

А.В. ДЕРЕНІВСЬКА*Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»***М.А. МАСЛО**, канд. техн. наук*Національний університет харчових технологій***Г.Р. ВАЛІУЛІН**, канд. техн. наук*Національний університет харчових технологій*

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЇ БІГУВАННЯ ЗАГОТОВКИ КАРТОННОЇ УПАКОВКИ

Наведено порядок вибору раціональних силових та геометричних параметрів пристрою бігування картонної заготовки упаковки. Досліджено вплив ширини бігувальної лінійки на мінімальну товщину заготовки після операції бігування.

Ключові слова: бігувальна лінійка, бігування, еластичний прижим, бігувальна матриця, контрматриця, вирубний штамп.

Приведено порядок выбора рациональных силовых и геометрических параметров устройства бигования картонной заготовки упаковки. Исследовано влияние ширины биговочной линейки на минимальную толщину заготовки после проведения операции бигования.

Ключевые слова: биговочная линейка, бигование, эластический прижим, биговочная матрица, контрматрица, вырубной штамп.

The choice rational power and geometrical parameters mechanism for scoring cardboard of packing storage are order. Influence width of scoring line is investigational of the minimum thickness packing storage after the leadthrough of scoring operation.

Keywords: scoring line, scoring, elastic clamp, scoring matrix, counter matrix, punch-and-die.

Упаковка з паперу і картону займає найбільшу частку в сучасній пакувальній індустрії (близько 40 %), перевершуючи упаковку зі скла (17 %), полімерів (35 %) і алюмінію (8 %). Така поширеність викликана рядом властивостей цього пакувального матеріалу: легкість склеювання та зшивання; здатність протистояти ударним навантаженням і проникненню вологи; збереження форми упаковки при вібраційних навантаженнях; витри-

мування навантажень під час транспортування і складування; невелика вартість і легкодоступність сировини; технологія виробництва повністю автоматизована і не вимагає великих затрат праці.

Під час виготовлення заготовки картонної упаковки однією з обов'язкових операцій є бігування та висікання.

Бігування — попереднє нанесення на матеріал лінії згину у вигляді видавлюваних канавок пев-

ного профілю і є процесом місцевої витяжки матеріалу. Бігування використовується для зменшення жорсткості листових заготовок по лінії згину, значного полегшення умов утворення згинів і ефективного підвищення параметрів якості картонної упаковки, особливо в умовах її автоматизованого формування.

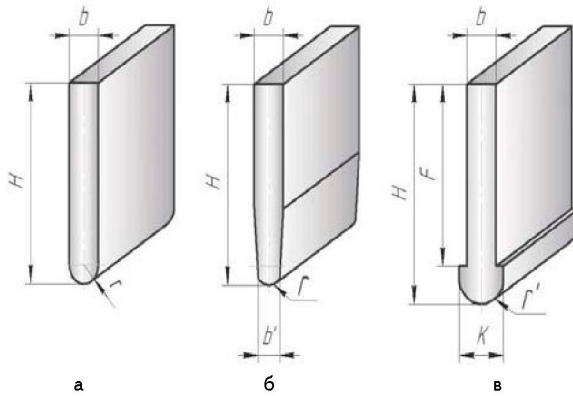


Рис. 1. Види формувальних головок бігувальних лінійок: а — стандартна формувальна головка, б — завузена формувальна головка, в — потовщена формувальна головка.

Бігування умовно можна поділити на три етапи (рис. 2). На першому етапі картонна заготовка 1, при опусканні вирубного штампу 6, фіксується еластичними прижимами 3 на контрматриці 5. На другому етапі бігувальна лінійка 2 (зі стандартною, завузеною або потовщеною формувальною головкою) витягує в двоосьовому напрямку картонну заготовку. На третьому етапі під дією бігувальної лінійки і контрматриці 5 відбувається стиснення картону.

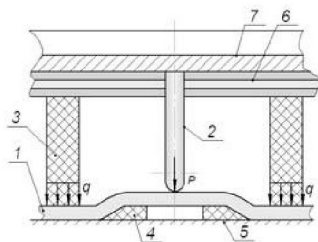


Рис. 2. Схема фрагменту прес пари для бігування картонної заготовки: 1 — картонна заготовка; 2 — бігувальна лінійка; 3 — еластичний прижим; 4 — бігувальна матриця; 5 — контрматриця; 6 — вирубний штамп; 7 — сталеві пластини

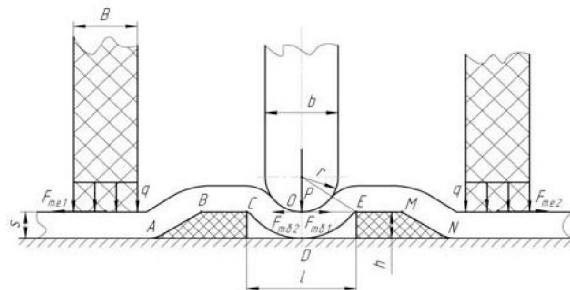


Рис. 3. Розрахункова схема процесу бігування

Однією з переваг бігування є відсутність анізотропії механічних властивостей при витягуванні, тобто зростання параметрів у напрямі їх витягування і їх зменшення в перпендикулярному напрямі, як при одноосьовому витягуванні.

Оброблену заготовку накопичують у вигляді стопи або складають та склеюють. Операція бігування енергоємна, технологічно складніша і відповідальна: потрібно правильно обрати напрям бігування залежно від напрямку волокон картонного листа, вид та висоту бігувальних лінійок.

Для якісного формування лінії згину при бігуванні картонна заготовка повинна бути нерухомо зафіксована на контрматриці за допомогою еластичних прижимів (рис. 3). При виборі раціональних параметрів операції бігування необхідно забезпечити співвідношення сил тертя-ковзання між робочими елементами пристрою бігування та зусиллям бігування й притискання.

При силі тертя-ковзання $F_{т.е.1}$, $F_{т.е.2}$ між еластичним прижимом і картонною заготовкою більшій за силу тертя-ковзання $F_{т.б.1}$, $F_{т.б.2}$ між головкою бігувальної лінійки і картонної заготовки картонна заготовка буде надійно зафіксована:

$$F_{т.е.1} \text{ і } F_{т.е.2} \text{ та } F_{т.б.1} \text{ і } F_{т.б.2} \quad (1)$$

Потрібно визначити умови для обмеження навантажень на заготовку, які діють на другому та третьому етапах. На другому етапі необхідно враховувати граничне значення величини витягування картону при підвищенні якого може відбуватися його розшарування. Значення граничної величини витягування залежить не тільки від характеристик картону, а й від умов проведення операції: температури, вологості, швидкості деформації, конструктивних особливостей технологічного оснащення і т. д. На третьому етапі потрібно врахувати граничне значення міцності картону на стискування, при підвищенні якого відбувається руйнування картону.

Необхідне співвідношення між зусиллями притискання і бігування, враховуючи вираз (1) становить:

$$\begin{cases} P \leq bLk[\sigma]; \\ P \leq \frac{2f_1qLB}{f_2}; \end{cases} \quad (2)$$

де b — ширина головки бігувальної лінійки, (м); L — довжина бігувальної канавки, (м); $k = 1, 5 \dots 2$ — коефіцієнт, який залежить від профілю бігувальної канавки; $[\sigma]$ — границя міцності картону, (Па).

Крім зміни властивостей картону під дією зусилля бігування, на другому та третьому етапах відбувається стискування картону. Для визначення мінімальної товщини картону в зоні бігування необхідно провести аналіз впливу геометричних параметрів бігувальної лінійки та матриці на ступінь витягування картонної заготовки.

Для визначення ступеня витягування приймаємо такі умови:

висота бігувального каналу рівна товщині картону $h = s$;

зазор між нижньою точкою О бігувальної лінійки та контрматрицею рівний товщині картону S ;

місцеве витягування матеріалу відбувається тільки на ділянці СЕ (рис.3);

при бігуванні плоска поверхня картонної заготовки формується в циліндричну з висотою h .

Ступінь витягування визначається через геометричні співвідношення параметрів пристрою бігування та товщину картонної заготовки у декілька способів.

1 спосіб. Ступінь витягування визначається як відносне збільшення площі заготовки:

$$\Delta_B = \frac{S_2 - S_1}{S_1} \cdot 100\%, \quad (3)$$

де S_1 — площа поверхні картонної заготовки до бігування, визначається як:

$$S_1 = LB, \quad (4)$$

B — ширина картонної заготовки, S_2 — площа поверхні картонної заготовки після бігування, визначається із геометричного співвідношення:

$$S_2 = \left[L - 2\sqrt{s(2r+s)} + \frac{2\pi \cdot (r+s)}{180^\circ} \times \right. \\ \left. \times \arccos\left(\frac{r}{r+s}\right) B \right], \quad (5)$$

де r — радіус округлення головки бігувальної лінійки.

2 спосіб. Ступінь витягування визначається як відносне збільшення довжини картонної заготовки в місці бігування:

$$\Delta = \frac{\cup CE - CE}{CE} \cdot 100\%, \quad (6)$$

де CE — початкова довжина картонної заготовки в місці бігування; $\cup CE$ — довжина дуги створеної картонною заготовкою після бігування.

Використовуючи геометричні співвідношення:

$$CE = 2\sqrt{s(2r+s)}; \quad (7)$$

$$\cup CE = 2\pi(r+s) \cdot \frac{\arccos\left(\frac{r}{r+s}\right)}{180}. \quad (8)$$

Ширина бігувального каналу l (рис. 1), при якій не буде виникати напружень зсуву повинна бути повинна бути $l \leq CE$.

Використовуючи вирази (6,7,8) формула для знаходження ступеня витягування приймає вигляд:

$$\Delta_B = \frac{\pi(r+s) \cdot \frac{\arccos\left(\frac{r}{r+s}\right)}{180} - \sqrt{s(2r+s)}}{\sqrt{s(2r+s)}} \cdot 100\%. \quad (9)$$

3 спосіб. Ступінь витягування визначається як відносне потоншення картону:

$$\Delta_B = \sqrt{\frac{s}{s_6} - 1} \cdot 100\%. \quad (10)$$

s — товщина листа картонної заготовки до бігування; s_6 — товщина листа картонної заготовки після бігування.

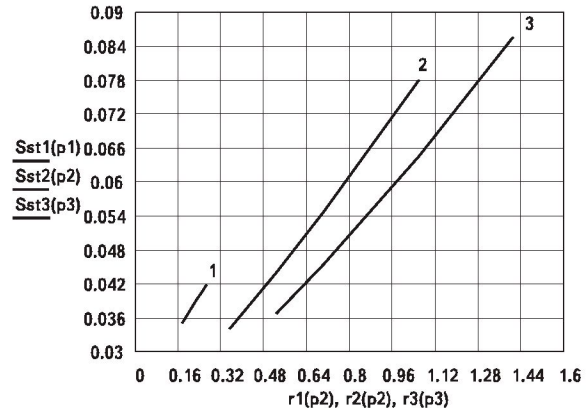


Рис.4. Графік залежності мінімальної товщини картону в зоні бігування від радіуса скруглення формувальної головки бігувальної лінійки:

1 — стандартні формувальні головки; 2 — завужені формувальні головки; 3 — потовщені формувальні головки; $Sst1(p1)$, $Sst2(p2)$, $Sst3(p3)$ — мінімальна товщина картону в зоні бігування; $r1(p1)$, $r2(p2)$, $r3(p3)$ — радіус скруглення.

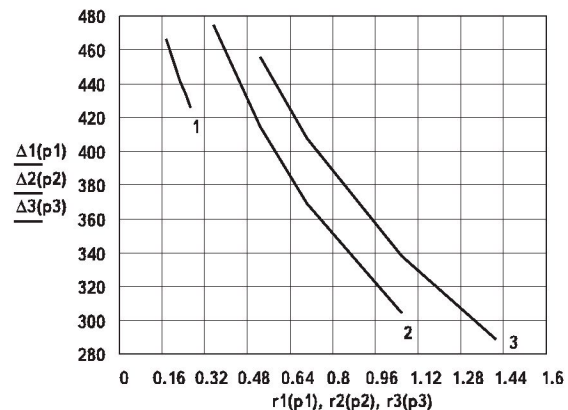


Рис.5. Графік залежності ступеня витягування картону в зоні бігування від радіуса скруглення формувальної головки бігувальної лінійки:

1 — стандартні формувальні головки; 2 — завужені формувальні головки; 3 — потовщені формувальні головки; $\Delta1(p1)$, $\Delta2(p2)$, $\Delta3(p3)$ — ступінь стиснення картону в зоні бігування; $r1(p1)$, $r2(p2)$, $r3(p3)$ — радіус скруглення формувальних головок.

Визначальним геометричним параметром процесу бігування, який повинен також забезпечувати достатню міцність картонної упаковки є кінцева товщина заготовки в зоні бігування. Використовуючи вирази (9,10) можна розрахувати мінімально можливу товщину картонної заготовки, яку забезпечує пристрій в зоні бігування:

$$s_6 = \frac{s}{\left(\frac{\frac{2\pi \cdot (r+s)}{180^\circ} \cdot \arccos\left(\frac{r}{r+s}\right) - 2\sqrt{s(2r+s)}}{2\sqrt{s(2r+s)}} \right)^2} + 1 \quad (11)$$

Висновки. Виконані аналітичні дослідження процесу бігування показали загальну тенденцію зменшення ступеня витягування заготовки картонної упаковки та зростання мінімальної товщини заготовки в зоні бігування при зростанні радіуса скруглення розглянутих типів формувальних головок бігувальної лінійки.

Найменше деформування картонної заготовки та найбільший ступінь витягування буде при використанні потовщених формувальних головок. Такі бігувальні лінійки дозволяють проводити бігування товстого картону з $0,7 \leq s \leq 1,4$ (мм) без зниження якості лінії бігування і попереджують надриви на зовнішній стороні заготовки вздовж лінії бігування.

При бігуванні заготовки тонкого картону з $s = 0,3$ (мм) для малогабаритних коробок доцільно використовувати бігувальні лінійки з завужени-

ми формувальними головками для збільшення ступеня витягування в зоні бігування.

При бігуванні заготовок товщиною $0,3 \leq s \leq 0,7$ (мм) для коробок, які складаються доцільно використовувати стандартні бігувальні лінійки з усередненими параметрами витягування заготовки в зоні бігування в порівнянні з бігувальними лінійками які мають завужені та потовщені формувальні головки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ефремов Н. Ф. Тара и её производство: Учеб. пособ. М.: МГУП, 2001. — 312 с.
2. Каверин В. А., Феклин К. П. Выбор, изготовление, испытания тары и упаковки. — М.: МГУП, 2002. — 260 с.
3. Вернер А. У. Производство картонных ящиков: Пер. с англ./Под ред. В.Н. Мамотина. — М. — Л.: Гослесбумиздат, 1958. — 315 с.
4. ГОСТ 7933 — 89 Е. Картон для потребительской тары. Общие технические условия. — М.: ИПК «Изд-во стандартов», 1989.
5. Данилевский В. А. Картонная и бумажная тара. — М.: Лесная промышленность, 1979. — 216 с.
6. Шредер В. Л., Йованович К.С. Картон. Тара и упаковка. — К.: ИАЦ «Упаковка», 1999. — 192 с.