

Дослідження параметрів технологічних операцій подачі рулонних таропакувальних матеріалів та формоутворення упаковки

Д.В. Пригодій, науковий керівник — доц. М.А. Масло, к.т.н., Національний університет харчових технологій, м. Київ

Серед матеріалів, що використовуються для пакування харчових продуктів, на перше місце почали упевнено виходити полімерні плівки. Вони займають лідируючі позиції, адже зберігають високу якість харчових продуктів протягом тривалого часу, ефектно представляють товар під час продажу, максимально полегшують приготування і вживання продукту, мають мінімальну масу і вартість. Якщо за визначальний критерій брати не масу використаної упаковки, а площу її поверхні, то виявляється, що на частку полімерної упаковки припадає понад 60 %, а на частку плівок — понад 50 % всієї споживчої упаковки. Тобто, більше половини харчових продуктів пакуються у полімерні плівки. Незважаючи на те, що полімерні плівки лідирують на ринку упаковки, їх продовжують вдосконалювати. Одним з важливих напрямків вдосконалення є зменшення матеріалоємкості за початкових або дещо вищих значень параметрів фізико-механічних та експлуатаційних властивостей. Наприклад, інтенсивно проводяться роботи зі зменшення товщини плівок, яке досягається завдяки збільшенню їхньої жорсткості при збереженні еластичності.

Полімерні плівки використовуються для виготовлення так званих «м'яких» упаковок. Постачаються плівки у вигляді рулонів, які встановлюються на спеціальних механізмах подачі полотна плівки до вузлів формування упаковок пакувального обладнання. Пристрої подачі пакувального матеріалу в своєму складі мають різнотипні робочі органи, що виконують різні технологічні функції (рис. 1) [1]. У процесі формування упаковок одними з ключових операцій є операції зварювання плівки.



Рис. 1. Структура пристроїв подачі рулонних пакувальних матеріалів

За результатами аналізу типових конструктивних схем пакувального обладнання встановлено, що у 91–93 % машин застосовується термодотичне та термоімпульсне зварювання плівки. Основними технологічними чинниками, що впливають на якість зварних швів упаковок, є температура нагрівача T_H , тиск при нагріві p_H , тиск при охолодженні p_P , тривалість нагріву t_H і час витримки під тиском після зварювання t_{OX} (рис. 2).

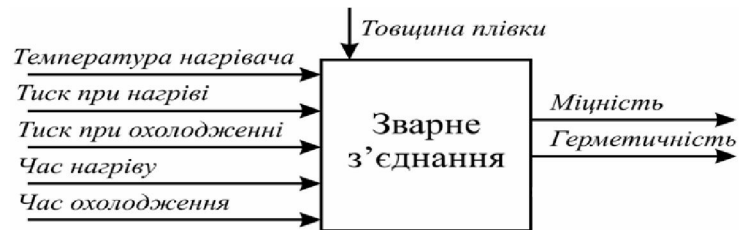


Рис. 2. Параметри, що впливають на якість зварних швів

До параметрів якості зварних швів відносять: міцність (здатність нести навантаження) та герметичність (як характеристика газо- або рідинонепроникності). Ці чинники, які є контрольованими та керованими, визначають якість зварного шва. Необхідно відзначити, що тиск при зварюванні розглядається окремо на етапі нагріву шва і на етапі його охолодження, бо, як показали дослідження, саме тиск при охолодженні впливає на хвилястість шва. Ці параметри є незалежними, бо міцний шов може бути негерметичним, а герметичний шов — неміцним. На рис. 3 представлена графічна залежність нормативної відносної міцності зварного шва від товщини плівки, температури та часу зварювання.

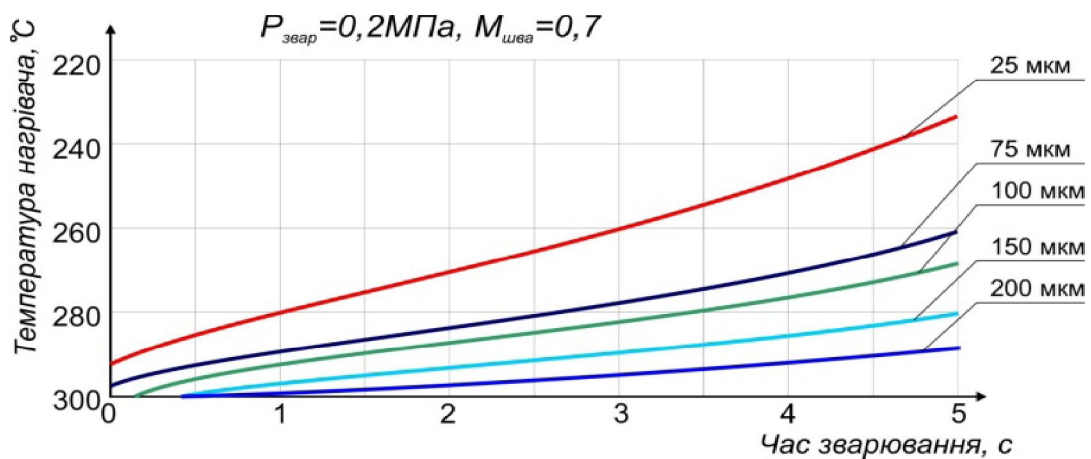


Рис. 3. Залежність нормативної відносної міцності зварного шва від часу та температури зварювання, при тиску у зоні зварювання $P_{звар} = 0,2$ МПа

Комплексний показник якості зварних швів упаковок із полімерних плівок має вигляд:

$$Y = a_1 \cdot \tilde{\delta}_{шва} + a_2 \cdot \tilde{M}_{з.шва} + a_3 \cdot \tilde{\xi}_{шва},$$

де a_1, a_2, a_3 — коефіцієнти впливу окремих параметрів : $\tilde{\delta}_{шва}$ — відносна міцність шва; $\tilde{M}_{з.шва}$ — відносна висота хвилястості шва; $\tilde{\zeta}_{шва}$ — відносна герметичність упаковки (коефіцієнти впливу відповідають умові: $a_1 + a_2 + a_3 = 1$).

Зварювання орієнтованих плівок має особливі труднощі. При нагріванні матеріал плівки в зоні нагріву внаслідок релаксації повертається до свого початкового неорієнтованого стану, що призводить до деформації шва. Високоорієнтовані плівки до того ж легко кристалізуються і, якщо швидкість охолодження недостатня, утворюються великі сфероліти, даючи крихкий зварний шов. При швидкому охолодженні утворюються дрібні сфероліти, і зварний шов має високу міцність. Вибір методу з'єднання залежить від багатьох чинників: потрібних характеристик зварювання, матеріалу плівки, ефективності джерела енергії і зварювального апарата, необхідної продуктивності виробництва.

Можна визначити три параметри, які впливають на якість шва: температура нагрівача, зусилля притискання зварюючих головок і тривалість зварювання. Зварювання зразків проводились на лабораторній термозварювальній машині (рис. 4а). Комп'ютерне управління машиною дає змогу задавати різні значення перерахованих вище параметрів, що дає можливість за результатами випробувань підбирати оптимальні режими зварювання різних матеріалів.

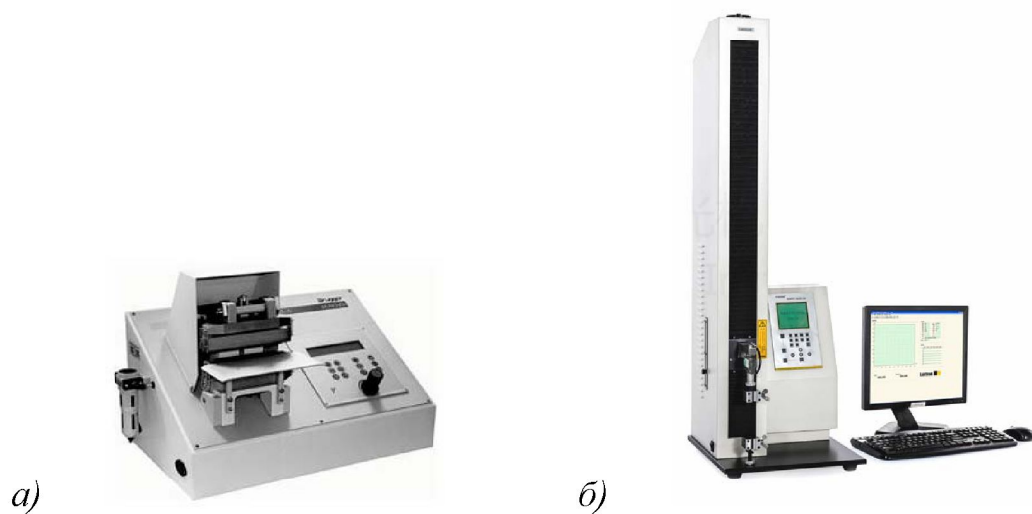


Рис. 4. Лабораторне устаткування для дослідження процесів зварювання полімерних плівок (а), визначення міцності зварних швів і деформативних характеристик полотна рулонних тарпакувальних матеріалів (б)

Автоматична розривна машина (рис. 4б) дає змогу проводити статичні і ресурсні випробування під навантаженням, визначати відносне видовження при розриві, міцність швів гарячого та холодного зварювання, міцність на роздирання, розшаровування (при 180 і 90°) тощо.

Під час дослідження швів на міцність було виявлено, що при розриві поздовжніх швів видовження плівки відбувалося в декілька разів

інтенсивніше, ніж при розриві поперечних швів. Це явище можна пояснити тим, що деформація полотна буде більшою при розтягу волокон в поздовжньому напрямку, і зусилля такої деформації значно менше, ніж зусилля розтягу полотна при розташуванні волокон в поперечному напрямку. Результати досліджень параметрів процесів зварювання плівок і визначення міцності зварних швів приведені на рис. 5 і 6.

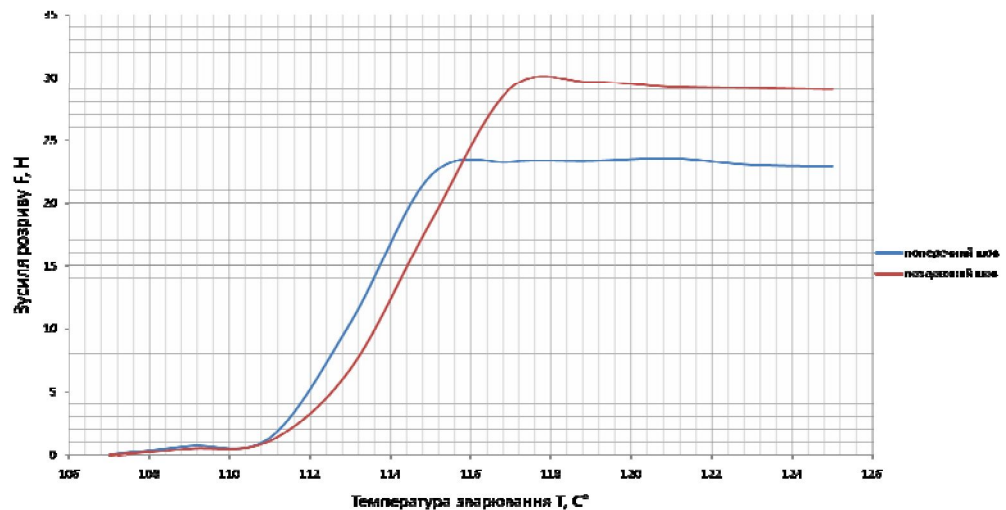


Рис. 5. Залежність міцності зварного шва від температури зварювання при тиску $P=0.2$ МПа і тривалості зварювання $\tau=1$ с

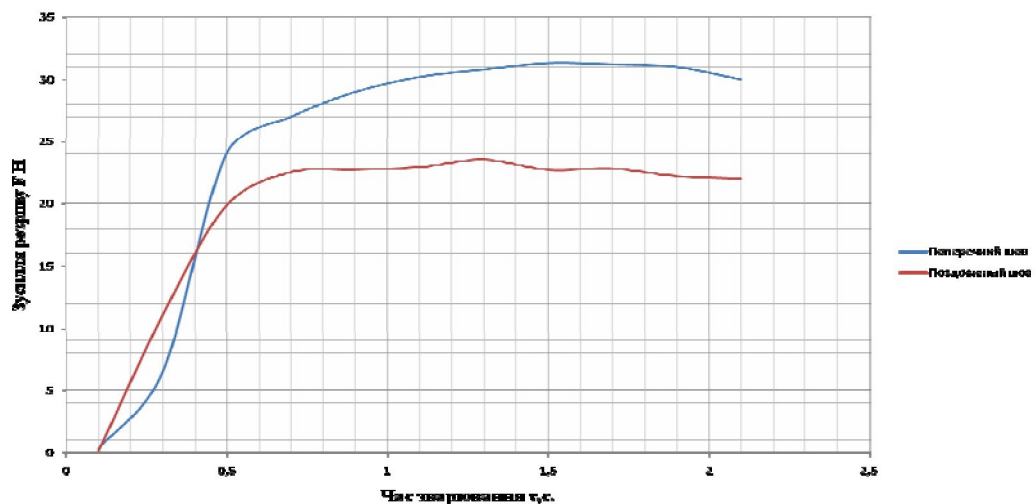


Рис. 6. Залежність міцності зварного шва від тривалості зварювання при тиску $P=0.2$ МПа і температурі зварювання $T=120$ °C

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що при одних і тих же умовах зварювання міцність поздовжнього та поперечного швів відрізняється майже на 20 %. Найінтенсивніше міцність шва буде змінюватись при зміні значень температури від 110 до 120 °C, надалі збільшення температури навпаки знижує міцність зварного шва через перепалювання плівки. При зміні тривалості процесу зварювання висока

міцність зварного шва забезпечується в інтервалі часу від 0,1 до 1,5 с, а при подальшому збільшенні часу значення міцності зварного шва починає спадати. В результаті проведених досліджень можна стверджувати, що зусилля притискання зварюючих головок не відіграє важливої ролі порівняно з температурою зварювання та часом зварювання, і цей параметр можна виключити з переліку чинників, що впливають на міцність зварних швів.

Література

1. *Гавва О.М., Масло М.А., Яровий В.Л.* Пристрої подачі рулонного пакувального матеріалу // Упаковка. — 2005. — № 5. — С. 46–54.