

ynaKOBKa™



www.yakov.com.ua

4 2005



Формоутворення картонних пачок при пакуванні

(аналіз силового впливу робочих органів пакувальних машин)

М.А. Масло, к.т.н., Національний університет харчових технологій, Київ

Широке використання картонних пачок і подальше розширення сфери їх застосування можливе лише за умови забезпечення високої якості цього виду упаковки з одночасним зниженням її вартості, що обумовлено значною конкуренцією, яку складають картонним пачкам інші види упаковки.

Технологічні процеси пакування різноманітної продукції у картонні пачки реалізуються пакувальними машинами. Оснащені спеціальними робочими органами, такі машини формують пачки із плоскоскладених заготовок, відгинають клапани пачок і наносять на них клейові розчини, закривають поперечні і поздовжні клапани, утворюючи дно і кришку пачок, транспортують пачки по внутрішньомашинних трасах пакувального обладнання, здійснюють контроль ваги заповнених пачок тощо. Під час контакту з робочими органами машини пачки і їх елементи знахо-

дяться під відповідним зовнішнім силовим навантаженням. Характер та величина силового впливу на пачку з боку робочого органу залежать від виду технологічної операції і фізико-механічних характеристик конструкції пачки. При цьому міцність і жорсткість пачки повинні бути достатніми, щоб сприймати зовнішні навантаження без утворення залишкових деформацій і пошкодження конструкції. Таким чином, фізико-механічні характеристики пачок є визначальними при розробці технологічних процесів пакування і конструюванні робочих органів пакувальних машин.

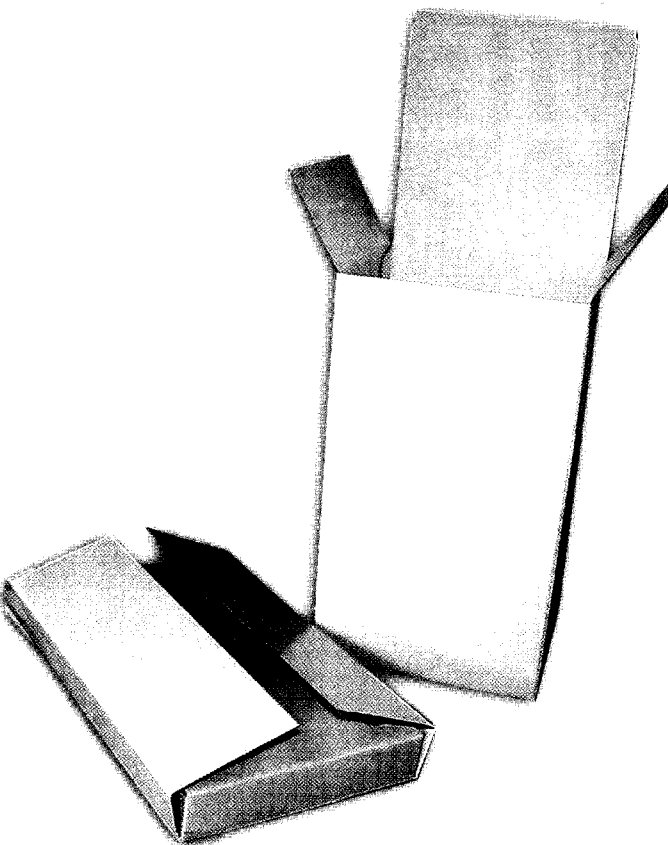
Характеристики міцності і жорсткості картонних пачок обумовлюються у першу чергу властивостями вихідного матеріалу — картону, а також наявністю конструктивних елементів, таких як лінії згину, рильовання, просічки тощо. Слід зазначити, що фізико-механічні характеристики картонної тари вивчалися цілим рядом науковців, серед яких слід виділити роботи Данилевського В.А. [1], Єрихова Б.П. [2], Фляте Д.М. [3]. Однак вказані автори, а також інші дослідники значну увагу приділяють навантаженню картонної тари у процесі її використання, тобто при транспортуванні і зберіганні, а силовий вплив на картонну тару у процесах пакування вивчений недостатньо. А тим часом якість упаковок забезпечується саме в процесах пакування, тобто при формоутворенні, наповненні і герметизації.

Утворюючи силове навантаження на картонні пачки робочі органи пакувальних машин поділяються на дві групи: активні (оснащені приводами) і пасивні, без приводів, які реалізують технологічні операції формоутворення конструктивних елементів пачок за рахунок переміщення самих пачок транспортною системою машини. До пасивних робочих органів належать, зокрема, нерухомі напрямні, які забезпечують закривання клапанів пачок при формоутворенні дна і кришки. При цьому силове навантаження клапанів пачки супроводжується наявністю нормальних сил тиску на клапани з боку напрямної і сил тертя клапану по напрямній (рис. 1).

Величина рушійного моменту, необхідного для закривання клапана, визначається величиною моменту опору згину по лінії рильовання, тобто

$$(F_n \cdot \cos \alpha - F_{np} \cdot \sin \alpha) \cdot k = m \cdot l, \quad (1)$$

де F_n — сила нормального тиску напрямної на клапан;



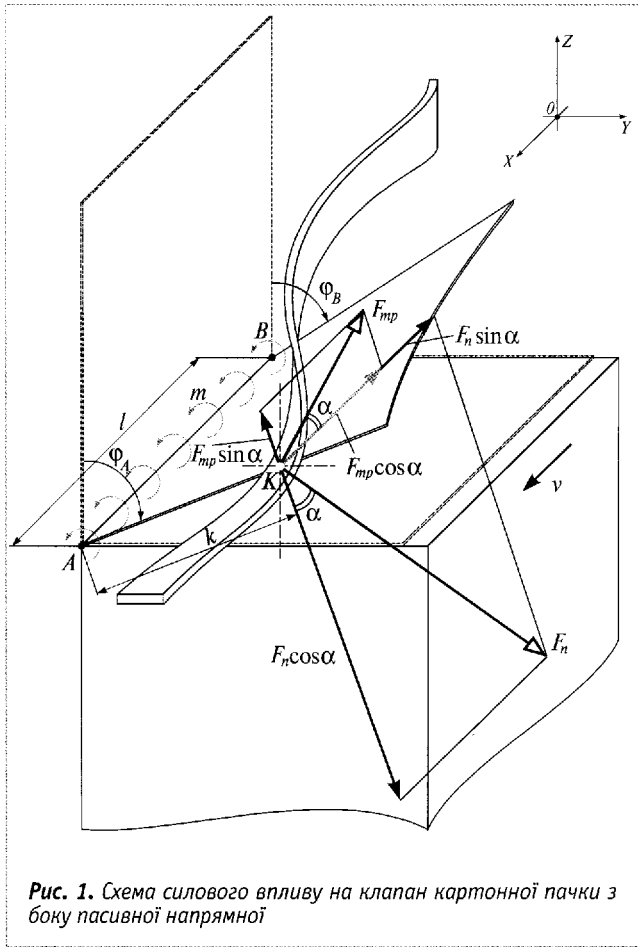


Рис. 1. Схема силового впливу на клапан картонної пачки з боку пасивної напрямної

F_{mp} — сила тертя ковзання клапану по напрямній; α — кут між напрямком руху пачки (вісь Ox) і дотичною до поверхні напрямної у точці контакту; k — відстань від ребра згинання AB до точки контакту K клапану з напрямною; m — лінійний момент опору згину по лінії рильовання ребра AB ; l — довжина ребра AB .

Враховуючи, що

$$F_{mp} = f \cdot F_n, \quad (2)$$

значення сили нормального тиску F_n визначається залежністю:

$$F_n = \frac{m \cdot l}{k(\cos \alpha - f \sin \alpha)}, \quad (3)$$

де f — коефіцієнт тертя ковзання клапану по поверхні напрямної.

Значення лінійного моменту опору згину по лінії рильовання m є величина, що залежить від структури матеріалу картону, ступеню деформації матеріалу в зоні лінії рильовання і величини деформації, що визначається кутом повороту клапану φ у процесі його закривання. Найбільші значення лінійного моменту m спостерігаються на границі пружної деформації лінії рильовання, тобто коли подальша деформація призводить до руйнування структури матеріалу і різкого зниження значення моменту m . На ділянці пружної деформації значення лінійного мо-

менту опору m визначається залежністю, яка виводиться з рівняння пружної лінії згину і кута повороту крайніх перерізів при деформації ребра AB (рис. 2)

$$m = \frac{E \delta_1^3 \varphi}{12a}, \quad (4)$$

де E — модуль пружності картону; δ_1 — товщина деформованого шару картону на лінії рильовання; φ — кут повороту клапану; a — ширина лінії рильовання.

Тоді, з урахуванням виразу (4) вираз (3) для визначення необхідної сили нормального тиску F_n набуває вигляду:

$$F_n = \frac{E \delta_1^3 \varphi l}{12ak(\cos \alpha - f \sin \alpha)}. \quad (5)$$

Просторовий характер навантаження клапану пачки з боку напрямної супроводжується виникненням силового тиску вздовж лінії згину клапану, тобто вздовж вісі Ox . Величина цього навантаження визначається сумою проєкцій сил F_n і F_{mp} на вісь Ox :

$$F_x = F_n \sin \alpha + F_{mp} \cos \alpha = \frac{E \delta_1^3 \varphi l}{12ak} \operatorname{tg}(\alpha + \rho), \quad (6)$$

де ρ — кут тертя ковзання клапану по напрямній, $\rho = \operatorname{arctg} f$.

Під дією зусилля F_x відбувається поздовжня деформація клапану, яка компенсується виникненням реактивних сил у ребрі згинання AB . Під дією цих сил структура ребра може пошкодитись, можуть з'явитися залишкові деформації, які супроводжуються перекосом клапану пачки. Слід зауважити, що внаслідок деформації клапану при прикладенні навантаження з боку напрямної, кут повороту клапану в перерізі A буде дещо більшим ніж кут повороту в перерізі B , тобто $\varphi_A > \varphi_B$. Як результат, величина лінійного моменту опору m по довжині ребра AB не є постійною, а буде зменшуватись від перерізу A до перерізу B . Така ситуація буде зберігатись до моменту досягнення перерізом A границі пружної деформації, після чого опір у області перерізу A різко падає, а у області перерізу B продовжує зростати. Така ситуація призводить до значної деформації клапану в області перерізу B і при недостатній міцності і жорсткості останнього викликає згинання клапану за межами лінії рильовання, тобто відбувається незворотне пошкодження упаковки, яка перетворюється на брак.

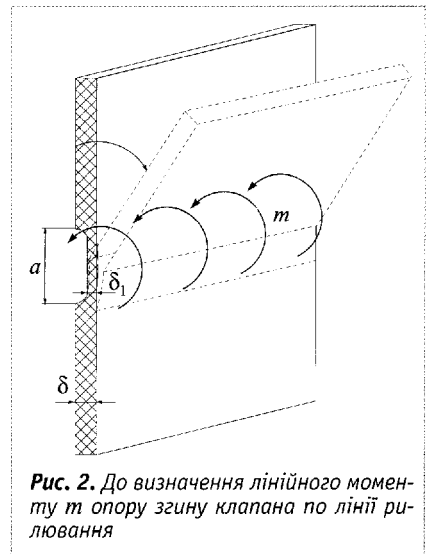


Рис. 2. До визначення лінійного моменту m опору згину клапану по лінії рильовання



розмірів готових упаковок. При низькій і недостатній жорсткості клапанів для їх закривання слід застосовувати активні робочі органи з приводами.

Література

1. Данилевский В.А. Картонная и бумажная тара. — М.: Лесная промышленность, 1979. — 216 с.
2. Ерыхов Б.П. Взаимосвязь упругих и прочностных свойств тарного картона // Бумажная промышленность. — 1972. — № 5. — С. 14—15.
3. Фляте Д.М. Структура бумаги. — М.: ЦНИИТЭИ Леспром, 1969. — 56 с.



Проаналізувавши отримані вирази (5) і (6), можна зробити висновок, що збільшення глибини і ширини лінії рильовання, що супроводжується зменшенням розміру δ_1 і збільшенням розміру a , сприяє зниженню силового впливу на клапан. Однак послаблення міцності і жорсткості зони лінії рильовання призводить до значних деформацій останньої, великих перекосів клапанів і появи характерних виступів ребер згину у перерізі b (рис. 3, а). Величина деформації ребра у перерізі b визначається виразом:

$$\Delta_b = \frac{6F_x \cdot k \cdot a^2}{E \cdot \delta_1 \cdot l^3}. \quad (7)$$

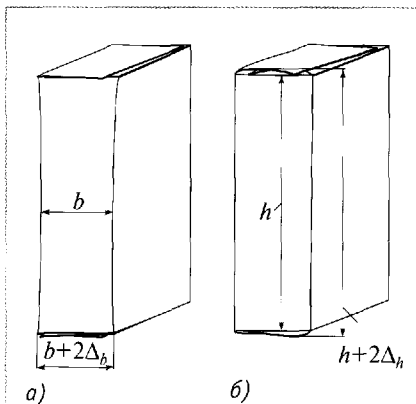


Рис. 3. Дефекти форми і розмірів картонних пачок: а — при недостатній жорсткості ліній рильовання; б — при надмірній жорсткості ліній рильовання

При надмірній жорсткості ребра AB , тобто зменшенні глибини і ширини лінії рильовання, і недостатній жорсткості клапана відбудеться деформація клапана в області перерізу h , що супроводжується появою дугоподібних утворень (рис. 3, б), які порушують герметичність клейових швів клапанів пачки. Величину цих деформацій клапана в перерізі h можна визначити виразом:

$$\Delta_h = \frac{4F_n \cdot k^2}{E \cdot l \cdot \delta^3}, \quad (8)$$

де δ — товщина картону клапана пачки.

Отримані вирази дають можливість зробити висновки, що для забезпечення якісного закривання клапанів картонних пачок пасивними напрямними необхідно знижувати зусилля F_n і F_x , що реально можна зробити, зменшивши кут установки напрямної α і кут тертя ρ за допомогою спеціальних антифрикційних матеріалів або поліруванням напрямних. Однак зменшення кута α призводить до значного зростання габаритів вузлів закривання клапанів. У той самий час глибина і ширина ліній рильовання повинні відповідати певним оптимальним параметрам, які залежать від жорсткості клапанів, тому що недостатня і надмірна жорсткість ліній рильовання призводить до порушень форми і

Formation of the shape of cardboard packs during packaging

(analysis of power influence of end-effectors of packing machines)

M.A. Maslo, Dr., State university of food technologies, Kyiv

The technological processes of packaging of different production in cardboard packs are realized by packing machines, which are equipped with special end-effectors, which shape packs of the plainly combined preforms. As a result of contact to end-effectors of the machine the units of a pack are under appropriate external power load on the part of end-effectors. The parameters of durability and rigidity of a pack should be sufficient to withstand external loads without creation of residual strains and violations of a construction of a pack. In this article you can read outcomes of researches of influence of physico-mechanical performances of packs on design parameters of end-effectors of packing machines. By the author is established, that at a low and insufficient rigidity of gates of packs for from close it is necessary to use end-effectors with drives.