

УДК 655.227+539.37

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІМЕРНИХ ШАРІВ ФОРМ ТРАФАРЕТНОГО ДРУКУ

В. З. Маїк, М. С. Харів

*Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

Подано результати досліджень деформаційних властивостей фотополімерних матеріалів для виготовлення трафаретних друкарських форм лазерним гравіюванням.

Ключові слова: *фотополімеризаційноздатні матеріали, трафаретна форма, деформаційні властивості, набрякання, лазерне гравіювання, рельєфно-крапкові зображення.*

Постановка проблеми. Швидкий розвиток світової поліграфії, пов'язаний з використанням новітніх інформаційних і цифрових технологій, підвищує вимоги до всіх етапів виготовлення друкованої продукції, зокрема до формних процесів. Попри стрімке впровадження технологій, які обминають процес виготовлення форм або використовують для цього спеціальні нові матеріали, більшість поліграфічної продукції виготовляється за традиційними технологічними процесами, що передбачають застосування у формному виробництві різноманітних фотополімеризаційноздатних матеріалів (ФПМ) [1].

З-поміж усіх різновидів друку необхідної товщини фарбового шару при відтворенні шрифту Брайля можна досягти лише трафаретним способом. Перевагами цього способу є також здатність друкувати на великій гамі матеріалів різної конфігурації і можливість забезпечити значну стійкість рельєфних елементів до механічного впливу під час транспортування та читання незрячими. Ефект рельєфності досягається завдяки використанню сіток низьких лініатур, великої товщини копіювального шару на друкарській формі, друку в кілька прогонів з проміжним сушінням відбитків. Однак суттєвим недоліком є висока вартість матеріалів для виготовлення трафаретної друкарської форми. Саме тому створення нових композиційних матеріалів для виготовлення трафаретних форм лазерним гравіюванням є актуальним науковим завданням, яке забезпечить: високі репродукційно-графічні характеристики друкарських форм (високий ступінь відтворення елементів зображення з максимальною точністю); можливість створення «товстих» трафаретів для забезпечення великої товщини фарбового шару на відбитках; скорочення тривалості технологічного процесу завдяки використанню копіювальних шарів, на які безпосередньо наноситься зображення за допомогою лазера, без додаткових операцій; зменшення витрат на виготовлення друкарських форм внаслідок застосування дешевих і доступних матеріалів; екологічну безпеку

процесів виготовлення друкарських форм у результаті використання нетоксичних, екологічно чистих матеріалів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Фотополімеризаційноздатні композиційні матеріали (ФПМ) значно прискорили розвиток поліграфії, докорінно змінили технологію формних і друкарських процесів, поліпшили техніко-економічні, соціальні й екологічні показники поліграфічних виробництв. 50-ті роки минулого століття можна вважати першим історичним етапом створення ФПМ для потреб поліграфії [2].

На межі 60–70-х років вважалися прогресивними розробки непрямого способу виготовлення трафаретних друкарських форм з поліпшеними градаційно-графічними характеристиками. У лабораторії трафаретного друку розроблялися і фотополімеризаційні копіювальні шари, й оригінальні технології для створення «товстих» друкованих елементів на трафаретній друкарській формі (дисертаційна робота Сергія Васильовича Дронова, науковий керівник: Віталій Матюшов). Ці роботи стали вкрай важливими для розроблення технології виготовлення друкованої продукції рельєфно-крапковим шрифтом Брайля для незрячих або слабозрячих осіб.

Упродовж 1993–1995 років в УкрНДІСВД вітчизняні фахівці та науковці у галузі поліграфії досить успішно працювали над розробленням технологічного процесу друкування продукції для незрячих шрифтом Брайля, а також розробляли спеціальні набухаючі фарби і трафаретні форми. Особливу увагу надавали розробкам і дослідом зі збільшення об'єму (висоти) нанесених трафаретним друком фарбових шарів. Для цього на стадії регулювання використовувалися фотополімеризаційні процеси.

Мега статті — дослідити деформаційні властивості фотополімерних матеріалів для виготовлення трафаретних форм лазерним гравіюванням, щоб визначити їх стійкість до дії навантаження та розчинників фарб у процесі друку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розроблену нову композицію на основі олігоуретанакрилату на аліфатичному діізоціанаті для виготовлення трафаретних форм лазерним гравіюванням для нанесення рельєфно-крапкових зображень було досліджено на чутливість до лазерного випромінювання з довжиною хвилі 1,06 мкм для отримання високих репродукційно-графічних і друкарсько-технічних показників форм трафаретного друку.

У процесі виготовлення та експлуатації на трафаретні друкарські форми діють різні зовнішні поля: механічні, теплові тощо. Фізико-механічні властивості полімерного матеріалу визначають ступінь зміни структури, розмірів, форми під час дії на нього механічних сил.

Дуже важливим для прогнозування працездатності трафаретних форм є дослідження впливу величини навантаження та розчинників фарб на деформаційні властивості полімерних шарів (зміна розмірів, об'єму і форми). Деформація супроводжується зміною структури полімерів і їхніх властивостей: що більша деформація, то значніша зміна структури і властивостей. Тому визначали зміну деформаційних властивостей полімерних шарів до проведення процесу набрякання та після витримки в розчинниках трафаретних друкарських фарб протягом 30 хвилин при змінному та постійному навантаженні [3–8].

Деформаційні властивості полімерних матеріалів при змінному навантаженні оцінюємо за кривими напруження — деформація ($\sigma - \epsilon$) у процесі навантаження і розвантаження матеріалу, які зображені на рис. 1. Навантажуємо зразок полімерного матеріалу до максимальної деформації ϵ при $\sigma = 7,81$ МПа і після цього знімаємо навантаження з такою самою швидкістю до $\sigma = 0$. Криві стиску і відновлення не збігаються, взірець повністю не відновлюється, а має залишкову деформацію. На хід кривої $\sigma - \epsilon$ впливає релаксаційний характер деформації, який проявляється у відставанні деформації від напруження при деформуванні й наявності залишкових деформацій після зняття навантажень (гістерезис).

З погляду термодинаміки, робота A , яка витрачається на деформування, повертається повністю при пружній деформації і частково перетворюється у тепло (Q) при високоеластичній. Тому для високоеластичної деформації $A_{\text{стиску}} = A_{\text{відновлення}} + Q$. Це означає, що в циклі «стискання – відновлення» незворотно губиться частина роботи, витрачена на деформування. Ця робота є пропорційною площі під петлею гістерезису. Цю частину роботи називають механічними втратами. Втрати механічної енергії проходять під час перетворення її в теплоту, тому $A_{\text{мв}} = Q$. Величина механічних втрат залежить від умов деформування. За високої швидкості (наприклад, під час друкування) і, відповідно, короткого часу деформування структура полімерного матеріалу змінюється мінімально, й за час відновлення може пройти повна релаксація, тоді механічні втрати будуть незначними.

Дослідження полімерних матеріалів до проведення процесу набрякання показало такі результати: максимальна деформація під навантаженням 7,81 МПа становить 16,44 %, а після розвантаження залишкова деформація становить 7,91 %.

У результаті дослідження полімерних матеріалів після проведення процесу набрякання в розчинниках протягом 30 хвилин було отримано такі результати: після набрякання в ацетоні максимальна деформація — 35,71 %, а після розвантаження залишкова деформація — 11,61 %; після набрякання в етиловому спирті максимальна деформація — 16,83 %, а після розвантаження залишкова деформація — 7,43 %; після набрякання в К-2 максимальна деформація — 25,25 %, а після розвантаження залишкова деформація — 9,60 %; після набрякання у вайт-спіриті максимальна деформація — 10,42 %, а після розвантаження залишкова деформація — 3,13 %.

З одержаних графіків визначили модуль еластичності, модуль пружності, коефіцієнт механічних втрат, які подані в табл. 1.

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики полімерного матеріалу при змінному навантаженні (0-7,81 МПа) до і після набрякання в розчинниках

	модуль еластичності	модуль пружності	коефіцієнт механічних втрат
до набрякання	60,02	7,77	0,9
після набрякання в ацетоні	10,95	3,22	1,065
після набрякання в етиловому спирті	2,119	1,248	0,871
після набрякання в К-2	29,47	4,42	0,982
після набрякання у вайт-спіриті	133,47	12,76	0,495

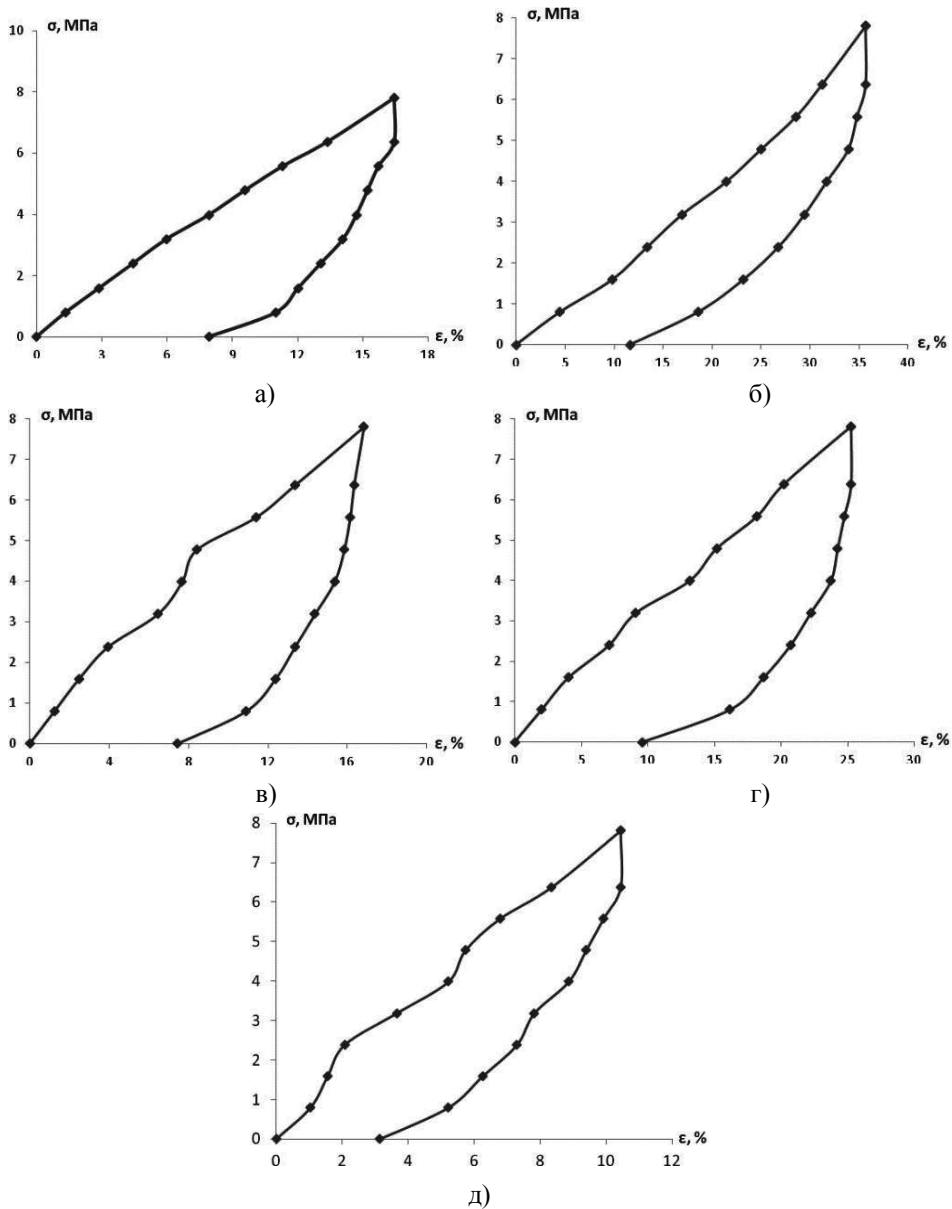


Рис. 1. Зміна відносної деформації під час стиску та відновлення фотополімерного матеріалу при змінному навантаженні (0-7,81 МПа):

- а) до набрякання; б) після набрякання в ацетоні; в) після набрякання в етиловому спирті;
- г) після набрякання в К-2; д) після набрякання у вайт-спіриті;

На рис. 2 зображено графіки розвитку деформацій полімерних матеріалів у часі (до і після обробки в розчинниках протягом 30 хвилин) під постійним навантаженням і спаду після зняття навантаження. Максимальну деформацію під постійним навантаженням визначали через 30 хв, і залишкову деформацію після зняття навантаження — також через 30 хв.

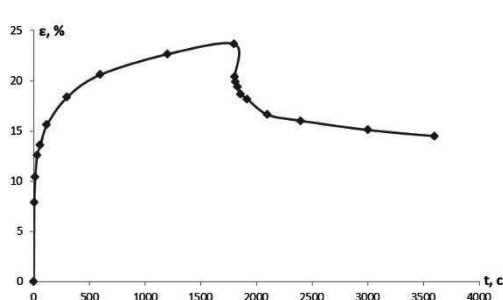
При дослідженні деформаційних властивостей полімерних матеріалів при постійному навантаженні (5,26 Мпа) протягом 30 хв, після навантаження і 30 хв після розвантаження було отримано такі результати: до набрякання максимальна деформація становила 23,67 %, а після розвантаження залишкова деформація становила 14,49 %; після набрякання в ацетоні максимальна деформація — 30 %, а після розвантаження залишкова деформація — 13,80 %; після набрякання в етиловому спирті максимальна деформація — 17,79 %, а після розвантаження залишкова деформація — 8,65 %; після набрякання в К-2 максимальна деформація — 22,86 %, а після розвантаження залишкова деформація — 10,95 %; після набрякання у вайт-спіриті максимальна деформація — 15,46 %, а після розвантаження залишкова деформація — 8,25 %.

З одержаних графіків визначили відносну сумарну деформацію матеріалів і складові частини сумарної деформації — пружну, еластичну і пластичну, які розраховували у процентах до відносної сумарної деформації (табл. 2).

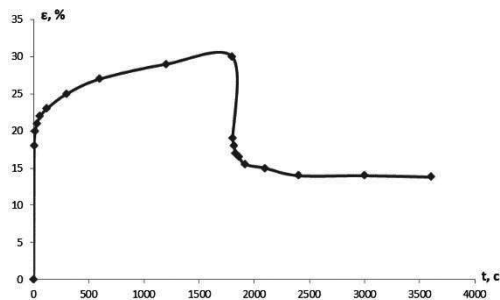
Таблиця 2

Значення пружної, еластичної і пластичної деформації полімерних матеріалів

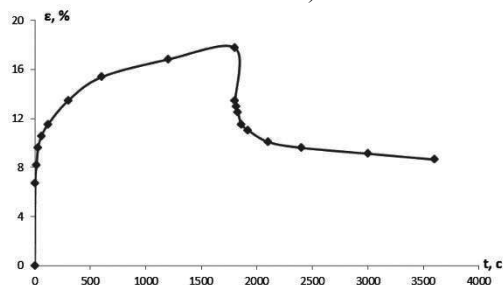
	$\epsilon_{пр}, \%$	$\epsilon_{ел}, \%$	$\epsilon_{пл}, \%$
до набрякання	3,27	5,92	14,49
після набрякання в ацетоні	11,00	5,20	13,80
після набрякання в етиловому спирті	4,33	4,81	8,65
після набрякання в К-2	6,19	5,71	10,95
після набрякання у вайт-спіриті	3,09	4,12	8,25



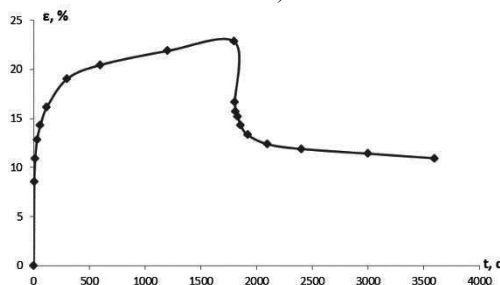
а)



б)



в)



г)

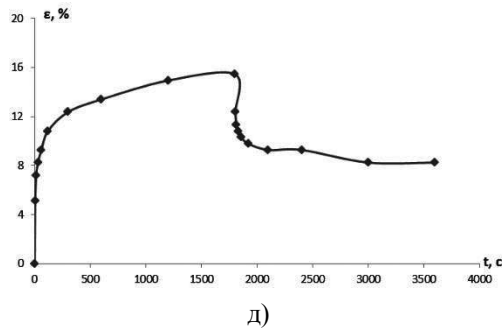


Рис. 2. Кінетика деформації фотополімерного матеріалу під час навантаження (5,26 МПа) і після його зняття залежно від часу експерименту:
 а) до набрякання; б) після набрякання в ацетоні; в) після набрякання в етиловому спирті;
 г) після набрякання в К-2; д) після набрякання у вайт-спіриті;

За впливом на величину деформаційних властивостей полімерних шарів розчинники можна розмістити (у порядку зменшення): ацетон > К-2 > етиловий спирт > вайт-спірит. Ці результати досліджень корелюють з дослідженнями деформаційних властивостей матеріалів під час змінного навантаження.

Висновки. Дослідження деформаційних властивостей полімерних матеріалів при змінному і постійному навантаженні до і після набрякання в розчинниках трафаретних фарб протягом 30 хвилин свідчить, що цей матеріал є еластичним і після зняття навантаження більша частина деформацій зникає. Найменш агресивним розчинником є вайт-спірит, і фарби, розведені цим розчинником, можна використовувати для друкування з трафаретних форм, виготовлених способом лазерного гравіювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кукура Ю. А. Вдосконалення формних процесів трафаретного та офсетного друку: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.01 / Ю. А. Кукура. — Львів : УАД, 2006. — 20 с.
2. Шибанов В. В. Фотополімеризаційноздатні матеріали / В. В. Шибанов. — Львів : УАД, 2008. — 216 с.
3. Малкин А. Я. Методы измерения механических свойств полимеров / А. Я. Малкин, А. А. Аскадский, В. В. Коврига. — М. : Химия, 1978. — 330 с.
4. Лебедев Л. М. Машины и приборы для испытания полимеров / Л. М. Лебедев. — М. : Машиностроение, 1967. — 212 с.
5. Тарнопольский Ю. М. Методы статических испытаний армированных пластиков / Ю. М. Тарнопольский, Т. Я. Кинцис. — М. : Химия, 1975. — 264 с.
6. Малкин А. Я. Методы измерения механических свойств полимеров / А. Я. Малкин, А. А. Аскадский, В. В. Коврига. — М. : Химия, 1978. — 336 с.
7. Тернер С. Механические испытания пластмасс / С. Тернер ; Пер. с англ. В. И. Участкина ; под ред. С. Б. Ратнера. — М. : Машиностроение, 1979. — 175 с.

8. Чехман Я. И. Определение физических характеристик упруго-пластических материалов при сжатии / Я. И. Чехман // Научные записки УПИ им. Ив. Федорова. – Львов : Издательство Львовского государственного Университета. – 1958. – Т. XII, часть I. – С. 209–217.

REFERENCES

1. Kukura, Iu. A. (2006). Vdoskonalennia formnykh protsesiv trafaretneho ta ofsetneho druku. Extended abstract of candidate's thesis. Lviv (in Ukrainian).
2. Shybanov, V. V. (2008). Fotopolimeryzatsiinozdatni materialy. Lviv: UAD (in Ukrainian).
3. Malkin, A. Ja., Askadskij, A. A. & Kovriga, V. V. (1978). Metody izmerenija mehanicheskikh svojstv polimerov. Moscow: Himija (in Russian).
4. Lebedev, L. M. (1967). Mashiny i pribory dlja ispytanjia polimerov. Moscow: Mashinostroenie (in Russian).
5. Tarnopol'skij, Ju. M. & Kincis, T. Ja. (1975). Metody staticheskikh ispytanj armirovannykh plastikov. Moscow: Himija (in Russian).
6. Malkin, A. Ja., Askadskij, A. A. & Kovriga, V.V. (1978). Metody izmerenija mehanicheskikh svojstv polimerov. Moscow: Himija (in Russian).
7. Ternер, S. (1979). Mehanicheskie ispytanjia plastmass. Moscow: Mashinostroenie (in Russian).
8. Chehman, Ja. I. (1958). Opredelenie fizicheskikh harakteristik uprugoplachesticheskikh materialov pri szhatii. Nauchnye zapiski UPI im. Iv. Fedorova, Vol. XII, part I, 209–217 (in Russian).

RESEARCH OF DEFORMATION PROPERTIES OF POLYMER LAYERS OF SCREEN PRINTING PLATES

V. Z. Mayik, M. S. Khariv

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine*

The results of the research of deformation properties of photopolymer materials for manufacturing screen printing plates by laser engraving have been presented.

Keywords: *photo-polymerization materials, screen plate, deformation properties, swelling, laser engraving, relief-dot image.*

*Стаття надійшла до редакції 23.05.2016.
Received 23.05.2016.*