

УДК 655.3.022.5

В. З. Майк

Українська академія друкарства

М. Й. Кулак, Д. М. Медяк

Білоруський державний технологічний університет

Н. В. Ярка

Українська академія друкарства

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ФОТОПОЛІМЕРНИХ ШТАМПІВ ДЛЯ ТИСНЕННЯ

Досліджується вплив матеріалів штампів для тиснення на показники зношування, визначаються та описуються закономірності зношування штампів.

Фотополімерні штампви, тиснення, зношування, цикли тертя

Тиснення — один з найпоширених способів оздоблення поліграфічної продукції, який надає товару індивідуальності та захищає його від підробок. Для виготовлення штампів для тиснення використовують широкий спектр металів та їх сплавів, фотополімерні матеріали, які також застосовуються в процесах тиснення: для гарячого тиснення фольгою акцидентно-бланкової продукції та конгревного і холодного тиснення етикеток.

Важливою експлуатаційною характеристикою штампів, яка впливає на якість готової продукції, є зносостійкість у процесі тиснення. Про це свідчать численні дослідження формних матеріалів та розробка концепції їх зношування у процесі друкування та тиснення [1–2; 4–5; 7–9]. Проблема дослідження зносостійкості штампів для тиснення залишається актуальною, оскільки з'являються нові матеріали для виготовлення штампів, удосконалюється технологічний процес їх виготовлення [6, 10], розробляються нові підходи для визначення та прогнозування зносостійкості та тиражостійкості штампів для тиснення і друкарських форм [3].

Метою роботи є дослідити показники зношування фотополімерних штампів для тиснення та здійснити теоретичний опис залежностей показників зношування штампів від кількості циклів зношування.

Для проведення досліджень обрано дві рідкі фотополімеризаційно-здатні композиції (РФПК) — №1 і №2, які розроблено на кафедрі технології друкованих видань і паковань Української академії друкарства, та один твердий фотополімеризаційноздатний матеріал — Rigilon MX 145 виробництва компанії «ТОК», Японія.

Основний компонент РФПК — олігоуретанаакрилат на основі ізофорондіізоціанату (ОУА на ІЗФ); відрізняються композиції вмістом модифікуючих домішок — модифікатора фізико-механічних властивостей та прискорювача полімеризації.

Тверда фотополімеризаційноздатна пластина Rigilon MX 145 належить до класу поліамідуретанів, поліамідна складова становить 75–80% композиції.

Перед дослідженням зносостійкості матеріали експонували без негативу УФ-опромінювачами для повного зшивання фотополімерного шару.

Зносостійкість фотополімерного шару штампів визначали методом стирання на приладі ІМР. Стирання досліджуваних зразків виконували абразивним матеріалом — шліфувальним папером марки Р320. Для запобігання засалюванню папір міняли через кожні 500 циклів. Навантаження на стержень приладу становило 0,5 кг.

Зносостійкість полімерних матеріалів оцінювали за такими показниками: питоме зношування за масою I_m , питоме зношування за об'ємом I_v , градієнт швидкості зношування полімерного матеріалу $\Delta m/\Delta n$.

Питоме зношування за масою I_m (г/см²) визначається за формулою:

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

де m_1 і m_2 — маса зразка до і після дослідження, г; S — площа стирання, см².

Питоме зношування за об'ємом I_v (см) визначається за формулою:

$$I_v = K_m \Delta m l 1000 / (\rho l b), \quad (2)$$

де K_m — поправочний коефіцієнт, який характеризує зношування стержня (0,98); Δm — зношування покриття за масою, г; ρ — густина матеріалу, г/см³; l — довжина зразка, що зношується, см; b — ширина зразка, що зношується, см.

Градієнт швидкості зношування полімерного матеріалу визначається відношенням $\Delta m/\Delta n$ (n — кількість циклів).

На рис. 1–2 відображено результати експериментальних досліджень — залежності питомого зношування за масою та об'ємом досліджуваних фотополімерних штампів від кількості циклів тертя.

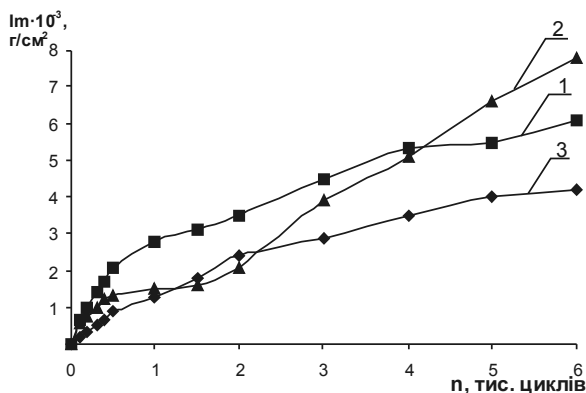


Рис. 1. Залежність питомого зношування ФПШ за масою від кількості циклів тертя:

1 — ФПШ №1, 2 — ФПШ №2, 3 — Rigilon MX 145

З рис. 1–2 бачимо, що штамп із матеріалу Rigilon MX 145 і ФПШ №1 мають подібний характер зношування, однак ФПШ №1 зношується за однакову кількість циклів у середньому у два рази більше. Для ФПШ №2 порівняно із Rigilon MX 145 цей показник становить 1,6, а порівняно із ФПШ №1 — 1,5.

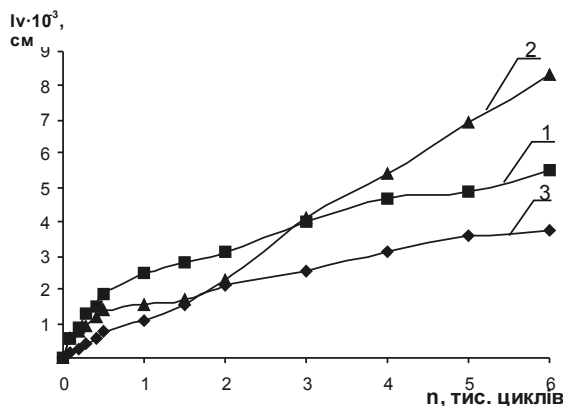


Рис. 2. Залежність питомого зношування ФПШ за об'ємом від кількості циклів тертя:
1 — ФПШ №1, 2 — ФПШ №2, 3 — Rigilon MX 145

Аналізуючи залежності на рис. 1–2, можна виділити кілька фаз зношування полімерного матеріалу: початкове зношування, що спостерігається при припрацюванні поверхонь тертя, яке супроводжується зміною геометрії поверхні тертя, структури поверхневих шарів матеріалу (утворення вторинних структур) і відбувається зі сповільненням швидкості; стабілізоване (нормальне) зношування, для якого характерна невелика і постійна швидкість зношування; різке зростання швидкості зношування (катастрофічне зношування) [8–9].

Для ФПШ №1 питома зношування за масою I_m змінюється у діапазоні від $6 \cdot 10^{-4}$ г/см² (100 циклів) до $6 \cdot 10^{-3}$ г/см² (6000 циклів), а питома зношування за об'ємом I_v — від $0,4 \cdot 10^{-3}$ см (100 циклів) до $3,8 \cdot 10^{-3}$ см (6000 циклів).

Для ФПШ №2 питома зношування за масою I_m змінюється у діапазоні від $6 \cdot 10^{-4}$ г/см² (100 циклів) до $8 \cdot 10^{-3}$ г/см² (6000 циклів), а питома зношування за об'ємом I_v — від $0,47 \cdot 10^{-3}$ см (100 циклів) до $6,73 \cdot 10^{-3}$ см (6000 циклів).

Для ФПШ Rigilon MX 145 питома зношування за масою I_m змінюється у діапазоні від $2 \cdot 10^{-4}$ г/см² (100 циклів) до $4 \cdot 10^{-3}$ г/см² (6000 циклів), а питома зношування за об'ємом I_v — від $0,08 \cdot 10^{-3}$ см (100 циклів) до $2,1 \cdot 10^{-3}$ см (6000 циклів).

Залежність градієнта швидкості зношування ФПШ від кількості циклів зношування подано на рис. 3.

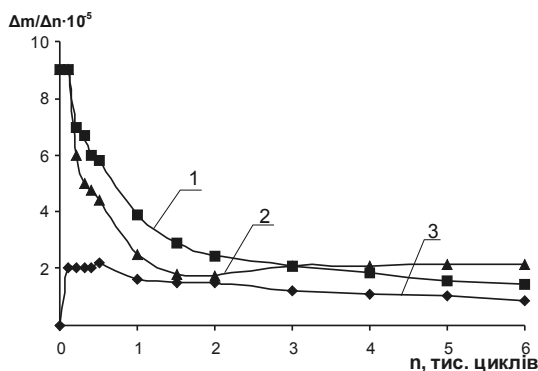


Рис. 3. Залежність градієнта швидкості зношування ФПШ від кількості циклів тертя:
1— ФПШ №1, 2 — ФПШ №2, 3 — Rigilon MX 145

Градiєнт швидкості зношування високий на початкових стадіях стирання, а потім стабілізується і зменшується. Це засвідчує, що є декілька фаз зношування, які пов'язані з типологією структури фотополімерного матеріалу. Механізм зношування матеріалів доволі складний і пов'язаний як зі специфікою поверхневих шарів, так і з процесами, що відбуваються у місцях тертя з контртілом [9]. Градiєнт швидкості зношування $\Delta m/\Delta n$ фотополімерних штампів змінюється у діапазоні від $9 \cdot 10^{-5}$ (100 циклів) до $1,42 \cdot 10^{-5}$ (6000 циклів) для ФПШ №1; від $9 \cdot 10^{-5}$ (100 циклів) до $2,13 \cdot 10^{-5}$ (6000 циклів) для ФПШ №2 і від $2 \cdot 10^{-5}$ (100 циклів) до $8,67 \cdot 10^{-6}$ (6000 циклів) для ФПШ Rigilon MX 145.

Стирання полімерних матеріалів відбувається як мікрорізання (рис. 4). З рисунка видно, що для ФПШ №2 характерні найглибші прорізи і, відповідно, найбільша міра зношування, що підтверджується результатами вимірювань.

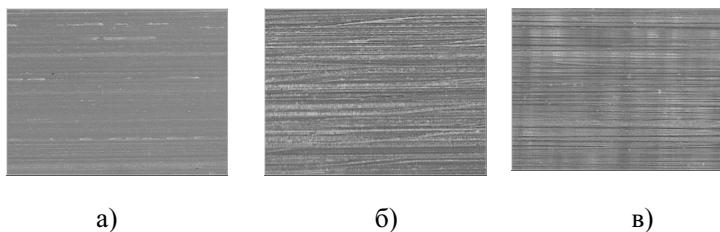


Рис. 4. Фрактографія полімерних шарів при стиранні із використанням шліфувального паперу:
а) ФПШ №1; б) ФПШ №2; в) Rigilon MX 145

Значення параметрів, отриманих при дослідженні зношування штампів та теоретичний опис експериментальних даних [3] подані у таблиці та на рис. 5–10. Необхідно зазначити, що процес стирання Rigilon MX 145 розпадається на чотири фази, а ФПШ №1 і ФПШ №2 — на три.

Значення параметрів при зношуванні штампів для тиснення

Штамп, фаза зношування	Вид зношування	Значення параметрів		
		b	$A \times 10^3$, цикл.	I_p
Rigilon MX 145, фаза:				
- перша	Питома маса, г/см ²	8,333	0,580	$1,904 \times 10^{-3}$
- друга		0,709	2,501	$5,459 \times 10^{-3}$
- третя		0,108	7,850	$12,000 \times 10^{-3}$
- четверта		0,026	24,240	$17,000 \times 10^{-3}$
Rigilon MX 145, фаза:				
- перша	Питомий об'єм, см	17,000	0,580	$0,936 \times 10^{-3}$
- друга		1,395	2,507	$2,763 \times 10^{-3}$
- третя		0,214	7,856	$5,867 \times 10^{-3}$
- четверта		0,057	23,070	$8,189 \times 10^{-3}$
ФПШ №1, фаза:				
- перша	Питома маса, г/см ²	2,445	0,719	$5,537 \times 10^{-3}$
- друга		0,342	3,901	$8,682 \times 10^{-3}$
- третя		0,087	9,598	$14,000 \times 10^{-3}$
ФПШ №1, фаза:				
- перша	Питомий об'єм, см	3,911	0,720	$3,461 \times 10^{-3}$
- друга		0,546	3,903	$5,436 \times 10^{-3}$
- третя		0,140	9,593	$8,592 \times 10^{-3}$
ФПШ №2, фаза:				
- перша	Питома маса, г/см ²	7,074	0,540	$2,689 \times 10^{-3}$
- друга		1,880	2,250	$3,198 \times 10^{-3}$
- третя		0,034	9,616	$27,000 \times 10^{-3}$
ФПШ №2, фаза:				
- перша	Питомий об'єм, см	8,252	0,540	$2,307 \times 10^{-3}$
- друга		2,191	2,250	$2,744 \times 10^{-3}$
- третя		0,040	9,618	$23,455 \times 10^{-3}$

Кінетику зношування характеризує параметр b . При переході від фази до фази швидкість зношування зменшується. Кількість циклів зношування, які відповідають асимптоті A , фактично масштаб фази, при цьому зростає. Показник I_p характеризує міру зношування, близьку до граничної для кожної фази, він визначається при $n_p = 0,999 A$ [3].

При перераховуванні міри зношування за масою на міру зношування за об'ємом використовуються параметри, які не залежать від кількості циклів тертя. Тому, по суті, відбувається масштабування залежностей, але їх характер не змінюється. Це видно у таблиці за значеннями параметра А. Про це також свідчать дані рис. 5–10.

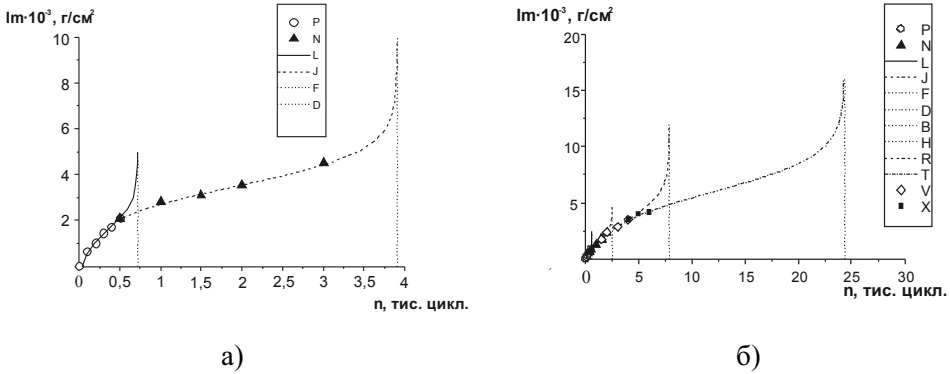


Рис. 5. Перші дві фази (а) та повна діаграма (б) питомого зношування за масою ФПШ Rigilon MX 145: P, N, V, X — фактичні дані; L, J, R, T — теоретичні залежності; F, D, B, H — асимптоти

Графічні залежності зношування ФПШ Rigilon MX 145 за масою від кількості циклів для перших двох фаз наведені на рис. 5,а. Повна діаграма зношування цього штампа наведена на рис. 5,б. На рис. 6 подані закономірності зміни міри зношування ФПШ Rigilon MX 145 за об'ємом. В усіх випадках наявна достатня збіжність експериментальних даних і теорії [8].

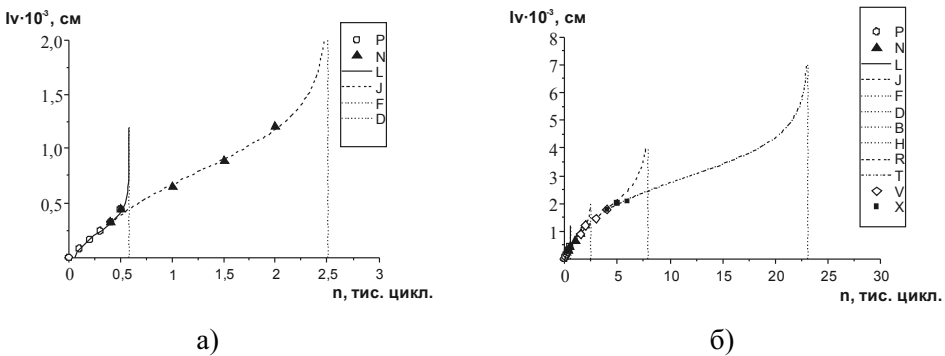


Рис. 6. Перші дві фази (а) та повна діаграма (б) питомого зношування за об'ємом ФПШ Rigilon MX 145: P, N, V, X — фактичні дані; L, J, R, T — теоретичні залежності; F, D, B, H — асимптоти

Графічні залежності теоретичного опису питомого зношування за масою ФПШ №1 від кількості циклів тертя для перших двох фаз наведені на рис. 7,а, а повна діаграма зношування штампа подана на рис. 7,б. На рис. 8 наведені закономірності зміни питомого зношування ФПШ №1 за об'ємом від кількості циклів стирання.

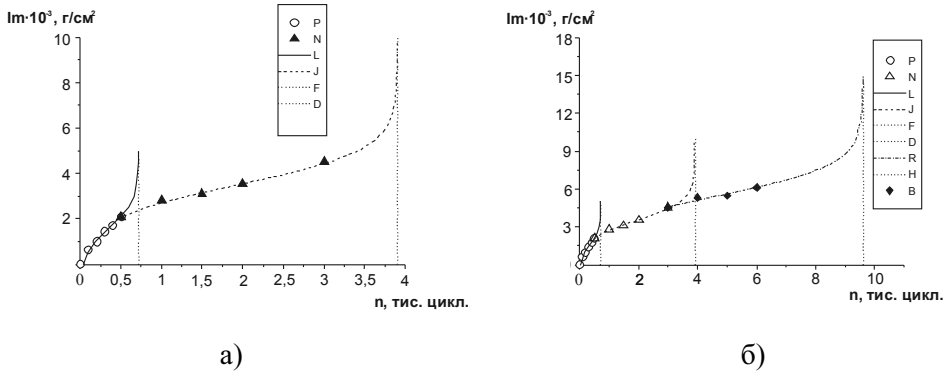


Рис. 7. Перші дві фази (а) та повна діаграма (б) питомого зношування за масою ФПШ №1:

В, Р, N — фактичні дані; L, J, R — теоретичні залежності; F, D, H — асимптоти

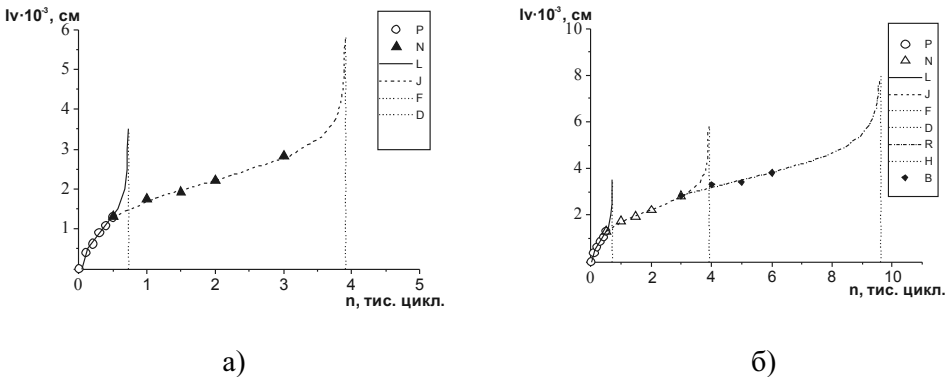


Рис. 8. Перші дві фази (а) та повна діаграма (б) питомого зношування за об'ємом ФПШ №1:

Р, N, В — фактичні дані; L, J, R — теоретичні залежності; F, D, H — асимптоти

Як бачимо з рис. 7–8, теоретичний опис даних підтверджує, що процес зношування ФПШ №1 розділяється на три фази: на початковій фазі тертя у ФПШ №1 відбувається швидка втрата маси полімерного шару, яка поступово сповільнюється (триває до 700 циклів тертя). Наступна фаза — стабілізоване зношування спостерігається при 700–3900 циклах тертя. Зростання швидкості зношування спостерігається від 3900 циклів тертя.

Графічні залежності теоретичного опису питомого зношування за масою та об'ємом ФПШ №2 від кількості циклів тертя наведені на рис. 9–10.

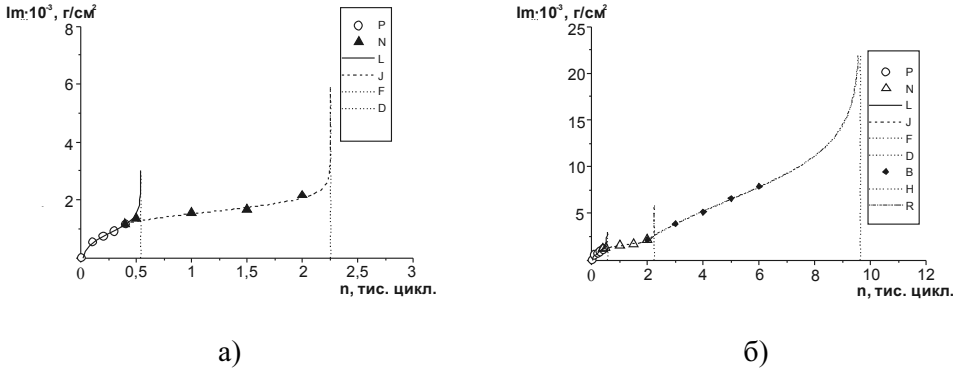


Рис. 9. Перші дві фази (а) та повна діаграма (б) питомого зношування за масою ФПШ №2: В, Р, N — фактичні дані; L, J, R — теоретичні залежності; F, D, H — асимптоти

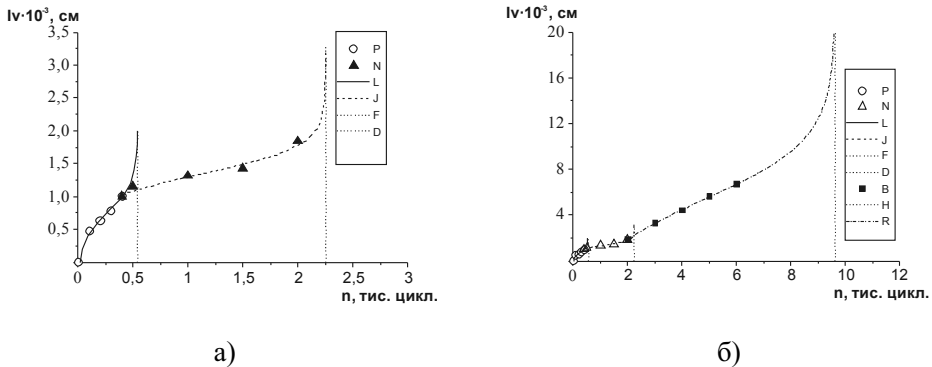


Рис. 10. Перші дві фази (а) та повна діаграма (б) питомого зношування за об'ємом ФПШ №2: Р, N, В — фактичні дані; L, J, R — теоретичні залежності; F, D, H — асимптоти

Як бачимо з рис. 9 і 10, ФПШ №2 характеризується швидшим перебігом процесів зношування, ніж ФПШ №1: перша фаза спостерігається до 550 циклів, друга — у діапазоні 550–2250 циклів і третя — від 2250 циклів тертя. У ФПШ №2 після першої фази процес зношування сповільнюється. У третій фазі не спостерігається прискореного зношування, оскільки залежність «величина зношування–кількість циклів тертя» пропорційна, тобто зношування відбувається з постійною швидкістю. У перших двох фазах значення питомого

зношування за масою та об'ємом значно нижчі у ФПШ №2 порівняно із ФПШ №1 (відповідно до даних рис. 1–2), що пояснюється більш зшитою структурою ФПШ №2 (у склад РФПК №2 додатково введено прискорювач полімеризації) та утворенням вторинних структур, які запобігають швидкому зношуванню досліджуваного матеріалу. На третій фазі показники зношування ФПШ №2 у 1,5 разу вищі, ніж ФПШ №1, що пояснюється втомою матеріалу і розривом хімічних зв'язків [8]. ФПШ №1 має більший вміст модифікатора фізико-механічних властивостей (5% порівняно із 4% ФПШ №2), який надає матеріалу вищої стійкості до механічної дії і, відповідно, забезпечує вищу стійкість ФПШ до стирання.

ФПШ Rigilon MX 145 порівняно з ФПШ №1 і №2 має найнижчі показники зношування, які зазначалися вище і відображені на рис. 1–3.

Із проведених досліджень видно, що застосування теоретичного підходу до процесів зношування дає змогу ефективно кількісно описати основні закономірності зношування штампів для тиснення.

1. Величко Е. Тиражестойкость печатных форм / Е. Величко, Т. Осипова, О. Розум. — К.: Реклама, 1987. — 22 с. 2. Іванчишин Г. М. Зносостійкість штампів для тиснення / Г. М. Іванчишин, В. З. Маїк // Технол. і техніка друкарства. — 2007 — №1–2. — С. 60–64. 3. Кулак М. І. Прогнозирование тиражестойкости печатных форм / М. І. Кулак, О. В. Сидельник // Труды БГТУ // Издат. дело и полиграфия. — 2012. — № 9 — С. 18–22. 4. Лазаренко Э. Т. Фотохимическое формование печатных форм / Э. Т. Лазаренко. — Львов: Вышш. шк., 1984. — 152 с. 5. Маїк В. З. Дослідження фізико-механічних властивостей фотополімерних штампів для тиснення / В. З. Маїк, Н. В. Ярکا // Технол. і техніка друкарства. — 2011. — №1. — С. 45–51. 6. Пат. №57727 Україна. МПК В23К 26/36 (2011.01). Спосіб виготовлення штампів для тиснення лазерним гравіюванням / Маїк В. З., Салко О. С., Ярکا Н. В.; заявник і власник патенту Укр. акад. друкарства. — №u201009904; заявл. 09.08.2010; опубл. 10.03.2011, Бюл. № 5. — 2 с. 7. Розум О. Ф. Управление тиражестойкостью печатных форм / О. Ф. Розум. — К.: Техника, 1990. — 126 с. 8. Раскин А. Н. Технология печатных процессов / [А. Н. Раскин, И. В. Ромейков, Н. Д. Бирюкова, Ю. А. Муратов и др.] — М.: Книга, 1989. — 430 с. 9. Ратнер С. Б. Физическая механика пластмасс / С. Б. Ратнер, В. П. Ярцев. — М.: Химия, 1992. — 320 с. 10. Сулейманов Е. В. Свойства материалов и методы их прогнозирования / Е. В. Сулейманов. — Нижний Новгород, 2007. — 117 с. 11. Ярکا Н. Апробація фотополімеризаційноздатної композиції для виготовлення штампів для тиснення лазерним гравіюванням / Н. Ярکا, В. Маїк // Наук.-техн. конф. проф.-викл. складу, наук. працівників і аспірантів: тези доп. — Львів, 2012. — С. 46.

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ФОТОПОЛИМЕРНЫХ ШТАМПОВ ДЛЯ ТИСНЕНИЯ

Исследуется влияние материалов штампов для тиснения на показатели износа, определяются и описываются закономерности износа штампов.

WEAR RESISTANCE PHOTOPOLYMER STAMPSTAMPING

The influence of stamp materials on wear indexes have been researched, patterns of stamps wear have been defined and described.

Стаття надійшла 27.02.2013