі фосфорного ангідриду P_2O_5), алюмофосфатне (Al_2O_3 та P_2O_5), алюмосилікатне (Al_2O_3 та SiO_2), алюмоборосилікатне ($Al_2O_3 - B_2O_3 - SiO_2$) тощо. Разом із основним склоутворюючим компонентом до складу скла можуть входити оксиди натрію Na_2O , калію K_2O , кальцію CaO , магнію MgO , алюмінію Al_2O_3 , барію BaO , свинцю PbO , цинку ZnO , марганцю MnO , міді CuO . За вмістом модифікаторів скло буває лужним, безлужним та кварцевим.

До позитивних властивостей неорганічного скла належать висока теплостійкість, міцність на стискання, хімічна стійкість, прозорість, а також абсолютна непроникність щодо рідин і газів. Скляна тара добре очищується від продукту, підлягає багаторазовому використанню, має гарне співвідношення між вартістю й споживчими характеристиками. Скло підлягає вторинній переробці необмежену кількість разів. До основних недоліків скла належать його висока крихкість при ударних навантаженнях та порівняно велика густина, що становить $2,0-2,2 \text{ г/см}^3$. Механічні характеристики також мають певні обмеження: границя міцності на згин досягає лише 40 МПа, тоді як при стисканні матеріал витримує навантаження до 600 МПа. Такі показники обмежують застосування скла в умовах динамічного або локалізованого механічного впливу.

З неорганічного скла масово виготовляють різноманітні пляшки, флакони, банки, склянки, колби (рис.13.2), ампули та інше. При цьому конкретний склад скла, яке застосовується для виготовлення переліченої тари, визначається її призначенням, умовами експлуатації, методами формування та іншими факторами.



Рис.13.2. Лабораторний посуд (скляні колби)

Скляні колби застосовують в якості споживчої тари, а також лабораторного та мірного посуду. В колби пакують рідкі реактиви, медикаменти, парфумерну продукцію. Виготовляються вони з хімічно-

лабораторного скла і прозорого кварцового скла. Колби мають бути термічно стійкими при нагріванні до температури 800°C з наступним охолодженням до 20°C, і не давати тріщин після 20 таких перепадів температур.

В пробірки пакують медичні препарати в таблетках і капсулах, рідкі і порошкоподібні реактиви, деяку парфумерну і косметичну продукцію. Вони широко застосовуються в якості лабораторного посуду. Виготовляють пробірки з прозорого кварцового скла (рис.13.3).



Рис.13.3. Скляні ампули

Ампули використовують для пакування й тривалого зберігання у стерильному стані медичних препаратів, призначених для внутрішньовенного введення, а також сироваток, вакцин, біопрепаратів і особливо чистих речовин. Їх виготовляють із прозорого кварцового скла або з прозорого чи темного хімічно-лабораторного скла у різних конструктивних варіаціях, об'єм яких коливається від 0,1 до 30см³. Механічні та хімічні властивості скляних ампул загалом відповідають характеристикам звичайних лабораторних пробірок, що забезпечує необхідну інертність і міцність у процесі стерилізації, транспортування та зберігання.

Склянки зі скла і кришталю в якості тари практично не застосовуються, проте виготовляються у великій кількості в якості посуду і широко використовуються у побуті.

Скляні бутлі виготовляються місткістю від 10дм³, переважно з циліндричним корпусом, який переходить у вузьку горловину. Застосовуються для пакування хімічних реактивів і рідкої продукції побутового призначення. Виготовляються з безбарвного, напівбілого та коричневого скла. У бутлях з напівбілого скла допускається зелений або блакитний відтінок.

Скляні пляшки і флакони використовують для пакування харчової, хімічної, парфумерної, фармацевтичної та іншої рідкої, пастоподібної, а іноді силючої продукції. Зазвичай така скляна тара (табл.13.1) для харчової продукції виготовляється з силікатного скла, яке містить $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3$. Для виробництва використовують безбарвне, напівбіле або кольорове (блакитне, зелене, коричневе) скло. Флакони для парфумерної продукції повинні мати особливий блиск і прозорість, тому в складі скла відсутні оксиди заліза та інших металів. В фармацевтиці зазвичай застосовують пляшки і флакони, які виготовляють з натрієво-кальцієвого скла.

Банки є основною тарою у консервному виробництві. Виготовляють їх з такого ж скла, що і пляшки.

Таблиця 13.1.

Приблизний хімічний склад промислового скла у відсотках за масою (%)

Скло	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	V_2O_3	BaO	PbO
Тарне	73,7	0,2	9,1	1,75	15,2	-	-	-	-
Хіміко- лабораторне	68,7	3,8	8,4	0,8	9,7	6,1	2,5	-	-
Кришталне	57,5	0,5	-	-	-	15,5	1	1	24

Сировинні матеріали, які застосовуються у виробництві скла, поділяють на дві групи: основні і допоміжні.

До основних матеріалів, які називають склоутворювачами, належать двооксид кремнію (у вигляді кварцового піску), сода кальцинована або сульфат натрію, крейда або вапно, доломит, поташ, каолін, борна кислота.

Зокрема, двооксид кремнію (SiO_2) надходить у скляну масу разом із кварцовим піском, крейдою та доломітом. При цьому кварцовий пісок повинен містити щонайменше 99% кремнезему та не більше ніж 1% домішок.

Допоміжні речовини застосовуються для коригування властивостей скломаси відповідно до заданих параметрів. Серед них — прискорювачі варіння, барвники, глушники та освітлювачі.

Зокрема, додаванням певної кількості Al_2O_3 зменшується коефіцієнт термічного розширення скла, підвищується його механічна міцність і термічна стійкість, покращується кристалізація. Додаванням до 2% оксиду бору V_2O_3 зменшується коефіцієнт термічного розширення скла, підвищується термічна і хімічна стійкість, а також пришвидшується процес варіння. Оксид кальцію, який міститься в крейді та вапні, підвищує хімічну стійкість скла і прискорює процесі варіння і освітлення. Фториди сприяють появі рідкої фази при більш низьких температурах і збільшують швидкість силікатування.

Барвники додаються для отримання кольорового скла. При цьому розрізняють молекулярні барвники, які розчиняючись у склі утворюють молекулярні з'єднання, і колоїдні, які знаходяться у склі у вигляді колоїдно-дисперсних частинок.

Глушники — це малорозчинні речовини, що виділяються в склі у вигляді твердих включень. Залежно від їхнього вмісту можна регулювати ступінь прозорості скла — від прозорого до матового (молочного).

Освітлювачі — речовини, що при термічному розкладанні виділяють гази, які сприяють очищенню скломаси від бульбашок і включень, забезпечуючи її прозорість.

Знебарвники застосовують для вилучення зі скла небажаних кольорових відтінків, обумовлених наявністю в сировинних матеріалах шкідливих домішок оксиду заліза. При цьому FeO фарбує скло в голубий колір, а Fe_2O_3 в жовто-зелений колір, що не припустимо для деяких видів тари. Розрізняють два способи знебарвлення: фізичний і хімічний. Фізичне знебарвлення здійснюється шляхом введення до скломаси речовин, які надають їй відтінок, додатковий до зеленого, що дозволяє нейтралізувати небажане забарвлення. При хімічному знебарвленні до скломаси додають окислювачі (зокрема, селітру або сульфат натрію) з метою окислення FeO до Fe_2O_3 , що знижує інтенсивність забарвлення.

13.2. Виробництво скляної тари

Процес виробництва скляної тари доцільно розглядати на прикладі виготовлення пляшок, флаконів і банок, які отримують з силікатного тарного скла і застосовують для пакування харчової продукції. Цей процес складається з наступних основних етапів: доставка і підготовка сировини; приготування шихти і завантаження в піч; варіння скломаси; формування виробів; відпад і зміцнення виготовлених виробів; контроль якості готових виробів; пакування готових виробів і доставка їх на склад.

Доставка і підготовка сировини

Сировина надходить на склотарні заводи у вигляді, непридатному для безпосереднього складання шихти, тому спочатку проходить обов'язкову підготовку. Зокрема, кварцовий пісок після розвантаження на складі подають у приймальний бункер, а далі лотковим живильником транспортують на установку попереднього промивання. Тут із нього видаляють глинисті домішки та залізо; за потреби застосовують також флотацію для додаткового очищення.

Сировинні матеріали подрібнюються в шоккових та молоткових дробарках або кульових млинах. Далі проходять крізь сушильний барабан, що обертається, де з сировини випаровується волога. Пісок сушиться при температурі $700\text{-}800^\circ\text{C}$, а крейда, вапняк і сульфат натрію при температурі не вище 400°C . Після цього пісок просіюється на ситах і крізь магнітний

сепаратор потрапляє у витратний бункер, пов'язаний з автоматичними вагами.

Склобій є одним з основних сировинних ресурсів, і у світовому виробництві скла спостерігається тенденція до збільшення його використання. Для деяких склотарних підприємств він служить основним сировинним матеріалом, який забезпечує економію матеріалів і енергоресурсів при варінні, збільшення строку служби пічок, підвищення екологічності виробництва, оскільки із зменшенням споживання традиційних сировинних матеріалів зменшуються відходи виробництва та рівень забруднення атмосфери.

Склобій, що використовується у виробництві, поділяють на привозний і зворотний. Привозний склобій – це скловироби різних виробників, що були у вжитку, зібрані і певним чином перероблені для подальшого використання у виробництві скла.

Внутрішньозаводський склобій, що утворюється безпосередньо під час виробничого процесу, одразу повертають у технологічний цикл: його транспортують у зону дозування шихти й завантажують до скловарної печі. Надлишки зберігають окремо, забезпечуючи умови, які унеможливають забруднення механічними домішками та змішування з відходами скла іншого хімічного складу.

Привозний склобій - це бій скла, утворений при виробництві і використанні скляних виробів і листового скла. Він поділяється на два сорти залежно від розміру й ваги шматків. Склобій також поділяється за кольором та походженням на безкольоровий, напівбілий тарний, напівбілий листовий, зелений, коричневий.

Переробка утилізованої склосировини в склобій передбачає видалення з неї сміття, металевих та інших домішок, сортування за кольором, подрібнення й мийку. Під час переробки привозна склосировина з бункера зберігання вібраційним живильником подається через контрольні ваги рівномірним потоком на сортувальний стрічковий транспортер. На цьому етапі в процесі транспортування магнітними сепараторами спочатку видаляються компоненти з чорних та кольорових металів, відбувається його сортування, під час якого з транспортерної стрічки скидаються сторонні вclusions, і далі скломаса сортується за кольором і складається в бункери тимчасового зберігання.

Наступна операція по подрібненню сортованого склобою залежить від потрібної якості кінцевої продукції. Зокрема, для переробки склобою 2-го сорту можна використовувати будь-які дробарки молоткового типу, тому що розмір кінцевої фракції склобою не має принципового значення. Для отримання склобою 1-го сорту використовують спеціальне обладнання, яке забезпечує отримання розміру фракції від 10 до 50 мм.

Далі зі склобою видаляють органічні та інші забруднення в миючих установках із закільцьованим контуром фільтраційної очистки миючого водного розчину. Оскільки після промивки здійснюється механічний дренаж, то остаточна вологість склобою складає не більше 2%. При

використанні митого склобою не підвищується піноутворення в скловарній печі і не виникає проблем з освітленням скломаси. Підготовлений склобій в обов'язковому порядку проходить контроль якості.

На подальшій стадії з підготовлених компонентів формують шихту: сировинні матеріали дозуються з витратних бункерів, зважуються за заданою рецептурою й надходять на збірний конвеєр, який транспортує їх до змішувачів — періодичної дії (барабанного чи конусного типу) або безперервних — для остаточного перемішування.

Для збереження однорідності під час транспортування і завантаження в скловарну піч, суміші шихти можуть гранулюватись або брикетуватись. Під час брикетування до суміші додають такі сполучні матеріали, як рідке скло, вапнякове молоко, фторсилікат натрію, після чого на пресі з неї формують брикети. Гранулювання здійснюється шляхом додавання в сировинні матеріали води і рідкого скла. При цьому лужні компоненти розчиняються у воді, а під час охолодження утворюють кристалогідрати й міцно зв'язують інші складові шихти в гранули (рис.13.4).



Рис. 13.4. Лінія підготовки шихти

Транспортується готова шихта зі складального цеху до скловарних печей в кубелях за допомогою електротельфера, а також бункерними вагонетками, стрічковими конвеєрами або пневмотранспортерами. Шихта засипається в накопичувальний бункер, який знаходиться в місці завантажувального вікна скловарної печі, а під ним розміщуються

завантажувачі шихти. Шихта перед засипанням в піч має контролюватись на наявність відсіву і грудок за допомогою сита. Відсів і каміння в шихті не допускаються.

Для інтенсифікації процесу варіння, зниження температури варіння, економії витратних і паливно-енергетичних ресурсів разом з шихтою в піч засипають склобій, який має відповідати необхідному хімічному складу, а також не містити сторонніх домішок. Кількість склобою зазвичай складає 30%.

Подають шихту і склобій у завантажувальне вікно печі тонкошарові механічні завантажувачі.

Скловаріння – складний високотемпературний процес багатостадійного перетворення твердих сировинних матеріалів на рідку скломасу, при якому має місце цілий ряд фізико-хімічних явищ і реакцій. Варять скло в окислювальному, відновлювальному або нейтральному газовому середовищі (рис.13.5). Окислювальне середовище характеризується надлишковою кількістю кисню в печі, відновлювальне – надлишком окиси вуглецю, а при нейтральному середовищі немає надлишку ні кисню, ні вуглецю.



Рис.13.5. Завантаження шихти в скловарну піч

В процесі варіння окремі компоненти шихти зазнають наступних змін: кварцовий пісок, нагріваючись, плавиться при температурі 1710°C, втрачаючи при цьому свою кристалічну будову; кальцинована сода (Na_2CO_3) плавиться за 852°C; поташ (K_2CO_3) плавиться за 897°C; сульфат

натрію (Na_2SO_4) розкладається при $1200\text{--}1220^\circ\text{C}$, а у відновному середовищі – при $530\text{--}590^\circ\text{C}$; крейда та вапняк (CaCO_3) розкладаються при 915°C ; вуглекислий магній (MgCO_3) починає розкладатися при 620°C ; доломіт ($\text{CaCO}_3\cdot\text{MgCO}_3$) розкладається за температури близько 700°C ; натрієва (NaNO_3) та калієва (KNO_3) селітри при розкладанні спочатку утворюють солі азотистої кислоти, втрачаючи кисень, а при подальшому підвищенні температури розкладаються із виділенням азоту та кисню.

При нагріванні та плавленні шихти переважають реакції взаємодії між її компонентами з утворенням більш складних силікатів. Спочатку вступають у реакції більш легкоплавкі складові (лужні та лужноземельні продукти), а згодом — тугоплавкі компоненти (пісок, глинозем). Утворення скломаси супроводжується численними реакціями, що пов'язано з тим, що шихта складається з 6–10 компонентів, які неодноразово вступають у взаємодію.

Зокрема, при нагріванні двокомпонентної шихти ($\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$) реакція між кремнеземом і вуглекислим натрієм починається при 720°C і підсилюється з підвищенням температури. Утворюється силікат натрію. У суміші $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ реакція починається при 1120°C , частково протікає при 1300°C , інтенсивно - при 1400°C . Присутність відновників (вугілля) значно прискорює розкладання Na_2SO_4 та його взаємодію з SiO_2 , тому при варінні скла, що містить сульфат, вводиться деяка кількість відновлювачів.

Компоненти суміші $\text{SiO}_2 + \text{CaCO}_3$ починають взаємодіяти при 800°C , енергійно реакції відбуваються при $1100\text{--}1250^\circ\text{C}$, а закінчуються при 1400°C . При варінні скла, у шихтах яких міститься сульфат натрію, іноді частина сульфату не встигає розкластися і спливає на поверхню скломаси у вигляді лугу, що порушує перебіг процесів скловаріння. Зазвичай проблема полягає в тому, що відновник під час нагрівання шихти вигоряє завчасно, і його залишку вже недостатньо для повного розкладу сульфату натрію.

При нагріванні чотирикомпонентної шихти $\text{SiO}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ реакції мають більш складний характер. Це обумовлено додатковою групою реакцій, пов'язаних з розкладанням MgCO_3 і його взаємодією з іншими компонентами, зокрема з утворенням подвійного з'єднання $\text{MgNa}_2(\text{CO}_3)$.

Після цієї реакції у взаємодію з SiO_2 вступають подвійні карбонати: натрію, кальцію та магнію. Такі ж силікати утворюються при більш високих температурах в результаті прямої взаємодії SiO_2 з вуглекислими солями кальцію, натрію та магнію. Поряд з цими реакціями відбувається термічне розкладання карбонатів магнію і кальцію та утворення оксидів

CaO та MgO, які вступають у взаємодію з SiO₂. У шихті, що містить чотири компоненти, утворення силікатів і плавлення починаються раніше, відбуваються активніше й завершуються за нижчої температури. Відтак додавання більшої кількості рівнозначних компонентів зазвичай зменшує плавкість скла.

Процес варіння скла умовно поділяють на п'ять стадій: силікатоутворення, склоутворення, освітлення (дегазація), гомогенізація та студка скломаси. Умовність цього поділу пов'язана з тим, що всі ці стадії взаємопов'язані, протікаючи одночасно в одній ванні – басейні скловарної печі.

Стадія силікатоутворення для звичайного скла починається при температурі 300°C і закінчується при температурі 800-900°C.

До закінчення цього процесу завершуються основні хімічні реакції між компонентами шихти, що знаходяться у твердому стані; утворюється спікання силікатів і з'являється рідка фаза, що складається з легкоплавких евтектик, а також випаровується основна маса газів.

На силікатоутворення йде близько 30% від загального процесу варіння скла, тому його прискорення має важливе значення для підвищення продуктивності. Зокрема, силікатоутворення пришвидшується вдвічі при підвищенні температури на 100–150°C.

На стадії склоутворення відбувається розчинення зерен кварцового піску в силікатному розплаві та взаємне розчинення силікатів. До закінчення цього процесу скломаса стає прозорою; в ній відсутні непроварені частинки, а також міститься велика кількість бульбашок та свілей.

Для звичайного скла стадія склоутворення завершується при температурі 1150-1200°C.

На стадії освітлення скломаса стає менш в'язкою та звільняється від видимих газових включень. Цей процес завершується за максимальної температури варіння в 1400–1500°C.

Стадія гомогенізації - тривала витримка скломаси при тій же температурі або її перемішування, що призводить до видалення бульбашок та свілей; закінчується досягненням необхідної хімічної та термічної однорідності розплаву.

Студка є завершальною стадією скловаріння, під час якої відбувається повільне та рівномірне зниження температури скломаси на 200-400°C з метою досягнення в'язкості, необхідної для виготовлення з неї скловиробів.

Для отримання скломаси з різними заданими властивостями застосовуються різноманітні скловарні печі, які можна класифікувати за такими ознаками (рис.13.6).

За влаштуванням робочої камери скловарні печі поділяються на горщикові періодичної дії (з горщиковою камерою) та ванни (ванні печі) періодичної та безперервної дії (з камерою у вигляді ванни).

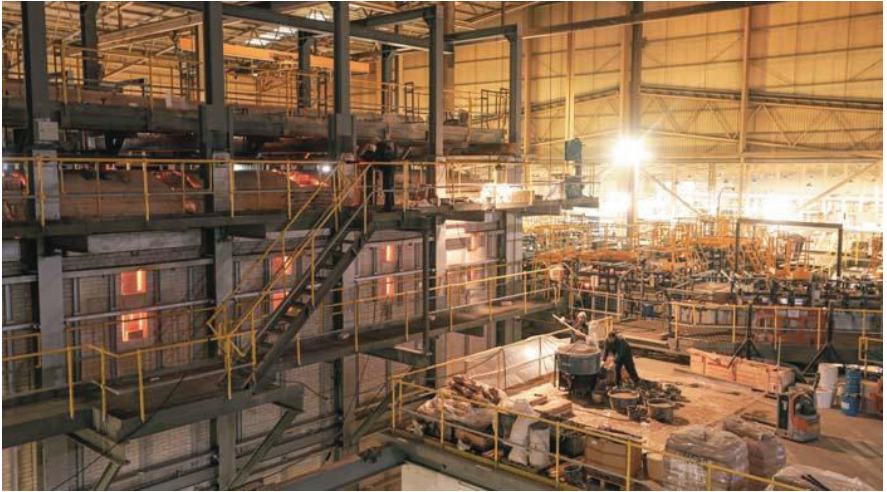


Рис.13.6. Скловарна піч

У горщикових печах періодичної дії скломаса вариться у вогнетривких шамотних горщиках конічної або циліндричної форми місткістю 100–1500 кг. Залежно від розмірів печі кількість горщиків у ній може бути від одного до восьми та більше. При цьому в кожному окремому горщику здійснюється повний цикл варіння, що починається із завантаження шихти і закінчується виготовленням скломаси високоякісних спеціального скла (оптичного, світлотехнічного, художнього) та кришталю.

У ванних печах періодичної дії скломаса вариться у вогнетривких ваннах місткістю до 35 т, і весь цей процес протікає без переміщення скломаси по ванні. За час робочого циклу здійснюються всі необхідні зміни температурних умов та інших факторів процесу варіння за певним режимом, заданим технологічним процесом.

Ванні печі безперервної дії виконуються місткістю до 2000 т та можуть виробляти понад 350 т скломаси на добу. Їх варильна ванна зазвичай має вигляд поздовжньо витягнутого басейну, викладеного з шамотного, мулітового, високоглиноземистого та іншого склостійкого та вогнетривкого матеріалу. У подібному типі печей шихта разом із розплавленою скломасою переміщується безперервним потоком від завантажувальної ділянки до гарячої зони випуску, проходячи послідовно всі основні стадії варіння. Кожен технологічний етап — нагрів, хімічна взаємодія, дегазація та гомогенізація — здійснюється в окремих зонах плавильного басейну, які функціонують одночасно й безперервно. Така організація процесу забезпечує стабільність температурного режиму, рівномірність теплового впливу та високий ступінь гомогенності скломаси, що є критично важливим для отримання якісної продукції.

При цьому в кожній відповідній зоні ванни створюється певний температурний режим, що постійно підтримується протягом усього періоду роботи печі. Ці печі в порівнянні з горщиковими та ванними печами періодичної дії є найбільш продуктивними, економічними та зручними в обслуговуванні.

За способом обігріву скловарні печі поділяються на полум'яні, електричні та газоелектричні (з комбінованим газовим та електричним обігрівом).

У полум'яних печах джерелом теплової енергії служить рідке або газоподібне паливо, що спалюється, яким зазвичай є мазут і природний газ. Оскільки тепла енергія, що отримується при спалюванні палива, витрачається у цих печах як на варіння скломаси, так і на нагрівання вогнетривкої кладки печі, а також компенсацію втрат тепла, їх коефіцієнт корисної дії становить 18–26%.

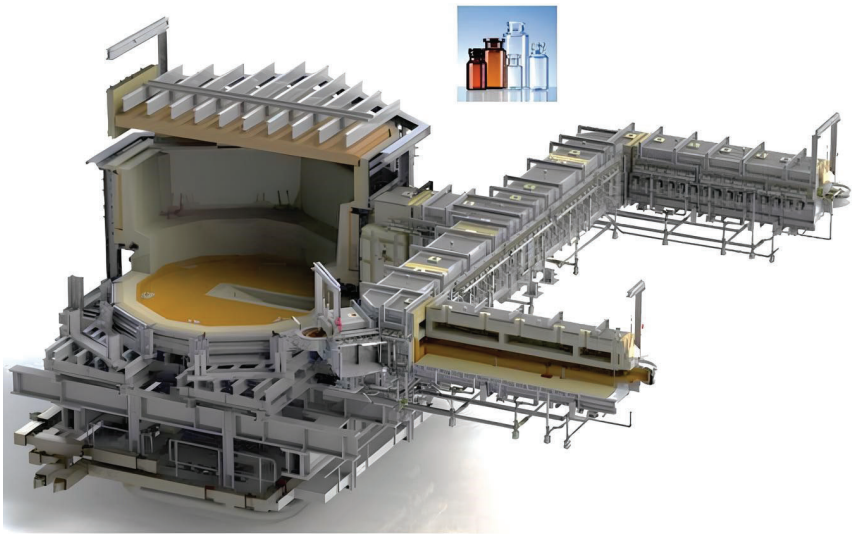
Електричні печі в порівнянні з полум'яними економічніші, оскільки мають менші розміри, вищу продуктивність, практично не втрачають теплову енергію з газами, що легко відходять, легко регулюються в процесі роботи і забезпечують кращі умови праці. Їхній коефіцієнт корисної дії досягає 50–60%. За способом передачі тепла скломасі ці печі поділяються на електродугові, печі опору (прямого та непрямого) та індукційні.

У електродугових печах тепло передається скломасі випромінюванням вольтової дуги.

В електropечах прямого опору, що отримали найбільш широке поширення, нагрівальним елементом опору в ланцюзі електричного струму є скломаса, що вариться, оскільки при високій температурі вона добре

проводить електричний струм і тим самим забезпечує перетворення електричної енергії на теплову. Для живлення таких електропечей використовують однофазний або трифазний струм, який подається у ванну через молібденові чи графітові електроди. Ці печі мають продуктивність до 45 т/добу і застосовуються для варіння технічного скла, а також у виробництві іншої масової склопродукції.

В електропечах (рис.13.7) непрямого опору енергія електричного струму перетворюється на теплову на елементах опору, введених у ванну, а від них тепло передається скломасі, що вариться, шляхом теплопровідності та випромінювання.



13.7. Вертикальна електрична скловарна піч з холодним верхом (CTVM) 75TPD для нейтрального боросилікату

В індукційних печах процес плавлення скломаси здійснюється за рахунок дії змінного електромагнітного поля, яке створюється індуктором. Під його впливом у скломасі виникають вихрові струми, що спричиняють внутрішній нагрів матеріалу. Такий принцип забезпечує рівномірне прогрівання об'єму розплаву та точний контроль температурного режиму. За конструктивними ознаками індукційні печі поділяються на каналні та тигельні, причому їх робочий об'єм може варіюватися від кількох кілограмів до десятків тонн, залежно від технологічних потреб

виробництва. У газоелектричних печах застосовується комбіноване нагрівання, при якому газоподібним паливом обігривається басейн для плавлення шихти, а електричним струмом – басейн для освітлення скломаси. Гази, що відходять з печей, з температурою 1350–1450°C використовуються при цьому для підігріву повітря та газу, що подаються для горіння.

За способом використання тепла відхідних газів скловарні печі поділяються на регенеративні та рекуперативні. Справа в тому, що випускати з робочої камери печі газу, що відходять, і мають температуру 1350–1450°C, в атмосферу не економічно, а доцільніше частково використовувати те тепло, що знаходиться в них, для підігріву газоподібного палива, що надходить, повітря або їх суміші та інших цілей шляхом оснащення печей регенераторами або рекуператорами.

Регенератор є теплообмінним апаратом, в якому передача тепла здійснюється шляхом почергового контакту теплоносіїв з одними і тими ж поверхнями (вогнетривкими насадками) апарата. У процесі теплообміну насадки теплообмінника нагріваються при контакті з гарячим теплоносієм, а під час зіткнення з холодним – охолоджуються, передаючи йому теплоту та таким чином підвищуючи температуру холодного теплоносія. Регенератори з періодичним перемиканням теплоносіїв забезпечують підігрів повітря до 1000°C, з безперервним – до 400°C, проте останні значно компактніші та дешевші. Напрямок потоку відпрацьованих і нагрівальних газів, які проходять через насадкові теплообмінники, змінюється за допомогою перевідних клапанів: один відповідає за подачу повітря, інший — за подачу газу. Ці клапани, як правило, перемикаються автоматично, що забезпечує чергування фаз нагріву та охолодження насадок і ефективну роботу системи рекуперації тепла.

Рекуператор відрізняється від регенератора тим, що в ньому передача тепла від гарячих газів до холодних здійснюється через керамічні роздільні або, частіше, металеві стінки. У рекуператорах міститься ряд каналів, якими в одному напрямку випускаються відпрацьовані газу, а через суміжні з ними канали у зворотному напрямку рухається в пальник повітря та газ.

У скловарних печах як теплообмінники застосовуються переважно регенератори.

Ефективність роботи скловарних печей визначається за кількома ключовими показниками: продуктивністю, питомими витратами теплової енергії на варіння скла та коефіцієнтом корисної дії (ККД). Продуктивність поділяється на загальну (добову) та питому. Загальна

продуктивність характеризується масою скломаси або готової продукції, що вивантажується з печі за добу, й вимірюється в тоннах на добу. Питома продуктивність визначається як відношення добової продуктивності до площі дзеркала розплаву в басейні печі, і виражається в кілограмах на квадратний метр за добу ($\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{добу}$). Коефіцієнт корисної дії печі розраховується як частка від поділу кількості теплової енергії, фактично витраченої на процес плавлення скла, на загальну кількість теплоти, підведеної до печі. Цей показник відображає енергетичну ефективність процесу і є важливим критерієм оптимізації роботи термічного обладнання.

У склотарному виробництві найбільш широке застосування знаходять *ванні печі безперервної дії з полум'яним нагріванням*. Робоча камера таких печей складається з басейну та полум'яного простору.

Басейн – це та частина печі, де, власне, вариться скло. Конструктивно робочий простір скловарної печі умовно поділяють на три основні зони: варильну, проміжну для вистоювання та виробничу. Виробна зона, що розташовується на виході, зазвичай має напівкруглу або прямокутну форму. У процесі експлуатації шихта та скломаса безперервно переміщуються від засипальної ділянки до виробної частини, проходячи послідовно всі стадії скловаріння. Ці стадії реалізуються у відповідних зонах печі одночасно й безперервно, що забезпечує стабільність технологічного процесу. Для кожної зони встановлюється та підтримується постійний температурний режим, необхідний для реалізації відповідної фази — плавлення, гомогенізації або охолодження. Рівень розплавленої скломаси в басейні залишається сталим завдяки безперервному завантаженню шихти, яке компенсує обсяг скломаси, що виводиться з печі. Такий режим забезпечує стабільну гідродинаміку та температурний баланс у робочому просторі, що є критично важливим для якості кінцевого продукту.

При цьому сторонні включення видаляються зі скломаси, що вариться, встановленими на шляху її руху плаваючими керамічними човниками, на яких ці включення збираються з поверхні розплаву і через вікна спеціальними пристроями видаляються з печі.

Полум'яний простір печі розташовується над басейном. Він обмежується зверху склепінням, знизу – дзеркалом скломаси, а з боків – стінами, в яких виконані отвори для пальників, а також для подачі та відведення газів. У цих стінах є кишень для засипки шихти і вироблення скломаси, оглядові і хальмовочні вікна, отвори для відбору проб, виміру температур, заміни загороджувальних човників, кранців тощо. Дно, стіни

та пальники у час роботи печі охолоджуються повітрям, що подається вентиляторами. Зовні верхня частина печі обв'язується металевим каркасом. У нижній частині будови печі розташовуються регенератори, газо-димові та повітро-димові канали з перекидними пристроями та шиберами, вентилятори та інші пристосування.

Скловарні печі постійно перебувають у розігрітому стані і остаточно остигають до нормальних температур лише під час зупинки їх на холодний ремонт. Обігрів робочої частини таких печей проводиться за рахунок тепла, одержуваного від спалювання в спеціальних пристроях, званих пальниками, газоподібного або розпорошеного рідкого палива, що подається разом з повітрям, підігрітим у регенераторах або рекуператорах, до температури 600–800°C. Залежно від розташування пальників по відношенню до робочої частини печі останні бувають з поперечним та підковоподібним рухом полум'я. Кількість та розташування пальників у печі завжди парне. При цьому під час роботи печі пальники, розташовані з одного її боку, направляють смолоскипи від спалюваного в них палива на басейн зі скломасою, здійснюючи її нагрівання та варіння, а пальники, розташовані з протилежного боку, у цей час забезпечують видалення з робочої зони відпрацьованих газів.

Через деякий проміжок часу, що зазвичай становить 30 хв, проводиться перекидання полум'я, шляхом автоматичного перемикання групи нагрівальних пальників в режим видалення відпрацьованих газів, а протилежних їм – в режим спалювання палива. Стабілізація режиму горіння досягається шляхом автоматичної підтримки необхідного співвідношення між компонентами «паливо-повітря». Продуктивність скловарних печей зазвичай підвищують шляхом їх переведення на високотемпературний режим варіння, а також використанням перемішування скломаси за допомогою мішалок та застосування барботажу.

На Гостомельському склотарному заводі варіння скломаси здійснюється у ванні регенеративної печі безперервної дії з поперечним напрямком полум'я, що надходить з трьох пар пальників. Ванна місткістю по скломасі 217 т, має площу дзеркала 65 м² при довжині 10 600 мм, ширині 6100 мм та глибині 1100 мм. Дно ванни викладено у два ряди з шамоту марки Ш-33 та вистелене бакоровою плиткою марок Б-176 та Б-113, а стіни виконані з бакорового бруса Б-33. Завантажувальна кишеня печі розмірами 3200×1360×1100 мм викладається шамотом марки Ш-33.

Завантаження сировинних матеріалів у скловарну піч здійснюється механічним завантажувачем шихти та склобою типу М3-2, що містить три

приводні станції (одна резервна), які пов'язані з електродвигуном П-51 потужністю 2,2 кВт (1500 об/хв) через редуктор. Продуктивність завантажувача становить 16 т/год (рис.13.8). Співвідношення між компонентами «шихта-склобій» у сировині, що завантажуються, становить $(70 : 30) \pm 15\%$.



Рис.13.8. Гостомельський склозавод

Режим газового середовища в районі шихти та піни слабовідновлювальний, в зоні освітлення – слабоокислювальний, а тиск у полум'яному просторі печі – слабопозитивний. Розподіл повітря по окремих пальниках печі налаштовується за допомогою секційних шиберів з огляду на аналіз газів, що відходять. Встановлюється оптимальний температурний режим, який гарантує досягнення необхідної продуктивності печі при збереженні високої якості отримуваної скломаси. Коливання температури у варильній частині не повинні перевищувати ± 5 °С, її контроль здійснюється за показаннями термопар, встановлених у склепінні. У процесі роботи печі шихта та піна щільно закривають дзеркало скломаси, при цьому довжина зони варіння повинна становити 65-75% довжини басейну. Розташування меж шихти та піни контролюється та наноситься на картограму 2 рази на зміну. Ознакою гарного варіння є енергійне виділення газів на поверхні шихти і по її периферії у вигляді великих бульбашок, що лопаються. Варильна піна має бути пухкою, а її межа чітко обриватись. Рівень скломаси у ванні підтримується з відхиленням не більше $\pm 0,5$ мм.

З басейну зварена скломаса через протоку надходить на студку у виробничу камеру печі площею 8,5 м² та глибиною 1100 мм. Виробнича камера відокремлена від варильного басейну ґратчастим екраном і не має власної системи опалення. Необхідна температура підтримується в ній за рахунок регулювання спалювання палива у третій парі пальників.

З виробничої камери скломаса перетікає у приєднаний до неї газовий живильник, що забезпечує при заданій температурі нагріву ритмічну видачу необхідних порцій (крапель) скломаси чорнові форми склоформуєчого автомата. При довжині 5600 мм, ширині 2250 мм та висоті 5600 мм загальна маса цього живильника становить 12 725 кг. У канал корпусу живильника, футерованого вогнетривкою кладкою, скломаса безперервно надходить з виробничої камери, проходячи під піновідділювальним брусом (шибером), заглибленим у скломасу. Цей канал, що з'єднується з круглою шамотною чашею живильника, умовно поділяється на дві технологічні зони: зону охолодження, що примикає до печі, та зону кондиціювання. Охолодження скломаси в каналі регулюється відкриттям склепінних вікон, а її обігрів проводиться шляхом спалювання газоповітряної суміші у 80 пальниках. Система автоматичної підтримки заданих температур по зонах дозволяє стабілізувати температуру скломаси, що надходить на виробництво шляхом збільшення або зменшення кількості палива, що подається в пальники.

У днищі чаші формувального вузла встановлюється спеціальний отвір, так зване «очко», діаметр якого підбирається відповідно до необхідної витрати скломаси. У корпусі чаші розміщується вогнетривкий регулювальний циліндр, що обертається навколо вертикальної осі. Цей циліндр виконує подвійну функцію: забезпечує регулювання кількості скломаси, яка подається до очка, та запобігає утворенню світел (неоднорідностей у скломасі). Приведення циліндра в обертання здійснюється автономним електродвигуном із частотою обертання в межах 2–4 об/хв. Передача руху реалізується через фрикційну муфту, редуктор і втулково-роликову ланцюгову передачу. Регулювання подачі скломаси здійснюється шляхом вертикального переміщення циліндра за допомогою маховика: наближення його до дна чаші зменшує розмір краплі, що видається, а при повному контакті з дном — повністю перекриває вихід скломаси з очка, припиняючи її подачу. Такий механізм дозволяє точно дозувати масу порцій скломаси, що подаються на формування, і забезпечує стабільність технологічного процесу.

Видача крапель скломаси з окуляра чаші проводиться термостійким плунжером, закріпленим співвісно всередині циліндра, що обертається і

здійснює циклічні зворотно-поступальні вертикальні переміщення. При цьому положення та вертикальний хід плунжера можна плавно регулювати. Живильник також оснащений встановленими під дном чаші механічними ножицями, механізмом відбивача крапель та зливним лотком.

Ножиці розташовуються безпосередньо під чашею і мають закріплені на кінцях двох шарнірних важелів ріжучі ножі. Ножі розводяться кулачком, що обертається, і зникають під дією пружин, відрізаючи краплю. Охолоджуються ножі ножиць водою, що розпилюється. У процесі роботи плунжером, що рухається вниз з окуляра чаші, порція скломаси під впливом власної ваги та поверхневого натягу набуває краплеподібної форми. Ножиці спрацьовують трохи пізніше початку зворотного ходу плунжера, в момент утворення у верхній частині краплі шиї, що перерізається, після чого частина скломаси, що залишилась над ножицями, затягується плунжером назад у чашу. Інтервал часу між початком підйому плунжера та моментом відрізання краплі ножицями регулюється за допомогою відповідного руків'я керування. Частота робочих циклів плунжера та ножиць, що забезпечує ритмічну подачу скломаси, може досягати до 42 циклів за хвилину. Цей параметр встановлюється шляхом плавного регулювання тиристорного приводу, який забезпечує точне керування швидкісними характеристиками приводу. Масу та геометричну форму крапель скломаси, що видаються, регулюють комплексно за допомогою кількох технічних рішень: вертикальним переміщенням обертового вогнетривкого циліндра, зміною робочого ходу плунжера, заміною плунжера або очка в днищі чаші, а також точним налаштуванням положення ножиць і їхньої синхронної взаємодії з рухом плунжера. Такий підхід дозволяє забезпечити стабільну масу та якість заготовок, що формуються, відповідно до вимог технологічного процесу. Зливний лоток, у свою чергу, забезпечує скидання крапель скломаси, що видаються працюючим живильником, при зупинці склоформуючого автомата. Він складається з похилої стаціонарної частини та приєднаного до неї поворотного приймального лотка, який вручну підводиться під краплі, що падають, приймає їх на себе і направляє через стаціонарну частину у накопичувач. У робочому та неробочому положенні приймальний лоток фіксується спеціальними упорами. Для охолодження скломаси, що зливається, і самого лотка в нього подається вода.

Процес виробництва скляної тари є складним, багатостадійним технологічним циклом, що потребує високоточного обладнання, дотримання температурних режимів та ретельного контролю на всіх стадіях. Основною перевагою скляної тари є її хімічна інертність, висока

прозорість, екологічна безпечність, можливість багаторазового використання та вторинної переробки без втрати якості, а також естетичні властивості. Скло повністю непроникне для газів і рідин, не змінює властивостей продукту, що особливо важливо при пакуванні харчових і медичних засобів. Завдяки технологічній гнучкості склоформувального процесу, можливо виготовити тару різних форм, кольорів та призначень — від лабораторного посуду до побутових банок і пляшок. Особливою перевагою є можливість використання склабою як вторинної сировини, що не тільки зменшує витрати на виробництво, але й позитивно впливає на екологічну ситуацію, знижуючи кількість відходів і споживання природних ресурсів. Водночас існують і недоліки. Насамперед це висока крихкість скла, що обмежує його використання в умовах ударних і динамічних навантажень. Також значна густина виробів з неорганічного скла підвищує їх вагу, що ускладнює транспортування та підвищує логістичні витрати. Виробництво вимагає високих температур і значної кількості енергії, що підвищує собівартість продукції. До того ж, через складність технологічного процесу, включаючи контроль за температурними режимами, дозуванням сировини, гомогенізацією скломаси та точним формуванням заготовок, потрібні висококваліфіковані кадри та надійне технічне забезпечення.

Як переробляють скло.
Екскурсія на завод "Ветропак Україна"
у місті Гостомель



Як виготовляється скло |
Від видобутку кременезему
до скляних чудес!



ТЕМА 14. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ГОТОВОГО СКЛЯНОГО ПАКОВАННЯ

Зі скломаси скляні вироби можна отримувати прокаткою, витягуванням, штампуванням, пресуванням, видуванням, пресвидуванням, литтям у форми, відцентровим формуванням, молванням і флоат-способом, заснованим на вільному розтіканні скломаси по підкладці. Скло можна також з'єднувати з різними керамічними, металевими та іншими матеріалами зварюванням, паянням та клеюванням, отримуючи композиційні вироби зі спеціальними властивостями. На формувальну здатність скломаси впливають насамперед такі її властивості, як в'язкість та поверхневий натяг.

В'язкість скломаси функціонально пов'язана з температурою: чим вище температура, тим менше в'язкість скломаси, і навпаки - при зниженні температури її в'язкість збільшується. Необхідну формувальну здатність для виготовлення виробів скломаса має в діапазоні в'язкості 102–108 Па·с. Залежно від складу скломаси цьому діапазону в'язкості відповідає певний температурний інтервал переробки. Склomasу, що має відносно невеликий температурний інтервал формування (~100-150°C), називають короткою, а з великим інтервалом (~250-500°C) - довгою. Процес формування довгої скломаси значно простіше, ніж короткої. Коротка скломаса вимагає особливо суворого дотримання температуро-часових режимів; при незначному переохолодженні в'язкість її різко збільшується та формування стає неможливим.

Поверхневий натяг σ скломаси в 3-4 рази вище, ніж σ води. Він відіграє значну роль при вільному формуванні скловиробів, тобто коли не застосовується спеціальний формовий інструмент. Так, під час видування порожніх виробів поверхневий натяг, стягуючи порцію скломаси в кулю, що роздувається на кінці складувної трубки, дає можливість отримувати без спеціального оснащення заготовку необхідних розмірів для виробу, що виготовляється. При виробництві листового скла під впливом поверхневого натягу згладжуються наявні на поверхні нерівності. Ця властивість використовується і при вогневому поліруванні, що полягає у наданні виробу гладкої блискучої поверхні. Для цього відформований виріб поміщають у піч, де при високій температурі його найтонший поверхневий шар розплавляється і під дією сил поверхневого натягу розгладжується.

На формування скловиробів впливають й інші фізико-хімічні властивості скломаси, наприклад, її теплоємність і теплопровідність, швидкість затвердіння, коефіцієнт термічного розширення. Для

виробництва скляної тари застосовують, як правило, такі методи, як пресування, пресо-видування і видування.

Методом пресування на ручних, напівавтоматичних чи автоматичних пресах виготовляють склотару, що має просту форму. Основними конструктивними елементами технологічного оснащення, що застосовується при цьому, є форма, пуансон, формове кільце і піддон, що виштовхують з прес-форми готовий виріб.

Пресовидування застосовується при виготовленні широкогорлої тари, наприклад, скляних банок. Сутність цього методу полягає в наступному. Порція скломаси 1 (рис. 14.1, а) вводиться в чорнову форму 2, на яку зверху накладені горлові кліщі 3 у зімкнутому стані, пуансон у цей час знаходиться у верхньому вихідному положенні. Потім пуансон 4 (рис. 14.1, б) опускається вниз, здійснює пресування/пресує/спресовує заготовку 5 у формі 2 і повертається у вихідне положення. Отримана заготовка горловими кліщами 3 (рис. 14.1, в) витягується з чорнкової форми 2 і переноситься в чистову форму 6 (рис. 14.1, г). На цьому етапі до горлових кліщів 3 підводиться видувна головка 7, яка щільно прилягає до шийкової частини заготовки, забезпечуючи герметичне з'єднання (рис. 14.1, д). Через цю головку порційно подається стиснене повітря, яке роздмухує заготовку до форми готового виробу 8, щільно притискаючи розм'якшену скломасу до внутрішніх стінок металевої прес-форми 6. Після охолодження виробу до температури, за якої досягається необхідна механічна міцність, видувна головка 7 відводиться, а горлові кліщі 3 розмикаються. Напівформи чистової форми 6 розходяться в сторони, відкриваючи доступ до сформованого виробу 8 (рис. 14.1, е), який вільно стоїть на дні форми. Готовий виріб захоплюється кліщами 9 маніпулятора та переміщується на приймальний конвеєр для подальшого охолодження, контролю або пакування. Така послідовність операцій забезпечує точну геометрію виробу та високу якість поверхні.

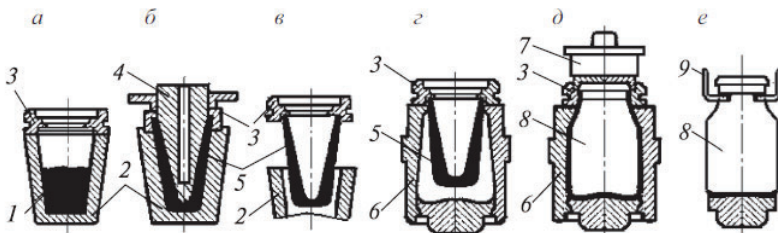


Рис.14.1. Схема виробництва тари пресовидувним методом

На заводах скловиробів, зокрема, працюють пресовидувні роторні автомати лівого та правого обертання. Наприклад, у найбільш поширених таких автоматах моделі ПВМ-12А правого обертання (рис. 14.2) на позиції 1 крапля скломаси надходить з живильника в чорнову форму (на схемі заштрихованою лінією показаний шлях чорнової форми, а суцільний – шлях чистової форми).

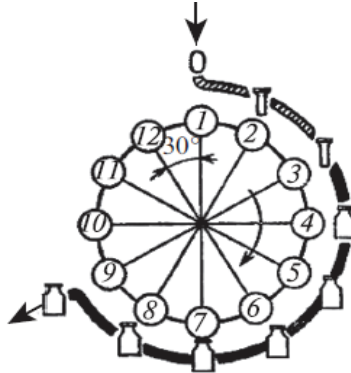


Рис.14.2. Схема виготовлення скляних банок на автоматі моделі ПВМ-12А

На позиції 2 з краплі в чорновій формі пресуванням виготовляється загогівля (кулька) і на ній оформлюється горловина тари (рис.14.3).

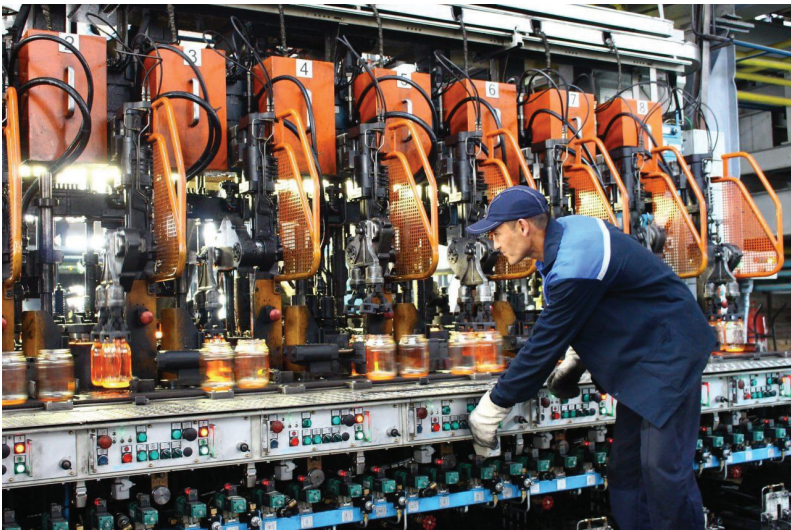


Рис.14.3. Формувальна машина ПВМ-12А

Далі на шляху до позиції 3 чорнова форма опускається по похилій напрямній на нижній рівень ротора, звільняючи кульку, яка на позиції 3 передається в чистову форму. Починаючи з позиції 3, чорнові форми переміщуються вздовж нижньої напрямної ротора до позиції 12, після чого послідовно піднімаються на верхній рівень, щоб розпочати наступний робочий цикл. Чистові напівформи на шляху між позиціями 3 та 4 змикаються навколо кульки і на ділянці між позиціями 4, 5 і 6 в закритих формах з кульки стисненим повітрям, що надходить, видуваються вироби. Далі на ділянці між позиціями 7 і 8 відформовані вироби охолоджуються повітрям, що вдувають всередину через їхню відкриту горловину. За позицією 8 чистові форми розкриваються, а на позиції 9 готові вироби захоплюються кліщами маніпулятора і переносяться на конвеєр, який доставляє виготовлені банки в піч відпалу. На наступних позиціях 10, 11 та 12 розкриті чистові форми по черзі охолоджуються, автоматично змащуються, перевіряються та очищаються від залишків скла, а потім знову вступають у роботу (рис.14.4).

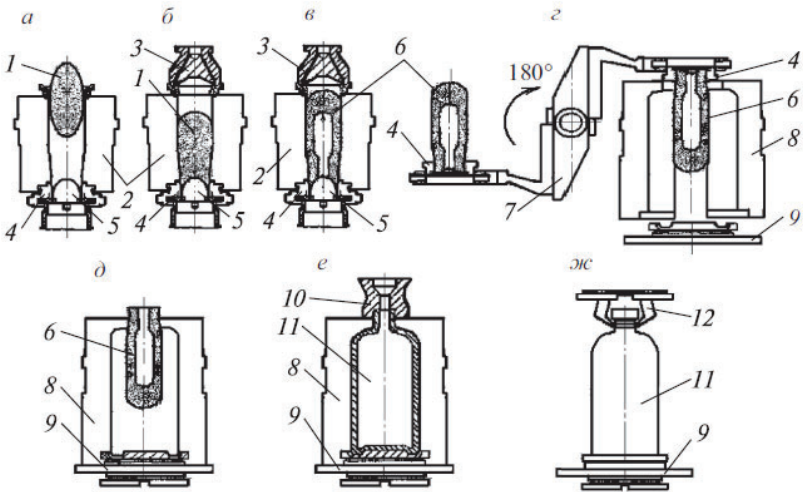


Рис. 14.4. Схема отримання виробів видувним методом

Методом видування виготовляють пляшки, флакони та інші типи вузьгорлої тари. Згідно з цим методом, порція скломаси — крапля 1 (рис. 14.4, а) — подається з живильника до закритої чорнової форми 2 склоформувального автомата з визначеним ритмом. Після цього на форму опускається донний затвор 3 (рис. 14.4, б), а порожнину горлового кільця 4

вакуумують. Під дією створеного розрідження скломаса рівномірно заповнює зону горловини, формуючи її геометрію. Склومаса, що надійшла до форми, вступає в контакт із плунжером 5, який перебуває у верхньому положенні, і в результаті цього в масі утворюється заглиблення — початкова внутрішня порожнина. Далі через плунжер 5 (рис. 14.4, в) у заготовку подається стиснене повітря, що роздуває скломасу всередині, щільно притискаючи її до стінок форми та формуючи сферичну заготовку — кульку 6. Після цього чорнова форма розкривається, і кулька 6 разом із горловим кільцем 4 утримується тримачем 7 та переноситься у відкриту чистову форму 8 з обертанням на 180°. Під час перевертання заготовка подовжується. Далі напівформи та піддон 9 (рис. 14.4, д) чистової форми 8 змикаються, горлове кільце 4 відкривається, відпускаючи кульку 6, а тримач 7 повертається у початкове положення з одночасним закриттям чорнової форми для повторення циклу. Далі через видувну головку 10 (рис. 14.4, е) в порожнину кульки через сформовану горловину подається стиснене повітря, що роздмухує її у виріб 11, що щільно притискається до стінок форми і охолоджується від них. Після цього головка 10 відводиться у вихідне положення, а з піддона 9 чистової форми, що розкривається, 8 Захват своїм захопленням 12 (рис. 14.4, ж) забирає виготовлений виріб 11, переносить та встановлює його у гніздо охолоджувального ротора, що здійснює кругові переривчасті циклові переміщення. Тут у процесі переміщення вироби остаточно охолоджуються повітрям, що рівномірно обдуває їх з усіх боків, а на позиції видачі по черзі виштовхуються хватками передавача з гнізд ротора на сітку транспортера, що переміщує їх у піч відпалу (рис.14.5).

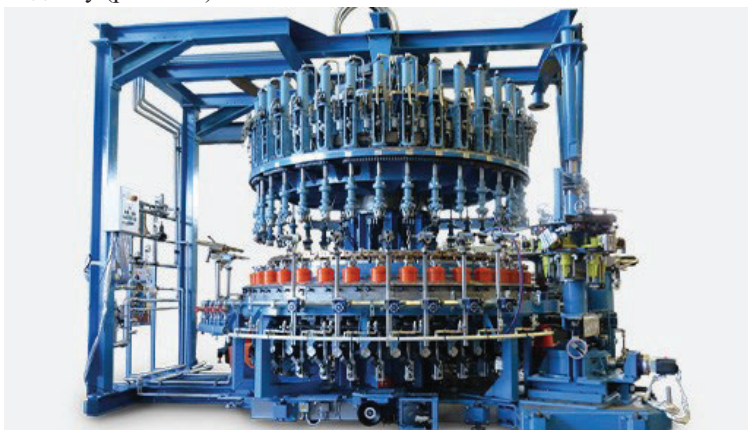


Рис.14.5. Скловидувний роторний автомат

Склоформуючий автомат моделі АБ-6 містить на своїй станині два ротора, що зустрічно синхронно обертаються, що несуть відповідно по шість секцій з чорновими та чистовими формами. У процесі роботи краплі скломаси із живильника із заданим ритмом падають на позиції I (рис. 14.6) у його закрити чорнову форму і в ній відбувається оформлення горловини виробу. Потім у процесі ходу ротора на 60° чорнова форма перевертається на 180° і в результаті горловина виробу, що виготовляється, виявляється вгорі, а на позиції II в цій формі видувається кулька. Далі на позиції III кулька з чорнкової форми першого ротора передається в чистову форму другого ротора, що сполучається, а в процесі його руху через позиції IV-VI в цій чистовій формі видувається готовий виріб, який на наступній позиції VII витягується з чистової форми, що розкривається, і переставляється на конвеєр. На інших вільних позиціях (рис.14.6) роторів чорнових і чистових форм проводиться охолодження, очищення та змащення форм.

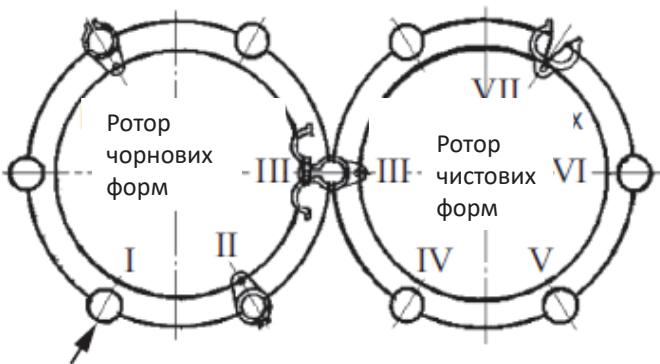


Рис.14.6. Схема виготовлення скляної тари на автоматі моделі АБ-6

Склоформуючий автомат моделі ВВ-7 (рис. 14.7) є високотехнологічним агрегатом, призначеним для формування вузькогорлої склотари місткістю від 250 до 1000 см³. Його конструкція включає комплекс точно взаємодіючих механізмів, які забезпечують повний цикл формування виробів зі скломаси. Основою машини є опорна плита 1, яка разом із колесами 2 дозволяє змінювати положення станини 3 під час монтажу та регулювання. Станина виконана з литого матеріалу, містить камери з вмонтованими черв'ячною передачею, гальмом, головним приводом, а також системою змащення та опорними вузлами.

Головний привід складається з електродвигуна, клинопасової передачі, ланцюгового варіатора та пружної муфти, що з'єднує його з горизонтальним валом черв'ячної передачі. Цей вузол забезпечує основний обертальний рух. Гальмування здійснюється системою з фрикційних напівмуфт і пневмоциліндра, що зупиняє автомат за потреби.

Центральним елементом конструкції є порожниста колона 4, встановлена у станині. Вона несе на собі несучий диск ротора 5 із формуючими секціями 6, через який здійснюється передача моменту та вакууму. Колона також містить розподільники тиску (верхній та нижній) і відстійник для конденсату. Через систему каналів колони та втулки реалізується вакуумування та подача повітря, необхідних для формування виробу.

Диск ротора 5 несе на собі сім рівномірно розміщених секцій 6, кожна з яких виконує певну частину формувального циклу. У диску інтегровані канали для охолодження форм та евакуації повітря, а також штоки з піддонами, які піднімаються й опускаються за допомогою кулаків. Блок кулаків, закріплений на колоні 4, забезпечує синхронізацію дій механізмів секцій, включаючи відкривання, закривання форм, підйом плунжера, поворот головки тощо.

Кожна формуюча секція 6 включає тримачі для чорнових 7 та чистових 8 форм, механізми відкривання-закривання форм, плунжерний механізм, ротаційну головку та інші компоненти. Формування виробу починається з прийому краплі скломаси у чорнову форму, вакуумування горлової частини, наколювання плунжером та первинного формування пульки. Далі пулька переноситься у чистову форму, де здійснюється її остаточне видування з охолодженням.

Для забезпечення узгодження моментів дій передбачена диференціальна передача, яка дозволяє змінювати кутове положення валу керування через систему рукояток. Це регулювання важливе для узгодження роботи автомата з живильником і визначення моментів вакуумування. До цієї передачі приєднані клапани вакууму й синхронізації, а також привід золотника.

Редуктор, встановлений на станині 3, передає рух на вертикальний вал охолоджуючого ротора 9 та на Захват 10, через механізм типу мальтійського хреста. Повітря для охолодження надходить через трубопровід у камери ротора. Захват 10 складається з порожнистого валу з важелями та захватами, які переміщуються за допомогою кулачків та переносять готові вироби у гнізда охолоджуючого ротора 11.

У гніздах ротора 11 вироби проходять етап охолодження. Він оснащений зірочкою для фіксації виробів, колосниками та каналами для подачі повітря. Після охолодження вироби переміщуються передавачем 12, що складається з каркаса з важелями і захватами. Передавач встановлює готову продукцію 13 на сітчастий конвеєр для транспортування у піч відпалу.

Цикл роботи автомата включає послідовні дії: підготовку чорнової форми (до прийому краплі, прийом краплі та формування горловини, гомогенізацію, формування кульки, її перенесення у чистову форму, подовження та остаточне формування, охолодження та вивантаження виробу. Кожен етап точно координується кулачками, приводами й системою регулювання.

Завдяки конструкції, автомат ВВ-7 забезпечує високу точність формування, повторюваність, швидкість та якість виробів. Його функціональність доповнюється гнучким налаштуванням основних параметрів процесу та високим ступенем автоматизації. Машина ідеально підходить для серійного та масового виробництва склотари зі стабільними параметрами та високими естетичними й міцнісними характеристиками.

Охолодження виробів у гніздах ротора, що дискретно обертається, що здійснюється повітрям, що надходить в них знизу і збоку через колосники і сопла.

Видача виробів з автомата: вироби хватками передавача виштовхуються з гнізд ротора, що охолоджує, і з рівномірним кроком встановлюються на сітчасту стрічку конвеєра, що доставляє їх у піч відпалу.

Формування скляних виробів (рис.14.8) є складним, багатоступеневим процесом, що включає різноманітні методи обробки скломаси та взаємодію її фізико-хімічних властивостей.

Схема відображає послідовність етапів автоматизованого процесу формування скляних виробів, починаючи від підготовки сировини до остаточного охолодження готової продукції.

Кожна стадія схеми має важливе технологічне значення: підготовка шихти забезпечує однорідність складу, гомогенізація температури гарантує рівномірність фізико-хімічних властивостей розплаву, формування кулі створює заготовку необхідної форми, а переміщення у фільтрні та охолоджувальні ротори дозволяє досягти стабільності геометрії та високої якості поверхні виробів. Особливо важливим є узгодження швидкості та температурного режиму між етапами, адже це визначає міцність, прозорість та довговічність скла. Автоматизація процесу,

відображеного у схемі, мінімізує вплив людського фактору, підвищує продуктивність і забезпечує відтворюваність параметрів, що є ключовою умовою у серійному та масовому виробництві склотари.



Рис.14.8. Схема процесу автоматизації формування скляних виробів

Сучасні технології, такі як прокатка, витягування, пресування, видування, флоат-спосіб та інші, забезпечують отримання широкого спектру виробів, від простих тарних форм до спеціалізованих композиційних матеріалів. Однією з ключових характеристик скломаси, яка безпосередньо впливає на процес формування, є в'язкість.

Цей параметр визначається температурним режимом і варіюється в межах 102–108 Па·с. В залежності від складу скломаси та її температурного інтервалу виділяють коротку і довгу скломасу. Коротка скломаса потребує точного дотримання температурочасових режимів,

оскільки навіть незначне переохолодження призводить до різкого зростання в'язкості і унеможливує подальше формування. Довга скломаса, навпаки, характеризується простішим контролем температурних умов, що полегшує її обробку.

Ще один важливий чинник — поверхневий натяг, який грає ключову роль у формуванні виробів без застосування спеціальних форм. Під час видування порожніх виробів поверхневий натяг допомагає скломасі прийняти необхідну форму, згладжуючи нерівності на поверхні. Ця властивість також використовується у процесах вогневого полірування, які забезпечують гладкість і блиск поверхонь скляних виробів.

Сучасні виробничі системи передбачають використання складного обладнання, такого як пресо-видувні автомати, роторні формувальні машини та інші механізовані комплекси. Вони забезпечують високу точність виготовлення виробів, автоматизацію процесів і можливість випуску великої кількості продукції за короткий час. Інтеграція таких машин дозволяє підтримувати високу якість продукції, оптимізувати витрати матеріалів і підвищувати економічну ефективність виробництва.

Процес виробництва скляних пляшок



Процес виробництва мільйонів скляних пляшок на день та інших виробів з кришталевого скла



ТЕМА 15. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТАРИ ЗІ СКЛА

Найбільш розповсюджені види виробів і пакувань зі скла наведені на (рис.15.1).



Рис.15.1. Приклади виробів зі скла

Відформовані скловироби транспортуються до печей відпалу на сітчастій стрічці конвеєра. При цьому вздовж стрічки встановлюються газові пальники, а в місцях переходу з поздовжнього на поперечний конвеєр є графітові прокладки, що унеможливають контакт гарячих

виробів з металом. Для зниження втрат тепла ці конвеєри вкриваються металевими коробками, а швидкість руху їх сітчастої стрічки регулюється в залежності від продуктивності склоформуючих автоматів. Основні технічні запити для скловарного виробництва наведено на (рис. 15.2).

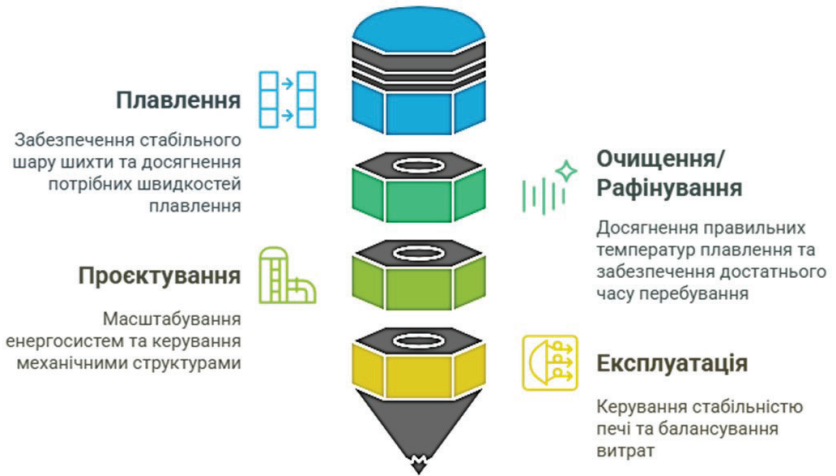


Рис.15.2. Технічні запитання скловарного виробництва

Застосування відпалу для сформованих скловиробів обумовлено тим, що при швидкому охолодженні нагрітого скла його зовнішні шари внаслідок кращої теплопровідності швидше остигають і раніше тверднуть, ніж внутрішні. Слідом за ними при подальшому охолодженні тверднуть і внутрішні шари, також прагнучи стиснутись, але цьому вже перешкоджають зовнішні. Тому, коли процес охолодження виробів закінчується, можуть спостерігатися внутрішні залишкові або тимчасові напруги. Такі напруги у виробках небажані, оскільки вони знижують їхню механічну міцність і термостійкість. Для того щоб у виробках, що виготовляються, не було небезпечних для експлуатації напруги, їх піддають тепловій обробці - відпалу. Скло може зруйнуватися, якщо залишкова напруга в ньому досягає 70 МПа, а після відпалу вони повинні перевищувати 3,5 МПа, тобто 5% від заданих. Для кожного виду скловиробів залежно від їхньої конфігурації та хімічного складу встановлюється свій режим відпалу і при цьому визначається температурний інтервал, в якому можуть виникнути або зникнути залишкові напруги. Цей інтервал, званий зоною відпалу, обмежується найвищою та нижчою температурами. Під вищою температурою відпалу при цьому мають на увазі ту температуру, яка відповідає в'язкості скла в 1013 Па. При цій температурі напруги у склі зменшуються в 10 разів за

час, що дорівнює 5 хв. Ця температура відповідає межі тендітного стану скла. Нижчою температурою відпалу є та, за якої в'язкість скла становить 1015 Па.

В якості прикладу наведемо алгоритм (табл.15.1) розрахунку основних технологічних і конструктивних параметрів обладнання для виготовлення тари зі скла:

Таблиця 15.1.

Алгоритм розрахунку основних технологічних і конструктивних параметрів обладнання для виготовлення тари зі скла

Крок	Назва параметра	Формула / Опис розрахунку	Одиниці вимірювання	Примітка
1	Кількість виробів за добу	N – кількість склотари, яку необхідно виготовити	шт/добу	Вводиться вручну
2	Маса одного виробу	m – середня маса однієї скляної банки	кг	Залежить від типу тари
3	Добова маса скла	$Q = N \cdot m$	кг/добу	Основний обсяг виробництва
4	Питома витрата енергії	q – питома витрата енергії на плавлення скла	кВт·год/т або МВт·год/т	Зазвичай ≈ 1000 кВт·год/т
5	Добове енергоспоживання	$E = Q \cdot q$	кВт·год/добу	Загальна електроенергія
6	Середня потужність печі	$P = E / 24$	кВт	Добова потужність, поділена на 24 години
7	Густина розплавленого скла	ρ – задається як сталий параметр	кг/м ³	≈ 2500 кг/м ³
8	Час перебування шихти у ванні	τ – середній час плавлення	год	Орієнтовно 10–14 годин
9	Питомий масовий потік	$\dot{m} = Q / 24$	кг/год	Середній потік маси скла
10	Об'єм ванни печі	$V = (\dot{m} \cdot \tau) / \rho$	м ³	Необхідний обсяг розплаву
11	Глибина ванни	H – задається проєктно	м	Орієнтовно 1,0–1,2 м
12	Площа дзеркала розплаву	$A = V / H$	м ²	Для визначення розмірів ванни
13	Ширина і довжина ванни	$A = \text{ширина} \cdot \text{довжина}$	м	Підбираються відповідно до компоновки обладнання
14	Перевірка енергетичних параметрів	Перевірити відповідність теплової потужності заданій продуктивності	–	Враховуються теплові втрати

При цій температурі напруги зменшуються в 10 разів за час, 100 разів більше, ніж за верхньої температури відпалу, тобто. за 500 хв. Різниця між вищою та нижчою температурами відпалу для звичайного скла 100 °С, а для оптичного скла – 150 °С.

Процес відпалу скловиробів складається з наступних чотирьох послідовних стадій:

- попереднє нагрівання або охолодження: вироби доводяться до заданої вищої температури відпалу зі швидкістю, що не викликає їх руйнування;

- витримка при постійній температурі: вироби витримуються при вищій температурі відпалу протягом достатнього часу для заданого зменшення напруги;

- повільне охолодження: вироби охолоджуються з досить малою швидкістю, що не допускає виникнення нових залишкових напруг, що перевищують задані;

- швидке охолодження: вироби охолоджуються зі швидкістю, що забезпечує допустиму часову напругу.

Температура, швидкість охолодження та тривалість кожної стадії залежить від виду виробу, його конфігурації, хімічного складу. Тому для кожного виробничого процесу встановлюють свій особливий режим відпалу.

Для такої обробки відформованих виробів застосовується, наприклад, конвеєрна тунельна газова конвекційна піч відпалу моделі ПГТ-325 безперервної дії. У ній процеси нагріву, відпалу та охолодження здійснюються при переміщенні пляшок конвеєром печі через усі температурні зони її тунелю від вхідного вікна, де вироби переважуються на конвеєрну сітку, та до столу розвантаження. Автоматичне перештовхування пляшок з поперечно розташованого конвеєра, що доставляє, на конвеєр печі виконується при цьому переставником ПС-1800, що приводиться в дію електродвигуном потужністю 0,7 кВт і працюючим з продуктивністю до трьох тисяч виробів за годину. Алгоритм розрахунку для обробки відформованих виробів у конвеєрній тунельній газовій конвекційній печі відпалу моделі ПГТ-325 наведено у (табл. 15.2).

Таблиця 15.2

Алгоритм розрахунку для обробки відформованих виробів у конвеєрній тунельній газовій конвекційній печі відпалу моделі ПГТ-325

Крок	Назва параметра	Формула / Опис розрахунку	Одиниці вимірювання	Примітка
1	Продуктивність печі	N – кількість виробів, що проходять через піч за 1 годину	шт/год	Вводиться вручну або з паспорту печі
2	Час проходження одного виробу	$t = L / v$ – довжина печі поділена на швидкість переміщення виробів	с	L — довжина тунелю; v — швидкість конвеєра
3	Тривалість відпалу одного виробу	$t_{\text{відпал}}$ – визначається згідно з технологічними вимогами	хв	Наприклад, 20–40 хв для пляшки
4	Кількість виробів у печі одночасно	$n = N \cdot t_{\text{відпал}} / 60$	шт	Скільки виробів знаходиться в печі в один момент часу
5	Ширина конвеєра	W – залежить від габаритів виробів та поперечного розміщення	м	Визначається з урахуванням кількості рядів пляшок
6	Крок між виробами	s – технологічний зазор між пляшками	м	Враховується для уникнення торкання виробів
7	Загальна кількість рядів виробів	$k = W / (d + s)$	рядів	d — діаметр виробу
8	Швидкість руху конвеєра	$v = L / t_{\text{відпал}}$	м/с	Забезпечує необхідний час відпалу
9	Потужність приводу переставника ПС-1800	$P_{\text{пс}}$ – береться з технічних характеристик	кВт	Наприклад, 0,7 кВт
10	Споживання електроенергії переставником	$E = P_{\text{пс}} \cdot \text{роботи}$	кВт·год	За певний період (годину, зміну)
11	Витрата газу на підігрів	$Q_{\text{газ}} = q \cdot t_{\text{відпал}} \cdot n$	м ³ /год або кДж/год	q – питома витрата газу на виріб або 1 кг скла
12	Температурні зони	Налаштування зон: зона нагріву, зона відпалу, зона охолодження	°С	Типові: 150–600°С, поступове охолодження
13	Кількість пальників або нагрівальних зон	z – кількість незалежно керованих зон	шт	Забезпечують рівномірність нагріву



Рис.15.1. Тунельна піч відпалу скляних виробів

Пекти відпалу має чотири технологічні зони: нагрівання, витримки, повільного та прискореного охолодження. Вона оснащена пристроями, що дозволяють нагрівати вироби до температури відпалу, регулювати та автоматично підтримувати встановлену температуру, проводити повільне та рівномірне охолодження виробів, регулювати інтенсивність їх остигання, швидко охолоджувати вироби на виході з печі, проводити спостереження за температурою в робочому тунелі печі, а також змінювати швидкість транспортування виробів. Ця піч збирається з окремих секцій нагріву, охолодження та швидкого охолодження. Причому секції зони нагріву виконуються конвективними, а секції зони охолодження – не конвективними. Опалюють її 16 інженційних палинкових пристроїв середнього тиску.

Подача газу до палинкових пристроїв здійснюється замкненим трубопроводом, що складається з двох бічних гілок, з'єднаних єдиним підведенням. Підведення містить вхідний кран, манометр для контролю тиску газу перед піччю, фільтри для очищення газу від механічних домішок, електромагнітний вентиль для відключення подачі газу в систему при відхиленні тиску заданого значення та при зникненні тяги в димопроводі, а також кран зливу конденсату та взяття проби газу. Крім того, на окремому щитку встановлені: електроконтактний манометр, що сигналізує про підвищення або зниження тиску газу; тягомір, що контролює тягу в димопроводі; датчик подачі сигналу про припинення тяги.

Кожна гілка газопроводу має вигнуті відведення до палинкових пристроїв із кранами Ду-50. Після крана на кожному відводі встановлено електромагнітний вентиль безпеки для відключення подачі газу до

пальників у разі погасання полум'я та електромагнітний вентиль великого полум'я, який включається (відкривається) при падінні температури в секції нижче заданої. Паралельно з вентилем на байпасі встановлено ручний кран, що забезпечує регулювання "малого полум'я". Підведення газу до пальника від електромагнітного вентиля виконаний гумовим шлангом. Перед кожним пальником встановлений манометр. На газопроводі також встановлений кран для підключення до газопроводу продування, а перед ним кран, який закривається перед продуванням газопроводу закільцьованого.

Пальниковий пристрій складається з інжекційного пальника №1 середнього тиску з кільцевим стабілізатором та екрану. Пальник включає корпус (інжектор), штуцер з гумовим патрубком для підведення газу, сопло, круглу заслінку для регулювання підсмоктування первинного повітря, свічку запалювання, носик, кільце, гвинти фіксації шайби та скобу для кріплення високовольтного дроту. Вона закріплюється чотирма болтами до екрану, який, своєю чергою, встановлюється на конусному введенні нагрівача. Екран прикриває азбестове прокладання, а його кришка захищає високовольтний провід від перегріву. На ньому є також догляд і патрубок для установки електрода, що контролює наявність полум'я в нагрівачі. Між фланцем нагрівача та екраном передбачений зазор для підсмоктування вторинного повітря, величина якого регулюється болтами з підкладкою шайб. При роботі струмінь газу під тиском надходить із газопроводу через штуцер у корпус пальника і тут у вузькій частині інжектора прискорюється, створюючи розрідження, що забезпечує засмоктування навколишнього повітря та змішування його з газом у пропорції, необхідної для повного згоряння. Далі ця газоповітряна горюча суміш, проходячи повз електродів свічки, запалюється від іскри і це полум'я із сопла пальника вилітає в зону нагрівання печі. На першій секції печі встановлені пальники з діаметром сопла 3,3 мм, але в наступних секціях – з діаметром сопла 2,8 мм.

Габаритні розміри печі – 3620×3294×3960 мм. Кількість встановлених у ній вентиляторів: конвективних – 16, охолодження – 1, обдування – 3. Встановлена потужність електродвигунів – 31,5 кВт при витраті електроенергії 20 кВт/год, витрата природного газу – 35 м³/год, ширина сітки, що транспортує конвеєра – 1800 мм, швидкість її руху регулюється в межах 0,04 – 0,8 м/хв, швидкість при відпалі пляшок, що виготовляються, встановлюється в межах 0,23–0,35 м/хв.

З печі віддалу склотара, що виготовляється, сітчастим конвеєром транспортується в установку моделі НОМ-8, що забезпечує нанесення на неї захисного оксидно-металічного покриття шляхом обробки свіжовідформованих скловиробів пароповітряною сумішшю, що містить тетраізопропілат титану, являє собою у вихідному стані світло-жовту рідину, яка при нагріванні понад 130 ° С стає коричневою і втрачає свої властивості. У результаті такої обробки на поверхні скляної тари утворюється захисна плівка оксиду титану, що підвищує її міцність і опір

зовнішнім впливам, що виникають при транспортуванні, зберіганні та експлуатації. Дана установка є тунельною зварною камерою, виконаною з листової сталі та інших матеріалів, яка відкрита з торців для проходження скловиробів. Біля її стінки розташовується перегородка зі щілинами для проходження парів зміцнюючого реагенту, а на протилежній до неї стороні за допомогою кронштейнів закріплені випарний агрегат і пристрій вентиляційної системи. Зверху у камері виконано центральний отвір, до якого приєднується відвідний повітропровід, а також два отвори по краях, до яких приєднуються повітропроводи, пов'язані з витяжними вентиляторами, що забезпечують циркуляцію в ній пароповітряної суміші. Випарний агрегат установки складається з бака та закріпленого під ним електронагрівача опору. Зверху в цьому баку є отвір з фланцем, що з'єднується з патрубком відвідного повітропроводу, а також горловина, що закривається пробкою, призначена для заливання в нього реагенту. До другого кінцевого фланця відвідного повітропроводу, що розташовується над стелею, приєднується всмоктувальним патрубком вентилятор відцентрового типу, що здійснює подачу парів реагенту в камеру, шляхом їх всмоктування бака випарного агрегату та нагнітання разом з повітрям за перегородку, через щілини якої пароповітряна суміш, що утворилася, рівномірно розподіляється по всьому об'єму камери. У процесі роботи скляна тара, що виготовляється, переміщається конвеєром через тунель камери, заповненої пароповітряною сумішшю з тетраізопропілатом титану. Тут пари реагенту осідають на гарячу поверхню виробів, що проходять, утворюючи на ній плівку захисного покриття, а залишилися суміш відсмоктується вентилятором і по замкнутому циклу безперервно змішується з новими парами реагенту, що надходять з випарника, а надлишки суміші видаляються при цьому вентиляторами через витяжні димарі.

Контроль якості готових виробів

Приклад алгоритму контролю якості готових скляних виробів у безперервному потоці наведено в (табл.15.3). Відпалені вироби піддаються ретельному контролю, заснованому у тому, що у склі під впливом внутрішніх напруг виникає подвійне променезаломлення, яке проявляється у вигляді забарвлення при перегляді в полярископі. Подальший контроль здійснюється, наприклад, за допомогою інспекційного обладнання французької фірми SGCC, максимальна продуктивність якого становить 300 виробів за хвилину. При цьому контролі автоматично вибраковуються скляні пляшки, що мають відхилення від внутрішнього та зовнішнього діаметра горловини, від паралельності торця віночка горловини площини дна, від перпендикулярності вертикальної осі щодо площини дна, посічки на віночку горловини та інші дефекти. Браковані та биті пляшки викидаються у спеціальні кубелі. За даними контролю проводиться аналіз причин шлюбу та з метою їх виключення оперативно налаштовуються відповідні режими технологічного процесу, а також проводиться

налагодження виконавчих механізмів живильників, склоформуючих машин, іншого обладнання та технологічної оснастки.

Таблиця 15.3.

Алгоритм контролю якості готових скляних виробів

Крок	Етап / параметр	Опис або формула розрахунку / логіка дії	Одиниці / тип	Примітка
1	Введення потоку виробів	N – кількість виробів, що надходять на контроль	шт/хв або шт/год	Залежить від виробничої лінії
2	Продуктивність інспекційного обладнання	$R_{\text{макс}}$ – максимальна кількість виробів, які може перевірити система SGCC	шт/хв	Наприклад, до 300 шт/хв
3	Перевірка перевантаження	$N \leq R_{\text{макс}}$ – контроль відповідності фактичного потоку пропускній здатності	логічний	Якщо $N > R_{\text{макс}}$, виникає ризик браку перевірки
4	Виявлення дефектів	Сканування пляшок по параметрах: діаметр горловини, перпендикулярність осі, сколи, посічки тощо	автоаналіз	Камери + алгоритми машинного зору
5	Рівень браку	$B = (n_{\text{браку}} / N) \cdot 100\%$ – визначення відсотка бракованих виробів	%	$n_{\text{браку}}$ – кількість вибраканих виробів
6	Відбракування	Автоматичне вилучення дефектних виробів у спеціальні кубелі за допомогою пневматичних виштовхувачів	логічне	Програмовано у контролері системи
7	Запис результатів	Дані реєструються у базу для подальшого аналізу: фото, тип дефекту, час, позиція	журнал /БД	Важливо для статистики і відстеження тенденцій
8	Автоматичний аналіз причин дефектів	Порівняння з пороговими значеннями, класифікація дефектів, виклик коригувальних процедур	логіка /алгоритм	Може використовувати AI або rule-based system
9	Сигнал управління на коригування обладнання	Надсилання команд на склоформувальні машини, живильники, інші вузли при виявленні системного дефекту	електричний сигнал	Автоматизоване налагодження параметрів подачі, тиску, температури тощо
10	Людське втручання у складних випадках	Повідомлення оператора з описом дефекту, місця виникнення і пропозиціями корекції	текст/сигнал	Залишається частково ручним на етапі аналізу складних відхилень

Для формування алгоритму розрахунку рівня браку скляних виробів, наведено послідовність у таблиці 15.4.

Таблиця 15.4.

Алгоритм розрахунку рівня браку скляних виробів

Крок	Назва параметра	Формула / опис дії	Одиниці вимірювання	Примітка / пояснення
1	Кількість перевірених виробів	N – загальна кількість виробів, що пройшли через систему контролю	шт	Дані з інспекційного обладнання або системи обліку
2	Кількість виявлених дефектів	$n_{\text{браку}}$ – кількість виробів, що були автоматично вибракувані	шт	Записується автоматично системою SGCC або аналогічною
3	Частка браку	$V_{\text{відн}} = n_{\text{браку}} / N$	(долева частка)	Внутрішній технічний параметр, ще не у відсотках
4	Рівень браку у відсотках	$V = V_{\text{відн}} \cdot 100$ або $V = (n_{\text{браку}} / N) \cdot 100$	%	Основна метрика якості для звітів, моніторингу
5	Оцінка результату	$=IF(V < V_{\text{макс}}; "V \text{ нормі}"; "Перевищення допустимого рівня")$	текст / логіка	$V_{\text{макс}}$ — допустимий рівень браку (наприклад, 2%)
6	Журнал результатів контролю	Автоматичне занесення результатів перевірки в таблицю / базу даних	запис	Містить дату, час, кількість браку, типи дефектів
7	Графік зміни браку в часі	Побудова динаміки за даними з журналу	діаграма	Аналіз тенденцій — зростання, стабільність, перевищення порогів
8	Причини браку	Класифікація за типами: геометрія, сколи, порушення форми, напруження	список / категорії	За потреби — пов'язується з вузлами обладнання
9	Зв'язок з обладнанням	Визначення джерела браку (наприклад, певна склоформуюча машина)	ID / зона	Може бути автоматизовано через трасування виробів
10	Сигнал управління або тривога	Якщо $V > V_{\text{макс}}$, автоматично подається сигнал для коригування процесу	логічне / електронне	Використовується для зниження втрат — автоматичне втручання в процес

Контрольно-вимірювальні вузли в обладнанні для виготовлення тари зі скла є невід'ємним елементом сучасних автоматизованих виробничих ліній, що забезпечують безперервний контроль якості кожного виробу. Такі системи поєднують в собі оптичні, електронні та програмні компоненти, які дозволяють здійснювати багаторівневу перевірку виробів

на відповідність геометричним, структурним та візуальним параметрам. На початковому етапі контролю, одразу після термообробки, виконується виявлення внутрішніх напружень у склі за допомогою поляризаційного методу, що ґрунтується на ефекті подвійного променезаломлення. Подальший контроль здійснюється автоматизованими інспекційними системами, які включають високошвидкісні камери, лазерні або оптичні сенсори, системи машинного зору, пневматичні механізми для видалення бракованих виробів та програмно-логічні блоки аналізу даних. Основними параметрами, які перевіряються в автоматичному режимі, є точність геометрії горловини, симетрія дна, паралельність торцевих поверхонь, відсутність тріщин, сколів, деформацій і порушень вертикальної осі виробу. Вироби, що мають дефекти, автоматично відбраковуються та направляються у відповідні відсіки для утилізації. Отримані в процесі контролю дані зберігаються та аналізуються для визначення причин дефектів. У разі систематичного браку система може ініціювати автоматичне регулювання технологічних параметрів — таких як тиск, температура, швидкість подачі шихти або ритм роботи формувального обладнання. Таким чином, контрольно-вимірювальні вузли виконують функцію зворотного зв'язку у виробничому процесі, забезпечуючи оперативне реагування на відхилення та підтримання стабільної якості продукції.

Пояснення процесу
відпалу скла



ТЕМА 16. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ГРУПУВАННЯ, ПАКЕТУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОБВ'ЯЗОК

Широке використання пакетних та контейнерних перевезень – один із найголовніших напрямків технічного прогресу у доставці вантажів, оскільки такі перевезення у 1,5–2 рази скорочують витрати на пакування продукції, у 4–6 разів підвищують продуктивність праці при виконанні вантажно-розвантажувальних та складських робіт, у 3-4 рази скорочують простої транспортних засобів під вантажними операціями за рахунок механізації та автоматизації цих робіт, а також підвищують ефективність використання складських площ, збільшують переробну здатність контейнерних терміналів, баз та складів.

Пакетно-контейнерні комбіновані перевезення вантажів (рис.16.1) об'єднують в єдину транспортну систему автомобільний, залізничний, повітряний, морський і внутрішній водний транспорт.



Рис.16.1. Транспортна логістика пакувань

Контейнером називається одиниця транспортного обладнання багаторазового застосування, призначена для перевезення та тимчасового зберігання вантажів без проміжних перевантажень, зручна для механізованого завантаження та розвантаження, навантаження та вивантаження, внутрішнім об'ємом, рівним 1 м³ і більше. Контейнери

можна транспортувати різними засобами та перевантажувати з одного виду транспорту до іншого без проміжної модифікації вантажу. Для цього вони обладнані спеціальними пристроями для переміщення із землі на транспортний засіб та перевантаження з одного транспортного засобу на інше, а також для закріплення їх на транспортному засобі. За місткістю контейнери поділяються на великотоннажні (масою брутто 10 т і більше), середньотоннажні (масою брутто від 2,5 до 10 т) та малотоннажні (масою брутто менше 2,5 т). За сферою застосування контейнери бувають універсальні, спеціалізовані, групові, індивідуальні, контейнер-цистерни та технологічні контейнери.

Засобом пакування називають виріб, призначений для формування та скріплення вантажів у укрупнену вантажну одиницю, за винятком пакетоформуючої та пакетозкріплюючої техніки, внаслідок застосування якого забезпечується пакування. За видами (типами) засоби пакування класифікуються на піддони, підкладні листи та рамки, тару-обладнання, касети, що пакують, стропи, що пакують, стяжки, обв'язки, оболонки та сітки.

Укрупненою вантажною одиницею називається транспортний пакет, транспортний блок-пакет, великогабаритна транспортна одиниця, а також окремі предмети великого розміру, підготовлені до відвантаження, транспортування та зберігання.

Транспортний пакет – укрупнена вантажна одиниця, сформована з декількох малогабаритних транспортних одиниць або штучної продукції внаслідок застосування засобів пакування.

Транспортний блок-пакет – укрупнена вантажна одиниця, сформована із двох або більше транспортних пакетів із застосуванням засобів пакування.

З наведених засобів пакування на формування укрупнених вантажних одиниць найбільш широко застосовуються піддони, а також обв'язки, що пакують, оболонки і сітки.

Піддоном називається горизонтальний майданчик мінімальної висоти, обладнана, при необхідності, надбудовою для розміщення та кріплення вантажу та відповідна способу навантаження за допомогою вилкового візка, вилкового навантажувача або іншого аналогічного обладнання. Характерною особливістю піддонів є те, що на бічних поверхнях у них обов'язково є отвори для введення вил відповідного вантажопідйомного засобу. За розташуванням цих прорізів розрізняють піддони двозахідні та чотиризахідні. За конструктивним виконанням бувають піддони: плоскі, стійкові, ящикові, бункерні та піддони-резервуари. Міжнародним стандартом ISO3676-83 встановлюються такі основні вантажні одиниці, що визначають розміри піддонів: краща вантажна одиниця розмірами у плані 1200×1000 мм; вантажні одиниці, що допускаються, розмірами в плані 1200×800 мм і 1140×1140 мм. Останні розміри квадратної вантажної одиниці можна збільшувати до модульного розміру 1200×1200 мм.

Пакувальна обв'язка – гнучкий засіб пакування, кінці якого з'єднуються між собою механічним шляхом чи зварюванням. Пакуючі обв'язки виконуються зі стрічки, дроту, канатів, високоміцних шнурів, сіток, гнучких тонколистових (плівок, тканин) та інших матеріалів. Пакуючі оболонки є різновидом обв'язок, характерною особливістю яких є те, що вони повністю покривають сформований пакет, забезпечуючи цим як його скріплення, і захист вмісту від впливу деяких чинників (вологи, пилу та інших) довкілля. Широке поширення ці засоби пакування отримали з появою термозбіжних і полімерних плівок, що розтягуються.

Піддони, обв'язки, оболонки та сітки широко застосовуються для пакування найрізноманітнішої штучної та тарно-штучної (у мішках, ящиках тощо) продукції як самостійно, і у різних комбінаціях друг з одним, коли, наприклад, укладена на піддоні продукція додатково скріплюється оболонкою з полімерної плівки або обв'язками зі стрічки та дроту.

Групування і пакування із застосуванням термоусаджувальних плівок

Термоусадочними називаються полімерні плівки, здатні скорочуватися під впливом температури, що перевищує температуру розм'якшення полімеру. Отримують такі плівки розтяганням полімерного матеріалу у високоеластичному нагрітому стані та подальшим охолодженням. Наслідком цього є спрямована орієнтація молекулярних ланцюгів полімеру та виникнення у них напруг. При подальшому охолодженні та затвердінні ці деформації та напруги фіксуються в матеріалі в результаті протікання процесів склування та кристалізації. При повторному нагріванні у таких плівках протікають релаксаційні процеси, і вони прагнуть повернутися до своїх первісних розмірів. Цю здатність зворотного повернення називають «пам'яттю полімеру» або термоусадкою.

Термоусадочні плівки можуть бути виготовлені з багатьох термопластів, що кристалізуються, в тому числі з поліетилену низької і високої щільності, поліпропілену, сополімерів етилену з вінілацетатом, полівінілхлориду, сополімерів вініліденхлориду та вінілхлориду (бачено), полістиролу, гідрохлориду поліізопрену (ескаплену) та ін. (Таб. 16.1).

Найбільшого поширення набули термоусадочні плівки з поліетилену низької щільності, що володіють задовільною механічною міцністю в інтервалі температур від -50 до $+50$ °С, легко зварюються, еластичні та інертні по відношенню до більшості речовин, що пакуються і мають невисоку вартість. Термоусадочні плівки отримують також на основі радіаційно-модифікованого поліетилену. Вплив іонізуючої радіації в процесі виготовлення термоусаджувальних плівок дозволяє підвищити їх термостійкість, напруга усадки, поліпшити властивості міцності.

Термоусадочні плівки з поліпропілену в порівнянні з поліетиленовими відрізняються підвищеною жорсткістю і більш високими

показниками міцності. Вони менш схильні до розтріскування під дією залишкових напруги, прозорі, мають знижену проникність по відношенню до водяних пар і різних ароматичних речовин.

Важливими характеристиками термусадовочних плівок є ступінь усадки (коефіцієнт усадки) і напруга усадки.

Ступінь усадки характеризують відношенням лінійних розмірів зразка до і після усадки:

$$K_{\text{ус}} = \frac{l_0 - l}{l_0} \cdot 100, \% \quad (16.1)$$

де l_0 і l довжина зразка до і після усадки.

Як уже зазначалося, під час виробництва термоусаджувальних плівок у них фіксуються напруження розтягування (орієнтації) молекулярних ланцюгів полімеру. Під час нагрівання плівки до високоеластичного стану ці напруження звільнюються і, повертаючи молекулярні ланцюги в початковий стан, усаджують плівку. Якщо перешкодити процесу усадки додатком зовнішньої сили, то можна виміряти зусилля усадки, що розвивається плівкою. Напруга усадки $\sigma_{\text{ус}}$, що виникає в орієнтованому матеріалі під час його нагрівання, визначається відношенням сили усадки до поперечного перерізу зразка плівки до усадки і виражається в мегапаскалях (МПа). Напруга усадки залежить від температури і тривалості нагрівання плівки. За невисокої температури нагрівання для усадки плівки потрібно більше часу, а за високих температур час усадки може бути незначним. Залежно від ступеня усадки в поздовжньому і поперечному напрямках розрізняють плівки одновісно-орієнтовані і двовісно-орієнтовані. Одновісно-орієнтовані плівки усаджуються переважно в одному напрямку: наприклад, у поздовжньому на 50-70%, а в поперечному на 10-20%. Двовісно-орієнтовані плівки скорочуються в обох напрямках з однаковим або різними ступенями усадки: наприклад, у поздовжньому напрямку на 50-60%, а в поперечному - на 35-45%.

Залежно від методу виробництва і вимог споживачів термоусадочні плівки випускаються товщиною від 20 до 250 мкм з граничним відхиленням за товщиною не більше $\pm 20\%$ від заданої. Поставляються вони рулонами у вигляді рукава, рукава, складеного вдвічі, рукава з фальцюванням, напіврукава і полотна.

У процесі виробництва ці плівки можуть бути модифіковані різного роду добавками, що надають їм спеціальних властивостей, зокрема інгібіторами корозії, світлостабілізаторами (збільшують термін служби на відкритому повітрі), окиснювачами вибіркової дії та антиоксидантами (підвищують довговічність плівок), забарвлюючими пігментами та іншими речовинами, які, наприклад, унеможливають при усадці прилипання плівки до полімерних виробів, які скріплюються.

Оболонками з термоусадочної плівки скріплюють згруповані в блоки штучні вироби та споживчі пакувальні одиниці (бандеролі), а також транспортні пакети, сформовані на піддонах або без них.

Бандероллю називають транспортну пакувальну одиницю, утворену методом групування виробів або споживчих пакувальних одиниць у єдиний блок та їх скріплення полімерною плівкою, папером, тканиною або іншими об'язувальними матеріалами. Вироби при цьому можуть укладатися на спеціальні підкладки, лотки, підкладні аркуші та рамки, які виконують разом зі скріплювальною оболонкою функції транспортного пакування (ящиків, обрешіток, футлярів, мішків). Термоусадочними плівками скріплюють, наприклад, згруповані в єдині блоки пляшки, банки, коробки, пачки, аерозольні балони, друковану продукцію (книжки, журнали), текстильні вироби, будівельні матеріали (мінераловатні плити) і багато іншої продукції.

Оболонки з термоусадочної плівки, що скріплюють згруповану продукцію в бандероль, за конструктивним виконанням поділяються на два типи:

- оболонки з отворами на торцевих сторонах бандеролі;
- оболонки, що повністю покривають згруповану продукцію (без отворів).

Скріплювальні оболонки першого типу (з отворами) виконуються з плівкового полотна, яке надходить із двох рулонів зі з'єднанням країв відрізків двома поперечними зварними швами (Рис. 16.2, а), або з напіврукавної плівки, яка надходить з одного рулону, зі з'єднанням країв відрізка одним поперечним швом (Рис. 16.2, б), а також із відрізка рукавної плівки (рис. 16.2, в).

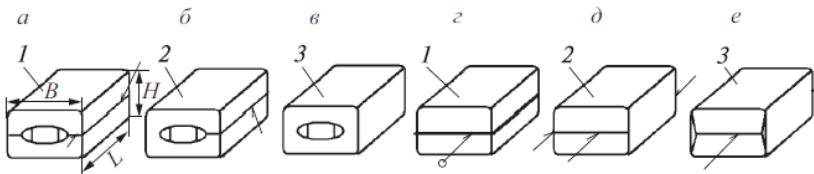


Рис.16.2. Виконання бандеролей що скріплені термоусадочною плівкою

При цьому плівкове полотно приймається по ширині значно більшим за довжину бандеролі L і, при усадці, виступаючі краї плівки загинаються на його торцеві стінки. У результаті скріплювальна оболонка виходить з отворами площею 30-50% від торцевої поверхні бандеролі. Скріплювальні оболонки другого типу (без отворів) виконують із плівкового полотна, яке надходить із двох рулонів, зі з'єднанням країв відрізків плівки зварними швами по всьому периметру (з чотирьох боків) бандеролі (Рис. 16.2, г). Якщо ж така оболонка виконується з плівкового полотна, що надходить з одного рулону або напіврукавної плівки, то краї відрізка з'єднуються зварними швами з трьох боків бандеролі (Рис. 16.2, д). У разі

використання рукавної плівки краї відрізка з'єднують між собою двома поперечними зварними швами, розташованими на протилежних боках бандеролі (Рис. 16.1, е).

Процес формування бандеролі та скріплення термоусадочною плівкою включає такі операції:

- групування в певному порядку виробів або споживчих пакувальних одиниць у транспортну одиницю (блок);
- обгортання згрупованої транспортної одиниці термоусадочною плівкою у вигляді полотна, напіврукава або рукава;
- зварювання між собою країв відрізків плівки, що обертає, та формування скріплювальної оболонки;
- нагрівання, усадку й охолодження скріплювальної оболонки.

Автоматизовані лінії, що застосовуються для такого пакування (рис. 16.3), зазвичай складаються з групувальної 1 і термоусадочної 2 машин. Під час роботи на столі 3 такої лінії штовхачем 4 групується блок 5 зі штучної продукції, що надходить по конвеєру. Водночас зварювальними лінійками 6 і 7, що змикаються, з'єднуються між собою поперечним швом кінці полотен термоусаджувальних плівок, які надходять із верхнього 8 і нижнього 9 рулонів, і перед сформованим блоком створюється перегородка 10 із плівкового полотна. Далі сформований блок 5 штовхачем 4 переміщається за зварювальні лінійки, обтягуючись при цьому плівкою, що розмотується з рулонів, з переднього, нижнього і верхнього боків. На столі 11 цей блок фіксується прижимом 12, який опускається на шток пневматичного циліндра 13, а штовхач 4 повертається після цього у початкове положення.

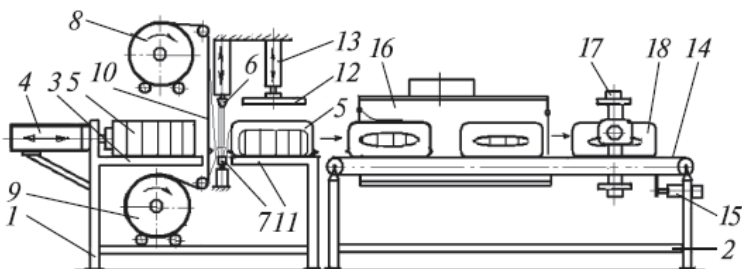


Рис.16.3. Схема термоусадочної машини для групових пакувань

Далі зварювальні лінійки 6 і 7, що змикаються, обтягують поданий блок плівкою по задньому боці і зварюють кінці полотен між собою подвійним поперечним швом з одночасною розрізкою матеріалу між швами. При цьому один з цих швів з'єднує між собою краї полотен двох рулонів, що утворюють нову перегородку 10 з плівкового полотна, а другий – краї сформованої оболонки. Після цього зварювальні лінійки і притиск 12 повертаються відповідними пневматичними циліндрами у

вихідні положення, а штовхач 4 переміщує на перегородку 10 наступний сформований за цей час блок 5, що зіштовхує попередню бандероль зі столу 11 на сігчасту стрічку транспортера 14 термоусадочної машини 2, яку приводить в рух пневмопривід 15. Тут бандеролі, що надходять, спочатку переміщуються транспортером 14 через тунельну камеру 16, що забезпечує нагрів оболонки потоками гарячого повітря та їх термоусадку, а потім через пристрій 17, блок вентиляторів якого спрямованими потоками холодного повітря охолоджує усаджену оболонку. У результаті усадки згруповані вироби скріплюються цією оболонкою в щільну транспортну одиницю 18 із зусиллям до 1,8 МПа як по периметру, так і внаслідок затягування її виступаючих кінців на торцеві стінки блока з утворенням на них отворів, а потім готові транспортні одиниці транспортером 14 виводяться на позицію вивантаження з машини 2. Продуктивність цих ліній становить від 10 до 30 бандероль за хвилину.

Для скріплення транспортних пакетів оболонки з термоусадочної плівки застосовують як самостійно, так і в комплексі з іншими засобами пакування, зокрема з плоскими піддонами, підкладними листами і рамками. За конструктивним виконанням вони поділяються на оболонки з отвором зверху і оболонки зачохляючого типу, що повністю покривають скріплюваний пакет.



Рис.16.4. Термоусаджувальна машина тунельного типу

Пакувальні оболонки з верхнім отвором формуються з плівкового полотна, що надходить із двох вертикальних рулонів із з'єднанням країв відрізків двома (спереду і ззаду пакета) вертикальними зварними швами (Рис. 16.5, а) або з відрізка рукавної плівки, який надівають зверху на пакет

і який надходить з одного рулону (рис. 16.5, б). При цьому плівкове полотно за висотою значно перевищує висоту пакета, і його краї, що виступають, під час термоусадки затягуються на верх пакета, закриваючи тим самим 50-70% цієї поверхні.

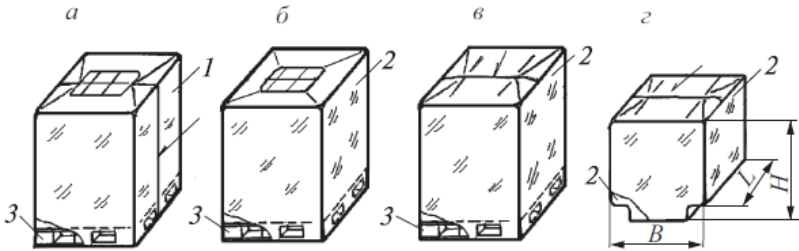


Рис.16.5. Схеми скріплення транспортних пакетів оболонками з термоусадочної плівки

В оболонках зачохляючого типу верхні краї відрізка рукавної плівки зазвичай з'єднують зварним швом. Потім такий чохол розправляють по периметру в прямокутник і надягають зверху на транспортний пакет, покладений на плоскому піддоні так, щоб нижній край чохла знаходився дещо нижче піддону, і після цього його термоусаджують. Плівка при цьому скорочується, а звивистий край чохла затягується під низ піддона, і в результаті така оболонка міцно скріплює транспортний пакет з усіх боків (Рис. 16.5, в). Під час формування безпіддонних транспортних пакетів (Рис. 16.5, г) з вантажів у мішках або в іншій переважно м'якій тарі верхній ярус пакета вкладають не повним, а так, щоб на краях по його довжині залишалися виїмки на ширину вилок захватів навантажувача. Потім з відрізка рукавної плівки аналогічним чином виготовляють і зверху надягають на нього чохол з подальшою термоусадкою плівки. Далі цей пакет у ротаційному пристрої перевертають на 180° так, що його верхній ярус із виїмками на краях опиняється внизу, а потім зверху на пакет надягають такий самий контрчохол і проводять його термоусаджування з одночасним термопрофілюванням плівки оболонки на поверхні нижніх виїмок для вилок захватів. Для підвищення міцності дна пакета на верхній шар вантажу перед надяганням чохла можна укладати додатковий аркуш плівки. Такі транспортні пакети характеризуються малими витратами на витратні матеріали, відсутністю зворотних засобів пакетування (піддонів), а також достатньою міцністю та герметичністю, що допускає їх транспортування і зберігання на відкритих транспортних засобах і майданчиках. Оболонками з термоусадочної плівки скріплюють транспортні пакети з продукцією (у пакуванні або без нього), що має механічну міцність, достатню для транспортування і штабелювання пакетів. Початкові розміри оболонки мають бути такими, щоб у процесі усадки плівки не реалізовувався максимальний ступінь її усадки, оскільки

при цьому різко зменшується залишкова напруга усадки. Оболонка після усадки повинна щільно обтягувати транспортний пакет і не мати механічних пошкоджень. Зварні з'єднання, що містяться на ній, повинні мати міцність при розтягуванні не менше 11 МПа (110 кгс/см²). Не допускається застосовувати термоусадочної оболонки для продукції, поверхня якої вкрита мастилом, а також для продукції в пакуванні з полімерних матеріалів, температура плавлення яких нижча або дорівнює температурі плавлення термоусадочної плівки. Не допускається також приварювання оболонки до продукції, що пакується, або його пакування.

Процес формування транспортних пакетів (рис.16.6) та їх скріплення оболонками з термоусадочної плівки включає наступні операції:

- укладання багатоярусного транспортного пакета, наскільки можна з перев'язкою між ярусами, на піддоні чи ні нього;
- обгортання пакета термоусадочною плівкою;
- зварювання країв плівки та формування пакетуючої оболонки або виготовлення та одягання на пакет чохла;
- нагрівання, усадку та охолодження скріплюючої пакетуючої оболонки.



Рис.16.6. Машина для пакування в термоусадочну плівку транспортних пакетів

Схему роботи автоматизованого комплексу формування транспортних пакетів на стандартних піддонах розмірами в плані 800×1200 мм та їх скріплення термоусадочними оболонками зачохляючого типу наведено на (рис.16.7). Він складається з подаючого конвеєра 1,

орієнтуючого пристрою 2, модульного автомата-укладача 3, розташованого за ним магазину 4 піддонів з пристроєм поштучної видачі на позицію завантаження, захоплюючого автомата 5, з'єднуючих транспортерів 6 і станції 7 прийому готових транспортних пакетів 8.

У процесі роботи комплексу з магазину 4 на стіл автомата-укладача 3 подається черговий піддон 9, а конвеєром 1 в цей час на орієнтовний пристрій 2 поштучно доставляються пакетовані пакувальні одиниці 10. Після орієнтування в задане положення ці пакувальні одиниці захоплюються маніпулятором 11 і укладаються на піддоні 9 в транспортний пакет з міжярусною перев'язкою за заданою схемою.

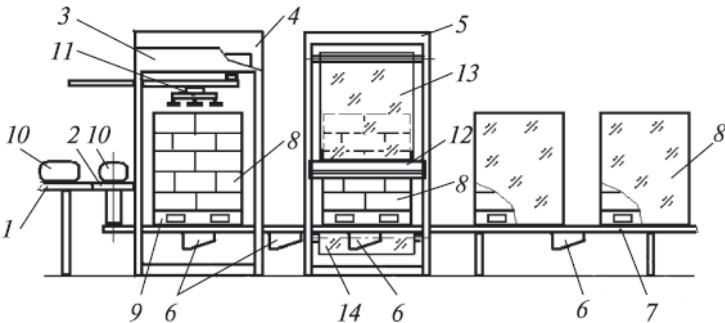


Рис.16.7. Схема автоматизованого комплексу формування транспортних пакетів

Далі сформований пакет транспортером 6 переміщується в автомат, що захоплює 5. Тут зведені захоплювачі знаходяться у верхньому положенні рами 12 автомата вводяться в нижній торець заправленої рукавної плівки 13, розмотується з рулону 14, а потім розходяться і розправляють його прямокутник за розмірами пакета. Після цього подачею через пальці захватів всередину стиснутого повітря рукав роздувається і переміщенням рами 12 вниз надягається на весь пакет, включаючи висоту піддону. У цьому процесі автоматично контролюються габаритні розміри пакета. Далі відповідним механізмом надіта частина рукава відрізається від рулону по висоті пакета і на ній герметичним поперечним швом зварюється верх чохла. Потім захоплювачі відпускають нижній край рукава і рама 12 рухається назад вгору, здійснюючи нагрівання і усадку надітого плівкового чохла за допомогою газових або електропромених нагрівачів. При цьому плівка скорочується, нижній край чохла затягується під низ піддону, і оболонка міцно скріплює транспортний пакет з усіх боків. При підході рами до верхнього кінцевого положення нагрівачі вимикаються, її захоплювачі сходяться і вводяться в нижній торець рукавної плівки 13 для формування та надягання наступного чохла, а скріплені пакети 8 транспортером 6 переміщуються на станцію 7 прийому готових вантажних одиниць. На місце, що звільнилося з автомата-укладача

З подається наступний пакет, сформований за цей час на піддоні 9 пакувальних одиниць 10, і цикл повторюється з продуктивністю від 14 до 120 транспортних пакетів на годину. Загальна схема процесу скріплення термоусаджувальною плівкою транспортного пакету наведена на (рис.16.8). Загальна схема процесу, представлена на рисунку 16.8, демонструє чітку послідовність технологічних етапів, що забезпечують формування надійного транспортного пакета. Важливо відзначити, що кожен етап виконує не лише механічну, але й функціональну роль у збереженні цілісності вантажу: формування пакета задає початкову геометрію, обгортання плівкою створює базову фіксацію, а подальша усадка плівки за рахунок теплової дії гарантує щільне охоплення поверхні пакета. Завершальне охолодження стабілізує термополімерний шар, усуваючи залишкові деформації. Таким чином, процес виступає інтегрованою системою, що поєднує фізико-механічні принципи з економічною ефективністю.

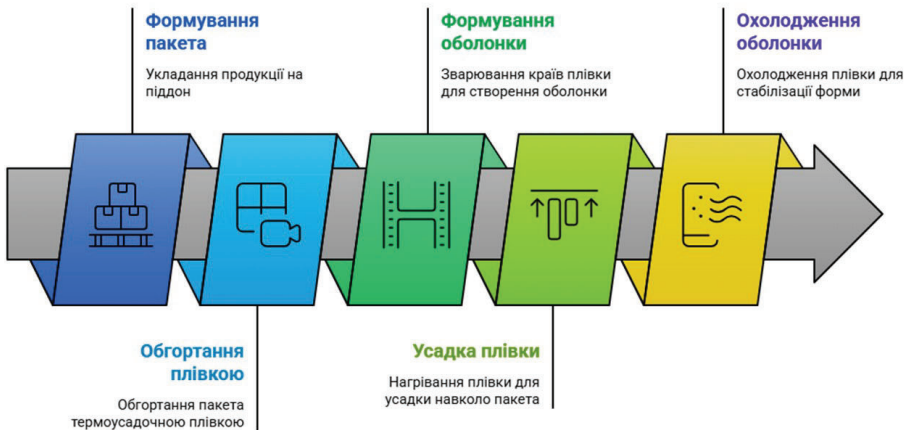


Рис.16.8. Загальна схема процесу формування та скріплення транспортного пакету термоусадочною плівкою

Метод скріплення транспортних пакетів термоусадочною плівкою має як переваги, так і обмеження, що визначають доцільність його застосування залежно від типу продукції, умов транспортування та економічних чинників.

Серед переваг – висока фіксація вантажу завдяки щільному обтягуванню плівкою, що зберігає цілісність пакета при переміщенні та штабелюванні. Оболонка частково захищає продукцію від вологи та пилу, а автоматизовані системи забезпечують високу продуктивність до 120 пакетів/год. Безпіддонне пакування дозволяє знизити логістичні витрати й спростити процес. Останні тенденції розвитку пакувальної техніки

переконливо свідчать, що термотунельні установки та автоматизовані лінії групового пакування стають невід'ємними елементами сучасних виробничих процесів. Прикладом є пакування паливних брикетів на термотунелі ТТ-15-ПАП, яке демонструє ефективність застосування термоусадкової плівки для формування компактних, стійких і захищених від вологи транспортних пакетів. Використання такого обладнання дає можливість досягти високого рівня герметизації продукції, що особливо важливо при зберіганні та транспортуванні паливних матеріалів, чутливих до дії зовнішніх факторів. Термоусадкова технологія забезпечує щільне облягання пакета та збереження його геометрії навіть при тривалому навантаженні.

Не менш актуальним прикладом є лінія групового пакування ПЕТ пляшок, яка ілюструє високий рівень автоматизації пакувальних процесів у харчовій і напоївій промисловості. Таке рішення дозволяє формувати стійкі транспортні блоки з пляшок різного об'єму, що суттєво зменшує логістичні витрати та забезпечує зручність під час зберігання і реалізації продукції. Застосування сучасних термотунелів у даній сфері не тільки підвищує продуктивність, а й гарантує мінімізацію використання додаткових пакувальних матеріалів, роблячи процес більш екологічним і економічно виправданим.

Таким чином, наведені приклади відображають стратегічний напрям розвитку пакувальної галузі, де основний акцент робиться на інтеграції автоматизованих рішень, енергоефективності та підвищенні якості збереження продукції. Це свідчить про перспективність подальшого впровадження подібних систем у різних секторах промисловості.

Пакування паливних брикетів
на термотунелі ТТ-15-ПАП



Лінія групового пакування ПЕТ пляшок



ТЕМА 17. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАКОВАННЯ З КОМБІНОВАНИХ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Банкою називається споживча тара з циліндричним або фігурним корпусом з горловиною, діаметр якої дорівнює діаметру корпусу або трохи менше його, з плоским або увігнутим дном, місткістю від 0,025 до 10 дм³. Банки випускаються у значній кількостях і служать для пакування найрізноманітнішої продукції. Залежно від призначення банки виготовляються герметичними та негерметичними, причому останні мають обмежене застосування. Герметичні банки є основною тарою в консервному виробництві, а також широко застосовуються в інших областях, наприклад, як пакування для фарб та емалей, пива та газованих напоїв.

Консерви – продукти, герметично паковані в банки та піддані стерилізації для придушення життєдіяльності мікроорганізмів або повного знищення, і надання упакованій продукції стійкості при тривалому зберіганні (рис.17.1). Банки у консервному виробництві виконують роль не тільки тари, що довго зберігає упаковану продукцію, але є також важливою ланкою технологічного процесу виробництва самих консервів.



Рис.17.1. Зразки металевих банок

Найбільш широке поширення у виробництві консервної продукції отримали металеві банки, які виготовляють із листової або рулонної білої гарячолудженої жерсті марки ГЖК, білої жерсті електролітичного лудіння

марки ЕЖК, чорної лакованої, хромованої лакованої та алюмінієвої лакованої жерсті товщиною від 0,18 до 0,36 мм. За способом виготовлення ці банки поділяються на збірні та цільноштамповані, а за формою – на циліндричні та фігурні (прямокутні, овальні, еліптичні тощо).

Збірні жерстяні банки (рис. 17.2 а) містять згорнутий з прямокутної заготовки (бланка) корпус 1, а також денце 2 і кришку 3, приєднані до нього фальцювальними швами 4. Поздовжні сполучні шви на корпусах таких банок виконуються фальцювальними, паяними та звареними.

Розрізняють подвійні (рис. 17.2 б) і одинарні (в замок) (рис. 17.2, в) фальцювальні сполучні шви, виконані без додаткової герметизації та герметизовані пайкою, ущільнювальними пастами або гумовими прокладками. При виконанні паяних швів кінці заготовлі корпусу з'єднуються внахлестку (рис. 17.2, г) або одинарним фальцювальним з'єднанням (рис. 17.2, д). Шви внахлестку конструктивно простіше, проте непокрита кромка бланка, що знаходиться всередині банки, швидко окислюється та корозує, крім того, можливе попадання в порожнину банки припою сполучного шва і перехід свинцю, що міститься в ньому, в пакований продукт. Ці недоліки відсутні в паяних фальцювальних сполуках, тому вони і застосовуються на банках, призначених для пакування харчової продукції. Зварені з'єднувальні шви виконуються внахлестку (рис. 17.2, е) електричним контактним роликовим зварюванням або стиковим з'єднанням (рис. 17.2, ж) з використанням в якості електрода, що плавиться мідного каліброваного дроту.

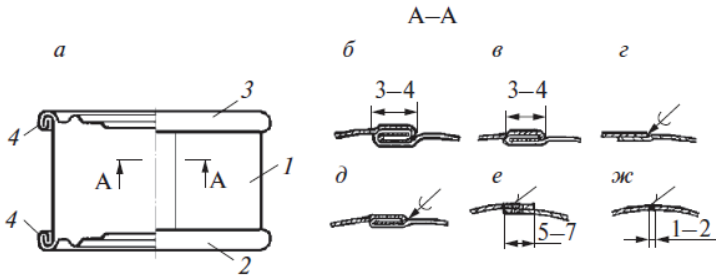


Рис.17.2. Збірна жерстяна банка

Цільноштамповані банки (рис. 17.3 а) містять витягнутий з плоскої заготовки корпус 1 і приєднану до нього фальцювальним швом або пайкою кришку 2. На корпусах цих банок відсутні поздовжній та нижній сполучні шви, що робить їх більш герметичними та привабливими. Виробництво таких корпусів характеризується дещо більшою питомою витратою жерсті, у 2–3 рази меншою продуктивністю порівняно з виготовленням корпусів збірних банок, а також тим, що в них не використовуються припій, флюс та ущільнювальна паста. Виготовляють цільноштамповані корпуси циліндричними, овальними, прямокутними та іншої форми з білої

хромованої жерсті або алюмінію шляхом холодної витяжки. Іноді корпуси виконуються з невеликою конусністю по висоті для того, щоб під час стапелювання вони входили один до одного. З цією ж метою корпуси банок можуть мати циліндричну верхню частину (на 20-30 мм), що сполучається через кільцеву зав'язаний виступ з конічною донною частиною. Цим забезпечується при їх перевезенні економія до 60% обсягу транспортної тари.

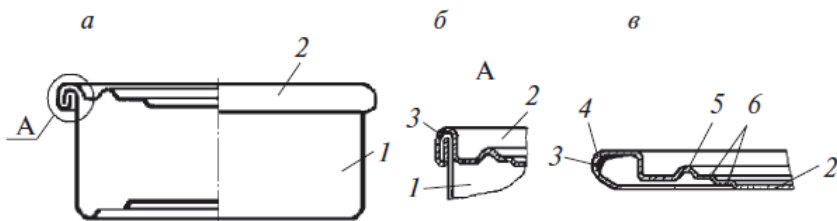


Рис.17.3. Цільноштампована металева банка

Цілісні корпуси алюмінієвих банок виготовляють також холодним видавлюванням з круглих або восьмигранних заготовок товщиною 4-5 мм. При такому способі виготовлення висота корпусу може кілька разів перевищувати його діаметр.

На кришках алюмінієвих банок можуть виконуватися спеціальні надрізи по периметру корпусу або у вигляді лючка із закріпленням кільця, за допомогою якого частина кришки, що розкривається, відривається за контуром надрізів.

Собівартість виготовлення збірних банок, як правило, менша, ніж цільноштампованих, проте технологія виготовлення останніх простіша, вимагає менших капіталовкладень на обладнання і, відповідно, може здійснюватись на менших виробничих площах.

Стандартні збірні банки всіх видів виконуються з поздовжнім одинарним (рис. 17.2,в) сполучним фальцювальним швом, що герметизується пайкою припоями, основними компонентами яких є олово та свинець. Кінці (денце та кришку) приєднують до корпусів консервних банок подвійним закривальним фальцювальним швом (рис. 17.3 б), що включає герметизуючу прокладку 3 і п'ять шарів жерсті, три з яких належать кінцю 2 і два - корпусу 1.

У конструктивних виконаннях кінців розрізняють підвтий фланцевий закат 4 (рис. 17.3, в), еластичну прокладку ущільнювача 3 і спеціальний кільцевий рельєф, що складається з виступу 5 і декількох ступенів 6. Форма рельєфу може мати кілька різних виконань. Ущільнювальні прокладки 3 у жестебаночном виробництві виконуються з водно-аміачної пасти, основним компонентом якої є натуральний або синтетичний латекс.

Технологічний процес виробництва металевих консервних банок і **пакування** в них продукції складається з наступних циклічно повторюваних основних етапів, які включають одну або кілька послідовних операцій, що виконуються на відповідному технологічному обладнанні:

- підготовка жерсті до виготовлення банок (розмотування рулонів жерсті та розрізанням на мірні листи, підготовка листів до покриття, ґрунтування, декорування та лакування листів);

- виготовлення корпусів банок (розрізання листів жерсті на бланки, обробка бланків і згортання в обічайку з поздовжнім сполучним фальцювальним швом, герметизованим паянням, або зі стиковим зварним швом, відборткування обічайки; розрізання листів жерсті на смуги та виготовлення з них цільноштампованих корпусів);

- виготовлення кінців (денців та кришок) бляшаних банок (різання листів жерсті на смуги, штампування та підвívка кінців, заливання в їх підвívтий фланець ущільнювальної прокладки та її сушіння);

- виготовлення збірних банок (з'єднання корпусу з дном, перевірка банок на герметичність);

- підготовка банок до пакування консервованої продукції (мийка та сушіння банок, контроль якості їх виготовлення, доставка на пакувальну ділянку);

- пакування в банки консервованої продукції (маркування кришок, фасування в банки продукції, закупорювання кришками, перевірка пакувальних одиниць на герметичність, стерилізація консервів, миття та сушіння пакувальних одиниць, етикетування чи консервація банок);

- пакування консервів у транспортну тару (підготовка картонних ящиків та інших елементів пакування, групування та укладання в тару банок, закриття, закупорювання та маркування транспортних одиниць).

Підготовка жерсті до виготовлення банок. Жерсть зазвичай поставляється виробникам консервних банок у вигляді стрічки, змотаної в рулони масою до 10 т. Розмотування рулонів жерсті з одночасною правкою стрічки та розрізанням на мірні листи виготовляються на автоматичних гільйотинних ножицях. Так як кромки листів можуть мати різні дефекти у вигляді загинів, вм'ятин, хвилястості і т.д., після сортування вони обрізаються на здвоєних дискових ножицях в заданий розмір шляхом зрізання із чотирьох сторін листа крайових смужок шириною від 3 до 5 мм. Застосовувані для цього здвоєні дискові ножиці дозволяють вести процес різання листів безперервно і при цьому не тільки обрізати крайові відходи, а й одночасно розрізати листи на потрібну кількість частин.

Олов'яне та інші захисні металеві покриття на жерсті, що наносяться товщиною від 0,32 до 1,15 мкм, завжди пористі, тому для підвищення

антикорозійних властивостей жерсть додатково покривається спеціальними харчовими лаками або емаллю. Здійснюється це при виробництві рулонної жерсті або після її розкрою на листи та підготовки їх до покриття. При цьому жерсть, призначену для виготовлення кришок і кінців бляшанок, лакують суцільним шаром товщиною 5-10 мкм з двох сторін, а жерсть, що йде на виготовлення корпусів збірних банок, лакують, залишаючи по розкрою фігурні просвіти шириною 3-3,2 мм з внутрішньої сторони і прямі просвіти із зовнішньої, для подальшого запаювання по них сполучного шва на виготовленому корпусі.

При художньо-декоративному оформленні виготовлених банок листи жерсті окрім лакування піддаються ґрунтуванню та барвистому поліграфічному друку. Ґрунтують поверхню жерсті для створення білого чи кольорового фону, що забезпечує передачу необхідних кольірних тонів та відтінків. В якості ґрунтуючих матеріалів застосовують друківані фарби, ґрунт-емалі та лаки.

Лакування та ґрунтування листів жерсті здійснюється на автоматизованих лініях, які зазвичай включають подавець листів зі стопи, валкову лакувальну машину, стрічковий транспортер, сушильну камеру, пристрій охолодження листів та приймальний магазин. При нанесенні покриттів на листи з прямими і фігурними просвітами по розкрою в лакувальних машинах використовуються спеціальні сітчасті трафаретні форми, якими відповідні ділянки поверхні оберігаються від попадання на них лаку, що наноситься, або ґрунту.

Лакувальна валкова машина забезпечує лакування і ґрунтування листів жерсті як суцільним шаром, так і через трафаретні форми з прямими або фігурними просвітами по розкрою. Вона може працювати як у складі всієї лінії, так і при окремому лакуванні листів, але їх подача в машину робиться вручну.

У двозональній сушильній тунельній камері здійснюється безперервне конвективне сушіння лакофарбових покриттів, що наносяться при температурах від 120 до 160 °С. Тривалість сушіння становить 12-18 хв і нею визначається продуктивність усієї лінії.

Виготовлення корпусів банок. Технологічний процес виготовлення корпусів збірних банок включає у собі такі основні операції:

- розрізання підготовлених листів жерсті на заготовки (бланки);
- обробку бланків і згортання в обичайку з поздовжнім сполучним фальцювальним швом, герметизованим паянням, або зі стиковим зварним швом;
- відборткування обичайки.

При виготовленні цільноштампованих корпусів виконуються такі операції, як розрізання листів жерсті на смуги, штампування зі смуг цілісних корпусів.

Підготовлені листи жерсті розрізають на прямокутні заготовки (бланки) на дискових ножицях. Отримані бланки накопичують і направляють на виготовлення корпусів.

Для виготовлення обичайок корпусів збірних бляшаних консервних банок застосовуються корпусоутворюючі автоматичні лінії. Експлуатаційні можливості таких ліній визначаються їх продуктивністю та спеціалізацією на певний діапазон типорозмірів банок. Найбільшого поширення набули лінії, призначені для виготовлення консервних банок діаметром 50 – 100 мм та висотою 50–120 мм. Продуктивність таких однопотокових ліній складає 120–450 корпусів за хвилину. Останнім часом експлуатуються і двопотокові корпусоутворюючі лінії, що працюють із продуктивністю 500–700 корпусів за хвилину. Висока продуктивність досягається в них за рахунок одночасної обробки на кожній технологічній позиції двох однакових заготовок або за рахунок обробки здвоєної заготовки з поділом наприкінці процесу отриманої обичайки на два однакових корпуси.

У корпусоутворюючих лініях їх функціональні пристрої та механізми зазвичай виконують в єдиному технологічному циклі наступні переходи: поштучну видачу бланків з магазину в систему лінії, що транспортує; вальцювання бланка; надрізання країв та обсічення кутів бланка; загинання країв бланка у гачки; промазування гачків флюсом; згортання бланка в обичайку; склепування бокового фальцювального сполучного шва; промазування фальцювального шва флюсом; запаювання фальцювального шва; очищення шва від надлишків припою; охолодження обичайок; переорієнтацію обичайок поворотом на 90° та їх передачу у лоток транспортуючої системи, що відводить.

У 1970-ті роки. були створені технології та обладнання, що дозволяють виготовляти згорнуті із бланку обичайки зі зварним сполучним швом. Цей метод знаходить в даний час все ширше застосування завдяки тому, що в ньому не використовується дорогий припіп та флюс, спрощується технологічне обладнання, а обичайки відрізняються привабливішим зовнішнім виглядом у порівнянні з паяними швами. Виготовляють такі обичайки, як на напівавтоматах, що забезпечують продуктивність від 20 до 80 шт./хв., так і на автоматичному обладнанні, комплексно-автоматизованих лініях, що працюють з продуктивністю від 300 до 600 шт./хв. і більше.

Автомати забезпечують виготовлення згорнутих із бланка обичанок зі зварним сполучним швом, що виконується каліброваним електродним мідним дротом. У найбільш характерному конструктивному виконанні такий автомат містить (рис. 17.4):

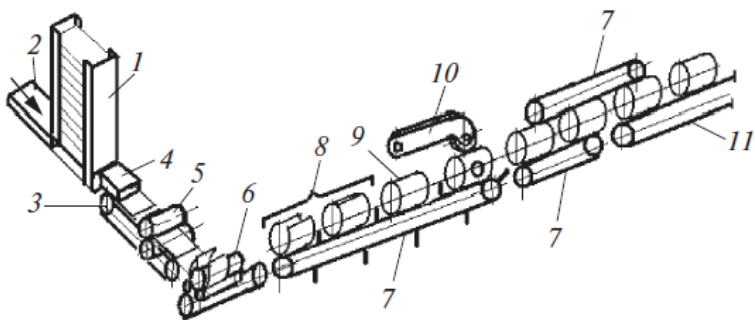


Рис.17.4. Схема автомата що виготовляє обичайки із зварним швом

- живильник 1, в який укладається стопа бланків зведеного формату;
- пристрій 2, що забезпечує поштучну видачу бланків з живильника на транспортер 3, що переміщує їх у поперечному напрямку;
- пристрій 4, що надсікає на бланку лінію для подальшого поділу його на дві обичайки;
- вальцювальний механізм 5, що здійснює перегинання бланка між валками, що сприяє плавному переходу матеріалу від пружної до пластичної деформації та забезпечує рівномірну деформацію бланка по всій довжині при згинанні в обичайку;
- пристрій 6, що згортає бланк в циліндричну обичайку прокаткою між валками;
- транспортери 7, що безперервно переміщують у поздовжньому напрямку обичайки, що виготовляються за технологічними позиціями;
- механізми попереднього 8 і остаточного калібрування 9 згорнутої обичайки;
- зварювальний апарат 10, що виконує на обичайках свіми електродами поздовжні стикові сполучні шви;
- транспортер 11, що виводить виготовлені обичайки з автомата.

Переваги автомата полягають у високій продуктивності, стабільній та надійній роботі зварювального апарату, а також інших виконавчих пристроїв та механізмів, простоті обслуговування, зручній та оперативній переналагодженні при переході з одного типорозміру обичайки на інший. При цьому зварні сполучні шви, що отримуються на обичайках, забезпечують необхідну міцність та герметичність, мають естетичний

зовнішній вигляд, але потребують додаткового їх захисту від окислення та хімічних реакцій у процесі експлуатації банок.

Відбортування корпусів збірних жерстяних банок. Виготовлені обичайки на наступній операції технологічного процесу піддаються відбортуванню фланців на фланцевідгинальних машинах. При цьому відгин фланців (рис. 17.5 а) може здійснюватися двома методами.

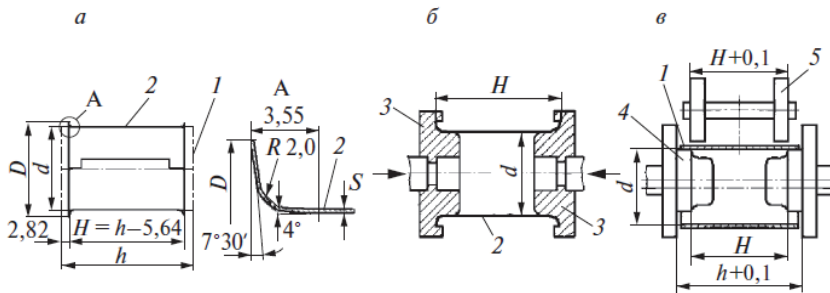


Рис.17.5. Способи відбортування фланців

Перший спосіб (рис. 17.5, б) – роздача кромки обичайки 1 в процесі отримання корпусу 2 відразу по всьому периметру двома фланцевідгинальними профільними пуансонами 3, які зустрічно переміщуються. У роторних машинах цього типу циліндричний корпус банки піддається рівномірному осьовому стиску, а робоча поверхня пуансонів виконується радіусною з упором для калібрування діаметра відігнутого фланця.

Другий спосіб (рис. 17.5, в) – послідовне відбортування кромки обичайки 1, в процесі отримання корпусу 2 шляхом обкатування їх двома парами роликів: внутрішніх 4 і зовнішніх 5. У таких роликівідгинальних машинах відсутнє осьове навантаження на корпус і тим самим виключається можливість втрати їм повздовжньої стійкості.

Розрізання листів жерсті на смуги. Для штампування цільнотягнутих корпусів металевих банок, а також їх кінців (денців та кришок) листову жерсть зазвичай попередньо розрізається на смуги. Залежно від способу штампування та розташування контурів вирубок розрізняють такі види розкрою: однорядний послідовний (рис. 17.6, а), дво- або багаторядний послідовний (рис. 17.6, б), дво- або багаторядний шаховий (рис. 17.6, в), однорядний фігурний (рис. 17.6, г), дво- або багаторядний фігурний (рис. 17.6, д).

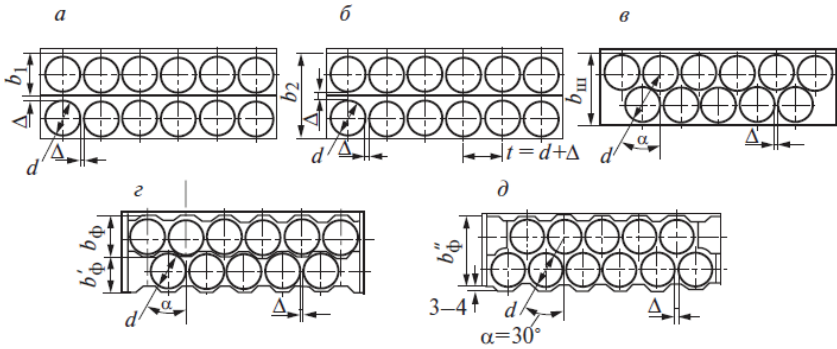


Рис.17.6. Схеми розкрою листів на стрічки

Різання листової жерсті на смуги при послідовному і шаховому розташуванні на них висічок можна проводити на звичайних універсальних ножицях з паралельними, похилими (гільйотинними) або дисковими ножами, а також автоматичних гільйотинних ножицях для поперечного різання рулонної жерсті. Фігурні смуги одержують на спеціальних автоматичних ножицях. При цьому розрізняють два способи фігурного розкроювання:

- з попереднім обрізанням бічних кромки листа дисковими ножами і наступним його фігурним розрізанням на смуги;
- з одночасним оформленням лінії по всьому контуру.

Виготовлення суцільноштампованих корпусів. Суцільноштамповані корпуси металевих банок виробляються шляхом їх витяжки, що є процесом перетворення плоскої заготовки в порожню деталь - корпус. Виготовляються такі корпуси циліндричними, овальними, прямокутними та іншої форми з білої хромованої жерсті або алюмінію. Іноді суцільноштамповані корпуси виконуються з невеликою конусністю по висоті для того, щоб при стапелюванні вони уклалися один у інший і за рахунок цього займали менше місця в тарі під час транспортування.

У штампувальному виробництві операції витяжки характеризуються коефіцієнтом витяжки K , який визначається відношенням кінцевого внутрішнього діаметра d виробу до діаметра D_3 заготовки, тобто $K = d/D_3$. З цього співвідношення випливає, що зі зменшенням чисельного значення коефіцієнта K ступінь витягування матеріалу в штампі збільшується. Як правило, за одну операцію витяжки K не перевищує 0,5. Для підвищення ступеня витяжки і зниження зусилля шляхом зменшення коефіцієнта тертя на верхній бік заготовки перед витяжкою корпусу зазвичай наноситься спеціальне мастило, наприклад, з парафінової олії, яке легко видаляється

рельєфних кілець на дні корпусу 6 і нанесення на нього вкладишами 10 і 11 маркувальних знаків. Матриця 8 при цьому зупиняється на пуансоні 7 і обрубне кільце 12, розміщене в притиску 4, впирається в підкладку 13, а пуансон 1, стискаючи тарілчасті пружини 9, обрізає своєю внутрішньою кромкою кільцевий відхід 14 від фланця корпусу. Далі при зворотному ході повзуна преса всі частини встановленого в ньому штампа повертаються у вихідне положення. Смуга 3 при цьому знімається з пуансона 1 знімачем 15, відштампований корпус 6 виштовхується з матриці 8 штоком 16, а кільцевий відхід 14 бляхи видаляється з нижньої частини штампа на площину його рознімання притискачем 4, який переміщують догори штовхачами 5. З розкритого штампа виготовлений корпус 6 і кільцевий відхід 14 видаляються струменем стисненого повітря, що подається із сопла пневмоскидача преса. Потім смуга 3 жерсті подається в штамп на наступний крок, і цикл повторюється.

Для виготовлення суцільноштампованих корпусів, а також кінців (денця і кришок) металевих банок у жерстяно-баночному виробництві застосовують спеціальні однокривошипні преси простої дії, оснащені пристроями автоматичного подавання матеріалу в штамп, а також пристроями для видалення з пресу виробів і сітки відходів. Залежно від виду матеріалу, що переробляється, це обладнання підрозділяється на прес-автомати для рулонної, листової та смугової жерсті.

У пресах для листової жерсті виготовлення корпусів і кінців здійснюють за шаховою схемою розкрою безпосередньо з листа завдяки його двокоординатному переміщенню щодо штампа. Тут досягається зменшена витрата матеріалу при відносно низькій продуктивності штампування і складнощях в автоматизації процесу.

Прес-автомати для рулонної жерсті широко використовуються при виготовленні кінців з нелітографованого матеріалу з продуктивністю 100-150 циклів на хвилину. Ці прес-автомати випускаються зазвичай номінальним зусиллям 250-400 кН і оснащуються автоматичними пристроями подачі стрічки валкового або кліщового типу, пристроєм для виправлення стрічки, гільйотинними ножицями для розрізання сітки відходів і пристроєм для розмотування рулону.

Найпоширенішими є високопродуктивні прес-автомати для фігурної смугової бляхи, які випускаються як з номінальним зусиллям 100-160 кН для переробки однорядних смуг, так і з номінальним зусиллям 250-400 кН для дворядного штампування. Продуктивність цих пресів становить близько 80-400 циклів на хвилину. Ширше застосовуються високопродуктивні прес-автомати для дворядного штампування, а преси

для однорядного штампування, як правило, застосовують тільки для перероблення вузьких смуг, що залишаються під час розкрою листів на дворядні фігурні смуги.

Виготовлення кінців (денців та кришок) бляшанок. Технологічний процес виготовлення кінців (денців та кришок) бляшаних банок включає наступні основні операції:

- різання листів жерсті на смуги;
- штампування кінців;
- підвивка на кінцях відборткування фланця;
- заливання у підвитий фланець кінців ущільнювальної прокладки та її сушіння.

Для штампування кінців (денців та кришок) листово жерсть зазвичай попередньо розрізається на смуги аналогічним чином і на тому ж технологічному обладнанні, як і при виготовленні суцільнотягнутих корпусів металевих банок. Штампування кінців проводиться за один хід повзуна преса в комбінованому штампі.

Процес виробництва
пивних банок



ТЕМА 18. ТЕХОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТКАНОГО ПАКОВАННЯ ТА М'ЯКИХ КОНТЕЙНЕРІВ

Сучасне пакування охоплює широкий спектр технологічних рішень — від первинної споживчої до спеціалізованої транспортної тари. В умовах зростання логістичних навантажень м'яка транспортне пакування набуло ключового значення у забезпеченні ефективного переміщення великотоннажної продукції у харчовій, хімічній, аграрній і будівельній промисловості. У сучасних умовах стрімкого зростання обсягів вантажоперевезень і потреби в оптимізації логістичних процесів м'яка транспортна тара, особливо контейнери типу біг-бег, набула особливої актуальності. Вона стала ефективним засобом для зберігання, тимчасового накопичення та транспортування сипучих і гранульованих матеріалів, таких як мінеральні добрива, цемент, зернові культури, комбікорми, цукор тощо. Завдяки поєднанню низької маси, гнучкої конструкції, можливості складання, а також високої механічної міцності, біг-бегі забезпечують значну економію місця під час зберігання і транспортування, зменшення витрат на тару і оптимізацію логістичних витрат.

Особливу нішу займають ткані поліпропіленові мішки, контейнери типу біг-бег (рис.18.1) та інші види м'якої тари, що виготовляються з тканих та плівкових матеріалів.

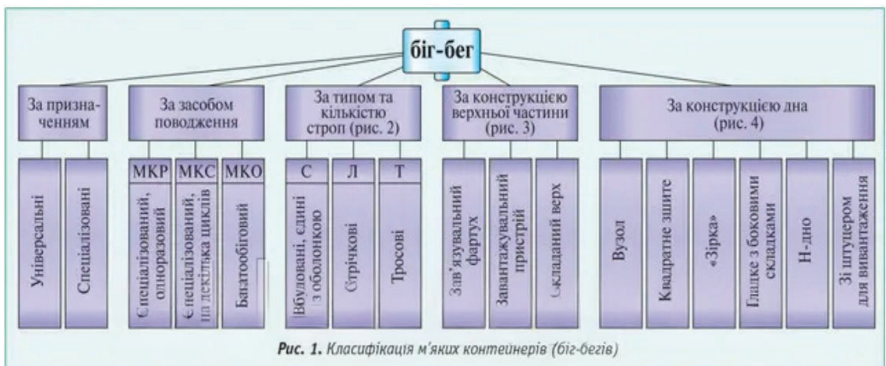


Рис.18.1. Класифікація м'яких контейнерів (біг-бегів)

Види і призначення м'якої транспортної тари

М'яка тара класифікується за багатьма ознаками: матеріалом (полімерні плівки, ткані матеріали), кількістю використань (одно- або багаторазова), стабільністю форми (жорстка чи гнучка).

Основне її призначення — зберігання та транспортування сипучих продуктів (цукор, комбікорми, цемент, добрива) або матеріалів у гранулах та порошках. Конструктивні рішення повинні забезпечувати

герметичність, ергономіку розміщення в транспорті, механізоване завантаження та вивантаження продукції. Важливо, що маса тари становить лише 2–3% від маси продукції, а в складеному стані її об'єм не перевищує 10% заповненого. Це значно знижує витрати на зберігання та транспортування.

Матеріали та конструктивні особливості

Найпоширеніші типи матеріалів:

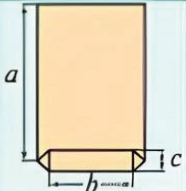
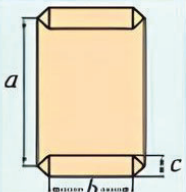
- Крафт-папір — екологічний, повітропроникний, має достатню міцність (до 100 М), використовується для 2–4 шарових мішків (рис. 18.2).

- Поліетилен низького та високого тиску (ПНТ, ПВД) — плівка легка, еластична, водостійка, використовується для хімічної продукції, добрив.

- Поліпропіленові тканини — високостійкий матеріал із зростаючим попитом. ПП мішки (рис. 18.3) мають підвищену зносостійкість, можливість багатократного використання, адаптивність до умов зберігання на відкритих майданчиках.

Основні типи та характеристики мішків з ПП-тканини							
Загальний вид	Тип	Розміри, см				Маса, г	Питома маса, г/м ²
		a	b	c	d		
	Клапаний, з внутрішнім вкладишем	66	45	29	14	80	80
		92	52	29	14	125	85
		82	55	30	15	102	80
		84	60	30	15	113	80
		87	60	30	15	113	80
	Відкритий, з вкладишем	100	50	–	–	131	80
		95	56	–	–	111	88
		100	50	–	–	72	70
		105	55	–	–	83	70
	Відкритий, без вкладиша	120	78	–	–	125	65
		130	87	–	–	147	65
		150	95	–	–	230	80

Рис.18.2. Типи і характеристики мішків з ПП тканини

Основні типи паперових мішків						
Загальний вид	Тип	Розміри, см			Застосування	
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>		
	Закритий	33	30,9	9	Для сипких матеріалів (цемент, тальк, сухі суміші, харчові продукти)	
		44	38	9		
		49	35	11		
		50	40	9		
		58	45	11		
		60	49,5	11		
	Відкритий	43	40	9	Для сільськогосподарської продукції (борошно, сіль, сухе молоко), а також для пінобетону, добрив	
		60	40	14		
		70	50	13		
		84	50	13		
		92	50	13		
		100	50	9		

° основні типорозміри (всього використовується більше 40 видів за розмірами)

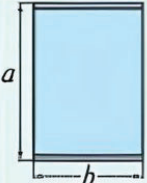
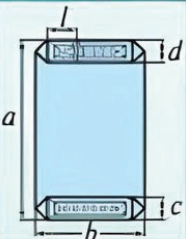
Основні типи мішків з поліетиленової плівки							
Загальний вид	Тип	Розміри, см					Товщина плівки, мм
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	
	Відкритий	65–200	50–60	–	–	–	200
	Клапанний, хоробчастий	50–84	50–60	10–17	10–17	11–20	180–250

Рис.18.3. Основні типи паперових мішків

Технологія виробництва тканини для м'якої тари

Виробництво ткані поліпропіленової тари передбачає кілька технологічних етапів:

1. Змішування гранул ПП з домішками. Екструзія плівки – отримання плоских стрічок шляхом продавлювання через щільну головку.

2. Розрізання та орієнтація ниток у спеціальних печач.
3. Ткацтво на круглоткацьких верстатах з формуванням рукавної тканини.
4. Формування мішків або контейнерів – включає шиття, клапани, вкладиші тощо.

Основне обладнання: високопродуктивні екструдери (150–350 кг/год), круглоткацькі верстати, швейні машини, допоміжні плівкові лінії. Дизайн сучасних установок відповідає міжнародним вимогам щодо гігієни, автоматизації та мінімізації втрат.

Біг-беги – універсальні м'які контейнери

М'які контейнери (рис.18.4) типу Big-Bag (МК) (рис. 18.4) — це великогабаритна тара вантажопідйомністю до 2 тонн, виготовлена з поліпропіленової тканини.

Така конструкція адаптована до механізованого завантаження й вивантаження, має 2–4 вантажопідйомні петлі, розвантажувальні клапани, фартухи, іноді — герметичні вкладиші.

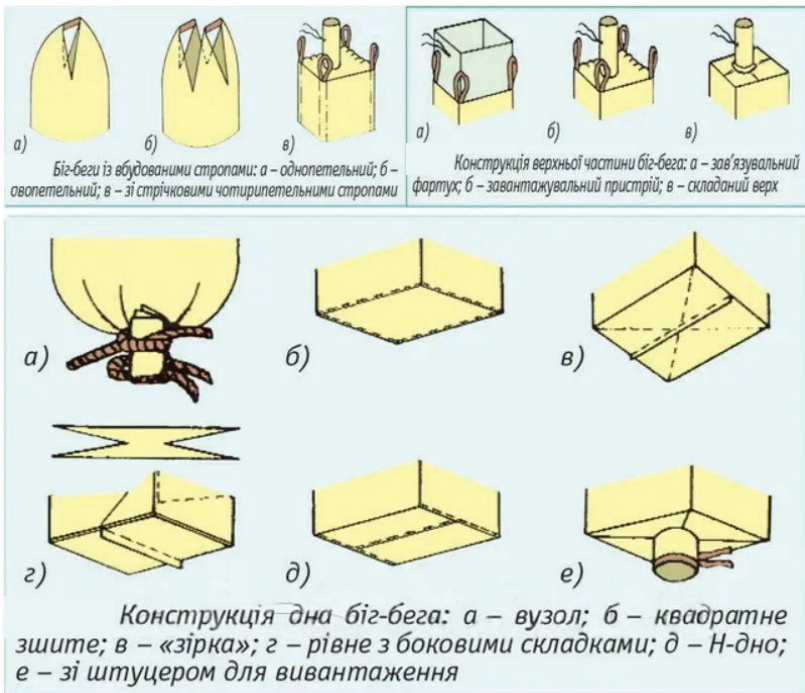


Рис.18.4. Загальні конструктивні особливості

Переваги Big-Bag:

- вантажопідйомність до 20 кН при малій власній масі;
- стійкість до вологи, УФ-випромінювання;
- можливість багаторазового використання;
- зниження втрат продукції при транспортуванні;
- екологічна безпека — вторинна переробка після використання;
- зберігання на відкритих майданчиках.

Системи маркування (рис.18.5) біг-бегів (МКРПП-1,0 92×92×160/4П/РК-35/Ф) дозволяють легко ідентифікувати конструктивні особливості, матеріали, призначення.

Маркування (рис.18.5) біг-бегів є ключовим етапом у забезпеченні простежуваності, безпеки та відповідності логістичних процесів.

Kunden-Sachnummer		Kunde	
394 0123		FIAT	
TRW Automotive GmbH Hauptstr. 80 D - 31699 Beckedorf			
Gewicht (Netto)		Gewicht Brutto	Stückzahl
120		120	10
TRW - Sachnummer			
 *K5G070M0R*			
Bezeichnung			
Ventilkegelstücke			
TRW - Sachnummer			
K5G070M0			
Änderungsstand			
Datum	Masch. - Nr. 4	RK 7 H	
20.09.2006			
TRW - Auftragsnummer			
1003019127 VIDEO UNBEFETTET VCI			



a)

б)



в)

Рис.18.5. Види маркування мішків: а) термотрансферний друк; б)наклейки на етикетці; в) використання попередньо надрукованої плівки

Воно дає змогу чітко ідентифікувати вміст пакування, партію продукції, дату виготовлення, призначення, а також є важливим носієм інформації для автоматизованих систем обліку. Існує кілька основних підходів до маркування мішків великої вантажності. Перший – термотрансферний друк, який є найпоширенішою технологією нанесення маркування на пакети й біг-беги. Він вирізняється швидкістю, високою якістю друку та універсальністю. За допомогою спеціального принтера етикетка друкується на термострічці і переноситься на поверхню плівки або етикетки. Серед переваг цього методу – висока чіткість графічних елементів, логотипів, штрихкодів, а також програмованість друку, що дозволяє змінювати інформацію про продукт, партію, дату.

Зазвичай використовується біла поліетиленова плівка або термоетикетки (рис.18.5, а). Другий підхід – наклейки на етикетці (рис. 18.5, б). Він передбачає попереднє створення етикетки, яку потім автоматично або вручну наносять на біг-бег. Система складається з принтера та аплікатора. Етикетка друкується на самоклеючому носії, після чого одразу наклеюється на пакет. Цей метод особливо зручний для підприємств, які фасують різні види продукції на одному обладнанні, оскільки дозволяє оперативно змінювати інформацію про вміст пакета навіть у межах однієї партії.

Третім варіантом є використання попередньо надрукованої плівки (рис. 18.5, в). Такий підхід доцільний при великих серіях однакової продукції, наприклад для борошна, цукру чи цементу. Плівка виготовляється заздалегідь на друкарських машинах і використовується безпосередньо під час формування пакування. Основними перевагами цього підходу є низька собівартість при великих обсягах, якісна багатоколірна поліграфія (включаючи логотипи) та сумісність із автоматизованими пакувальними лініями.

Окрім основних методів, існують також додаткові варіанти маркування, серед яких – тиснення, маркування штрихкодом на клапанах, а також ультрафіолетове маркування, що дає змогу приховано ідентифікувати партії продукції, забезпечуючи захист від підробок.

Правильно вибране маркування біг-бегів гарантує легке відстеження продукції у логістичних мережах, відповідність міжнародним стандартам (ISO, EFIBCA), а також високу точність пакування. Застосування сучасного маркувального обладнання стає не лише елементом дизайну або інформативності, а й обов'язковою умовою інтеграції підприємства у глобальні ланцюги постачання. В умовах автоматизованого фасування та розподілу продукції системи маркування перетворюються на критично важливу частину виробничого процесу, забезпечуючи оперативність, точність і прозорість усіх етапів переміщення та зберігання продукції.

Обладнання виробництва поліпропіленових тканевих мішків

Повний виробничий цикл виготовлення тканого пакування та м'яких контейнерів, зокрема поліпропіленових мішків і біг-бегів, реалізується шляхом послідовного застосування спеціалізованого технологічного обладнання, що забезпечує безперервність, точність, високу продуктивність і відповідність стандартам якості. Виробничий процес розпочинається з підготовки сировини: до бункера екструдера засипається первинний або вторинний гранульований поліпропілен, який у разі потреби змішується з барвниками, антистатиками, стабілізаторами або наповнювачами, наприклад карбонатом кальцію, що забезпечує необхідні властивості кінцевого виробу. У процесі екструзії поліпропілен розплавляється при температурі близько 260°C і формується в тонку плівку, яка охолоджується на барабанах. Цей розплавлений полімер далі надходить на систему нарізки, де плівку подрібнюють на стрічки-заготовки (волокна) заданої товщини, які розтягуються до відповідного діаметра і намотуються на котушки. Ці нитки утворюють базовий конструктивний елемент для виробництва тканини типу "рукав", яка є основою для формування мішків. На наступному етапі котушки з нитками встановлюються у круглоткацькі верстати, які переплітають їх у суцільну поліпропіленову тканину трубчастої форми. Ці машини налаштовуються на необхідну щільність тканини, кількість поданих ниток, їх натяг і розмір майбутніх мішків. Особлива увага приділяється відповідності структури тканини вимогам до міцності, повітропроникності та гнучкості. Тканий "рукав", сформований ткацьким верстатом, намотується на великі бабіни для подальшого використання. Після цього рулони з тканим матеріалом можуть бути відправлені в секцію нанесення маркування, якщо передбачено флексографічний друк. За допомогою друкарських валів і спеціального устаткування фарба переноситься на поверхню мішка, що дозволяє здійснювати ідентифікацію продукції, брендування, а також відображення даних партії (рис.18.6). Потім рулони потрапляють на автоматизовані лінії нарізки, де тканина ріжеться на окремі заготовки відповідно до заданих розмірів мішків. Застосовується гарячий метод, який забезпечує запаювання країв, щоб уникнути розпускання ниток. У цьому ж модулі відбувається формування дна виробу: заготовка підвертається й прошивається один або два рази поліпропіленовою ниткою з багатьох волокон. Особливістю цього шва є його розташування вздовж мішка, що підвищує герметичність і міцність. У випадку з біг-бегами використовується обладнання для розкрою чотиристропних заготовок з вбудованими стропами, що забезпечують рівномірний розподіл навантаження при підйомі та транспортуванні контейнера. Спеціалізовані машини здатні нарізати поліпропіленову стрічку для виготовлення строп, а також готувати отвори для клапанів чи горловин. Наступним важливим етапом є зшивання всіх елементів — основи мішка, дна, клапанів (верхнього або нижнього) та стропів.



Рис. 18.6. Загальний вид поетапного виробництва тканевих мішків із поліпропілену

Це може виконуватись на окремих або комбінованих швейних машинах, які забезпечують точність з'єднання, задану міцність шва та швидкість циклу (18.7).

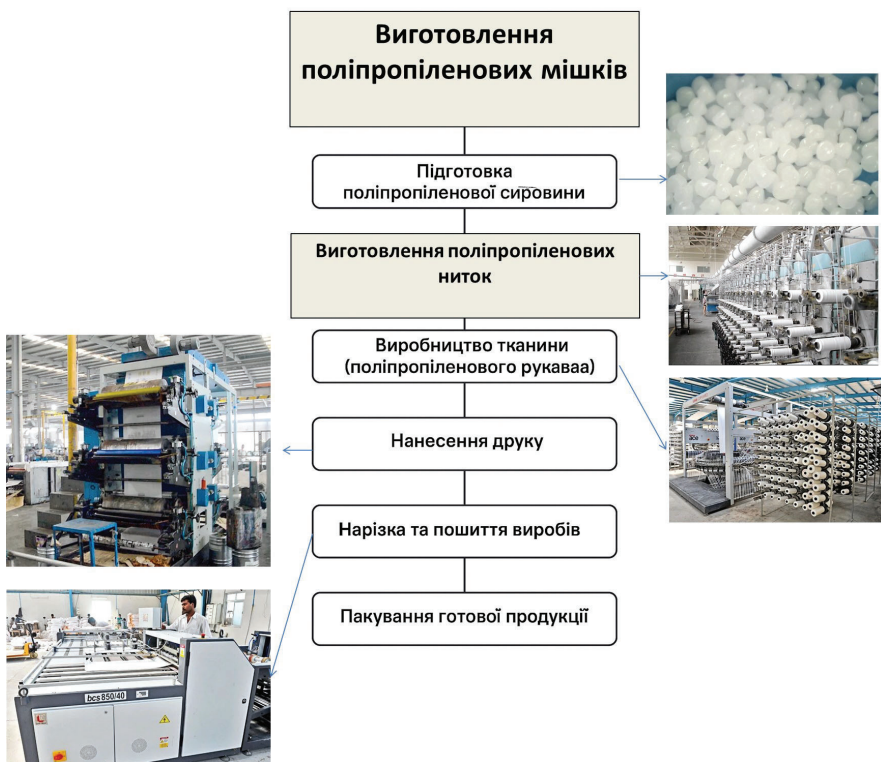


Рис.18.7. Процес виготовлення поліпропіленових мішків

У випадку виробництва ламінованих мішків тканинна заготовка проходить через екструдер для нанесення шару поліетилену або змішаних полімерів з однієї чи обох сторін, що підвищує вологозахисність, газонепроникність і стійкість до забруднення. Також існує можливість додавання внутрішніх вкладишів типу «бутильне горло», які вшиваються у контейнер змередини для запобігання втратам сипких продуктів під час транспортування або фасування. На фінальній стадії виробу сортуються, складаються в пачки по 100–1000 штук залежно від типорозміру, потім пресуються, пакуються у термозбіжну плівку або обгортаються поліпропіленовою тканиною, після чого маркуються й транспортуються на склад.

Сучасні лінії можуть бути додатково інтегровані з автоматизованими системами маркування — термотрансферними принтерами, аплікаторами етикеток, QR-кодувальними модулями, що забезпечує повну ідентифікацію мішків на всіх етапах логістичного ланцюга. Таким чином, повний технологічний цикл виробництва тканого пакування та м'яких контейнерів включає комплекс обладнання: екструдери, нарізні машини, ткацькі верстати, друкарські установки, ламінатори, зварювальні та швейні модулі, системи маркування та пакування. Весь цикл інтегрується у межах одного підприємства, що забезпечує зниження витрат, високу гнучкість до замовлень і можливість оперативної адаптації до змін на ринку пакування. Сучасне виробництво мішків (рис.18.7) базується на принципах безперервності, автоматизації та стандартизації, що дозволяє виготовляти продукцію відповідно до вимог ISO, EFIBCA, HACCP та інших міжнародних норм. Усі етапи — від гранули до готового мішка — утворюють замкнену систему з високим ступенем повторюваності, що гарантує стабільну якість продукції при масштабуванні виробництва.

ТЕМА 19. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СПОЖИВЧОЇ, ТРАНСПОРТНОГО ПАКОВАННЯ ТА ДПЗ З ДЕРЕВИНИ

Пакування з деревини (рис.19.1) займає важливе місце серед традиційних пакувальних матеріалів, особливо у сферах, де вимагається висока міцність, жорсткість і можливість багаторазового використання. Тема охоплює споживчу та транспортну дерев'яну тару, а також засоби для транспортування і зберігання великогабаритної, важкої або чутливої продукції. Однією із давно відомих і досі необхідною для виготовлення тари є деревина, яка застосовується у найрізноманітніших формах.



Рис.19.1. Приклади пакування із деревини

Хоча в деяких сферах пакування її почали витіснити високотехнологічні матеріали, деревина все ще відіграє важливу роль у виробництві транспортної тари для перевезень крупно габаритних вантажів і крихких предметів будь-яких розмірів, які вимагають жорсткої і міцної пакування.

Класифікація дерев'яної пакування

Пакування з деревини поділяють за призначенням:

- **Споживче пакування:** дерев'яні шкатулки, коробки для елітної продукції, сувенірів, алкогольних напоїв тощо.
- **Транспортна тара:** ящики (рис.19.2), піддони, обрешітки, барабани – призначені для захисту продукції при зберіганні й транспортуванні.
- **ДПЗ – дерев'яні пакувальні засоби:** підставки, прокладки, кришки, кріплення – застосовуються для фіксації вантажів.

Для виробництва тари (рис.19.2) використовують деревину хвойних і листяних порід. За твердістю вона поділяється на м'яку (липа, ялина, сосна, осика, ялиця, кедр), дуже тверду (самшит, тис) і тверду (дуб, модрина, береза, бук).



Рис. 19.2. Приклад дерев'яних ящиків для плодово-овочевої групи вантажів

Щільність деревини становить від 0,88 до 3,2 г/см³. Важчі види деревини мають більшу міцність, а також кращу фіксацію цвяха, але гірше піддаються обробці (усаджуються, розтріскуються). Виокремлюють чотири групи деревини, яка придатна для виготовлення ящиків, залежно від її міцності і фіксації цвяхів:

- I група включає хвойні дерева з м'якою деревиною і листяні породи із деревиною невеликої щільності – сосна, ялина, кедр, каштан, липа;

- II група – листяні породи з більшою фіксацією цвяхів, але при цьому вони схильні до розтріскування. Тому при використанні цих видів деревини слід застосовувати цвяхи менших розмірів і забивати їх на більшій відстані один від одного;

- III група деревини із середнім ступенем твердості (ясень, в'яз тощо). Такий матеріал має близьку до II групи фіксованість цвяха і міцність, але при цьому менш здатний до розтріскування і найбільш підходить для виготовлення дна та планок ящиків. Така деревина частіше застосовується для виготовлення армованих дротяних і фанерних ящиків;

- IV група деревини найбільш тверда (дуб, клен тощо). Вона важко обробляється і застосовується для виготовлення найбільш міцних

армованих дротяних і фанерних ящиків. Найбільш придатною вважається деревина, яка містить близько 15 % вологи. Розмір сучків на пиломатеріалах не повинен перевищувати третину від ширину дошки. Сучки не допускаються в місцях вбивання цвяхів. Серед інших дефектів, які допускаються лише в певних межах, можна віднести тріщини, щілини, нахил волокон, а також ділянки гнилі і пошкоджені комахами. Основними матеріалами для виробництві дерев'яної тари є: пиломатеріали, фанера і деревинноволокнисті плити. Серед пиломатеріалів розрізняють: пиломатеріал з деревини хвойних порід II, III та IV сортів; пиломатеріал з деревини м'яких порід і берези II та III сортів; тарні дощечки спеціального розпилювання з деревини III та IV сортів. Фанера буває: підвищеної водостійкості, склеєна фенол формальдегідним клеєм (ФСФ); середньої водомісткості, склеєна карбамід ним або альбуміноказеїновими клеями (ФК і ФБА); обмеженої водостійкості. Серед допоміжних матеріалів виокремлюють цвяхи, скоби, шурупи, дріт, кутники, сталеву стрічку, клей.

Композит вважається новим матеріалом для транспортної пакування. У ньому міститься 80-90 % деревини і 10-20 % зв'язуючих домішок на клейовій основі. Застосування композиційних матеріалів із відходів деревини, з додаванням різних клейових композицій, дає змогу вирішити багато проблем, пов'язаних з виробництвом тари і пакування для продукції спеціального промислового і оборонного значення.

Види деревини для пакувальної тари

Основні матеріали:

- Хвойні породи (сосна, ялина): легкість, доступність, дешевизна.
- Листяні породи (береза, бук): вища щільність та міцність.
- Фанера: використовується для легких ящиків і коробок.
- ДВП, ДСП: економічний варіант, часто у вигляді прокладок або каркасних елементів.

Основні технологічні етапи виготовлення тари з деревини

1. Сорткування та підготовка деревини: розпилювання, сушіння, калібрування.
2. Механічна обробка: стругання, фрезерування, свердління, збирання.
3. Збирання тари:
 - цвяхове з'єднання (традиційне);
 - шурупове та клейове з'єднання;
 - скоблення та шипове з'єднання – для точного пакування.
4. Формування тари – складання за розмірами та ГОСТ/ISO.
5. Фумігація або термообробка – для забезпечення санітарних вимог при експорті (відповідно до стандарту ISPM-15).
6. Маркування тари (рис.19.3), таблиця 19.1. – нанесення серійного номера, дати виготовлення, логотипу, маркування ISPM-15 (у випадку експорту).

7. Контроль якості та складування.



Рис.19.3. Ключові конструктивні варіанти дерев'яної тари:
а) дерев'яна обрешітка відкритого типу; б) суцільні дощаті ящики; в) марковані дерев'яні ящики середніх і малих розмірів; г) укріплена обрешітка для великогабаритного вантажу

На зображенні представлені різновиди дерев'яної транспортної тари, що широко використовуються для пакування, зберігання та перевезення вантажів. Кожен тип має специфічну конструкцію, яка відповідає вимогам до міцності, вентиляції, захисту вмісту та умов транспортування.

На (рис.19.3, а) – дерев'яна обрешітка відкритого типу. такий тип тари складається з каркасу з поздовжніх і поперечних дощок без суцільних стінок. вона використовується для пакування міцних або армованих виробів, які не потребують повного захисту від зовнішнього середовища, але потребують фіксації та захисту від механічних пошкоджень.

На (рис.19.3, б) – суцільні дощаті ящики. це класична форма щільної тари з дерев'яними стінками, дном і кришкою. Такі ящики використовуються для пакування крихких або чутливих до зовнішніх

впливів виробів (наприклад, електроніки, приладів, дорогих комплектуючих), які потребують жорсткого захисту.

На (рис.19.3, в) – марковані дерев'яні ящики середніх і малих розмірів. Явно видно нанесену стандартну пакувальну символіку (наприклад, «крихке», «верх», «захист від вологи»), що вказує на призначення тари для міжнародних перевезень. такі ящики часто використовуються в логістиці, зокрема для транспортування експонатів, медичних або лабораторних приладів. (рис.19.3, г) – укріплена обрешітка для великогабаритного вантажу. Має посилений каркас та значну вантажопідйомність. Використовується для пакування обладнання, машинних частин або іншої техніки, яка повинна бути захищена від переміщення та пошкодження в процесі транспортування.

Загальні характеристики маркування

Таблиця 19.1

№	Тип дерев'яної тари	Конструкція	Призначення	Переваги	Типове маркування (ISO/ГОСТ)
1	Обрешітка відкритого типу	Каркасна конструкція з рейок або дощок	Для габаритних, міцних виробів, які не потребують герметизації	Легка, дешева, забезпечує фіксацію	ISO: «This side up»; ГОСТ: «Крихке»
2	Суцільний дощатий ящик	Герметичний корпус зі щільно з'єднаних дощок	Для чутливих або крихких предметів, які потребують захисту	Жорсткий захист, можлива герметизація	ISO: «Keep dry», «Fragile»
3	Ящик з нанесеним маркуванням	Ящик із чіткою логістичною символікою	Для експорту, зберігання і транспортування середніх вантажів	Інформативність, відповідність стандартам	ISO: «Temperature limit», «Keep dry»
4	Укріплена дерев'яна обрешітка	Посилена рамна конструкція з ребрами жорсткості	Для важкого обладнання, агрегатів, двигунів тощо	Міцна, витримує велике навантаження	ISO: «Reusable», ГОСТ: стрілка вгору

Обладнання для виготовлення дерев'яної пакування

Деревообробні верстати:

- Форматно-розкрійні пили – для розпилювання заготовок.
- Циркулярні пили та стрічкові пилки – базовий інструмент для розкрою дощок.
- Фугувальні та рейсмусові верстати – забезпечують точність розмірів.

Збиральне обладнання:

- Пневматичні цвяхозабивні пістолети – для складання ящиків.
- Автоматичні лінії складання піддонів – забезпечують високу продуктивність.
- Обладнання для шипового з'єднання – точна механіка для елітної тари.

Сушильні камери:

- Для зменшення вологості деревини до нормативів (не більше 20%).

Фрезерні верстати з ЧПК:

- Використовуються для створення отворів, декоративних елементів, отворів для кріплень.

Особливості виготовлення ДПЗ (дерев'яних пакувальних засобів)

ДПЗ включає:

- Проставки та підставки – для укладання важкої техніки, електрообладнання;
- Кріпильні засоби з дерева – для фіксації негабаритної продукції;
- Вкладиші та решітки – амортизаційні елементи;
- Барабани для кабелів – масивна тара із підвищеною вантажністю.

Застосовується метод ручного складання або напівавтоматизовані комплекси.

Стандартизація і вимоги до дерев'яної тари

- ISPM-15 – міжнародний стандарт фітосанітарної обробки деревини.
- ISO 8611 – вимоги до піддонів.
- ДСТУ 9078:2020 – ящики дерев'яні збірні.
- ГОСТ 9557, 2991 – ящики з дощок, брусів, фанери.
- ГОСТ 10198 – піддони плоскі чотирихходові.

ТЕМА 20. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА КОНСТРУКТИВНІ ПАРАМЕТРИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАКОВАНЬ З ДЕРЕВИНИ

Деревина є традиційним матеріалом для пакувальної тари і продовжує відігравати важливу роль у виробництві транспортної пакування для великогабаритних вантажів та крихких предметів, що потребують жорсткої й міцної тари. Дерев'яна тара поділяється за призначенням на споживчу (дрібну) та транспортну (велику). До споживчої належать невеликі дерев'яні коробки, пенали, подарункові ящики, а до транспортної – ящики (кліті), бочки, барабани, контейнери і ящичні піддони. У сучасній логістиці дерев'яні піддони стали невід'ємними для зручного переміщення та складування товарів, а дерев'яні ящики і решітчасті обрешітки використовуються для захисту продукції від пошкоджень під час транспортування. Для виготовлення всієї цієї тари застосовується спеціалізоване обладнання, від простих верстатів до комплексних автоматичних ліній. Вибір обладнання залежить від масштабів виробництва та типу тари: для масового випуску стандартних піддонів і ящиків використовують високопродуктивні автоматичні лінії, тоді як для дрібносерійного або індивідуального виготовлення часто застосовують напівавтоматичні верстати й пневмоінструменти.

Основні параметри пакувального обладнання

При проектуванні та виборі обладнання враховують технологічні і конструктивні параметри: продуктивність (кількість виробів за годину чи зміну), габаритні розміри тари, що може виготовлятися (наприклад, максимально допустимі розміри піддона чи ящика), встановлену потужність двигунів, тип приводу, витрату стисненого повітря (для пневмообладнання), місткість магазинів для цвяхів чи скоб, тощо. Важливими конструктивними показниками є також маса і габарити самого верстата, міцність його станини, точність позиціонування робочих вузлів, продуктивність вузлів (наприклад, кількість ударів молотка за хвилину у цвяхозабивному апараті), а також вимоги до енергопостачання (електрична потужність, тиск повітря). Правильний розрахунок цих параметрів забезпечує, щоб обладнання відповідало потрібній продуктивності і випускало тару потрібної якості.

Далі розглянемо основні типи обладнання, що застосовуються при виготовленні різних видів дерев'яної тари (ящиків, піддонів, обрешіток), їх конструктивні особливості, вузли та механізми, а також вимоги до точності, надійності й безпеки, включно з дотриманням стандартів (ISO, ГОСТ, ДСТУ).

Підготовка матеріалів: обладнання для розкрою та обробки деревини

Виробництво дерев'яної тари починається з підготовки пиломатеріалів потрібних розмірів. Для цього застосовується деревообробне обладнання:

Багатопилкові верстати – розкроюють брус або дошку одночасно на кілька дощечок потрібної ширини. Наявність кількох пил на спільному валу дозволяє швидко нарізати рейки й планки для ящиків чи настилів піддонів. Станина таких верстатів виготовляється зі сталі або чавуну для гасіння вібрацій, привід – потужний електродвигун (20–50 кВт) з передачею обертання на вал з пилами. Подача матеріалу здійснюється рольгангом з притискними роликками.

Торцювальні пили – дискові пили поперечного різання, які відрізають заготовки заданої довжини (наприклад, дошки для боковин ящика або бруски для ніжок піддона). Торцювальні верстати можуть бути ручними (маятниковими), напівавтоматичними з упорами або автоматичними лініями, що самі подають і ріжуть матеріал з точністю кілька міліметрів. Конструктивно вони складаються з рами, моторної пили на поворотному важелі або каретці, системи подачі та вимірювання довжини (упор, лінійка або CNC-система).

Верстати для вибірки та свердління – у разі потреби спеціальних з'єднань або отворів. Наприклад, фрезерні верстати можуть вибирати пази або робити шипи на деталях ящика (для шипового з'єднання), а свердлильні – свердлити отвори під болтові з'єднання чи ручки. Типово ці машини мають станину з напрямними, шпindel (або кілька) з ріжучим інструментом та регульований привід (часто електродвигун з ЧПК-керуванням положення).

Рейсмусові і стрічкопилкові верстати – за потреби можна калібрувати товщину дощечок (рейсмус) або випилювати вигнуті елементи (стрічкова пила) для спеціальних видів тари. Наприклад, для виготовлення клепок бочки чи вигнутих елементів каркаса можуть застосовуватись такі верстати.

Після розкрою іноді застосовується **шліфування та фрезерування деталей**. Шліфувальні машини (стрічкові, дискові, барабанні) знімають задирки і роблять поверхню тари гладкішою, щоб працівники не

травмувались, а продукція не ушкодилися об задирки. Фрезерні головки можуть знімати фаски по краях дошок піддона або зрізати кути — наприклад, для полегшення входження рокли під піддон чи зменшення ризику рвання пакувальної плівки на гострих кутах. Такі вузли встановлюються на виході з лінії і являють собою блок з кількома фрезами або дисковими пилами, що обробляють виріб з потрібних сторін.

Матеріали і приводи. Усі верстати для обробки деревини виготовляють з міцних матеріалів: станини — з чавуну або товстостінного сталевого профілю (щоб витримувати навантаження і не деформуватися), напрямні — загартована сталь. Ріжучий інструмент (диски, фрези, свердла) виготовляють зі швидкорізальної сталі або твердосплавних матеріалів, що забезпечує довговічність. Приводи — переважно електричні двигуни потрібної потужності. Так, для багатопилкових верстатів та торцювання використовують двигуни потужністю кілька десятків кіловат, аби різати масив деревини. Швидкість подачі і обертів пил може регулюватися частотними перетворювачами. В сучасному обладнанні впроваджуються системи ЧПК (цифрового програмного керування) для автоматичного вимірювання і різання за розмірами, що мінімізує похибку та відходи матеріалу.

Обладнання для складання дерев'яної тари

Після підготовки компонентів здійснюється безпосереднє складання (збивання) ящиків, піддонів або обрешіток. Це ключовий етап, від якого залежать міцність і точність готової тари. Обладнання для складання буває **автоматичним, напівавтоматичним або ручним з механізацією окремих операцій**. Розглянемо основні типи:

Автоматичні лінії для виготовлення піддонів

Для масового виробництва піддонів (особливо європіддонів стандартних розмірів 800×1200 мм) застосовують автоматизовані лінії високої продуктивності. Такі лінії здатні збивати до 6 піддонів за хвилину, що суттєво підвищує ефективність виробництва. Як правило, лінія складається з кількох послідовно з'єднаних машин і механізмів, утворюючи конвеєрний цикл:

– **Подача заготовок.** Дошки настилу та бруски (шашки) піддона автоматично подаються з магазинів або укладчиків на конвеєр. Наприклад, дошки верхнього настилу можуть автоматично розкладатися в потрібній кількості та точно заданих позиціях на шаблоні.

– Збирання верхньої обв'язки. Спеціальний верстат чи станція позиціонує бруски-нагеля і прибиває до них дошки верхнього піддону (обв'язки). В цій стадії кілька пневматичних або гідравлічних цвяхових головок одночасно забивають цвяхи у задані точки, закріплюючи дошки настилу до кубиків основи.

– Формування нижньої обв'язки і корпусу. Піддон перевертається (автоматичний перевертальний пристрій) і на нижній бік можуть автоматично укладатися дошки нижнього настилу, які теж прибиваються до кубиків. Таким чином формується цілісний корпус піддона. Часто застосовується конвеєр, що послідовно переміщує заготовку через зони забивання верхніх і нижніх дошок.

– Контроль якості та виправлення. У склад лінії може входити модуль контролю: датчики перевіряють наявність усіх цвяхів, відповідність розмірів. Якщо виявлено брак (наприклад, не забився цвях), виріб може відбракуватися або направлятися на виправлення вручну.

– Штабельовання готових піддонів. На виході автоматичний штабелер укладає піддони в стоси (як правило, по 15–20 шт) для зручності зберігання і подальшого транспортування. Стоси можуть автоматично виштовхуватися на рольганг.



Рис. 20.1. Автоматичний гідравлічний верстат для збирання піддонів типу РСМ (виробництво Form, Туреччина)

Машина має масивну сталеву раму, багатоголовочні блоки цвяхозабивних пістолетів (зверху видно блоки з білими пневмошлангами) для одночасного забивання цвяхів у декількох точках, систему подачі заготовок і панель ЧПК-керування (ліворуч). Продуктивність таких верстатів сягає 1–2 піддонів за хвилину при потужності приводів близько 20–30 кВт

Більше інформації та відео
за посиланням:



Автоматична лінія є комплексом синхронізованих вузлів, тому її конструкція ретельно продумана: жорстка станина витримує динамічні удари від забивання цвяхів; механізми позиціонування дошок та блоків оснащені сервоприводами або пневмоциліндрами; цвяхозабивні головки мають магазини для цвяхів і працюють від пневмосистеми з компресором. Управління здійснюється централізовано за допомогою PLC (програмованого контролера) з сенсорним інтерфейсом, де оператор задає тип піддона і контролює процес. Для безпеки лінія обладнана захисними огорожами, фотоелементами та аварійними зупинками, щоб запобігти потраплянню людини в зону автоматичного забивання.

Продуктивність. Сучасні лінії забезпечують випуск 500–1200 стандартних піддонів за 8-годинну зміну, тобто один піддон збирається за 10–60 секунд. Для порівняння, при ручному складанні піддона з використанням пневмомолотка потрібно 5–10 хвилин на один піддон. Таким чином автоматизація підвищує продуктивність у кілька разів. Наприклад, компанія **EPAL** вимагає від ліцензійних виробників використання автоматичних ліній, що відповідають стандарту EN 13698-1, які стали “золотим стандартом” у Європі. Дотримання цього стандарту гарантує взаємозамінність та надійність європіддонів. Автоматичні лінії завдяки точному дозуванню цвяхів і позиціонуванню деталей забезпечують виготовлення піддонів з однаковою конструкцією та розмірами в межах установлених допусків (як правило, не більше ± 5 мм). За потреби в лінію можуть бути інтегровані модулі маркування (наприклад,

термостемпелювання знаку ІРРС та коду виробника на боковині кожного піддона).

Обладнання для складання дерев'яних ящиків і контейнерів

Дерев'яні ящики та решітчасті контейнерні обрешітки за розмірами і конструкцією набагато різноманітніші, ніж піддони, тому підхід до їх складання може відрізнятися. Існують спеціалізовані автоматичні лінії для виготовлення стандартних ящиків (наприклад, фруктових-овочевих), а також універсальні верстати і пристосування для складання тари різних габаритів. Основні етапи і вузли при складанні ящиків:

Збирання стінок (щитів) ящика. Боковини часто складаються з декількох дощочок (планок), які потрібно закріпити між собою на брусках або в рамі. Існують верстати, що автоматично укладають планки на шаблон і прибивають їх до торцевих брусків (кути ящика). Наприклад, для ящика з 3 планок боковини та двох торцевих брусків автомат може одночасно збити ці елементи пневмостеплерами або цвяхами. Такі машини оснащені магазином скоб/цвяхів, пневматичними молотками і притисною рамкою.

Формування каркаса (короба). Дві пари стінок з'єднуються між собою утворюючи короб. З'єднання кутів може виконуватися на окремому станку: деталі встановлюються у кутову оснастку і скріплюються цвяхами, скобами або шиповим з'єднанням. В автоматизованій лінії, наприклад, перший станок збиває дві протилежні сторони з торцевими брусками, а другий станок з'єднує ці вузли між собою, прикріплюючи інші стінки і дно.

Кріплення дна і кришки. Дно (настил) ящика може прибиватися на окремій станції: короб ящика подається на позицію, де автомат укладає дно (з дощок або фанери) і прибиває/прикручує його. Аналогічно може встановлюватися кришка, якщо вона передбачена (наприклад, в контейнерах для приладів).

Вузли фіксації і фурнітура. Деякі види тари потребують встановлення петель, замків, ручок – ці операції зазвичай виконуються вручну або на окремих пресах/стискних пристроях, оскільки точне позиціонування фурнітури важливе, але складно автоматизується для малих серій (рис.20.2).

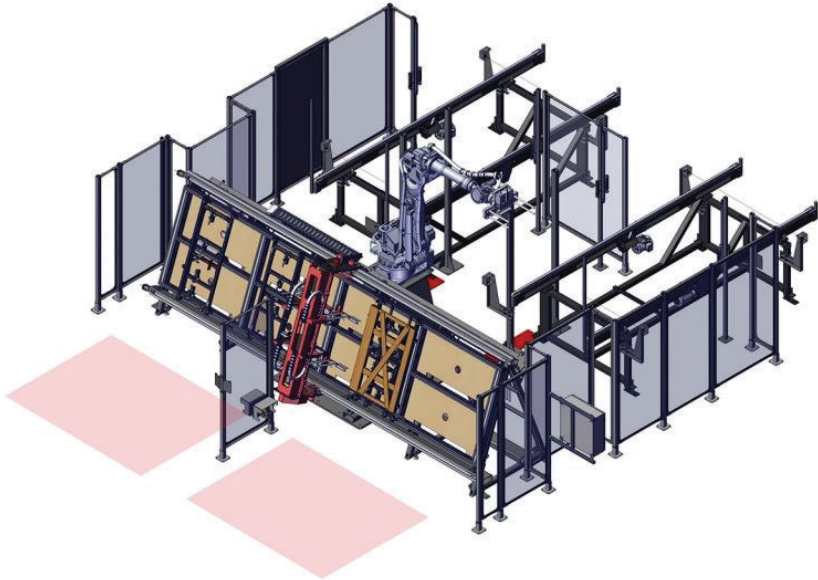


Рис. 20.2. Система сучасної автоматизованої комірки для складання дерев'яних ящиків та піддонів

Для прикладу, спеціалізована лінія **Corali/Valerio** для плодово-овочевих ящиків містить кілька верстатів: один для збивання каркаса (рамки) ящика, інший – для приєднання до неї дна. Таке обладнання здатне виготовляти до 3000–4000 невеликих ящиків за зміну (8 год) залежно від конструкції. Висока швидкість досягається за рахунок паралельної роботи кількох пневмомолотків (наприклад, одразу забивається 4–8 скоб по кутах). У наведеній лінії для ящиків використовувалися пневмостеплери (скоби 1,2 мм дроту по 1–9 шт на кожен дощечку боковини), при цьому продуктивність станка – до 450 ударів скобниками за хвилину, що забезпечує швидке складання. Привід подачі – пневматичний, тиск повітря ~6 бар, витрата ~20 л/цикл. Як бачимо, такі верстати потребують потужного компресора і надійної пневмосистеми. Електродвигуни невеликої потужності (1–2 кВт) використовуються тільки для приводів подачі та позиціонування, основну силову роботу виконує пневматика. Це приклад конструктивного рішення: поєднання електроприводів для кінематики та пневмодарних механізмів для кріплення.

Видно захисні огорожі, збірні стенди (вертикальні рами) для укладання деталей ящика, а також робот-маніпулятор (у центрі), що може встановлювати деталі або виконувати прибивання. Такі гнучкі системи дозволяють швидко переналаштовувати обладнання під різні габарити тари, мінімізуючи участь людини.

Більше інформації за посиланням:



Напівавтоматичні верстати і оснастка. Для середніх обсягів випуску або нестандартних ящиків поширені напівавтоматичні методи складання. Застосовують стаціонарні пневматичні або гідравлічні **цвяхозабивні станції** з ручним завантаженням: оператор вкладає деталі ящика у спеціальний стенд-шаблон, після чого машина за сигналом одночасно забиває декілька цвяхів чи скоб, скріплюючи деталі. Наприклад, можна вручну вставити стінки і дно ящика у пристосування, а апарат за раз пристрілює їх цвяхами. Це прискорює процес порівняно з суто ручним (удар молотком), забезпечує точність положення деталей (за рахунок жорсткого шаблону) і ідентичність виробів.

Приводом забивних головок може бути пневмоциліндр, інколи гідроциліндр (у потужних станціях для товстих деталей). Також використовують різноманітні **пневматичні інструменти**: пістолети для забивання цвяхів і скоб (нейлери, степлери). Для невеликих підприємств або індивідуального виготовлення тари пневмопістолети є ідеальним рішенням, оскільки дозволяють швидко і якісно збивати конструкцію без громіздкого обладнання. Достатньо компресора і самого пістолета: одним натиском спуску забивається цвях менш ніж за секунду. Пневмопістолети легкі, мобільні, їх можна застосовувати до великогабаритного виробу (наприклад, збирати обрешітку прямо навколо обладнання, що пакується). Їх використання прискорює складання у 3-5 разів порівняно з ручним молотком. Нижче наведено порівняння автоматичної лінії та пневмоінструменту для збирання піддонів:

– Продуктивність: Автолінія – висока (1 піддон за 1–2 хв), пневмопістолет – середня (5–10 хв на піддон).

- Вартість обладнання: Автолінія – дуже висока, пневмопістолети – низька.
- Кваліфікація персоналу: Автолінія – потрібне навчання для оператора ЧПК, пневмоінструмент – відносно простий у використанні.
- Гнучкість виробництва: Автолінія – налаштована на конкретний тип (низька гнучкість), пневмопістолет – висока гнучкість (можна збирати вироби різної конструкції одним інструментом).

Шипові та клейові з'єднання. Окремо варто згадати обладнання для збирання тари з використанням дерев'яних шипів (зубців) та клею, без металевого кріплення. Шипове (врубне) з'єднання іноді застосовується на кутах ящиків для підвищення міцності або коли небажані цвяхи (наприклад, тара для вибухонебезпечних речовин чи коли метал може псувати продукт). Для цього потрібні **довбальні або пазувальні верстати** (рис.20.3), які вибирають на торцях дощок гребені і пази, які потім входять один в одного.

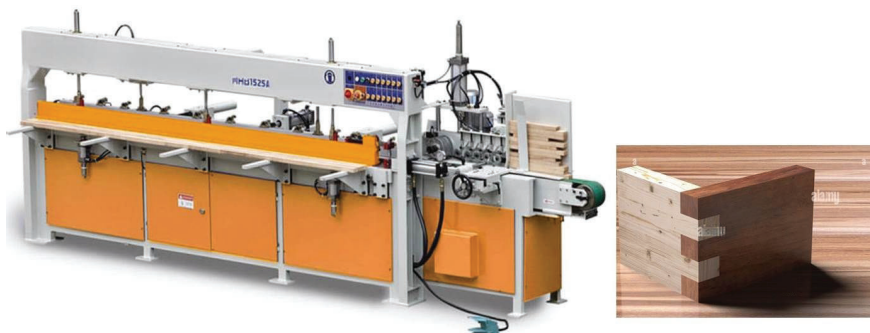


Рис.20.3. Автоматична лінія фрезерування шипових («finger joint»)

Автоматична лінія фрезерування шипових («finger joint») з'єднань — такий тип верстату робить нарізку зубчастих гребенів на дошках, що потім склеюються і пресуються. Після нанесення клею вузол стискають пресом до затвердіння. Обладнання для такого процесу включає фрезерні верстати (або обробні центри з ЧПК) для нарізання зубчастих шипів та гідравлічні преси для склеювання. Шипові кути забезпечують міцність, близьку до цільного матеріалу, але потребують високої точності виготовлення, тому використовується сучасне оснащення з числовим керуванням. Клейові

з'єднання також застосовуються під час складання дощатих щитів з тонких рейок (наприклад, стінки ящиків з фанери до дерев'яного каркаса можуть додатково проклеюватися). Для нанесення клею можуть бути використані клейові станції (валкові або розпилювачі), а для витримки до висихання – притискні пристрої або прес-столи. У виробництві піддонів клей зазвичай не використовується, але **клеєні блоки (шашки)** для піддонів виготовляють на окремому обладнанні: деревна стружка змішується з смолою і пресується у формі (цей процес регламентований, оскільки міцність клеєних блоків має відповідати стандартам EPAL).

Отже, обладнання для складання дерев'яної тари варіюється від великих автоматизованих комплексів до ручних пневмоінструментів. Конструктивно усі вони мають спільне призначення – швидко і надійно з'єднати дерев'яні елементи, забезпечивши геометрію виробу. Вибір конкретного типу залежить від необхідної продуктивності, типорозмірів тари та бюджету виробництва.

Сушильні камери та термообробка тари

Важливим етапом у виробництві дерев'яної тари є сушка і термообробка готових виробів або пиломатеріалів. Це потрібно для досягнення необхідної вологості деревини та для фітосанітарної обробки (знищення шкідників). Відповідно до міжнародних вимог (стандарт **ISPM 15**), вся дерев'яна пакувальна тара в міжнародній торгівлі має бути незаражена – найчастіше шляхом термообробки (Heat Treatment, HT). Обладнанням для цього служать сушильні камери (термокамери) (рис.20.4).



Рис.20.4. Загальна схема технологічного контролю сушіння піддонів

Конструкція сушильної камери. Це ізольоване приміщення (рис.20.5) або контейнер, обладнане системою обігріву та циркуляції повітря. Камери виготовляються з термоізоляційних панелей (сендвіч-панелі, метал + теплоізоляція), мають герметичні ворота для заїзду навантажувача з піддонами. Всередині встановлюються потужні вентилятори для рівномірного розподілу гарячого повітря між штабелями тари.

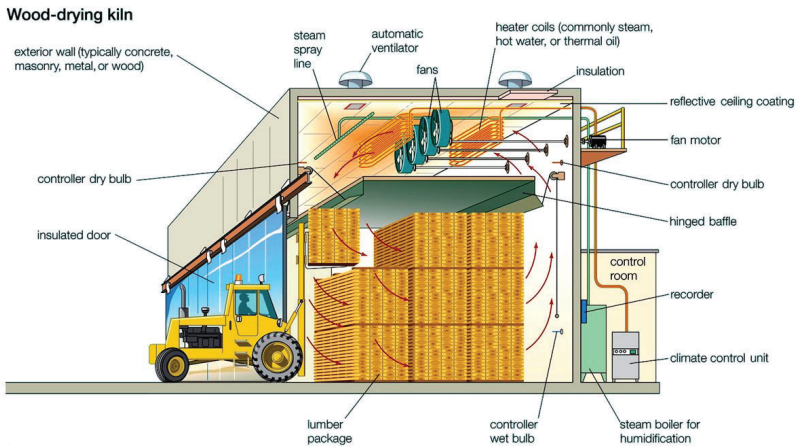


Рис.20.5. Приклад конструкції сушильної камери

На рис.20.5 представлена схема сушильної камери для деревини — так званої wood-drying kiln. Це спеціалізоване промислове обладнання, призначене для зниження вологості деревини та фітосанітарної термообробки відповідно до міжнародних вимог, зокрема стандарту ISPM 15. Конструкція сушильної камери складається з теплоізолюваного корпусу, зовнішні стіни якого можуть бути виконані з бетону, цегли, металу або дерева. Основним елементом є внутрішня система циркуляції гарячого повітря, що забезпечує рівномірне нагрівання усіх пакетів деревини всередині камери. Потік повітря створюється вентиляторами, які встановлені під стелею й обертаються за допомогою електродвигунів.

Нагрівання повітря досягається через теплові змійовики (heater coils), які можуть працювати на пару, гарячій воді або термальному маслі. Нагріте повітря циркулює всередині камери, проходячи через штабелі деревини (lumber package), і переносить вологу назовні. Для керування вологістю також застосовується система парозволоження (steam spray line)

— вона забезпечує підтримку необхідного балансу при низькій вологості повітря. Ключову роль у підтримці режиму сушіння відіграє автоматизована система контролю мікроклімату. У камері розміщені датчики сухого і вологого термометра (controller dry bulb / wet bulb), які дають сигнал на кліматичну установку (climate control unit), розташовану в контрольній кімнаті. Ця установка регулює подачу тепла, вентиляцію і, за потреби, зволоження, щоб забезпечити поступове і рівномірне висушування деревини. У правій частині камери також показано реєстратор, який фіксує хід процесу — важливо для підтвердження дотримання режимів сушіння/термообробки. Завантаження матеріалу в камеру здійснюється через герметичні ізольовані ворота, через які в'їжджає навантажувач із деревиною. Усередині штабелі деревини розміщуються з урахуванням технологічного простору для проходження повітря. Повітряні потоки спрямовуються спеціальними направляючими екранами (baffles), що запобігають утворенню «мертвих зон» без циркуляції. Цей тип сушильної камери дозволяє точно підтримувати задані параметри температури і вологості, що критично важливо не лише для висушування, а й для знезараження деревини (термообробка). Згідно з нормами ISPM 15, температура в центрі пакету повинна досягати не менше 56 °C протягом щонайменше 30 хвилин, що забезпечується саме такими технічно оснащеними камерами. Нагрівання може здійснюватися: електричними ТЕНами, паровими радіаторами від котельні, газовими або дизельними пальниками. Обов'язково наявні датчики температури (і вологості для сушки) в різних зонах.

Сучасні камери обладнані автоматичною системою керування, яка підтримує заданий режим.

Режими роботи. Для термообробки під стандарт **ISPM-15** потрібно прогріти всю товщу деревини до мінімум 56 °C протягом щонайменше 30 хвилин. Камера зазвичай прогривається до ~60–70 °C і підтримує цю температуру певний час, поки датчики в центрі пакету з тарою не зафіксують потрібні 56 °C. Це гарантує знищення деревинних шкідників (комахи, нематод). Після цього тара вважається фітосанітарно обробленою і може використовуватися в експорті. Крім знезараження, сушка знижує вологість деревини, що важливо для міцності і довговічності тари. Зазвичай вимагається вологість не вище ~18–22% для готових піддонів та ящиків, щоби вони не розсихалися і не деформувалися. Досягнення такої вологості – ще одна функція сушильної камери.

Продуктивність і параметри. Вибір камери залежить від обсягів виробництва. Існують великі камери, що вміщують одночасно 500–1000

піддонів (декілька вантажних вагонів деревини) і менші, розраховані на разову партію в десятки піддонів. Основні параметри – *місткість (кубометрів або кількість піддонів)*, *встановлена потужність нагрівачів* (може сягати сотень кіловат для великих камер), *швидкість циркуляції повітря* (визначається продуктивністю вентиляторів), *точність підтримки температури* (сучасні контролери тримають $\pm 1-2$ °C). Конструктивно важливі наявність достатньої термоізоляції камери (щоб не перегрівати цех) і міцного каркасу, який витримує навантаження вагонів тари та температурні розширення.

Безпека та стандарти. Термообробне обладнання повинно відповідати вимогам пожежної безпеки (висока температура і сухе дерево – ризик займання). Передбачаються датчики диму, аварійні вентиляції. Також система контролю фіксує графік нагріву – для кожної партії піддонів складається протокол, що підтверджує досягнення параметрів ISPM-15.

Це потрібно для сертифікації: виробник тари отримує код і право маркувати свою продукцію знаком IPPC (перехрещене колосся) з позначенням *HT* (heat treated).

Після обробки на кожному виробі проставляється такий штамп. Обладнання для термостемпелювання або випалювання входить до комплексу сушіння або до лінії сортування. Наприклад, існують переносні електричні випалювачі або стаціонарні маркіратори, які таврують піддон знаком відповідності. На великих підприємствах маркування може здійснюватися автоматично: піддон проїжджає повз нагрітий штамп або фарбувальний аплікатор, що наносить потрібний знак.

В підсумку, сушильні камери – це важливе обладнання, що забезпечує відповідність тари міжнародним вимогам і високу якість (оптимальну вологість). Без етапу сушіння багато країн просто не приймуть дерев'яну тару, тому інвестиція в таке обладнання окупається для виробників, які працюють на експорт.

Системи маркування та контролю якості

Щоб готова тара відповідала стандартам і була відстежуваною, на неї наносяться відповідні маркування, а також здійснюється контроль якості виробів. У промисловому виробництві ці процеси також механізовані.

Обладнання для маркування. Як згадано, одним із обов'язкових знаків є фітосанітарне маркування (IPPC). Маркування може наноситися шляхом гарячого штампування, випалювання лазером або чорнильного друку. Вибір способу залежить від вимог замовника і масштабу. Для великих партій зручні **механічні клеймувальні машини** – це пристрої, що

мають кліше (штамп) і притискають його до деревини, залишаючи відтиск. Штамп може нагріватися для випалення або просто ударно ставитися на просочену фарбою подушечку і далі на виріб. Існують автоматичні станції термоклеймування, які вбудовуються у лінію: піддон зупиняється, до нього з двох боків притискаються розігріті штампи зі знаком (наприклад, з кодом країни, номером виробника і позначкою *HT*). За одну секунду знак пропалюється на поверхні. Інший підхід – **промислові принтери** (струменеві або лазерні): вони можуть наносити не лише стандартні знаки, а й логотипи, штрих-коди, текст. Лазерні маркувальники випаровують тонкий верхній шар деревини, “малюючи” зображення (перевага – відсутність витратних матеріалів), а струменеві принтери швидко друкують фарбою (підходить, якщо потрібен контрастний відбиток). Конструктивно маркувальна система – це друкуюча головка на рухомому каретажі або маніпуляторі, що охоплює потрібні сторони виробу. В пам’яті контролера зберігаються шаблони знаків, які наноситимуться.

Контроль якості. Окрім фітосанітарних аспектів, кожна одиниця тари має відповідати технічним умовам: розмірам, міцності кріплень, відсутності дефектів. На автоматизованих лініях впроваджуються системи контролю розмірів і наявності складових елементів. Наприклад, **візуальні системи (машинний зір)** – камери зі спеціальним ПЗ, що фотографують зібраний піддон і перевіряють, чи всі дошки на місці, чи цвяхи у правильних точках. Можуть також виявляти тріщини або великі сучки. **Механічні датчики** можуть перевіряти висоту піддона, діагоналі (геометрію) – за відхилення понад допуск (наприклад 5 мм) виріб вибраковується. Для контролю забитих цвяхів іноді застосовують металодетектори або лічильники ударів: якщо якийсь цвях не забився до кінця, система це зафіксує. Готову тару вибірково випробовують на міцність: є преси або стенди, які навантажують піддон вагою (типова вантажопідйомність стандартного піддона ~1500 кг) і перевіряють на відсутність полумок. Такі випробування проводяться згідно стандартів (наприклад, ISO 8611 для піддонів визначає методику тестування на статичне і динамічне навантаження).

Сортування і облік. Виробництво тари часто передбачає сортування за якістю (перший сорт, другий сорт) – це можна організувати на конвеєрі після візуального контролю: неповноцінні вироби автоматично зіштовхуються в окремий бік. Для обліку застосовується маркування партій, нанесення серійних номерів або RFID-міток (радіочастотних) на продукцію, особливо для багатооборотної тари (контейнери, піддони в обороті). Обладнання для цього – аплікатори етикеток, принтери QR-кодів

або встановлення RFID-міток (їх вставляють у конструкцію або наклеюють, зчитувачі можуть бути на складі). Системи маркування та контролю інтегруються в єдиний процес виробництва. Наприклад, після складання піддон проходить через зону фінішної обробки: там йому автоматично зрізають фаски, ставлять клеймо ІРРС, перевіряють розмір – і тільки потім він іде в стопу до інших. Таким чином, забезпечується повна відповідність кожної одиниці тари вимогам стандартів і замовника.

Обладнання для виготовлення дерев'яної тари є широким комплексом технологій і машин, що охоплюють весь цикл – від розкрою деревини до фінального маркування готової продукції. Під час розрахунку основних параметрів такого обладнання враховують продуктивність, розміри оброблюваних деталей, необхідні зусилля кріплення та рівень автоматизації. Конструктивні аспекти – вибір матеріалів, типів приводів, конфігурації вузлів – визначаються вимогами до міцності і точності тари. Сучасні тенденції у цій галузі включають впровадження ЧПК і роботизованих комплексів для підвищення гнучкості виробництва, застосування пневмо- та гідроприводів для швидкісного складання, а також обов'язкове дотримання стандартів (ISO/EN, ГОСТ, ДСТУ) щодо якості та безпеки. Дерев'яна тара залишається конкурентною завдяки своїй міцності, екологічності та придатності до багаторазового використання, а добре спроектоване обладнання забезпечує ефективне її виготовлення з мінімальним використанням ручної праці. В результаті галузь пакувального машинобудування, що обслуговує виробників тари, продовжує розвиватися – пропонуються нові конструкції верстатів, ліній і механізмів, які відповідають зростаючим вимогам точності, надійності та стандартів якості у сфері дерев'яної пакування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технології та обладнання виготовлення пакування [Електронний ресурс] : конспект лекцій для здобувачів освіт. ступ. «Бакалавр» спец. 186 «Комп'ютерні технології дизайну та виготовлення пакування» ден. форми навч. / уклад.: С. О. Володін, К. В. Васильківський. – 2024. – 75 с.
2. Шредер В. Л. Полімерна упаковка : монографія / В. Л. Шредер, В. М. Кривошей, Н. В. Кулик. – Київ : ІАЦ «Упаковка», 2021. – 580 с.
3. Осика В. А. Паперові пакувальні матеріали : монографія / В. А. Осика, Л. А. Коптюх. – Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2018. – 464 с. – ISBN 978-966-629-855-6. – DOI: 10.31617/m.knute.2018-302.
4. Основи конструювання упаковок : конспект лекцій, розд. 2, з «Навчальної дисципліни з основ конструювання упаковок» для студ. інж.-хім. ф-ту ден. форми навчання [Електронний ресурс]. – Київ : КПІ ім. І. Сікорського, 2017. – 54 с.
5. Engelmann S. Advanced Thermoforming. Methods, Machines and Materials, Applications, Automation, Sustainability, and the Circular Economy / Sven Engelmann. – Wiley, 2023. – 432 p.
6. Agarwal D. Through the Glass: Past, Present, Only Future / Deepanker Agarwal. – Brillion Publishing, 2022. – 119 p.
7. Malcata F. X. Food Process Engineering. Safety Assurance and Complements / F. Xavier Malcata. – CRC Press, 2020. – 574 p.
8. Nelson L. Life Cycle of a Drinks Can / Louise Nelson. – BookLife Publishing Limited, 2022. – 24 p.
9. Jahangiri F., Mohanty A.K., Misra M. Sustainable biodegradable coatings for food packaging: challenges and opportunities. *Green Chem.* 2024. Vol. 26, p. 4934–4974. DOI: 10.1039/D3GC02647G (дата звернення: 05.02.2025)
10. Mkhari T., Adeyemi J.O., Fawole O.A. Recent Advances in the Fabrication of Intelligent Packaging for Food Preservation: A Review. *Processes.* 2025;13(2):539. DOI: 10.3390/pr13020539 (дата звернення: 03.01.2025)
11. Smart choices: Mechanisms of intelligent food packaging. *Trends Food Sci. Technol.* (ScienceDirect). 2021.
12. Sustainable and biodegradable polymer packaging: Perspectives... *Food Chem.* 2024. DOI уточню (дата звернення: 03.01.2025)
13. Processing and packaging automation systems: a review. *J. Food Process Eng.* (Springer) 2009; DOI: 10.1007/s11694-009-9076-2 (дата звернення: 03.01.2025)

14. Recent Advances in Intelligent Food Packaging Applications Using... ACS Food Sci. Technol. 2020; DOI: 10.1021/acfoodscitech.0c00039 (дата звернення: 03.01.2025)
15. Mahalik N.P. Processing and packaging automation systems: a review. Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety. 2009. Vol. 3, № 1, s. 12–25. DOI: 10.1007/s11694-009-9076-2 (дата звернення: 12.03.2025)
16. Abekoon T., Buthpitiya B.L.S.K., Sajindra H., Samarakoon E.R.J., Jayakody J.A.D.C.A., Kantamaneni K. A comprehensive review to evaluate the synergy of intelligent food packaging with modern food technology and artificial intelligence field. Discover Sustainability. 2024. Vol. 5, art. 160. DOI: 10.1007/s43621-024-00371-7 (дата звернення: 12.03.2025)
17. Mkhari T., Adeyemi J.O., Fawole O.A. Recent advances in the fabrication of intelligent packaging for food preservation: a review. Processes. 2025. Vol. 13, № 2, art. 539. DOI: 10.3390/pr13020539 (дата звернення: 12.03.2025)
18. ACS Sens. Intelligent food packaging: a review of smart sensing technologies for monitoring food quality. 2019. Vol. 4, p. 808–821. DOI: 10.1021/acssensors.9b00440 (дата звернення: 12.03.2025)
19. Zhang Y. A critical review on intelligent and active packaging in the food industry. Food Research International. 2021. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110XXXX (дата звернення: 12.03.2025)
20. Frontiers. Recent Developments in Smart Food Packaging Focused on Biodegradable and Biobased Polymers. Front. Sustain. Food Syst. 2021;5:630393. DOI: 10.3389/fsufs.2021.630393 (дата звернення: 12.03.2025)
21. MDPI Smart Food Packaging: An Umbrella Review of Scientific Publications. Coatings. 2022. Vol. 12, № 12, art. 1949. DOI: 10.3390/coatings12121949 (дата звернення: 12.03.2025)
22. Douaki A., Ahmed M., Longo E., ... Petti L., Lugli P. Battery-free, stretchable, and autonomous smart packaging. arXiv, 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2501.14764 (дата звернення: 12.03.2025)
23. Dubourg G., Pavlović Z., Vajac B. et al. Advancement of metal oxide nanomaterials on agri-food fronts. arXiv, 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2407.19776 (дата звернення: 12.03.2025)
24. Boselli E., Perez-Dattari R., ... Della Santina C. Robotic Packaging Optimization with Reinforcement Learning. arXiv, 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2303.14693 (дата звернення: 12.03.2025)
25. Zhang Y. A critical review on intelligent and active packaging in the food industry. Food Research International. 2021. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110XXXX (дата звернення: 12.03.2025)

26. Abekoon T. et al. A comprehensive review to evaluate the synergy of intelligent food packaging with modern food technology and artificial intelligence field. *Discover Sustainability*. 2024;5:160. DOI: 10.1007/s43621-024-00371-7 (дата звернення: 12.03.2025)
27. Mkhari T., Adeyemi J.O., Fawole O.A. Recent advances in the fabrication of intelligent packaging for food preservation: a review. *Processes*. 2025;13(2):539. DOI: 10.3390/pr13020539 (дата звернення: 12.03.2025)
28. RSC Authors. Recent technological advances in food packaging: sensors, indicators, AIDC technology. *Food Packaging Reviews*. 2025. DOI: 10.1039/D4FB00296B (дата звернення: 12.03.2025)
29. Fahad et al. A review of smart food and packaging technologies. *Trends in Food Science & Technology*. 2025. DOI уточню (дата звернення: 12.03.2025)
30. Terneus J.D., Moya V., Abedrabbo F., Váscónez J.P. Automated precision in food packaging: a cost-effective solution. In: *Advanced Research in Technologies* Springer, 2025, pp. 405–420. DOI: 10.1007/978-3-031-83210-9_30 (дата звернення: 12.03.2025)
31. TC RSC. A critical review on protein-based smart packaging systems. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023. DOI: 10.1080/10408398.2023.2202256 (дата звернення: 12.03.2025)
32. Punia Bungar S., Sharma N., Trif M., Adeel M. Editorial: Emerging active, smart and intelligent packaging solutions... *Frontiers in Nutrition*. 2023;10:1278143. DOI: 10.3389/fnut.2023.1278143 (дата звернення: 12.03.2025)
33. Frontiers Authors. AI in food industry automation: applications and challenges. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2025. DOI: 10.3389/fsufs.2025.1575430 (дата звернення: 12.03.2025)
34. Carneiro M.R., de Almeida A.T., Tavakoli M. et al. Recyclable thin-film soft electronics for smart packaging and e-skins. *arXiv*. 2025. DOI: 10.48550/arXiv.2501.17804 (дата звернення: 12.03.2025)
35. Liu Y., Zhang W., Lai Q. Biodegradable active packaging films incorporating essential oils: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2023. Vol. 71, № 14, s. 4350–4368. DOI: 10.1021/acs.jafc.3c01011 (дата звернення: 12.03.2025)
36. Hernández-Contreras G., Pérez-Aguilar J.L., Duran-Reynoso J. Automation in packaging lines: state of the art. *Food and Bioprocess Processing*. 2024. Vol. 160, pp. 100–115. DOI: 10.1016/j.fbp.2024.02.005 (дата звернення: 12.03.2025)

37. Singh M., Lee B., Rajan K. Internet of Things (IoT) enabled smart packaging: opportunities & challenges. *IEEE Internet of Things Journal*. 2022. Vol. 9, № 5, s. 4085–4105. DOI: 10.1109/IIOT.2022.3156089 (дата звернення: 12.03.2025)
38. Petroulias D., Xenakis A., Anifantis N. Nanomaterials in packaging – review of recent progress. *Materials Science & Engineering C*. 2023. Vol. 141, art. 113628. DOI: 10.1016/j.msec.2023.113628 (дата звернення: 12.03.2025)
39. Yamamoto K., Suzuki M., Tanaka Y. Impact-resistant packaging designs using advanced polymers. *Journal of Polymer Science*. 2024. Vol. 62, № 7, pp. 1423–1435. DOI: 10.1002/pol.2023021 (дата звернення: 12.03.2025)
40. Dupont S., Johnson K., Lee C. Life cycle assessment of packaging systems in North America. *Environmental Science & Technology*. 2023. Vol. 57, № 9, s. 3745–3756. DOI: 10.1021/acs.est.2c06489 (дата звернення: 12.03.2025)
41. Sokolova A.V., Ivanova E.V. Smart cellulose-based packaging for perishable foods. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2022. Vol. 95, № 2, pp. 218–228. DOI: 10.1134/S1070427222020025 (дата звернення: 12.03.2025)
42. Chen L., Wu D., Zhang H. Graphene-based sensing films for intelligent packaging. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2024. Vol. 380, art. 133001. DOI: 10.1016/j.snb.2024.133001 (дата звернення: 12.03.2025)
43. Tanaka Y., Yamamoto K. Advances in robotic packaging systems in Japan. *Journal of Manufacturing Systems*. 2023. Vol. 68, pp. 345–357. DOI: 10.1016/j.jmsy.2023.03.005 (дата звернення: 12.03.2025)
44. Kozak O., Bondarenko S., Hryhoriev T. Innovations in cardboard packaging automation: Ukrainian case studies. *Packaging Technology and Science*. 2024. Vol. 37, № 4, pp. 223–235. DOI: 10.1002/pts.2605 (дата звернення: 12.03.2025)
45. Xianhui Zhao, Ying Wang, Xiaowen Chen, Xinbin Yu, Wei Li. Sustainable bioplastics derived from renewable natural resources for food packaging. *Matter*. 2023. Vol. 6, № 7, pp. 1900–1915. DOI: 10.1016/j.matt.2023.04.012 (дата звернення: 16.01.2025)
46. Jan-Georg Rosenboom, Robert Langer, Giovanni Traverso. Bioplastics for a circular economy. *Nature Reviews Materials*. 2022. Vol. 7, pp. 117–128. DOI: 10.1038/s41578-021-00407-8 (дата звернення: 16.01.2025)
47. S. Walker, R. Rothman. Life cycle assessment of bio-based and fossil-based plastics: A review. *J. of Cleaner Production*. 2020. Vol. 261. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121162 (дата звернення: 16.01.2025)

48. Abonyi T.A. et al. Opportunities and challenges in the application of bioplastics—food packaging focus. *Polymers*. 2024. Vol.16, art. 2561. DOI: 10.3390/polym16018xxx (дата звернення: 16.01.2025)
49. Frontiers. Integrating bioplastics into the US plastics supply chain. *Frontiers in Environmental Science*. 2023. DOI: 10.3389/fenvs.2023.1245846 (дата звернення: 16.01.2025)
50. [arXiv] Elaboration and characterization of bioplastic films based on bitter cassava starch reinforced by chitosan. 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2310.15172 (дата звернення: 16.01.2025)
51. [arXiv] A Brief Review and Perspective on Functional Biodegradable Films for Food Packaging. 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2311.16932 (дата звернення: 16.01.2025)
52. [arXiv] Can we improve the environmental benefits of biobased PET production through local biomass value chains. 2021. DOI: 10.48550/arXiv.2107.05251 (дата звернення: 16.01.2025)
53. Mohammad Peydayesh, Massimo Bagnani, Raffaele Mezzenga. Sustainable bioplastics from amyloid fibril-biodegradable polymer blends. 2021. DOI: 10.48550/arXiv.2105.14287 (дата звернення: 16.01.2025)
54. The future of bioplastics in food packaging: An industrial perspective. *Journal of Cleaner Production*. 2024. Vol.380. DOI: 10.1016/j.jclepro.2024.140972 (дата звернення: 16.01.2025)
55. Liu Y., Zhang W., Lai Q. Biodegradable active packaging films incorporating essential oils: A review. *J. Agric. Food Chem*. 2023. DOI: 10.1021/acs.jafc.3c01011 (дата звернення: 16.01.2025)
56. Hernández-Contreras G., Pérez-Aguilar J.L., Duran-Reynoso J. Automation in packaging lines: state of the art. *Food Bioproducts Processing*. 2024. DOI: 10.1016/j.fbp.2024.02.005 (дата звернення: 16.01.2025)
57. Singh M., Lee B., Rajan K. IoT-enabled smart packaging: opportunities & challenges. *IEEE IoT J*. 2022. DOI: 10.1109/JIOT.2022.3156089 (дата звернення: 16.01.2025)
58. Petroulias D., Xenakis A., Anifantis N. Nanomaterials in packaging – review of recent progress. *Mater. Sci. Eng. C*. 2023. DOI: 10.1016/j.msec.2023.113628 (дата звернення: 16.01.2025)
59. Yamamoto K., Suzuki M., Tanaka Y. Impact-resistant packaging designs using advanced polymers. *J. Polym. Sci*. 2024. DOI: 10.1002/pol.2023021 (дата звернення: 16.01.2025)
60. Dupont S., Johnson K., Lee C. Life cycle assessment of packaging systems in North America. *Environ. Sci. Technol*. 2023. DOI: 10.1021/acs.est.2c06489 (дата звернення: 16.01.2025)

61. Kozak O., Bondarenko S., Hryhoriev T. Innovations in cardboard packaging automation: Ukrainian case studies. *Packaging Technol. Sci.* 2024. DOI: 10.1002/pts.2605 (дата звернення: 16.01.2025)
62. Zhang H., Chen L., Wu D. Graphene-based sensing films for intelligent packaging. *Sens. Actuators B Chem.* 2024. DOI: 10.1016/j.snb.2024.133001 (дата звернення: 16.01.2025)
63. Tanaka Y., Yamamoto K. Advances in robotic packaging systems in Japan. *J. Manufacturing Syst.* 2023. DOI: 10.1016/j.jmsy.2023.03.005 (дата звернення: 16.01.2025)
64. Sokolova A.V., Ivanova E.V. Smart cellulose-based packaging for perishable foods. *Russian J. Appl. Chem.* 2022. DOI: 10.1134/S1070427222020025 (дата звернення: 16.01.2025)
65. Гавва О.О., Кривопляс-Володіна Л.О. Синтез конструктивних параметрів пристрою фасування сипкої продукції адаптронного модуля дозування безперервної дії стаканчиккового типу. *Харчова промисловість, 2025, №37. С. 118-131.* <https://doi.org/10.24263/2225-2916-2025-37-14>
66. Володін С.О., Мирончук В.Г., Васильківський К.В., Запорожець О.В. Інженерний аналіз та оптимізація систем керування позиційними приводами в запірно-регулювальних системах продуктопроводів. *Наукові праці НУХТ 2025. Том 31, № 1. С.120-130.* <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2025-31-1-10>.
67. Туфєкчі В.І., Кривопляс Володіна Л.О. Дослідження інтелектуальних методів позиціонування групових упаковок у сенсорних робототехнічних системах пакувального виробництва. *Наукові праці НУХТ. 2025. Т. 31, № 3. (подано до друку)*
68. Кохан А.А., Туфєкчі В.І., Володін С.О. Моделювання та оцінка коливань траєкторії швидкісного маніпулятора за допомогою LESR і CV. XXIII Науково-практична конференція молодих вчених «Новітні технології пакування». Матеріали доповідей. Київ, 2025. С.14-17. <https://surli.li/ztyjgx>
69. Д. Ємельянов, С. Семенюк, О. Гавва, Л.Кривопляс-Володіна. Синтез soft-захватів для мехатронного модуля маніпулятора. XXIII Науково-практична конференція молодих вчених «Новітні технології пакування». Матеріали доповідей. Київ, 2025. С.19-21. <https://surli.cc/fwseob>
70. Hu Y., Li T. Smart food packaging: Recent advancement and trends. *Advances in Food and Nutrition Research.* 2024. Vol.111, pp. 1–33. DOI: 10.1016/bs.afnr.2024.06.005 (дата звернення: 16.01.2025)

71. Pirsá M., et al. A review of smart food and packaging technologies. *Journal of Food Processing & Technology*. 2025. DOI уточню (дата звернення: 16.01.2025)
72. Mdpi Authors. Comprehensive review of robotized freight packing. *Logistics*. 2023;8(3):69. DOI уточню (дата звернення: 16.01.2025)
73. EJNFS Authors. Smart packaging for sustainable food waste management: a review. *European Journal of Nutrition & Food Safety*. 2024. Vol. 16, pp. 290–299. DOI: 10.9734/ejnfs/2024/v16i91547 (дата звернення: 16.01.2025)
74. MDPI Authors. A review on gas indicators and sensors for smart food packaging. *Foods*. 2023;13(19):3047. DOI: 10.3390/foods13193047 (дата звернення: 16.01.2025)
75. Springer Authors. From traditional packaging to smart bio-packaging for food safety. *SN Applied Sciences*. 2024. DOI: 10.1007/s41207-024-00627-8 (дата звернення: 16.01.2025)
76. ScienceDirect Authors. Recent technological advances in food packaging. *Current Opinion in Food Science*. 2024. DOI уточню (дата звернення: 16.01.2025)
77. PMC Authors. Review of recent advances in intelligent and antibacterial packaging systems. *Frontiers in Food Science*. 2025. DOI уточню (дата звернення: 16.01.2025)
78. PubMed Authors. Intelligent food packaging for smart sensing of food safety. *Advances in Food and Nutrition Research*, 2024. DOI: 10.1016/bs.afnr.2024.06.006 (дата звернення: 16.01.2025)
79. Selvaraj K.S., Raghavan S., Arikaran R., Arunachalam O. Automatic counting and packaging system for arc welding rod. *Advances in Robotics & Automation*. 2023. Vol. 12(4). DOI: 10.37421/2168-9695.2023.14.264 (дата звернення: 16.01.2025)

*Пакувальний інжиніринг: монографія / С.О. Володін, С.В. Токарчук,
Л.О. Кривопляс-Володіна, К.В. Васильківський – К: НУХТ, 2025. – 313 с.
ISBN 978-966-612-384-1*

Наукове видання

Володін Сергій Олексійович

Токарчук Сергій Володимирович

Кривопляс-Володіна Людмила Олександрівна

Васильківський Костянтин Вікторович

Пакувальний інжиніринг

Монографія

В авторській редакції

Надруковано з оригінал-макета замовника