УДК 655. 225: 773. 92

М.Д.Щерба, М.О.Чорна, О.В.Воржева

МІКРОМЕХАНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФПШ ТА ФПП "ЦЕЛЛОФОТ-3" В ПРОЦЕСІ ЕКСПОНУВАННЯ І СТАРІННЯ

Різноманітність фізико-хімічних явищ і процесів, що відбуваються в складних світлочутливих полімерних композиціях, зумовлюють стабільність та збереження властивостей фотополімеризуючих пластин (ФПП), а тим самим і якість фотополімерних друкарських форм, що отримують на їх основі.

При дослідженні ФПП слід виділити дві основні субстанції: фотополімеризуючий шар (ФПШ), об'ємні властивості якого обумовлюють формування друкарських елементів, і поверхню (поверхневий мікрошар), через яку здійснюється контакт ФПШ із зовнішнім середовищем. Оскільки основні характеристики обох субстанцій корелюють, за допомогою деяких інформаційних методів дослідження можна не тільки отримати дані про якісні критерії стабільності ФПП, але й їх кількісний опис.

Відповідні можливості для дослідження мікромеханічних властивостей матеріалів відкриває метод мікровдавлювання [1,3]. Однак потрібні для цього прилади вітчизняною промисловістю не випускаються, а тому нами здійснена модифікація мікротвердоміра ПМТ-3 для мікромеханічних досліджень фотополімеризуючих шарів. Суть цієї модифікації полягає в тому, що на монтажній основі механізму навантаження консольно закріплюється пружний елемент з приклеєними до нього двома парами тензодатчиків, сполучених у вигляді моста. Пружний елемент виготовлений з листової фосфористої бронзи у вигляді смужки з двома ребрами жорсткості, вибраними на довжину тензорезисторів, завдяки чому досягається максимальна чутливість пружного елемента. Вільний кінець елемента розташований під нижньою основою штока на такій висоті, щоб при зніманні з арретира його основа контактувала з пружним елементом. У нижній кінець штока вмонтовано оправку з конічним індентором з кутом при вершині 33°. Деформація пружного елемента реєструється самописцем КСП-4.

Особливістю методик-прототипів є необхідність отримати для розрахунків діаграми розвантаження зразків. Через те, що при використанні модифікованого ПМТ-3 отримати такі діаграми неможливо, для розрахунків модуля пружності досліджуваного шару користуються іншим способом (рис. 1).

Навантаження здійснюється подвійним тягарем $M + m_0$, при цьому тягар m_0 компенсує пружну деформацію датчика;

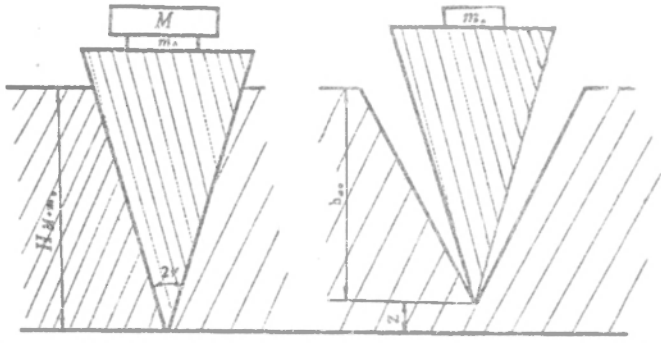

Рис. 1. Схема визначення пружної деформації при мікровдавлюванні конічного індентора.

різниця між деформаціями при навантаженні $M + m_0$ і m_0 являє собою пружне переміщення z вершини конічного індентора, викликане дією навантаження M. Ця величина z фігурує в розрахунках модуля пружності матеріалу. Описаний прилад дозволяє вивчати особливості мікродеформації матеріалів за кінетикою вдавлювання індентора при статичному навантаженні, а також порівнювати релаксаційні та деформаційні властивості мікрошару.

Об'єктом дослідження був вибраний "Целлофот-3" виробництва Казанського ПО "Тасма". Метою даної роботи було вивчення можливостей методу мікровдавлювання конічного індентора для оцінки якості ФПП у процесі старіння по фізико-механічних параметрах поверхневого мікрошару. А тому для підтвердження результатів визначали такі характеристики ФПП та ФПШ, як індукційний період, процентний вміст залишкових та сорбованих низькомолекулярних компонентів, час (технологічний) розчинення ФПШ на ФПП, адгезійна міцність ФПШ на підложці. Методики визначення цих характеристик традиційні і закладені у відповідні ТУ на пластини, а наведеним набором параметрів можна досить повно схарактеризувати стан ФПП [2].

Зіставлення кінетики вдавлювання конічного індентора для вихідних, експонованих при опромінюванні $1 \cdot 10^4$ $Дж \cdot м^{-2}$ і витриманих у нормальних умовах протягом 6 місяців зразків "Целлофот-3" (рис. 2) видно, що експонування та старіння при практично однакових значеннях пружної деформації ($z_t^{\,e} \approx z_t^{\,c} \approx z_t^{\,b}$) приводять до різних значень мікроповзучості поверхневих шарів, що може бути викликане їх різними структурними перетвореннями. Крім того, спостерігається зміна розвантажувальних деформацій з часом: вони

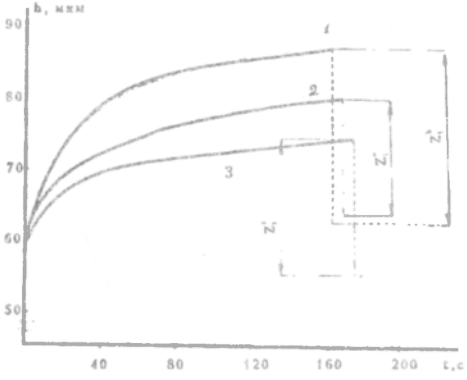

Рис. 2. Кінетика вдавлювання конічного індентора:
1 – вихідний ФПШ; 2 – експонований;
3 – витриманий в нормальних умовах 6 міс.

різні для усіх трьох досліджуваних варіантів. З цього випливає, що для порівняння кількісних характеристик досліджуваних поверхневих шарів необхідно визначати "миттєві" модулі пружності, для яких значення розвантажувальних деформацій z_t отримують при мінімальних значеннях пластичної деформації. Приймаючи для ФПП "Целлофот-3" коефіцієнт Пуассона 0,3, модуль пружності розраховуємо за формулою:

$$E = \frac{mg}{z^2} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \frac{0{,}91}{ctg\,\varphi},$$

де m - маса тягаря; 2φ - кут при вершині індентора.

Залежність модуля пружності зразків "Целлофот-3" від логарифму експозиції (рис. 3) являє собою класичний варіант характеристичної кривої для світлочутливої системи, що вказує на сенситометричні можливості методу вдавлювання конічного індентора. Заштрихована ділянка відповідає інтервалу значень модуля пружності для різних партій ФПП, що піддавалися старінню в нормальних умовах. Оскільки доза опромінювання, що викликає ідентичне значення

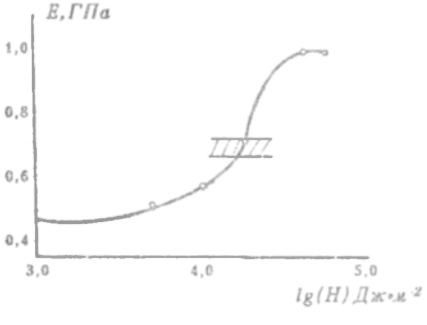

Рис. 3. Залежність модуля пружності ФПШ "Целлофот-3" від експозиції.

модуля пружності, приводить до повної втрати розчинності ФПШ, а час вимивання зразків, що піддавалися старінню, майже не змінився (що видно з таблиці), то можна зробити висновок, що в процесі старіння структурування поверхневого шару (а можливо, і всього об'єму) відбувається без створення тримірної зшитої сітки.

Зміна показників ФПП від часу зберігання

Показники ФПП	Час зберігання ФПП, міс.		
	0	3	6
Індукційний період ФПП, хв.	5,3	5,7	6,0
Вміст залишкових компонентів в шарі, %	2,94	2,3	1,83
Час вимивання ФПШ, хв.	8	8,2	8,8
Адгезія ФПШ до підложки, МПа	2,7	3,8	4,0

З наведених у таблиці даних, окрім уже зазначеного, видно, що в процесі старіння зменшується кількість летючих низькомолекулярних компонентів та збільшується індукційний період.

Відомо, що процеси переносу, до яких належить і десорбція полярних молекул з ФП-шару, є кінетичними. Вони супроводжуються актами утворення та руйнування фізичних зв'язків і, як наслідок, переміщенням молекул у досліджуваній системі. При повільному перебігу десорбція полярних молекул приводить до створення більш рівноважного стану макромолекул та ущільнення шару загалом. Оскільки десорбція відбувається через поверхню, то в поверхневому шарі повинно спостерігатися максимальне ущільнення ФПШ. Саме це може бути причиною збільшення модуля пружності. Збільшення адгезійної міцності, мабуть, пов'язане із завершенням полімеризації клейової композиції.

Таким чином, наведені результати показують, що метод мікровдавлювання конічного індентора є достатньо інформативним як для оцінки ФПП при їх виготовленні і зберіганні, так і для вивчення перетворень в ФПШ при взаємодії зовнішніх факторів.

1. Булычев С.И., Алехин В.П., Терновский Л.П. Об определении физико-механических свойств материалов методом непрерывного вдавливания индентора // Физ. и хим. обработка материалов. 1976. №2. С. 58-64. 2. Воржева О.В., Румянцева М.В. Старіння твердих фотополімеризуючих матеріалів // Поліграфія і видавнича справа. 1987. №23. С. 12-14. 3. Лазаренко Э.Т., Тищенко А.Р. Использование метода измерения микротвердости для исследования фотополимерных форм // Тр. Моск. полигр. ин-та. 1980. №3. С. 35-40.

Стаття надійшла до редколегії 22. 02. 92.