

ВПЛИВ МАТЕРІАЛІВ ШТАМПІВ ДЛЯ ТИСНЕННЯ НА СТІЙКІСТЬ ЇХ ДО ЗНОШУВАННЯ

Досліджено вплив матеріалів штампів для тиснення на показники зношування: питоме — за масою та об'ємом, градієнт швидкості та інтенсивність стирання.

Influence of a material of a stamp for a stamping on parameters of deterioration is investigated: specific — on weight and volume, a gradient of speed and intensity deterioration.

Постановка проблеми

Тиснення — один з найбільш поширених варіантів оздоблення друкованої продукції, якість якого в значній мірі залежить від зносостійкості штампів.

Аналіз літературних відомостей щодо технології та матеріалів для виготовлення штампів, щодо теорій зносу та тертя, досліджень зносостійкості та тиражестійкості друкарських форм різного призначення щодо матеріалів і технологій [1, 2, 3] показав відсутність досліджень формних матеріалів та штампів для тиснення.

Методика досліджень:

Для проведення експериментальних досліджень обрані такі формні матеріали: латунь ЛС — 59 (Lt), магнієвий сплав (Mg), сталь інструментальна У8А (St), мідь (Cu), мікроцинк (Zn), фотополімер Nyloprint WS 175 (Ftp).

Дослідження здійснювались за допомогою повірених і каліброваних пристроїв.

Зміни маси формних матеріалів і штампів оцінювали після їх зносу на приладі ИМП-1, з використанням шліфувальної шкірки марки Р-320, за відомою методикою, при стандартному навантаженні 500г. для контролю зміни маси — електронні ваги AD 500, виробник AXIS (Польща). [4,5]

Зносостійкість формного матеріалу оцінювали за такими показниками — питомим зношуванням за масою I_m , питомим зношуванням за об'ємом I_v ,

$$\frac{\Delta m}{V}$$

градієнтом швидкості зношування $\frac{\Delta v}{\Delta t}$, інтенсивністю стирання I .

Питоме зношування по масі I_m (г/см²) визначається:

$$I_m = (m_1 - m_2) / S, \quad (1)$$

де m_1 і m_2 — маса взірця до і після дослідження, г;

S — площа стирання, см²;

¹ Українська академія друкарства.

* Робота виконана за участю проф., д.т.н. Лазаренка Е.Т.

Питоме об'ємне зношування (см.) визначається за формулою:

$$I_v = K_T \Delta m / (\rho l b), \quad (2)$$

де K_T — поправочний коефіцієнт, який характеризує зношування стержня (0,98);

Δm — зношування покриття за масою, г.;

ρ — густина плівки, г/см³;

b — ширина взірця, що зношується, см.

Гradient швидкості зношування формного матеріалу визначається відношенням

$$\frac{\Delta m}{\Delta n} \quad (3)$$

(n — кількість циклів).

Інтенсивність стирання I , як і інтенсивність тертя, можна виміряти безрозмірною величиною:

$$I = \Delta h / L, \quad (4)$$

де Δh — втрата висоти зразка на шляху L .

Щоб оперувати не дуже малими числами, зручно збільшити I в 10^9 разів. При цьому $I=1$, коли зразок зменшується на 1мм. на шляху 1км. Але така велика інтенсивність стирання є на практиці нереальною. Тому при дослідженнях матеріалу на стирання процес інтенсифікують, стираючи матеріал системою гострих виступів — абразивною шліфувальною шкіркою.

Апроксимація одержаних графічних залежностей здійснювалась за програмою Origin 7.0.

Результати досліджень

Апроксимація графічних залежностей, що представлена на рис.1, наведена в таблиці 1, з визначенням коефіцієнта кореляції R .

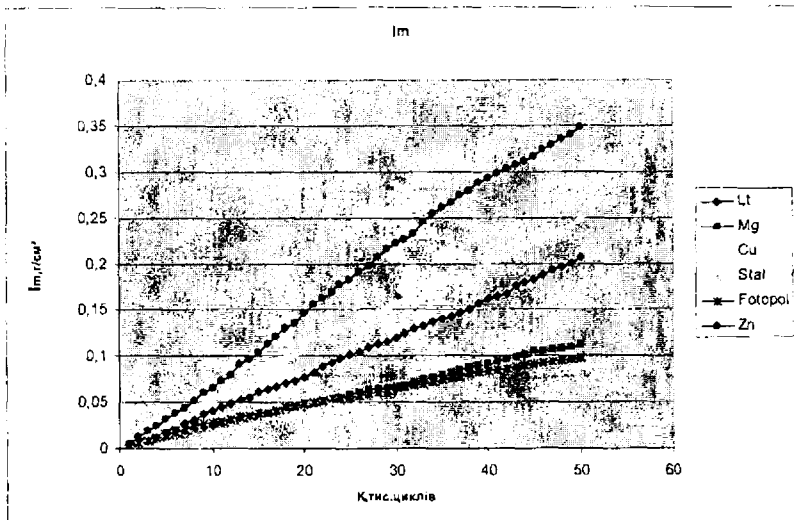


Рис. 1. Вплив матеріалу штампів та кількості циклів на питоме зношування за масою (I_m)

Дані криві є лінійними і описуються лінійними рівняннями з високим коефіцієнтом кореляції.

З рис. 1 можна побачити, що за питомим зношуванням по масі формних матеріалів можна побудувати наступний ряд (по мірі зменшення питомого зношування):

$$\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Lt} > \text{Mg} > \text{Ft} > \text{St}$$

Таблиця 1

Апроксимація графічних залежностей при визначенні питомого зношування за масою (Γ_m), з визначенням коефіцієнта регресії R.

Матеріал	Регресійні рівняння / коеф. регресії
Lt	Model: Gauss Equation: $y = y_0 + (A/(w \cdot \sqrt{\pi/2})) \cdot \exp(-2 \cdot ((x-x_c)/w)^2)$ $y = -0.18096 + (103.02/(w \cdot \sqrt{\pi/2})) \cdot \exp(-2 \cdot ((x-112.35)/153.77)^2)$ $R^2 = 0.99926$
Mg	Model: Lorentz Equation: $y = y_0 + (2 \cdot A/\pi) \cdot (w/(4 \cdot (x-x_c)^2 + w^2))$ $y = -0.15 + (2 \cdot 70.53/\pi) \cdot (156.65/(4 \cdot (x-73.5)^2 + 156.65^2))$ $R^2 = 0.99935$
Cu	Polynomial Regression $Y = A + B1 \cdot X + B2 \cdot X^2$ $Y = -0.001 + 0.005 \cdot X + (-1.86 \cdot X^2)$ $R^2 = 0.99814$
St	Model: Boltzmann Equation: $y = A2 + (A1-A2)/(1 + \exp((x-x_0)/dx))$ $y = 0.084 + (-0.045-0.084)/(1 + \exp((x-9.48)/14.12))$ $R^2 = 0.99703$
Ftp	Model: Boltzmann Equation: $y = A2 + (A1-A2)/(1 + \exp((x-x_0)/dx))$ $y = 0.19 + (-0.78-0.19)/(1 + \exp((x-89.99)/63.83))$ $R^2 = 0.99786$
Zn	Model: Boltzmann Equation: $y = A2 + (A1-A2)/(1 + \exp((x-x_0)/dx))$ $y = 0.44 + (-0.15-0.44)/(1 + \exp((x-20.47)/18.8))$ $R^2 = 0.9997$

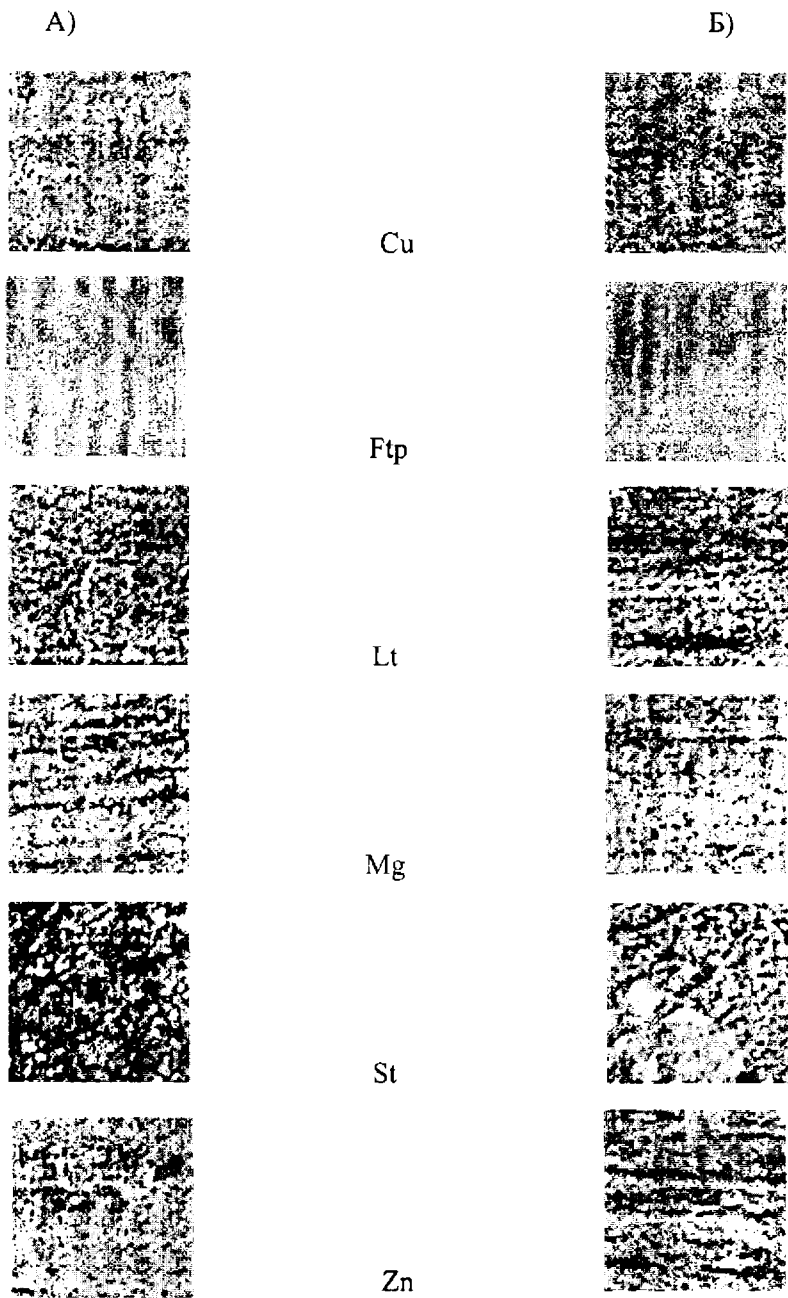


Рис.2 Зміна поверхні формних матеріалів:

А) — до тертя (Zn, Cu, Lt, Mg, Ft, St) Б) — після тертя (Zn, Cu, Lt, Mg, Ft, St)

В результаті досліджень стирання формних матеріалів (рис.2) за системою гострих виступів видно, що воно проходить, як процес мікрорізання, що приводить до утворення канавок, які співпадають з напрямом руху повзуна приладу.

Апроксимація графічних залежностей, що представлена на рис.3, наведена в таблиці 3, з визначенням коефіцієнта кореляції R.

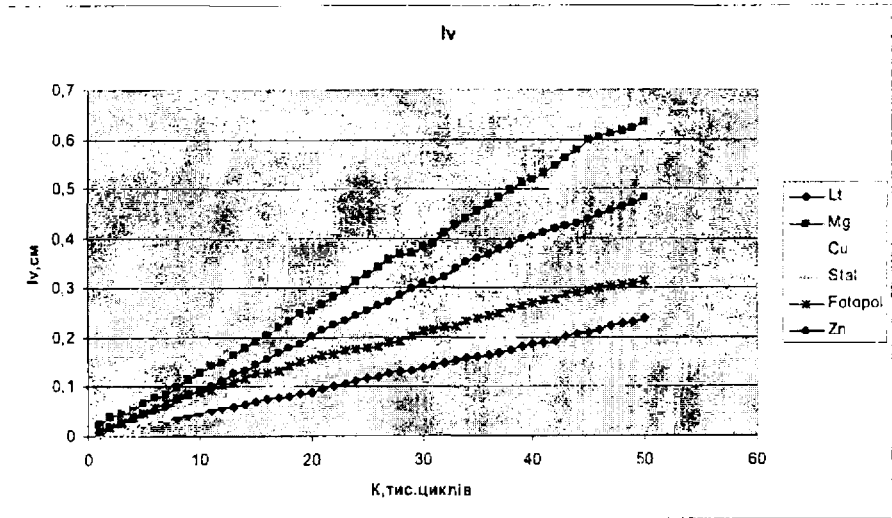


Рис. 3. Вплив матеріалу штампу та кількості циклів на питоме зношування за об'ємом (I_v)

Дані криві є лінійними і описуються лінійними рівняннями з високим коефіцієнтом кореляції.

З рис. 3 можна побачити, що за питомим об'ємним зношуванням формних матеріалів можна побудувати наступний ряд (по мірі зменшення питомого об'ємного зношування):

$$Mg > Zn > Ft > Cu > Lt > St$$

Таблиця 3

Апроксимація графічних залежностей при визначенні питомого об'ємного зношування Iv, з визначенням коефіцієнта регресії R

Матеріал	Регресійні рівняння / коеф.регресії
1	2
Lt	Model: Boltzmann Equation: $y = A2 + (A1-A2)/(1 + \exp((x-x0)/dx))$ $y = 3.96 + (-1.03-3.96)/(1 + \exp((x-253.44) 188.34))$ $R^2=0.99948$
Mg	Model: Lorentz Equation: $y = y0 + (2*A/PI)*(w/(4*(x-xc)^2 + w^2))$ $y = -0.85 + (2*401.88/PI)*(156.65/(4*(x-73.5)^2 + 156.65^2))$ $R^2=0.99935$

1	2
Cu	Polynomial Regression for Data2_B: $Y = A + B1 * X + B2 * X^2$ $Y = -0.01 + 0.06 * X + -2.06 * X^2$ $R^2 = 0,99814$
St	Model: Boltzmann Equation: $y = A2 + (A1 - A2) / (1 + \exp((x - x0) / dx))$ $y = 0.109 + (-0.05 - 0.109) / (1 + \exp((x - 9.49) / 14.15))$ $R^2 = 0.99703$
Ftp	Model: Boltzmann Equation: $y = A2 + (A1 - A2) / (1 + \exp((x - x0) / dx))$ $y = 0.63 + (-2.54 - 0.63) / (1 + \exp((x - 89.99) / 63.84))$ $R^2 = 0.99786$
Zn	Model: Gauss Equation: $y = y0 + (A / (w * \sqrt{\pi / 2})) * \exp(-2 * ((x - xc) / w)^2)$ $y = -0.26 + (83.43 / (86.10 * \sqrt{\pi / 2})) * \exp(-2 * ((x - 64.18) / 86.10)^2)$ $R^2 = 0.99966$

Апроксимація графічних залежностей, що представлена на рис.4, наведена в таблиці 4, з визначенням коефіцієнта кореляції R.

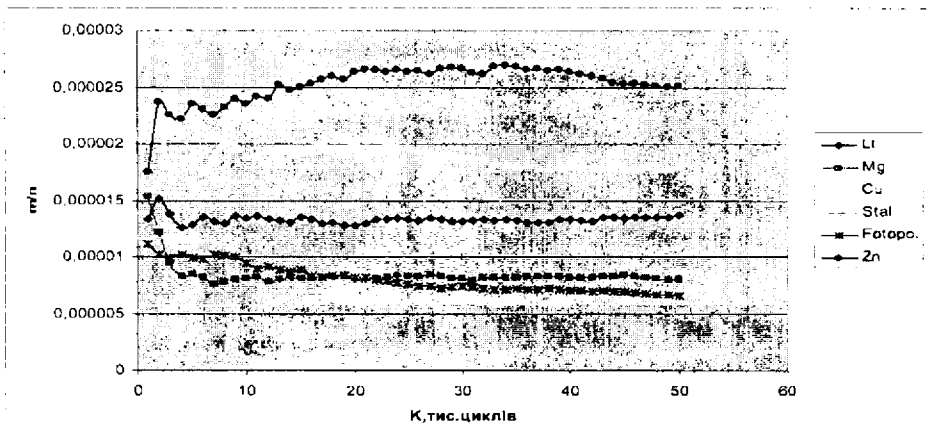


Рис. 4. Вплив матеріалу штампунку та кількості циклів на градієнт швидкості зношування формного матеріалу $\frac{\Delta t}{\Delta l}$

Дані криві є лінійними і описуються лінійними рівняннями з відповідним коефіцієнтом кореляції.

Звертає увагу характер градієнту швидкості зношування на початку процесу. Ймовірно, він пов'язаний з фотодеструкцією поверхні елементів фотополімерних штампів [6] та руйнацією окислів металів [8].

З рис. 4 можна побачити, що за градієнтом швидкості зношування формних матеріалів можна побудувати наступний ряд (по мірі зменшення градієнта швидкості зношування):

$$Zn > Cu > Lt > Ft > Mg > St$$

Таблиця 4

Апроксимація графічних залежностей при визначенні градієнта швидкості зношування $\Delta m/\Delta n$, з визначенням коефіцієнта регресії R

Матеріал	Регресійні рівняння / коеф. регресії
Lt	Polynomial Regression for Data27_B: $Y = A + B1 * X + B2 * X^2 + B3 * X^3$ $Y = 1.375 + -6.19 * X + 1.822 * X^2 + -1.314 * X^3$ $R^2 = 0.18373$
Mg	Model: Boltzmann Equation: $y = A2 + (A1 - A2) / (1 + \exp((x - x0) / dx))$ $y = 8.151 + (0.0002 - 8.151) / (1 + \exp((x - 1.899) / 0.6))$ $R^2 = 0.98148$
Cu	Polynomial Regression for Data27_B: $Y = A + B1 * X + B2 * X^2 + B3 * X^3 + B4 * X^4$ $Y = 2.13 + -5.88 * X + 5.09 * X^2 + -1.59 * X^3 + 1.57 * X^4$ $R^2 = 0.60714$
St	Polynomial Regression for Data27_B: $Y = A + B1 * X + B2 * X^2 + B3 * X^3 + B4 * X^4$ $Y = 2.13 + -5.88 * X + 2.13 * X^2 + 5.451 * X^3 + 1.62 * X^4$ $R^2 = 0.60714$
Ftp	Model: Boltzmann Equation: $y = A2 + (A1 - A2) / (1 + \exp((x - x0) / dx))$ $y = 6.74 + (0.0001 - 6.74) / (1 + \exp((x - 8.77) / 9.89))$ $R^2 = 0.97536$
Zn	Polynomial Regression for Data27_B: $Y = A + B1 * X + B2 * X^2 + B3 * X^3$ $Y = 2.03 + 4.651 * X + -9.935 * X^2 + 4.865 * X^3$ $R^2 = 0.84241$

Апроксимація графічних залежностей, що представлена на рис. 5, наведена в таблиці 5, з визначенням коефіцієнта кореляції R.

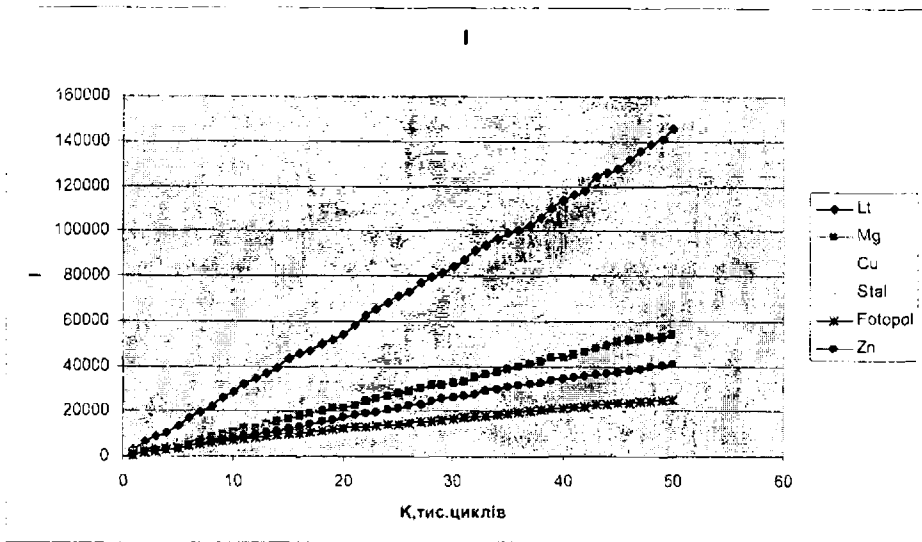


Рис. 5. Вплив матеріалу штапу та кількості циклів на інтенсивність стирання I.

Дані криві є лінійними і описуються лінійними рівняннями з високим коефіцієнтом кореляції

З графіку можна побачити, що за інтенсивністю стирання формних матеріалів можна побудувати наступний ряд (по мірі зменшення інтенсивності стирання):

$$Lt > Mg > Zn > Ft > Cu > St$$

Таблиця 5

Апроксимація графічних залежностей при визначенні інтенсивність стирання I, з визначенням коефіцієнта регресії R

Матеріал	Регресійні рівняння / коеф. регресії
1	2
Lt	Model: Polynomial Regression $Y = A + B1 * X + B2 * X^2$ $Y = 1024.44 + 2658.35 * X + 4.072 * X^2$ $R^2 = 0,99948$
Mg	Model: Lorentz Equation: $y = y0 + (2 * A / PI) * (w / (4 * (x - xc)^2 + w^2))$ $y = -72947.8 + (2 * 341.74 / PI) * (156.65 / (4 * (x - 73.49)^2 + 156.65^2))$ $R^2 = 0.99935$

1	2
Cu	Polynomial Regression $Y = A + B1 * X + B2 * X^2$ $Y = -143.27 + 547.93 * X + -1.75 * X^2$ $R^2 = 0.99814$
St	Model: Boltzmann Equation: $y = A2 + (A1 - A2) / (1 + \exp((x - x0) / dx))$ $y = 9323.28 + (-5033.61 - 9323.28) / (1 + \exp((x - 9.486) / 14.11))$ $R^2 = 0.99703$
Ftp	Model: Boltzmann Equation: $y = A2 + (A1 - A2) / (1 + \exp((x - x0) / dx))$ $y = 5056.11 + (-2028.34 - 5056.11) / (1 + \exp((x - 89.99) / 63.83))$ $P^2 = 0.99786$
Zn	Model: Boltzmann Equation: $y = A2 + (A1 - A2) / (1 + \exp((x - x0) / dx))$ $y = 5266.89 + (-178.73 - 5266.89) / (1 + \exp((x - 20.46) / 18.80))$ $R^2 = 0.9997$

Висновки

Отримані графічні залежності, що представлені на рис. 1—5, та їх апроксимація регресійними рівняннями з високими значеннями коефіцієнтів кореляції, показали, що найбільш стійкими до зношування є сталь, татунь, магній, але і фотополімерний штамп забезпечує таку стійкість до зношування. Яка перевищує визначені показники для таких металів як: мідь, цинк, магній.

Література

1. Розум О. Ф. Управление тиражестойкостью печатных форм. — Киев — Техника. — 1990. — 126 с.
2. Майк В. З. Тиснення: технології, матеріали, устаткування. — Львів. — НВІІ «Мета». — 1997. — 176 с.
3. Величко О. М. Механизм структурных изменений и регулирование износостойкости фотополімерных и металлических форм высокой печати: Дис. канд. техн. наук. — Львов, 1983. — 217 с.
4. Ivanchyshyn G., Estrina M. «Investigate deterioration of materials which are used for manufacturing stamps». International scientific and technical conference «Book — printing young», Kyiv, Ukraine, pp. 161—162.
5. Іванчишин Г. М., Естріна М., Дудич І. І., Демко М. Я. Дослідження зносостійкості штампів для тиснення. // Друкарство молоде. — Київ: 2007.
6. Лазаренко Е. Т. Фотохимическая формование печатных форм. — Львов — издательство «Вища школа». — 1984. — 148 с.
7. Никифоров В. М. Технологія металів і конструкційні матеріали. — Київ — ГВВО «Вища школа». — 1984. — 340 с.