

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОЛІМЕРНИХ ШАРІВ ФОРМ ГЛИБОКОГО ДРУКУ

В статті наведено результати дослідження зносостійкості полімерних шарів на основі ролівсанів для виготовлення форм глибокого друку лазерним гравіюванням

The article contains the results of the wear resistance research of polymer layers on the basis of rolivsans for manufacturing gravure printing plates by laser engraving

Глибокий спосіб друку застосовують у сфері виготовлення невиданичної продукції, зокрема: пакувальних матеріалів (у тому числі й синтетичні), етикеток, оформлення шпалер, а також декоративний друк (зображення на папері рельєфу різних цінних порід деревини, каменю, тканини), друкування цінних паперів, одержання зображень на папері для подальшого відтворення їх на тканині, зокрема, способом термоперенесення, маркування ампульної і кабельної продукції [1-5].

Розроблені нові композиції на основі сажонаповнених ролівсанів [6-17] для виготовлення форм глибокого друку лазерним гравіюванням для маркування продукції (ампули, кабельна продукція та ін.) було досліджено щодо чутливості до лазерного випромінювання з довжиною хвилі 1,06 мкм для отримання високих репродукційно-графічних і друкарсько-технічних показників форм глибокого друку.

Важливими характеристиками полімерних форм є процеси тертя (зовнішнє) і стирання (зношування). У даному випадку ми розглядаємо зовнішнє тертя – опір відносному переміщенню двох твердих тіл, які притиснуті один до одного (рухома форма і нерухомий ракуль). Явища тертя і стирання залежать від умов контакту двох тіл, від властивостей матеріалу – його твердості, шорсткості, теплопровідності, адгезивності, а також наявності й властивостей проміжних шарів (фарб глибокого друку).

Ми розглядаємо тертя по полімерному матеріалу без наявності фарби, оскільки її дія повністю нівелює специфіку полімерів при повній (гідродинамічній) змазці й значною мірою – при граничній змазці, якщо полімер не набухає у фарбі.

Дослідження [18] показують, що при стиранні будь-яких полімерних матеріалів вплив навантаження P описують формулою:

$$I=I_1P^\alpha.$$

Причому $\alpha=1$, якщо стирання проходить по абразивному полотну. Випадок $\alpha=1$ відповідає фундаментальному факту пропорційності сти-

рання площі реального контакту. Фактично, при абразивному зношуванні $I \sim P$, що вказує на те, що інтенсивність стирання пропорційна площі фактичного контакту при терті [18].

Зносостійкість матеріалів А і Б досліджували при стиранні до 100 тис. циклів на приладі ИМР.

Тому при дослідженнях матеріалу на стирання процес інтенсифікуємо, стираючи шар абразивним матеріалом із системою гострих виступів. Як абразивний матеріал використовували шліфувальний папір ВШ-140 із зернистістю електрокорунду М-40. Мікрогеометрія контртіла визначає значення контактних напружень і деформацій і тим самим – механізм та інтенсивність зношування. Чим гостріші виступи контртіла, тим вірогідніше абразивне зношування. Зміна зерен абразиву не змінює відносної зносостійкості різних матеріалів.

На рис. 1-4 представлені залежності масового, об'ємного зношування, градієнта швидкості зношування, інтенсивності стирання зразків А і Б від кількості циклів приладу ИМР.

Питоме зношування за масою I_m для матеріалу А змінюється у діапазоні від $0,00122 \text{ г/см}^2$ (1000 циклів) до $0,12631 \text{ г/см}^2$ (100000 циклів), для матеріалу Б – $0,00119 \text{ г/см}^2$ (1000 циклів) до $0,12623 \text{ г/см}^2$ (100000 циклів).

Питоме зношування за об'ємом I_v для матеріалу А змінюється у діапазоні від $0,001014 \text{ см}$ (1000 циклів) до $0,104903 \text{ см}$ (100000 циклів), для матеріалу Б – $0,000915 \text{ см}$ (1000 циклів) до $0,096647 \text{ см}$ (100000 циклів).

Питоме зношування за масою і за об'ємом матеріалів А і Б у всьому діапазоні зношування майже пропорційно збільшується зі збільшенням кількості циклів навантаження, але за абсолютною величиною більше зношується матеріал А (на $0,00008 \text{ г/см}^2$ за питомим зношуванням за масою і на $0,008256 \text{ см}$ за питомим зношуванням за об'ємом (при 100000 циклів).

Градієнт швидкості зношування $\frac{\Delta m}{\Delta n}$ полімерного матеріалу для матеріалу А змінюється у діапазоні від мінімального $4,65 \cdot 10^{-6}$ (4000 циклів) до $5,04 \cdot 10^{-6}$ (100 000 циклів), для матеріалу Б – $4,6 \cdot 10^{-6}$ (1000 циклів) до $5,04 \cdot 10^{-6}$ (100 000 циклів).

Як показують дослідження, для матеріалу А градієнт швидкості стирання є більшим на початку процесу стирання і становить $0,0000047$, після 2000 циклів градієнт швидкості зменшується і при подальшому стиранні пропорційно збільшується, й лише після 10000 циклів перевищує градієнт швидкості при 1000 циклах, а для матеріалу Б градієнт швидкості зношування рівномірно збільшується зі збільшенням кількості циклів. Максимальний і мінімальний градієнт швидкості зношування матеріалів А і Б є однаковим, але характер проходження процесу є різним.

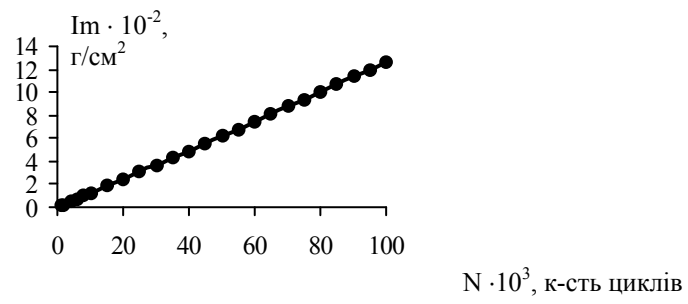
Інтенсивність стирання I для матеріалу А змінюється у діапазоні від мінімального $9,143 \cdot 10^{-8}$ (8000 циклів) до $9,537 \cdot 10^{-8}$ (100000 циклів), для матеріалу Б – від мінімального $8,316 \cdot 10^{-8}$ (4000 циклів) до $8,786 \cdot 10^{-8}$ (100000 циклів).

Для матеріалу А інтенсивність стирання є більшою на початку процесу стирання і становить $9,218 \cdot 10^{-8}$ (1000 циклів), потім вона зменшується до $9,143 \cdot 10^{-8}$ (8000 циклів) і пропорційно збільшується до $9,537 \cdot 10^{-8}$ (100 000 циклів).

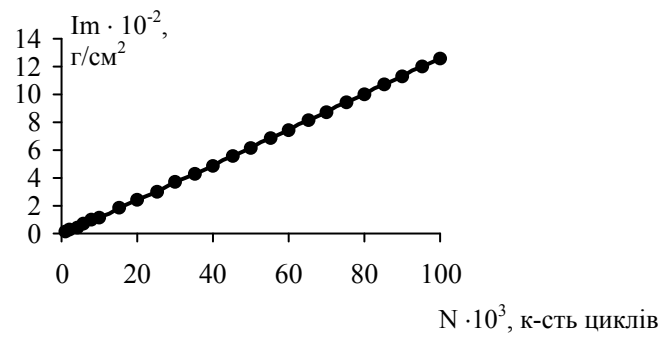
Для матеріалу Б інтенсивність на початку процесу стирання становить $8,32 \cdot 10^{-8}$ (1000 циклів) і потім пропорційно збільшується до $8,786 \cdot 10^{-8}$ (100 000 циклів).

Треба зазначити, що показники масового, об'ємного зношування, градієнта швидкості зношування, інтенсивності стирання є досить близькими за своїми абсолютними значеннями для матеріалів А і Б. Введення дисперсного наповнювача – сажі збільшує їх зносостійкість внаслідок підвищення твердості й зменшення адгезії до контртіла. В процесі стирання полімерних матеріалів відбувається руйнування поверхневого шару полімерних матеріалів при терті. Механізм зношування матеріалів є досить складним і пов'язаний як зі специфікою поверхневих шарів, так і процесів, які проходять у місцях тертя з контртілом. Процес стирання полімерного шару є досить складним, і на нього впливають різноманітні фактори. Навіть вплив одного і того ж фактора при різних його значеннях може як зменшувати, так і збільшувати процес стирання.

Проведені дослідження показали, що більшу стійкість до стирання, хоча й невелику, має матеріал Б. Це зумовлено кількома причинами. Матеріал Б має вищу твердість, що збільшує його зносостійкість. Матеріал А має більшу величину шорсткості (табл. 1) і, відповідно, більшу величину мікронерівностей, яка збільшує контакт і величину заглиблення контртіла в полімерний матеріал, а це в свою чергу зменшує зносостійкість. Таким чином, фізико-механічні властивості матеріалу Б свідчать про кращу придатність цього матеріалу для виготовлення друкарських форм.



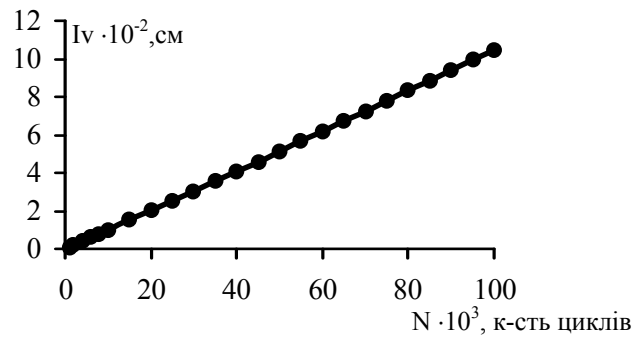
а)



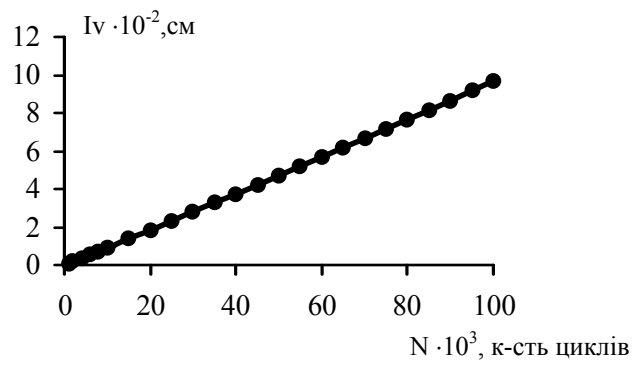
б)

Рис. 1. Залежність питомого зношування полімерних матеріалів за масою від кількості циклів стирання:

а – матеріал А; б – матеріал Б



a)



б)

Рис. 2. Залежність питомого зношування полімерних матеріалів за об'ємом від кількості циклів стирання:
а – матеріал А; б – матеріал Б

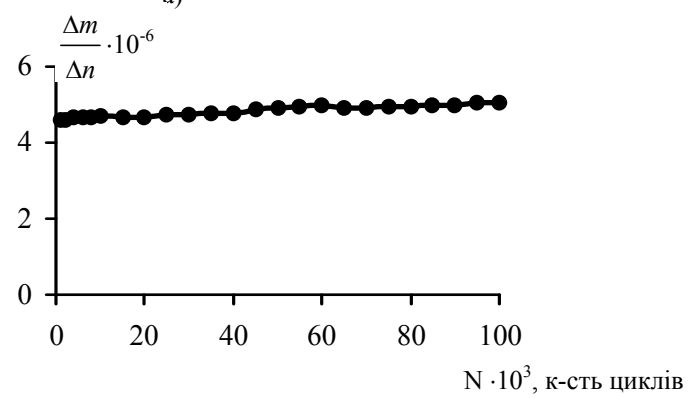
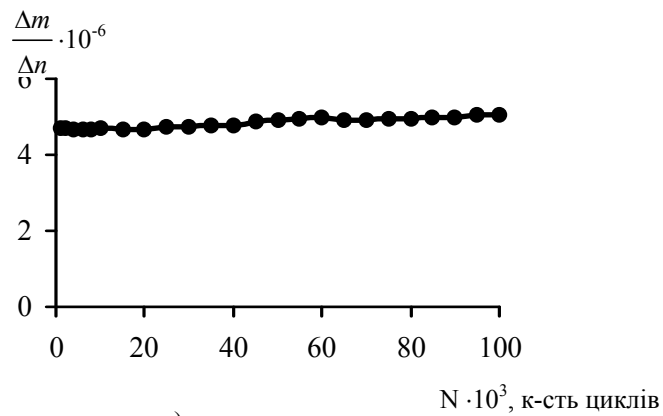


Рис. 3. Залежність градієнта швидкості зношування полімерних матеріалів від кількості циклів стирання:
 а – матеріал А; б – матеріал Б

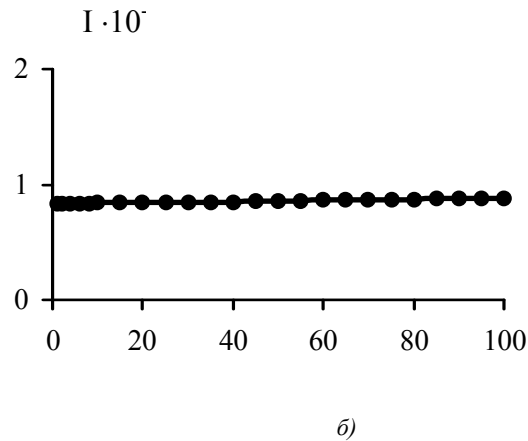
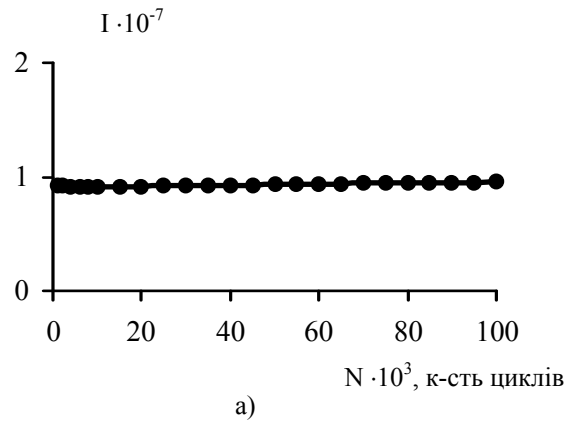


Рис. 4. Залежність інтенсивності стирання полімерних матеріалів від кількості циклів стирання:
a – матеріал А; *б* – матеріал Б

Результати досліджень шорсткості поверхні матеріалів А і Б до проведення процесу стирання і після нього, профілограми яких представлені на рис. 5 і 6, з використанням шліфувального матеріалу показують, що більшу шорсткість має матеріал А (табл. 2).

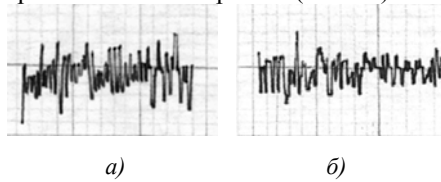


Рис. 5. Профілограми матеріалів до проведення процесу стирання:
а – матеріал А; б – матеріал Б

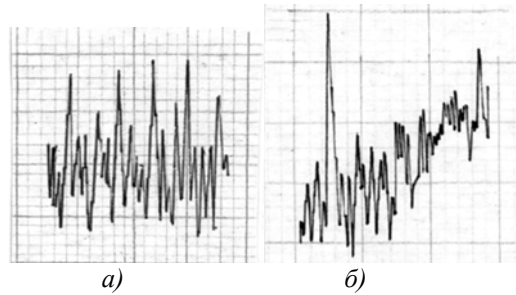


Рис. 6. Профілограми матеріалів після проведення процесу стирання:
а – матеріал А; б – матеріал Б

В початковому вигляді матеріал Б має на 20% меншу величину шорсткості, а після стирання – на 50%, але треба врахувати, що дослідження шорховатості проводилися після 100 тис. циклів стирання. У першому і другому випадку стирання полімерних шарів А і Б відбувається як мікрорізання (рис. 7). Але навіть після стирання величина шорсткості є допустимою в обох матеріалів, оскільки “тінювання” при друкуванні з’являється при шорсткості, яка характеризується величиною мікронерівностей в 1,4 – 1,7 мкм (рекомендована глибина мікронерівностей повинна становити не більше 1 мкм).



Рис. 7. Фрактографія полімерних шарів при стиранні з використанням шліфувального паперу: а – матеріал А; б – матеріал Б.

Таблиця 1

Результати досліджень поверхневих властивостей матеріалів

Характеристика	Матеріал А	Матеріал Б
Шорсткість R_a , мкм (початкова)	0,3	0,25
Шорсткість R_a , мкм (після стирання)	1,2	0,8

Дослідження комплексу фізико-механічних властивостей (руйнівне напруження при розтягу, стиску, згині, питома ударна в'язкість) матеріалів виявили, що вищі показники в матеріалі А (крім теплостійкості й твердості) при кімнатній температурі, показники масового, об'ємного зношування, градієнта швидкості зношування, інтенсивності стирання є нижчими в матеріалі А. Матеріал Б має кращі фізико-механічні властивості при підвищеній температурі, що дозволяє очікувати його кращі експлуатаційні характеристики.

1. *Технология изготовления печатных форм* / Васин Г.И., Лазаренко Э.Т., Полянский Н.Н., Пфейль К., Сулакова Л.И., Трауцеделл Р., Уарова Р.М., Шеберстов В.И. / Под ред. Шеберстова В.И. - М.: Книга, 1990. - 224 с. 2. *Глубокая печать: современное состояние, тенденции, новые технологии* // Флексо Плюс. - 1999. - №6(11). - С.30. 3. Байсвенгер З. *Способы гравирования цилиндров глубокой печати* // Флексо Плюс. - 1999. - №4(10). - С.42-44. 4. Белавенец М.С. *Химическое травление и электромеханическое гравирование формных цилиндров глубокой печати* // Научно-технический сборник «Полиграфическая промышленность». - 2000. - №2-3. - С.24-27. 5. Дреер М. *Сравнение цифрового (СТР) и аналогового процессов изготовления печатных форм* // Флексо Плюс. - 2000. - №3(15). - С.16-19. 6. *Справочник резинщика. Материалы резинового производства* / Ред. кол. П.И. Захарченко, Ф.И. Яшунская, В.Ф. Евстратов, П.И. Орловский. - М.: Химия, 1971. - 607 с. 7. Маїк Л.Я. *Удосконалення процесів виготовлення полімерних форм лазерним гравіюванням для маркування продукції: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.01.* - Л., 2003. - 167 с. 8. Печковская П.Л. *Сажка как усилитель каучука.* - М.: Химия, 1968. - 216 с. 9. Зайцев Б.А. *Закономерности образования, структура и свойства термостойких сетчатых полиаренов: Дис...д-ра хим. наук: Ленинград: ИВС АН СССР, 1983.* - 446 с. 10. Зайцев Б.А. *Синтез, структура и свойства термостойких и прочных сетчатых полимеров-матриц (связующих, компаундов) для полимерных композиционных материалов.* - Л.: Наука, 1988. - 280 с. 11. Зайцев Б.А., Киселева Р.Ф. *О механизме образования олигомеров на основе двухатомных вторичных жирноароматических спиртов* // *Высокомолекулярные соединения.* - 1981. - Т. 23А. - №8. - С. 1783-1790. 12. Зайцев Б.А., Федорова А.В., Киселева Р.Ф., Храмова Г.И. *Кинетика гомополимеризации двухвторичного ароматического гликоля в присутствии кислого катализатора* // *Высокомолекулярные соединения.* - 1983. - Т. 25А. - №5. - С. 1076-1081. 13. Зайцев Б.А., Храмова Г.И. *Полимеризационно-полициклоконденсационный метод получения сетчатых полимеров и армированных пластиков* // *Пластические массы.* - 1983. - №2. - С.59. 14. Зайцев Б.А., Храмова Г.И., Цыганкова Т.С., Данциг Л.Л. *Роливсаны – термостойкие связующие для армированных пластиков* // *Тезисы докладов I-ой Всесоюзной конференции по композиционным материалам и их применению в народном хозяйстве.* - Том 1. - Ташкент. - 1980. - С.138-139. 15. Зайцев Б.А., Храмова Г.И., Цыганкова Т.С., Любимова Г.В. *Новое направление получения терморективных тепло- и термостойких полимеров* // *Химия и физика высокомолекулярных соединений.* - Л. - 1979. - С.33-34. 16. Зайцев Б.А., Храмова Г.И., Цыганкова Т.С., Киселева Р.Ф., Лойус Л.А., Бессонова М.И., Лебедева М.Ф., Заха-

ров С.К. Роливсаны – новые связующие для теплостойких и прочных армированных пластиков // *Механика композитных материалов*. – 1982. - №5. – С.775-778. 17. Зайцев Б.А., Цыганкова Т.С., Гаркави С.Л., Гусарова И.О., Храмова Г.И. Структура и свойства роливсанов, отвержденных термическими и каталитическими методами // *Механика композитных материалов*. – 1988. - №4. – С.579-584. 18. Ратнер С.Б., Ярцев В.П. *Физическая механика пластмасс. Как прогнозируют работоспособность?* – М.: Химия, 1992. – 320 с.