

УДК 655.224.6:655.354

ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЬ ДРУКУ В РОТАЦІЙНИХ ТАМПОДРУКАРСЬКИХ АПАРАТАХ ПРИ ЗАДРУКОВУВАННІ КРУГЛИХ ВИРОБІВ

© О. М. Віхоть, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

**В статье рассмотрена специфика определения
усилий печати при запечатывании круглых изделий
ротационной тампопечатью.**

**Describe a press in rotary pad printing units for printing
round articles.**

Постановка проблеми

Зусилля друку є основою причиною навантажень у ротаційних друкарських апаратах. Воно створюється в наслідок притискання формного, тампонного (офсетного) та друкарського циліндрів, що є необхідною умовою якісного друкування. Зусилля друку є основним фактором, що впливає на конструкційні розміри ланок ротаційного друкарського апарату, на ступінь їх жорсткості. У ротаційних тамподрукарських апаратах (РТДА) зусилля друку залежить не тільки від розмірів ланок друкарського апарату, але і від розмірів і геометричної форми виробу, що задруковується.

Аналіз попередніх досліджень

Розробка багатьох теоретичних методик дослідження сумарного зусилля друку в ротаційних друкарських апаратах базується на залежності сумарного зусилля тиску від величини площі друкарського контакту [1—3]:

$$Q = b l p_m \phi, \quad (1)$$

де b і l — ширина та довжина площини контакту, p_m — максимальна сила тиску в зоні контакту, ϕ — коефіцієнт усереднення, що є відношенням середнього p_{CP} тиску для зони контакту до максимального p_m . Експериментально визначено, що величина цього коефіцієнту для більшості припрацьованих пористих декелів перебуває у межах 0,5-0,65; для інших еластичних матеріалів — 0,5-0,7 [1]. Теоретично величину цього коефіцієнту обраховують, застосовуючи складні математичні викладки [1, 3].

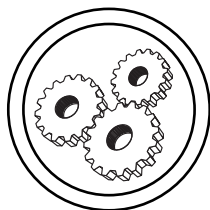
Максимальний тиск у зоні друкарського контакту визначається за формулою (рис. 1) [2]:

$$P_m = \sigma = E' \varepsilon_m^n, \quad (2)$$

де p_m — величина тиску при друкарському процесі; E' — умовний модуль пружності; n — показник степені; ε_m — максимальна відносна деформація еластичного обличкування тампонного циліндру.

Величини сталих E' , n визначаються експериментально [1].

Аналітичне дослідження сумарного зусилля друку в РТДА



МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ

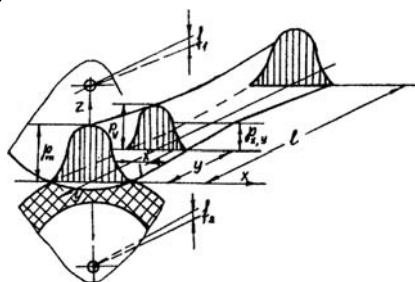


Рис. 1. Визначення максимального тиску у зоні друкарського контакту

при задруковуванні плоских і випуклих циліндричних виробів [4] дозволило визначити, що при задруковуванні плоских виробів величина сумарного зусилля друку складає:

$$Q = 2\psi l p_m \sqrt{2R_T \varepsilon h}, \quad (3)$$

де ψ — коефіцієнт усереднення; l — довжина зони друкарського контакту; p_m — максимальний технологічно необхідний тиск у зоні друкарського контакту; R_T — радіус тампонного циліндру; ε — величина відносної деформації еластичного обличкування тампонного циліндру; h — товщина еластичного обличкування тампонного циліндру.

При задруковуванні циліндричних виробів РТДА величина сумарних зусиль друку складає [4]:

$$Q = 2p_m l \psi \sqrt{\frac{2R_T R_B}{R_T + R_B} \varepsilon h}, \quad (4)$$

де R_B — радіус кривизни виробу.

Аналіз аналітично отриманих залежностей (3) і (4) дозволив прийти до висновку, що величина зусилля залежить від радіусу

тампонного циліндру, ступеню деформації його еластичної оболонки, геометричних характеристик виробу і зовсім не залежить від геометричних характеристик друкарського циліндру РТДА.

Мета роботи

В аналізованих літературних джерелах відсутні дані про дослідження впливу поверхні круглих виробів на величину сумарного зусилля друку в РТДА. Метою роботи є аналітичне дослідження факторів, що впливають на величину сумарного зусилля друку в РТДА при декоруванні круглих виробів.

Результати проведених досліджень

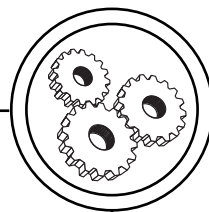
Величина зусилля друку у зоні друкарського контакту РТДА не має постійного характеру, бо контакт виробів із тампонним циліндром має дискретний характер. Тому критичною з точки зору міцності ланок тампонного ротаційного друкарського апарату і якості друку будуть максимальні зусилля друку. В подальшому під терміном зусилля друку в зоні друкарського контакту РТДА будемо розуміти максимальне значення цієї величини.

Поточна величина тиску у зоні друкарського контакту при друкуванні випуклих виробів РТДА дорівнює [4]:

$$p_x = p_m \left(1 - \frac{4x^2}{b^2} \right)^n, \quad (5)$$

де x — поточна координата довільної точки x , b — ширина зони друкарського контакту РТДА.

МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ



Але при задруковуванні випуклого круглого виробу РТДА тривимірний графік залежності величини тиску в довільній точці з координатами (x, y) буде мати вигляд фігури обертання, що створена завдяки обертанню кривої $p_x = f(x)$ навколо осі p_x (рис. 2). Оскільки з точки зору механіки об'єм фігури наведеної на рис. 2 є сумарним зусиллям друку, то скористаємось формулою [5] визначення об'єму фігури, створеної обертання кривої $p_x = f(x)$ навколо осі p_x для розрахунку сумарного зусилля друку РТДА при декоруванні круглих виробів:

$$Q = \pi \int_0^{p_{\max}} x^2 dp_x = \pi \int_0^{p_{\max}} f^2(p_x) dp_x. \quad (6)$$

Оскільки вираз (5) є функцією $p_x = f(x)$, то для перетворення її до виду $x = f(p_x)$ здійснимо ряд математичних перетворень. В результаті отримуємо:

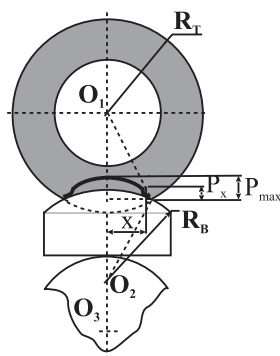


Рис. 2. Схема розподілу тиску у зоні друкарського контакту ротатійного тамподрукарського апарату при задруковуванні круглих виробів

$$x^2 = \frac{D_K^2}{4} \left(1 - \sqrt{\frac{p_x}{p_m}} \right). \quad (7)$$

Зона друкарського контакту ротатійної тамподрукарської машини при задруковуванні випуклих виробів, що мають поверхню у вигляді сегмента шару є випуклим колом, яке для спрощення розрахунків вважатимемо плоским (рис. 3). Як видно з рис. 3, геометрія і методика розрахунку діаметру зони друкарського контакту виробів із поверхню у вигляді сегменту шару подібна до методики розрахунку ширини зони друкарського контакту при задруковуванні циліндричних виробів, яка визначається за формулою [4]:

$$b = 2 \sqrt{\frac{2R_T R_B}{R_T + R_B} \lambda_m}. \quad (8)$$

Уточнюючи, що шуканим параметром є діаметр зони друкарського контакту, яка є плоским колом, при задруковуванні

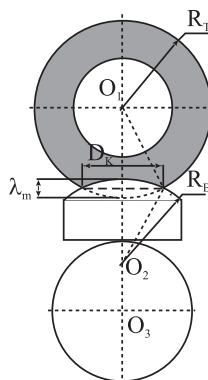
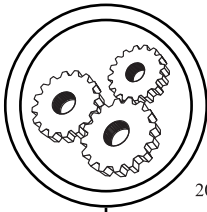


Рис. 3. Розрахунок сумарного зусилля друку в ротатійних тамподрукарських апаратах при задруковуванні круглих виробів



МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ

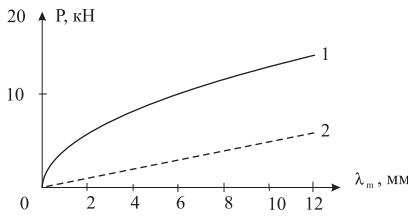


Рис. 4. Графік залежності зусилля тиску від відносної максимальної деформації при задрукуванні ротаційним тамподруком:
1 — циліндричний виріб;
2 — круглий виріб

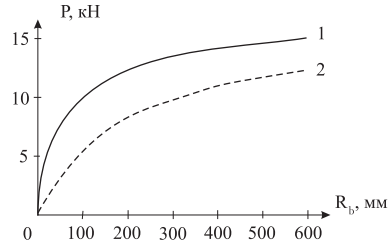


Рис. 5. Графік залежності зусилля друку від радіусу кривизни виробу:
1 — циліндричний виріб; 2 — круглий виріб

виробів із поверхнею у вигляді сегмента шару формулу (8) подамо у вигляді:

$$D_K = 2 \sqrt{\frac{2R_T R_B}{R_T + R_B} \lambda_m} \quad (9)$$

Після підстановки виразу (7) до (6) отримаємо величину сумарного зусилля друку РТДА.

$$\begin{aligned} Q &= \pi \int_0^{p_{\max}} x^2 dp_x = \\ &= \pi \int_0^{p_{\max}} f^2(p_x) dp_x = \\ &= \pi \int_{p_x}^{p_{\max}} \left(1 - \sqrt{\frac{p_x}{p_{\max}}} \right) \frac{D_K^2}{4} dp_x. \end{aligned} \quad (10)$$

Проінтегрувавши даний вираз, отримуємо:

$$\begin{aligned} Q &= \pi \int_{p_x}^{p_{\max}} \left(1 - \sqrt{\frac{p_x}{p_{\max}}} \right) \frac{D_K^2}{4} dp_x = \\ &= \frac{\pi D_K^2}{4} \left[\int_0^{p_m} dp_x - \int_0^{p_m} \left(\frac{p_x}{p_m} \right)^{\frac{1}{2}} dp_x \right] = \\ &= \frac{\pi D_K^2}{4} \left[p_m - \frac{1}{\frac{1}{n}} \left(\frac{\frac{1}{p_m^n} p_m}{1+n} \right) \right], \end{aligned}$$

Виконавши певні математичні перетворення, отримаємо:

$$Q = \frac{\pi D_K^2 p_{\max}}{4(1+n)}. \quad (11)$$

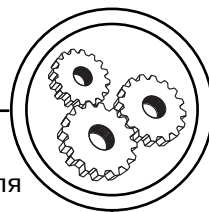
Після підстановки виразу (9) до виразу (11) отримаємо:

$$Q = \frac{2\pi R_T R_B \lambda_m p_m}{(R_T + R_B)(1+n)}. \quad (12)$$

Як бачимо при задрукуванні виробів із поверхнею у вигляді сегменту шару величина зусиль залежить від геометричних характеристик виробу, радіусу тампонного циліндру і не залежить від радіусу друкарського циліндру РТДА.

Щоб оцінити наочно вплив основних факторів ротаційного тамподруку — величини максимальної відносної деформації еластичного обличкування тампонного циліндру та радіусу кривизни виробу, що задруковується, — порівняємо вплив основних факторів при задрукуванні циліндричних і випуклих виробів РТДА за формулами (4) і (12). Для порівняння припустимо,

МАШИНИ І АВТОМАТИЗОВАНІ КОМПЛЕКСИ



що радіус тампонного циліндру складає 200 мм, радіус кривизни виробу складає 600 мм, ширина задрукованого виробу 100 мм, максимальна величина тиску складає 2,5 МПа. Сталі, що визначаються експериментально, приймаються рівними $n = 1,3$; $\phi = 0,5$ [2]. Графік залежності зусиль друку від максимальної деформації показана на рис. 4, а графік залежності зусиль друку від радіусу кривизни виробу показана на рис. 5. Аналіз обох графіків показує, що більш стрімкий характер зростання зусилля друку має графік залежності для плоского виробу, потім для циліндричного виробу, і менш стрімкою є

залежність зусилля друку для круглого виробу.

Висновки

Аналізуючи методику визначення розмірів зони друкарського контакту в РТДА, приходимо до висновку, що найбільш впливовими факторами є: радіус тампонного циліндру, радіус кривизни поверхні випуклого виробу і величина максимальної відносної деформації обличкування тампонного циліндру. На відміну від друкарських апаратів інших методів друку у РТДА розміри зони друкарського контакту зовсім не залежать від радіусу друкарського циліндру.

1. Чехман Я. И. Печатные аппараты. Основы теории / Я. И. Чехман. — К. : УМК ВО, 1989. — 88 с. 2. Чехман Я. И. Друкарське устаткування / Я. И. Чехман та ін. — Л. : УАД, 2005. — 468 с. 3. Тюрин А. А. Печатные машины-автоматы / А. А. Тюрин. — М. : Книга, 1980. 4. Віхоть О. М. Вплив розмірів виконавчих ланок ротаційного тамподрукарського апарата на сумарне зусилля друку / О. М. Віхоть // Друкарство. — 2001. — № 4. — С. 60—61. 5. Гусак А. А. Справочник по высшей математике / А. А. Гусак, Г. М. Гусак. — Минск : Наука і техніка, 1991. — 480 с.

Рецензент — Ю. О. Шостачук, к.т.н.,
доцент, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 25.06.09