

Фальцювання розгорток картонного пакування

І.І. Ререґей, д.т.н., П.І. Бегень, Українська академія друкарства, м. Львів

Вирішення проблеми оснащення пакувальних виробництв операційним обладнанням для виробництва паперово-картонної тари обмеженими тиражами вбачається у створенні мобільного устаткування, придатного до оперативного переналагодження. Сьогодні важливим є також завдання розроблення енергоощадного обладнання для виконання ключових операцій з формування об'ємної конструкції тари із плоских картонних розгорток, оскільки існуючі високопродуктивні фальцювально-склеювальні лінії призначені для обробки напівфабрикатів, що продукуються великими обсягами. Поведінка незафіксованих елементів розгорток під час їхнього фальцювання на операційному обладнанні не вивчена в достатньому обсязі, тому обґрунтування його конструкції з урахуванням комплексного впливу факторів на процес фальцювання розгорток є актуальним завданням. Аналіз і синтез такого обладнання виконано за конструкційною схемою пристрою, наведеного на рис. 1.

В операційному пристрої, призначеному для виконання заключної технологічної операції процесу виготовлення картонної тари — фальцювання та склеювання картонних розгорток, середню частину розгор-

тки *KP* фіксують вакуумними присмоктувачами, встановленими у плиті 1, а її лівий (на рисунку не показано) та правий незафіксовані елементи *El* уздовж бігувальних ліній загинають спеціальними інструментами. Одним з них є валик 2, вісь 3 якого зафіксована консольно на торцевій поверхні зубчастого колеса 4, котре вільно встановлене на осі 5 повзуна 6. Зубчасте колесо 4 контактує із нерухомою зубчастою рейкою 7, а повзун 6 переміщується вздовж горизонтальної напрямної 8.

У пристрої незафіксовані елементи *El* 1 та *El* 2 (рис. 2) картонної розгортки *KP* фальцюють відповідно валиками 2', 2'', зафіксованими на зубчастих колесах 3', 3''. Середня частина розгортки присмоктувачами 4', 4'' утримується на плиті 1. За допомогою осей 5', 5'' колеса прикріплені до повзунів 6', 6'', що зустрічно переміщуються вздовж горизонтальних напрямних 7', 7''. Унаслідок контакту з нерухомими рейками 8', 8'' зубчасті колеса 3' й 3'' обертаються навколо осей 5', 5''.

У початковому положенні валики 2' та 2'' розташовані під незафіксованими елементами *El* 1 і *El* 2 картонної розгортки *KP*, що знаходяться в горизонтальній площині. Унаслідок зустрічного руху повзунів 6', 6'' зуб-

часте колесо 3' обертається за годинниковою стрілкою, а 3'' — проти неї. Обертний рух коліс та горизонтальне переміщення їхніх осей забезпечує послідовне фальцювання елементів *El* 1, *El* 2 за допомогою валиків 2' і 2''. Згин елемента *El* 1 випереджує в часі фальцювання елемента *El* 2 через наявність клейового шару на з'єднувальному клапані розгортки.

Для розроблення компактної конструкції та впровадження енергоощадного пристрою у виробництво важливо дослідити кінематичні параметри виконавчих елементів механізмів фальцювання незафіксованих елементів картонної розгортки. Результати аналітичних досліджень продемонструють картину силового навантаження механізмів та поведінку незафіксованих елементів розгортки у процесі фальцювання внаслідок дії технологічного опору, спричиненого деформуванням волокон бігувальної лінії, інерційних сил та опору повітря [1].

Геометричним параметром, який визначає положення елемента розгортки залежно від переміщення повзуна, є поточний кут його фальцювання. Заданою умовою, що фальцювальний валик на початку та в кінці фальцювання контактує з лівим боковим елементом розгортки по його середині.

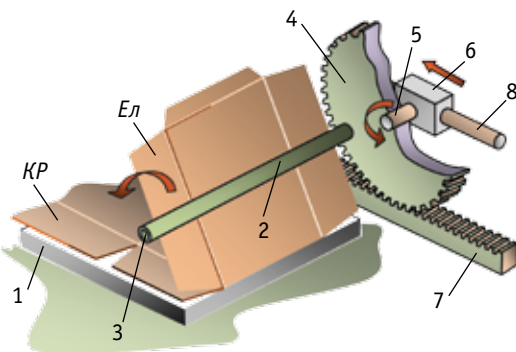


Рис 1. Схема механізму фальцювання незафіксованого елемента картонної розгортки

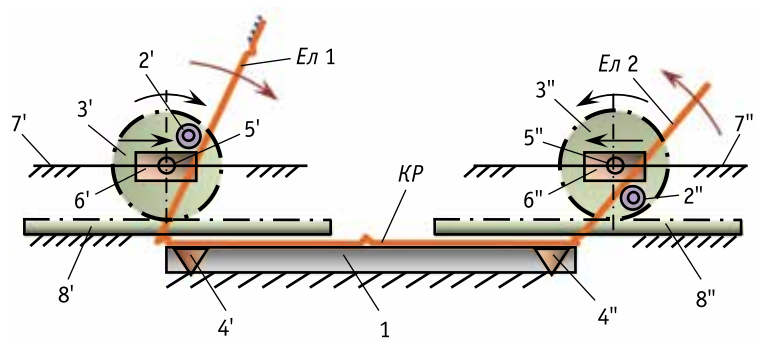


Рис 2. Кінематична схема пристрою для фальцювання незафіксованих елементів картонної розгортки



У такому випадку зубчасте колесо повинно пройти шлях, який дорівнює ширині елемента, для його загинання на кут 180° . На рис. 3 подано розрахункову схему для визначення поточного кута фальцювання лівого елемента розгортки.

Згідно із зображеною на рис. 3а схемою, радіус зубчастого колеса:

$$R = \frac{b}{2\pi}.$$

Кут повороту відрізка O_1A_1 (у точці A_1 встановлено фальцювальний валик) знаходимо як центральний кут кола радіусом R , охоплений дугою x :

$$\gamma = \frac{x}{R},$$

де x — поточне переміщення зубчастого колеса.

Розглянемо трикутник A_1B_1C на ділянці фальцювання $\mu_1 = 0 \dots 90^\circ$.

У ньому одним катетом є параметр y_1 , іншим — l_1 :

$$y_1 = R \left(1 - \cos \frac{x}{R} \right); \quad (1)$$

$$l_1 = 0,5b - x + x_1, \quad (2)$$

де $x_1 = R \cdot \sin \frac{x}{R}$;

b — ширина елемента, що підлягає фальцюванню.

Ураховуючи залежності (1), (2), знаходимо кут фальцювання:

$$\mu_1 = \arctg \frac{R \left(1 - \cos \frac{x}{R} \right)}{0,5b - x + R \cdot \sin \frac{x}{R}}. \quad (3)$$

Аналогічно знаходимо кут μ на ділянці $90^\circ < \mu_2 \leq 180^\circ$ (рис. 3б):

$$\mu_2 = \pi - \arctg \frac{R \left(1 - \cos \frac{x}{R} \right)}{x - R \cdot \sin \frac{x}{R} - 0,5b}. \quad (4)$$

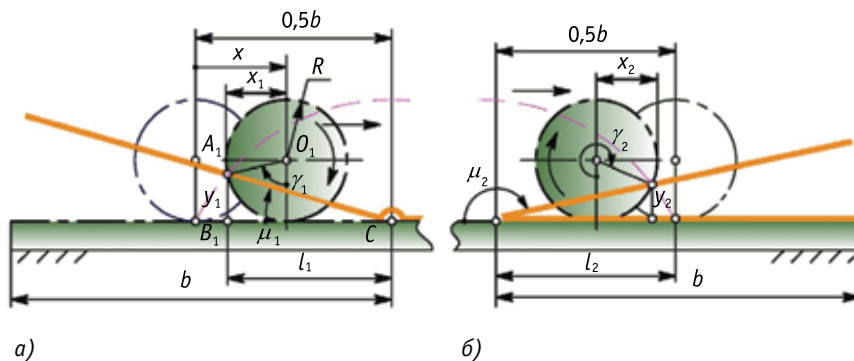


Рис. 3. Розрахункова схема до визначення поточного кута загинання лівого незафіксованого елемента розгортки під час фальцювання на кут діапазону: $0 \leq \mu \leq 90^\circ$ (а), $90^\circ < \mu \leq 180^\circ$ (б)

Диференціюванням залежностей (3) і (4) [2] одержимо відносну кутову швидкість фальцювання лівого елемента картонної розгортки:

$$\omega_i = \frac{d\mu}{dx} = \frac{R \left(1 - \cos \frac{x}{R} \right)^2 + \left(0,5b - x + R \cdot \sin \frac{x}{R} \right) \sin \frac{x}{R}}{\left(0,5b - x + R \cdot \sin \frac{x}{R} \right)^2 + R^2 \left(1 - \cos \frac{x}{R} \right)^2}. \quad (5)$$

Для одержання абсолютних значень кутової швидкості скористаємося добутком:

$$\omega = \omega_i \cdot V,$$

де V — лінійна швидкість повзуна.

Особливість фальцювання правого елемента розгортки полягає в обчисленні зони клейового з'єднання. Тому доцільно створити умову, за якої валик на початку фальцювання контактуватиме із серединою елемента, а на завершення операції — з його краєм. У такому випадку зубчасте колесо, яке приводить у рух валик, пройде шлях $1,5b$ (рис. 4). Для знаходження положення зубчастого колеса під час фальцюванні елемента на 90° підставимо у вираз (3) значення $\mu = 90^\circ$. Оскільки тангенс кута 90° прямує до нескінченності, для виконання залежності (3) справедлива рівність:

$$0,5b - x + R \cdot \sin \frac{x}{R} = 0. \quad (6)$$

Рівняння (6) нелінійне, його розв'язок знайдено наближено за допомогою функції пошуку рішень електронних таблиць Microsoft Excel. У результаті розрахунків встановлено значення переміщення зубчастого колеса $x = 0,622b$, за якого правий елемент розгортки переміщується на 90° . Відповідно, для обчислень поточних кутових переміщень правого елемента розгортки на ділянці переміщення повзуна зубчастого колеса від 0 до $0,622b$ необхідно скористатися виразом (3), а на ділянці $0,622b \leq x \leq 1,5b$ — (4). Для знаходження відносної кутової швидкості правого елемента справедливою є рівність (5).

Результати проведених аналітичних досліджень представлено на рис. 5. Вони відображають характер зміни кута фальцювання і відносної кутової швидкості лівого (рис. 5а) та

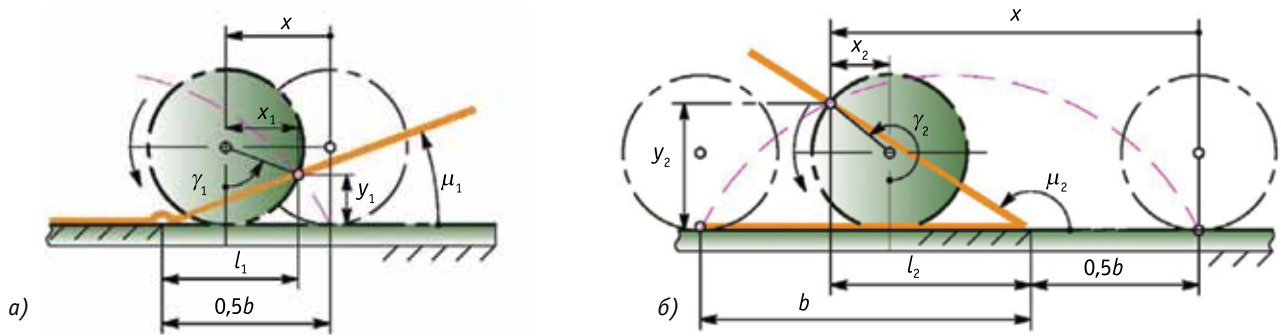


Рис. 4. Схема до визначення поточного кута загинання правого незафіксованого елемента розгортки під час фальцювання на кут: $0 \leq \mu \leq 90^\circ$ (а), $90^\circ < \mu \leq 180^\circ$ (б)

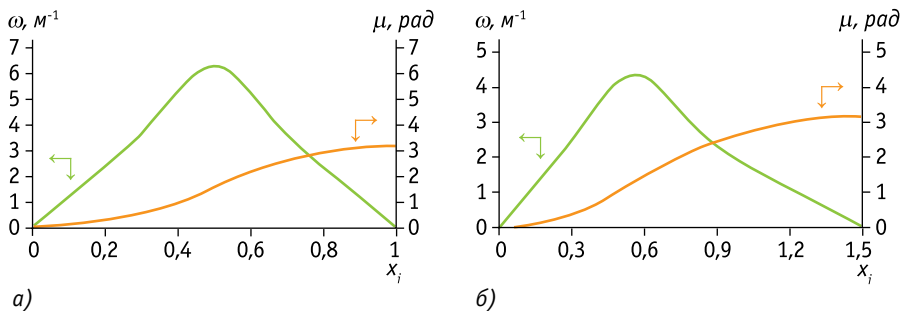


Рис. 5. Кутова швидкість (—) і кутове переміщення (—) лівого (а) і правого (б) незафіксованих елементів розгортки

правого (рис. 5б) незафіксованих елементів картонної розгортки від одного переміщення під час їхнього фальцювання.

Як видно із графіків, максимального значення кутова швидкість лівого елемента досягає у момент проходження зубчастим колесом половини відстані. Під час фальцювання правого елемента розгортки з наступним обтисканням клейового з'єднання пікове значення кутової швидкості зміщене і спостерігається у разі переміщення центра зубчастого колеса на відстань $x = 0,55b$. Максимум кутової швидкості лівого елемента на 45 % більший максимуму кутової швидкості правого елемента, оскільки правий клапан валик фальцює після проходження зубчастим колесом відстані $1,5b$.

Висновки

Запропонована нова конструкція операційного пристрою для фальцювання картонних розгорток, робочими інструментами якого є валики, що приводяться в рух зубчастими колесами. Вони не тільки забезпечують фальцювання лівого та правого незафіксованих елементів розгортки, але й виконують

операцію обтискання з'єднувального клапана для надійного об'ємного формування пакування. Досліджено особливості згину лівої та правої частин розгортки, отримані аналітичні вирази для обчислення геометричних і кінематичних параметрів. Встановлено, що за однакової лінійної швидкості правий повзун проходить у півтори рази більшу відстань за лівий внаслідок прокочування валиком поверхні правого незафіксованого елемента у позицію обтискання клейового з'єднання. Одержані кінематичні параметри будуть використані для оцінювання силового навантаження, що діє на елементи розгортки під час фальцювання, зокрема від сили опору повітря, яка безпосередньо залежить від швидкості загинання елементів розгортки.

Література

1. Альтшуль А.Д. Гидравлика и аэродинамика / А.Д. Альтшуль, П.Г. Киселев — М.: Издательство литературы по строительству, 1965. — 273 с.
2. Овчинников П.П. Вища математика: Підручник. — Ч. 1 / П.П. Овчинников, Ф.П. Яремчук, В.М. Михайленко — К.: Техніка, 2007. ✓



Фальцевание разверток картонной упаковки

И.И. Регей, д.т.н., П.И. Бегень

Материалы статьи посвящены разработке устройства новой конструкции для операционного фальцевания картонных разверток и обоснованию построения его основных механизмов. Авторы провели ряд аналитических расчетов и установили зависимости для определения кинематических параметров элемента картонной развертки, позволяющие оценить его поведение при фальцевании. Полученные кинематические параметры необходимы для обоснования конструктивного построения операционного фальцевального оборудования.

Ключевые слова: картонная упаковка; фальцевание; картонная заготовка.

Folding of cardboard involutes

I.I. Regey, Dr., P.I. Begen

The article is devoted to development of new device structures for operational cardboard involutes folding and substantiation of its basic mechanisms constructing. The authors conducted a series of analytical calculations and identified expressions for determination kinematic parameters of the element cardboard involute, which allows to evaluate its behavior while folding. The resulting kinematic parameters are necessary to justify the operational folding equipment construction.

Key words: cardboard packaging; folding; cardboard involute.