

обхідності – креслення вузла і деталей пристрою. За допомогою графопобудовувача відповідні креслення оптимальної конструкції фотовивідного пристрою можуть бути виведені на аркушах.

З огляду на вищесказане можна стверджувати, що розроблення автоматизованого проектування оптико-механічних систем фотовивідних пристроїв значною мірою сприятиме оперативному та якісному вирішенню питання їх конструювання.

1. Петрів І.М., Хмельов С.О. Аналіз причин і шляхи усунення спотворення зображень у фотонасвітлювальних автоматах // Поліграфія і видавнича справа. 2000, №36. С. 25–30. 2. Самарин Ю.Н., Сапошников Н.П., Синяк М.А. Печатные системы фирмы "Heidelberg". Допечатное оборудование: Учебное пособие. М., 2000.

УДК 676.81.05

*Я.І. Чехман, С.В. Ткач, І.М. Кравчук*

### ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЬ ПРИ ВИСІКАННІ КАРТОНУ НА ПЛОСКОЦИЛІНДРОВОМУ ПРЕСІ

*Розглядаються особливості висікання картону на штанцювальному пресі плоскоциліндрового типу й пропонується оригінальна методика визначення навантажень на висікальні лінійки.*

*Рассматриваются особенности высечки картона на штанцевальном прессе плоскоцилиндрического типа и предлагается оригинальная методика определения усилий на высечные линейки.*

Конструктивне вирішення взаємодії плоскої штанцювальної форми з циліндром при висіканні картонних заготовок може бути ефективно запозичено з досконало відпрацьованих різноманітних за конструкцією плоскодрукарських машин. Відмова від застарілої технології виготовлення друкарських форм гарячого набору зумовила недоцільність використання плоскодрукарських машин за їх прямим призначенням. Зате створення нових штанцювальних пресів за даним принципом або порівняно незначне переоснащення для цього наявних плоскодрукарських машин є перспективним. По-перше, тому що тут використовується плоска штанцювальна форма з досконало відлагодженою технологією її виготовлення. По-друге, при однаковому форматі технологічне навантаження в плоскоциліндрових пресах у десятки разів нижче, ніж у плоских штанцювальних, що спричиняє істотно нижчу їх енергомісткість. Нарешті, продуктивність плоскоциліндрових пресів може бути дещо вищою.

Проте створення нових штанцювальних пресів (або шляхом переобладнання плоскодрукарських машин) вимагає глибокого вивчення специфіки технологічного процесу для розроблення технічних вимог як до проектування, так і для технічно-грамотної їх експлуатації. У спеціальній літературі такої інформації не виявлено, що й зумовило доцільність проведення в УАД дослідження в цьому напрямку, починаючи з вивчення технологічних зусиль при висіканні картону.

Розглянемо специфіку процесу висікання на плоскоциліндровому пресі. Висікальні лінійки можуть розміщатися в штанцювальній формі по-різному: паралельно до осі циліндра, під різним кутом до неї аж до перпендикулярного положення. Найбільш несприятливим є паралельне розташування лінійки до твірної циліндра, оскільки початок її контакту з листом картону, що відповідає точці А, відбувається при різній швидкості (рис.1). Завершується висікання в точці Р<sub>о</sub>, де швидкості опорної поверхні циліндра (V<sub>ц</sub>) і штанцформи (V<sub>ф</sub>) повинні бути однаковими. Ця точка збігається з полюсом зубчастого зачеплення циліндра і талера.

Беручи це до уваги, відзначимо, що дуга СР<sub>о</sub> дорівнюватиме переміщенню висікальної лінійки АР<sub>о</sub>, яке представлятиме ширину зони висікання b, котра може бути виражена за теоремою Піфагора з прямокутного трикутника О<sub>1</sub>Р<sub>о</sub>А рівнянням

$$b = \sqrt{(R + \delta_k)^2 - R^2} \approx \sqrt{2R\delta_k}, \quad (1)$$

де  $R$  – радіус циліндра;  $\delta_k$  – товщина картону.

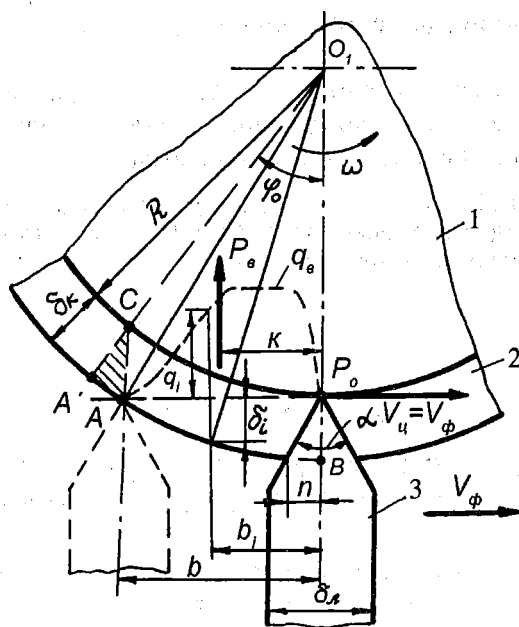


Рис.1. Взаємодія висікальної лінійки з листом картону:  
1 – циліндр; 2 – лист картону; 3 – висікальна лінійка

Переміщення точки  $A'$ , що належить картону, на куті  $\varphi_0$  дорівнювало б дузі  $AB = \varphi_0(R + \delta_k)$ , тобто воно більше за переміщення вершини висікальної лінійки на величину  $AB - CP_0 = \varphi_0 \delta_k$ . Різниця цих переміщень зумовить торцеве стиснення картону, що супроводжується дією відповідного зусилля на висікальну лінійку в напрямку її руху. Крім того, виникне додаткове торцеве стиснення картону внаслідок збільшення товщини загостреної частини висікальної лінійки. Максимальна величина цього додаткового стиснення дорівнюватиме

$$n = \delta_k \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (2)$$

Тому загальне торцеве стиснення становитиме

$$\Delta_T = \delta_k \varphi_0 + \delta_k \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (3)$$

Торцева деформація картону від загострення лінійки (клиноподібної форми) відбувається симетрично з двох боків, у результаті чого два однакових і протилежно спрямованих зусилля зрівноважуються й на висікальну лінійку не впливатимуть. Для прикладу, при  $R = 292$  мм і  $\alpha = 51^\circ$  для двох листів картону завтовшки 0,5 і 1,0 мм загальне торцеве стиснення становитиме 0,3 і 0,6 мм, а деформація верхнього шару листа картону, відповідно, 0,08 і 0,12 мм. Об'єм торцевої деформації, що викличе тангенційне зусилля на висікальну лінійку, зображено на рис.1 перерізом  $A'-A-C$ . Експериментально можна визначити зусилля, необхідне для створення цієї деформації.

Наступна особливість висікання порівняно з друкуванням полягає в тому, що процес відбувається тільки в період набігання циліндра на лінійку (зона  $b$ ). На рис.1. накладена осцилограма зусилля, що діє на висікальну лінійку. Як бачимо, величина загального зусилля висікання  $P_0$  зміщується відносно вертикальної осі циліндра на величину  $k$ , яка незрівнянно більша, ніж у випадку друкування. А це викличе збільшення крутих моментів і споживання потужності. Ці та інші питання (розрахунок преса на жорсткість, визначення попереднього натягу тощо) можуть бути з'ясовані тільки при наявності експериментально визначених значень технологічно необхідних зусиль на робочі елементи штанцювальної форми.

Вимірювання технологічно необхідних зусиль при висіканні картону здійснювалося в динамічних умовах на плоскодрукарській машині ПС-А2 за допомогою спеціально розроблено-

го датчика, з використанням відповідної підсилювальної та реєструючої тензоапаратури. Конструкція датчика (рис. 2) являє собою своєрідний динамометр, верхня частина *a* й основа *b* якого розділені тонким шлицевим пазом і з'єднані з двох боків сегментними обідками *в*. На зовнішніх поверхнях цих обідків наклеєні дротяні тензорезистори, що під'єднувалися до мостової схеми і тензоапаратури. У верхній частині датчика профрезеровано п'ять поздовжніх пазів, в яких встановлено висікальні лінійки завдовжки 35 мм. Висота датчика разом з лінійками дорівнює висоті ростових планок на талері і становить 25,1 мм. При розміщенні перпендикулярно до твірної циліндра задіяні всі п'ять висікальних лінійок, а при паралельному, що досягається поворотом датчика на 90°, – тільки одна середня. Кількість лінійок та їх довжину було вибрано так, аби забезпечити приблизно однакове максимальне навантаження і обмеження (до 0,01 мм) деформації датчика. Тарування датчика виявило лінійну залежність, на яку не впливає прикладання вертикальної сили.

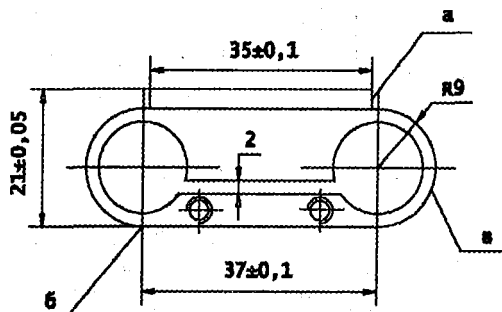


Рис. 2. Датчик для дослідження технологічного зусилля при висіканні картону

Замість декеля на робочій поверхні циліндра (до радіуса *R*, див. рис. 1) було встановлено калібровані аркуші пресшпану. Шляхом передбаченого конструкцією машини регулювання забезпечувався контакт між опорними кільцями циліндра і ростовими планками талера. При першому (до експерименту) проходженні датчика з лінійками на поверхні опорного циліндра, крім висіченого аркуша, утворювалися ледь помітні сліди-надрізи на поверхні пресшпану. Це свідчить про те, що вимірне зусилля буде мінімально необхідним, тобто технологічно необхідним. Програмою передбачено дослідження зусиль висікання для картону хром-ерзац завтовшки 0,35; 0,5 і 0,6 мм при поздовжньому і поперечному розміщенні волокон. Положення закріпленого в рамці на талері датчика при дослідженні впливу напряду волокон не змінювалося. Змінювалася лише подача аркуша – суміжним боком.

На рис. 3,а зображено типову осцилограму навантажень при висіканні лінійкою, що рухається паралельно до осі циліндра, на рис. 3,в – побудовано на базі осцилограми залежність біжучого погонного зусилля висікання ( $q_i$ ) від величини врізання ( $\delta_{ki}$ ) лінійок у товщину картону, тобто  $q_i=f(\delta_{ki})$ .

Біжуча величина врізання лінійок у картон  $\delta_{ki}$  залежить від позиції  $b_i$  (рис.1) і визначається з прямокутного трикутника:

$$\delta_{ki} = \frac{2R\delta_k + \delta_k^2 - b_i^2}{2R}, \tag{4}$$

де *R* – радіус циліндра;  $\delta_k$  – товщина картону;  $b_i$  – ширина зони висікання.

Аналізуючи осцилограму на рис.3,а (висікальна лінійка розміщена паралельно до осі циліндра) і графік зміни сил від врізання в картон (рис. 3,в), відзначимо три характерних періоди: перший (1) відображає стискання картону до критичної межі, після якої починається руйнування матеріалу. У другому періоді (2) зусилля руйнування залишається практично сталим. Третій період (3) характеризується інтенсивним спадом зусиль, що свідчить про розрив нижніх волокон картону внаслідок поперечного зміщення.

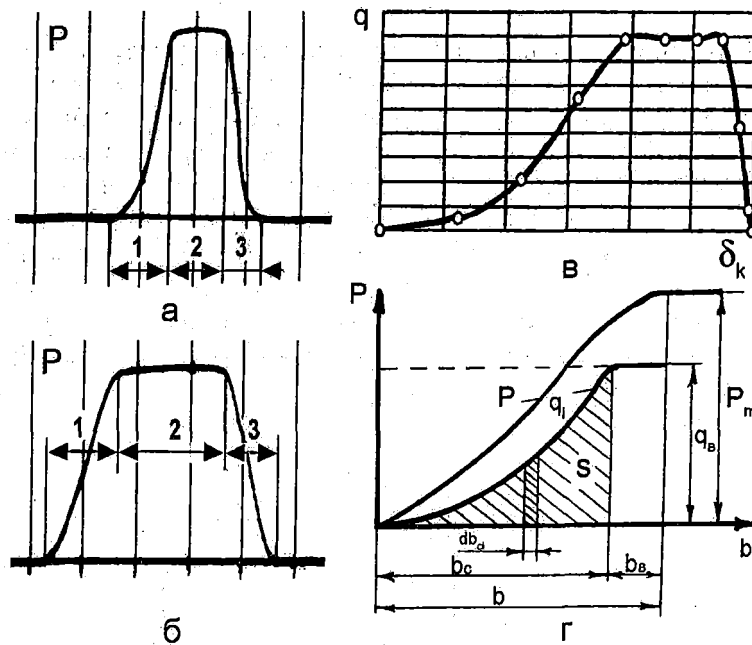


Рис.3. Типові осцилограми технологічних зусиль (а,б), графічна залежність  $q_i=f(\delta_{kl})$  (в) і розрахункова схема для визначення зусилля при висіканні лінійками, розміщеними перпендикулярно до осі циліндра (г)

При перпендикулярному до циліндра розміщенні висікальних лінійок зусилля спочатку зростає від спресовування картону (ділянка  $b_c$  на рис. 3,г), а пізніше – від висікання (ділянка  $b_a$ ), досягаючи максимуму  $P_m$  у точці  $P_0$  (рис.1).

Це зусилля, з врахуванням зміни біжучих зусиль  $q_i$ , можна записати як

$$P_m = \int_0^{b_c} q_i db_{ci} + q_a b_a \approx \kappa q_a b_{ci} + q_a b_a, \quad (5)$$

де  $q_a$  – погонне зусилля висікання;  $b_c \approx \frac{2}{3} b$  – зона стиснення;

$b_a \approx \frac{1}{3} b$  – зона висікання;  $\kappa = \frac{S}{q_a b_c} \approx \frac{1}{3}$ ,  $S = \int_0^{b_c} q_i db_{ci}$  – зусилля спресовування, що

зображене площиною  $S$  на рис. 3,г.

Підставляючи наближені значення  $b$ , запишемо:

$$P_m = \frac{1}{3} \cdot \frac{2}{3} b \cdot q_a + q_a \cdot \frac{1}{3} b = \frac{5}{9} q_a b = \frac{P_{екс}}{n}, \quad (6)$$

де  $P_{екс}$  – максимальне зусилля, зафіксоване на осцилограмі;  $n$  – кількість висікальних лінійок.

Таким чином, у статті розкрито особливості висікання картону на штанцювальному пресі плоскоциліндрового типу і запропоновано оригінальну методику визначення навантажень на висікальну лінійку, розміщену перпендикулярно до осі циліндра.

1. Арабський Р.С., Арабський Ю.С. Штампи для висікання картонних упаковок. Львів, 1996. 2. Ефремов Н., Лебедев Ю., Филатов М., Шевцов С. Требования к элементам прессовой пары при высечке картонных коробок //Тара и упаковка. 1999. №3.С. 4–6. 3. Чехман Я.І., Банах Ю.О. Про доцільність створення попереднього натягу в системі тигельного преса машини при штанцювальних роботах //Поліграфія і видавнича справа. 1996. №31.С. 34–39.