

Приправка штанцювальної форми (для висікання картонних паковань)

С.В. Терницький, к.т.н., Українська академія друкарства, м. Львів

Виготовлення картонних паковань — це комплекс різних операцій технологічного процесу. Незалежно від виду картонного пакування, він передбачає штанцювання — операцію, під час якої відбувається виокремлення розгортки пакування із форматного аркуша (висікання) з одночасним формуванням ліній згину (бігування чи перфорування).

У працях [1–3] розглянуто роль пружних деформацій у пресах плоского та плоскоциліндрового типу і шляхи їх мінімізації, специфіку висікання розгортки на плоскоциліндрових пресах.

На фактичне зусилля висікання, яке завжди більше за технологічно-необхідне, суттєво впливають:

- жорсткість системи преса;
- регулювання положення натискної плити, яке виконується завжди з установкою нової штанцювальної форми і має суб'єктивний характер;
- твердість опорної пластини (з завершенням висікання все зусилля через леза висікальних лінійок передається на опорну пластину, внаслідок чого виникають контактні напруження відповідної величини);
- точність виготовлення всіх елементів системи преса — опорної і натискної плит, опорної та компенсаційної пластин, приправочного листа тощо. Точність вказаних компонентів, головним чином, і визначають трудомісткість приправки штанцювальної форми;
- приправка штанцювальної форми, адже вона виконується без об'єктивних критеріїв оцінювання, а тому нею майже неможливо довести фактичні зусилля висікання до значення лише технологічно-необхідного.

Приправка штанцювальної форми — це ручна операція компенсації неточностей елементів преса за допомогою введення в розмірний ланцюжок спеціальних прокладок, яка забезпечує висікання картонних заготовок по всьому контуру висікальних лінійок. Із наведеного визначення не випливає, що приправка вирівнює зусилля висікання. Навпаки, вона посилює нерівномірність навантаження на висікальні лінійки.

Основними причинами, що обумовлюють необхідність виконання приправки, є [4]:

- відхилення від площинності опорної і натискної плит преса;
- коливання товщин проміжних пластин, що встановлюються над і під формою;
- коливання висоти висікальних лінійок;
- податливість системи преса, яка залежить від формату і характеру розгортки картонного пакування.

На параметри та трудомісткість приправки впливають не тільки геометричні (товщина, висота, допуски), але й механічні (модуль пружності, твердість) характеристики всіх елементів системи преса. Найбільш вагомим параметром є відхилення від площинності опорної і натискної плит та коливання товщин металевих пластин.

Сумарні відхилення складових елементів преса по координаті у різних точках штанцювальної форми можна оцінити тільки наближено (з використанням елементів теорії ймовірності) для конкретно відомих відхилень окремих елементів. Можливі відхилення від розмірів та неточності зображені на рис. 1. Ці відхилення впливатимуть на необхідність виконання та трудомісткість приправки. Серед найбільш поширених відхилень виділимо:

- відхилення від номінальних розмірів висікальної лінійки 1;
- неточності 2, 3 виготовлення додаткових пластин, що використовуються у системі преса;
- відхилення або неточності 4 виготовлення опорної пластини.

Окрім зазначених вище неточностей, на необхідність приправки впливатимуть також недоліки виготовлення натискної та опорної плит та перекося під час руху натискної плити.

Розглянемо один із багатьох окремих випадків, коли необхідно виконувати приправку штанцювальної форми. Так, у випадку відхилення від площинності опорної пластини 1 (рис. 2а) в пресах із нижньою рухомою плитою 2, приправка необхідна для деформації висікальної лінійки 3 для того, щоби відбувалося повне розділення матеріалу. Для ілюстрації впливу приправки на перепад зусилля, що сприйматиметься висікальними лінійками, задамо сумарне відхилення рівне 50 мкм. Гіпотетично приймемо висікальну лінійку 3, що висікає картонну заготовку 4 (рис. 2б), як балку на двох опорах, відстань між якими

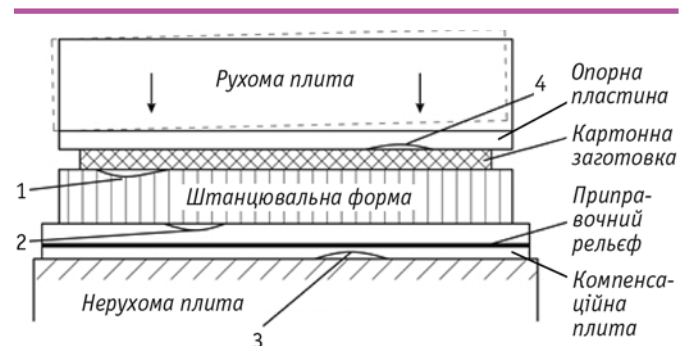


Рис. 1. Схематичне зображення метричних відхилень елементів преса, які обумовлюють необхідність приправки



припустимо $l = 100$ м. За допомогою приправочного матеріалу 5 необхідно досягти максимальної деформації висікальної лінійки 3 (посередині).

Отже, необхідно знайти силу, при якій відбудеться деформація висікальної лінійки на задану максимальну величину $y_{\max} = 0,05$ (мм).

Момент інерції січення висікальної лінійки:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,71 \cdot 23,8^3}{12} = 9571,7 \text{ мм}^4, \quad (1)$$

де $b = 0,71$ мм — товщина висікальної лінійки, $h = 23,8$ мм — її висота.

Величина зусилля, яке необхідно створити для такої деформації висікальної лінійки [5]:

$$P = \frac{48 \cdot E \cdot I}{l^3} \cdot y_{\max} = \frac{48 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 9571,7}{100^3} \cdot 0,05 = 4594,41 \text{ Н}, \quad (2)$$

де $E = 2 \cdot 10^5$ (МПа) — модуль пружності матеріалу висікальної лінійки.

Реакції, що виникатимуть в опорах при створенні зусилля обчисленої величини:

$$R_A = R_B = \frac{P}{2} = 2297,05 \text{ Н}. \quad (3)$$

Якщо, наприклад, прийняти ширину опор $b_A + b_B = 40$ (мм), то величина додаткового (окрім технологічно-необхідного зусилля висікання, що для картону типу хром-ерзац крейдований завтовшки 0,7 мм) становить 49 ($\frac{\text{Н}}{\text{мм}}$) при висіканні поперек волокон лінійного зусилля, прикладеного до висікальної лінійки:

$$q_d = \frac{4594,4}{40} = 114,8 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}. \quad (4)$$

Таким чином, загальне зусилля висікання картону типу хром-ерзац товщиною 0,7 мм поперек волокон становитиме:

$$q_z = q_{\text{тн}} + q_d = 35 + 114,8 = 149,8 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}. \quad (5)$$

Дослідження зусиль висікання показали [2], що вони зникають при наближенні інструменту до крайнього положення. Тому після завершення розділення картону, реакцію прийматимуть висікальні лінійки, що врізаються в компенсаційну пластину.

У такому випадку контактний тиск при врізанні висікальних лінійок значно перевищує значення максимально допустимого $[\sigma] = 240$ МПа, внаслідок чого і відбувається нерівномірне інтенсивне зношування висікальних лінійок штанцювальної форми. При цьому нерівномірність зростає зі збільшенням об'єму приправки, що особливо характерно для пресів, де використовуються пластини, виготовлені та оброблені з недостатньою точністю.

Нерівномірність навантажень на висікальні лінійки можна дещо зменшити у випадку оцінки просікання при налагоджуванні не за пробною розгорткою, а за відтиском

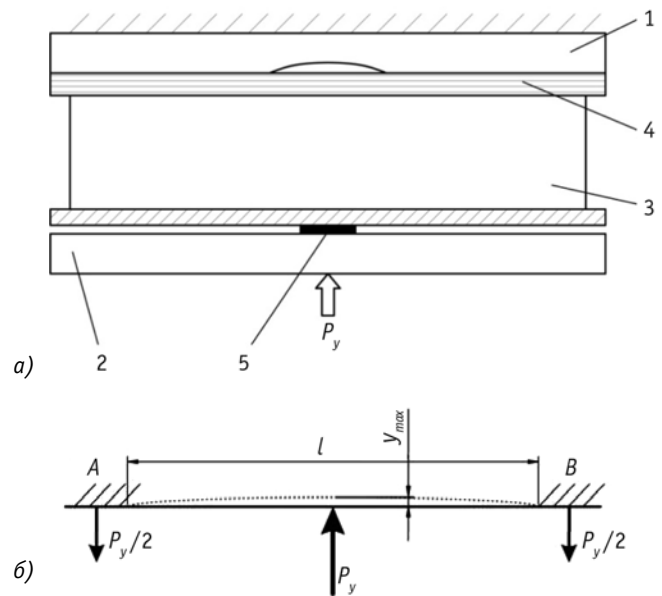


Рис. 2. Схема сил (а) та деформацій елементів преса (б), що відбуваються внаслідок приправки висікальної лінійки

копіювального паперу, розміщеного під основою штанцювальної форми.

Розглядаючи випадок розміщення приправочного рельєфу під опорною пластиною, маємо частковий випадок прогину пластини зосередженим навантаженням (рис. 3). Отже, величина прогину пластини [6]:

$$W = \frac{A}{D} \cdot C_1, \quad (6)$$

де $C_1 = 1$, $D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1-\mu)}$ — циліндрична жорсткість пластини,

$$A = \frac{P \cdot a^2}{16 \cdot \pi}.$$

Підставляючи величини в (6) прогин пластини:

$$W = \frac{P \cdot a^2 \cdot 12 \cdot (1-\mu)}{16 \cdot \pi \cdot E \cdot h^3} = \frac{3}{4} \cdot \frac{P \cdot a^2 \cdot (1-\mu)}{\pi \cdot E \cdot h^3}. \quad (7)$$

Задавши прогин пластини (припустимо, що за допомогою приправочного матеріалу 5 (рис. 2а) необхідно досягти максимальної деформації висікальної лінійки $W = 0,05$ мм), знайдемо необхідну силу для забезпечення цього прогину:

$$P = \frac{4 \cdot \pi \cdot E \cdot h^3}{3 \cdot a^2 \cdot (1-\mu) \cdot W}. \quad (8)$$

Задаючись необхідними величинами сили, яку необхідно прикласти для прогину на величину $W = 0,05$ мм пластини товщиною $h = 2$ мм, з модулем пружності $E = 2 \cdot 10^5$ МПа та $a = 60$ мм, отримуємо:

$$P = \frac{4 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2^3}{3 \cdot 60^2 \cdot (1-0,3) \cdot 0,05} = 53164 \text{ Н}. \quad (9)$$

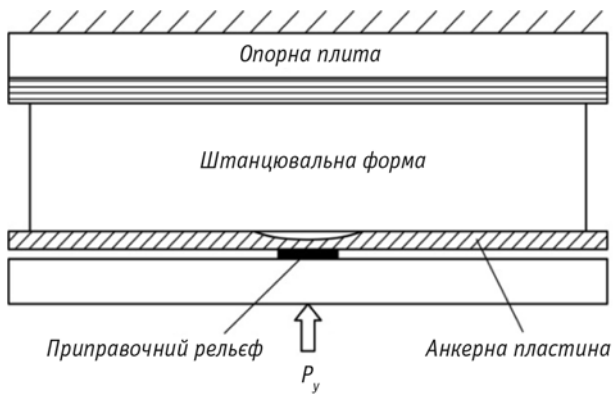


Рис. 3. Схема зосередженого навантаження для прогину анкерної пластини

Таким чином, внаслідок приправки зусилля висікання не лише доводиться до технологічно-необхідних на ділянках, де не відбувається просікання картону, але й збільшується на ділянках, де таке просікання відбувалось. Отже, додаткове зусилля на висікальні лінійки, що створюється у випадку виконання приправки штанцювальної форми, складається із зусилля на невисічених ділянках (за наближеними оцінками близько 30 % довжини висікальних лінійок у штанцювальній формі) та надлишкового зусилля на інші ділянки. Останнє не підлягає обчисленню, але судячи з наведеного вище окремого випадку, може бути такого ж порядку.

Додаткове навантаження вимагає збільшення пружної деформації преса:

$$X_{np, дод} = \frac{P_{\Sigma} + P_{дод}}{C_{np}}, \quad (10)$$

де $x_{np, дод}$ — пружна деформація преса, P_{Σ} — сумарне навантаження в пресі, $P_{дод}$ — додаткове навантаження, що створюється внаслідок приправки, C_{np} — жорсткість системи преса.

Внаслідок цього, недорізання картону може відбуватися на тих ділянках висікальних лінійок, на яких до початку проведення приправки цього не спостерігалось. Усунути це явище можна додатковим регулюванням натискної плити, або в початковій фазі — створенням наперед більшого зусилля від сумарного максимального, яке сприйматиметься виступаючими частинами висікальних лінійок [7].

Внаслідок виконання приправки змінюється напружено-деформований стан штанцювального преса. Налаштування преса (встановлення крайнього положення натискної плити) виконується на підставі отриманої пробної розгортки, яка повинна бути висіченою щонайменше на 70 %. Проте ступінь висікання для різних пресів буде різним. Він залежить від точності виготовлення елементів преса та жорсткості привода. Оцінка суб'єктивна, однак об'єктивних методів регулювання положення натискної плити не існує.

На рис. 4 представлена схема сил у взаємозв'язку з переміщеннями і деформаціями ланок, що ілюструють вплив

операції приправки (розглядається схема преса з рухомою формою).

Координатою s на схемі позначено крайнє положення форми без навантаження. По лінії 0 проходить площина висікання, яка відповідає крайньому положенню висікальних лінійок. Під дією загальних навантажень (початкових) $P_{\max поч}$ при отриманні пробної розгортки привідні ланки деформуються на величину X_{\max} . Такої рівноваги сил (відповідає точці А) досягають в процесі налагодження:

$$P_{\max np} = c_{np} \cdot x_{np}, \quad (11)$$

де c_{np} — жорсткість преса.

Як встановлено вище, внаслідок приправки суттєво збільшується зусилля на висікальні лінійки. Внаслідок цього рівновага сил відповідатиме положенню точки В на схемі:

$$P_{\max np} = c_{np} \cdot (x_{np} + \Delta x_{np}). \quad (12)$$

Ланки преса додатково деформуються на величину:

$$\Delta x_{np} = \frac{P_{\max np} - P_{\max поч}}{c_{np}}. \quad (13)$$

Тобто на величину Δx_{np} штанцювальна форма не досягне площини висікання, що вимагатиме додаткового налагодження. Таким чином, додаткова деформація залежатиме від об'єму приправки (що визначається точністю компонентів системи преса), яка впливає на $P_{\max np}$ і жорсткість преса c_{np} (при недостатній жорсткості процес приправки і налагоджування ускладнюється).

Негативний вплив приправки на напружено-деформований стан преса можна усунути шляхом встановлення обмежувальних планок, тобто створення попереднього натягу плоского штанцювального преса [7].

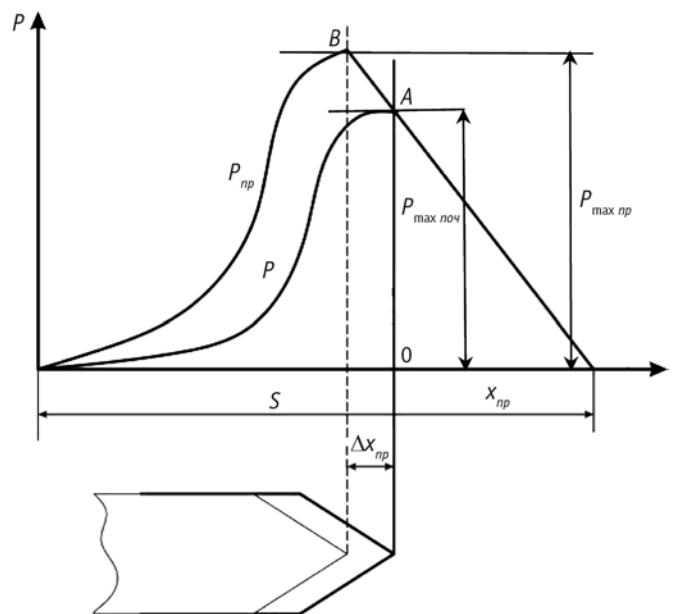


Рис. 4. Розподіл сил та деформацій преса внаслідок приправки



Висновки. Приправка, що є необхідною операцією для забезпечення висікання картонної розгортки по всьому контуру висікальних елементів, обумовлена недостатньою жорсткістю преса, точністю виготовлення його і всіх складових елементів.

Внаслідок приправки, зусилля висікання не лише доводиться до технологічно-необхідних на ділянках, де не відбувається просікання картону, але й збільшується на ділянках, де таке просікання відбувалось. Приправка штанцювальної форми призводить до збільшення локального навантаження на висікальні лінійки, що є причиною їх нерівномірного зношування і, відповідно, зменшення ресурсу роботи. Причина цього надлишкового навантаження на висікальні лінійки залежить від кількості пластин в зоні тиску та їх товщини.

Внаслідок виконання приправки змінюється напружено-деформований стан штанцювального преса. Приправка суттєво збільшує зусилля, що сприймається висікальними лінійками.

Література

1. *Банах Ю.О.* Оцінка скрутних моментів при штанцюванні з врахуванням податливості преса на машині тигельного типу / Ю.О. Банах // Наукові записки УАД. — 1999. — № 1. — С. 15–20.
2. *Друкарське устаткування* : Підручник / Я.І. Чехман, В.Т. Сенкус, В.П. Дідич, В.О. Босак. — Львів: УАД, 2005. — 486 с.
3. *Чехман Я.І.* Вплив деформацій плоско циліндрового преса на штанцювання / Я.І. Чехман, І.Я. Попович // Упаковка. — 2006. — № 3. — С. 58–61.
4. *Регей І.І.* Споживче картонне пакування (матеріали, проектування, обладнання для виготовлення) : Навч. посіб. / І.І. Регей. — Львів: УАД, 2011. — 144 с.

5. *Писаренко Г.С.* Опір матеріалів : Підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський. — К.: Вища школа, 1993. — 655 с.

6. *Феодос'єв В.И.* Сопротивление материалов / В.И. Феодос'єв. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999.

7. *Терницький С.В.* Дослідження технологічно-необхідних зусиль висікання розгорток картонних пакувань // Упаковка. — 2011. — № 3. — С. 28–31.

8. *Чехман Я.І.* Про доцільність створення попереднього натягу в системі тигельного преса машини при штанцювальних роботах / Я.І. Чехман., Ю.О. Банах // Поліграфія та видавнича справа. — 1996. — № 31. — С.34–39.

9. *Банах Ю.О.* Технологічні навантаження в процесі штанцювання і шляхи їх зменшення / Поліграфія і видавнича справа. — Львів: УАД, 1997. — № 32. — С. 67–70. *У*

Приправка штанцювальної форми (для висікання картонних упаковок) S.V. Teritzkiy, Ph.D.

Проведен анализ факторов влияния на усилие высеки и напряженно-деформированное состояние преса. Рассмотрены причины, вызывающие необходимость выполнения приправки штанцювальной формы. Проведен расчет одного из случаев необходимости выполнения приправки, выявлено её влияние на нагрузку в пресе и на его напряженно-деформированное состояние. Определено величину дополнительного усилия, которое необходимо создать в процессе штанцевания, учитывая приправку.

Ключевые слова: высека; высекальный пресс; высекальная линейка; технологические усилия; развертка упаковки; картон.

Set-up of diecutting form (for cutting cardboard packaging)

S.V. Teritzkiy, Ph.D.

There were held an analysis of factors influencing of set-up to the cutting force and the stress-strain state of press. It was considered the causes of the need to implement set-up of die cutting shape. There were made calculation of one of the occasions of need to perform set-up revealed its impact on the load in the press and on its mode of deformation. We found the value of the additional effort that is needed to create the die cutting process because of the set-up.

Keywords: carving press; carving ruler; technological effort; involute of cardboard package.



- Нанесение любого изображения на флаконы и баночки методом тампопечати
- Широкий выбор баночек, тубофлаконов и флаконов для косметики
- Разнообразные цветовые решения и формы
- Создание креатива, разработка оригинал-макета

ЧП "ЛЕКО-ПЛУС"
Украина, г. Киев,
ул.Чистяковская 2-а, оф.517
Тел./факс (044) 581-56-33
www.leko-plus.com.ua
E-mail: leko-plus@ukr.net