

Л. О. ЗАХАРОВА, К. Ф. БАЗИЛЮК, Е. Т. ЛАЗАРЕНКО

### ОПТИМІЗАЦІЯ РІДКОГО ФОТОПОЛІМЕРИЗАЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ

В результаті аналізу апріорної інформації, а також досліджень впливу складу рідких полімеризаційноздатних матеріалів (РФМ) з олігоефіракрилату МДФ-2 на якість трафаретних фотополімерних друкарських форм (ТФДФ) були визначені необхідні при проведенні технологічного процесу умови, які

Таблиця 1

Рівні змінних в умовному і натуральному масштабах

Фактор	Рівні					Крок
	-1,21	-1	0	1	1,21	
$X_1$	0,1975	0,25	0,5	0,75	0,8	0,25
$X_2$	0,4475	0,5	0,75	1,0	1,05	0,25
$X_3$	8,95	10	15	20	21,05	5

забезпечили б потрібний рівень показників якості [2, 3]. Критерієм оптимально-вихідного параметра, який покладається в основу оцінки технологічного процесу, вибрана тиражостійкість ТФДФ (Т), що визначалася за кількістю циклів, які викликали зміну графічних елементів на формі до 30%. При цьому необхідною умовою було отримання ТФДФ з тиражостійкістю 25—30 тис. відбитків. Експозиція для кожного зразка підбиралася дослідним шляхом й забезпечувала необхідну якість ТФДФ.

Для моделювання залежності тиражостійкості від концентрації інгредієнтів РФМ вибраний повний факторний експеримент  $2^3$  [1]. Рівні й кроки зміни факторів  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  представлені в табл. 1, де  $X_1$  — концентрація триетаноламіну (ТЕА),  $X_2$  — концентрація Дарокура 1173,  $X_3$  — концентрація епоксид-

ної смоли ЕД-20. Для реалізації експерименту була складена матриця планування (табл. 2).

Після проведення повного факторного експерименту з допомогою відповідної програми на ЕОМ ДВК-2М отримана математична модель, яка описує зв'язок між концентраціями інгредієнтів РФМ і тиражостійкістю ТФДФ:

$$T = 29511,2 + 842,7 X_1 - 3222,2 X_1^2 + 603,7 X_2 - 5831 X_2^2 - 411,1 X_3 - 5069,8 X_3^2 + 1045 X_1 X_2 - 1920 X_1 X_3 - 3330,8 X_2 X_3, \quad (1)$$

Таблиця 2

Матриця планування і результати дослідів

Дослід	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$T_1 \cdot 10^3$	$T_2 \cdot 10^3$
1	0,25	0,5	10	14,193	14,156
2	0,75	0,5	10	17,630	17,591
3	0,25	1,0	10	19,973	19,935
4	0,75	1,0	10	27,590	27,550
5	0,25	0,5	20	15,863	15,835
6	0,75	0,5	20	11,620	11,591
7	0,25	1,0	20	8,320	8,291
8	0,75	1,0	20	8,256	8,226
9	0,19	0,75	15	23,730	23,773
10	0,8	0,75	15	25,773	25,813
11	0,5	0,44	15	20,153	20,243
12	0,5	1,05	15	21,616	21,704
13	0,5	0,75	8,95	27,370	27,439
14	0,5	0,75	21,05	16,683	16,764
15	0,5	0,75	15	29,346	29,511

а також оцінені відтворюваність експериментів, значимість коефіцієнтів отриманої моделі, її адекватність експериментальним даним.

Відтворюваність експериментів по критерію Кохрена ( $G_{\text{екс}}$ ) була обчислена як 0,2039. Табличне значення критерію для  $n=15$  рівне 0,3346 (при рівні значимості 0,05), тобто  $G_{\text{екс}} < G_{\text{табл}}$ , і, отже, гіпотеза про однорідність дисперсій була прийнята.

Для перевірки гіпотези про значимість коефіцієнтів використовувався критерій Стьюдента  $t$ . Коефіцієнти  $b_i$  регресії вважаються значимими, якщо виконується умова

$$t_i = \frac{|b_i|}{S_{b_i}} \geq t_{\text{табл}}$$

де  $S_{b_i}$  — дисперсія у визначенні коефіцієнтів. Табличне значен-

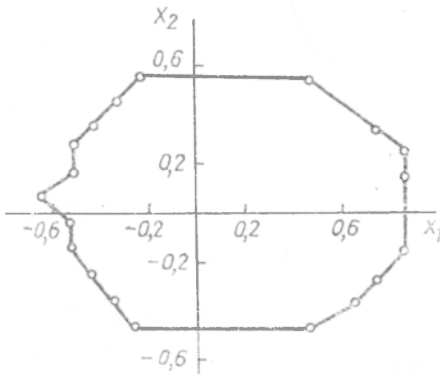
ня критерію Стьюдента  $t_{\text{табл}}$  для  $\alpha=0,05$  і числа ступенів свободи  $n_2=14$  дорівнює 2,15.

Критерії  $t_i$  обчислені за допомогою програми й для усіх коефіцієнтів регресії (1). вони виявилися більшими від 2,15. Отже, всі коефіцієнти значимі, і функція відгуку повністю співпала з моделлю (1).

Адекватність моделі перевіряли критерієм Фішера. Експериментальне значення критерію Фішера становило  $F_{\text{екс}}=0,473$ .

Табличне значення критерію Фішера  $F_{\text{табл}}=2,5$ , тобто воно більше експериментального. Тому гіпотеза про адекватність моделі справедлива, а виявлені закономірності про вплив розглянутих факторів на тиражостійкість ТФДФ реальні в інтервалі їх зміни.

З аналізу моделі видно, що найбільший вплив на параметр оптимізації виявляє вміст ЕД-20, оскільки абсолютне значення коефіцієнта цього фактора більше від інших, які входять в рівняння регресії.



Оптимізований параметр тиражостійкості.

На основі отриманої математичної моделі здійснено оптимізацію складу РФМ, тобто організовано пошук границь значень факторів  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ , серед яких оптимізований параметр відповідав би заданим вимогам. Вимоги у даному конкретному випадку поставлені так: тиражостійкість ТФДФ повинна бути в межах 25—30 тис. відбитків.

Пошук границь оптимуму був здійснений з допомогою програми на ЕОМ. Були розраховані значення факторів  $X_1$  і  $X_2$ , при яких оптимізований параметр приймає значення, рівні нижній і верхній межі (25 і 30 тис. відбитків відповідно). Отримані результати нанесли на графік з осями  $X_1$  і  $X_2$  (див. рисунок).

В результаті для параметра тиражостійкості були отримані дві контурні криві постійного рівня.

Аналіз графіків з різними значеннями  $X_3$  показав, що при прийнятих вимогах найбільша по площі область допустимих значень змінюваних факторів має місце при використанні такого складу РФМ: концентрація ТЕА ( $X_1$ ) — 0,59—0,96 мас. ч.; концентрація Дарокурв 1173 ( $X_2$ ) — 0,39—0,64 мас. ч.; концентрація ЕД-20 ( $X_3$ ) 16,9 мас. ч.

Рух по градієнту методом крутого сходження, виконаний з допомогою програми, дозволив виділити точку оптимального значення параметра оптимізації:  $T=30928$ ,  $X_1=0,57$  ваг. ч.;  $X_2=0,79$  ваг. ч.;  $X_3=12,8$  ваг. ч.

Використання вибраного складу дозволяє виготовити ТФДФ з кращою тиражостійкістю і репродукційно-графічними показниками ( $R_c=59$  лін. см<sup>-1</sup>,  $B_c=80$  мкм).

Таким чином, з допомогою планування експерименту досліджено вплив основних інгредієнтів РФМ — полімеризаційно-здатних олігомерів і мономерів (типу МДФ-2) та фотоініціаторів (типу Дарокур 1173) на тиражостійкість трафаретних друкарських форм на їх основі. Здійснено моделювання і оптимізацію складу РФМ. Склад РФМ: МДФ-2 — до 100%, епоксидна смола — 16,9%; Дарокур 1173 — 0,39—0,64%; триетаноламін — 0,59—0,96%. Цей склад рекомендований для подальших досліджень впливу технологічних факторів на тиражостійкість ТФДФ і включення в технологічні інструкції.

1. Адлер Ю. П., Маркова С. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М., 1976. 2. Методы поиска оптимальных условий при определении параметров построения формной техники / Метод. указания. М., 1986. 3. Токарчик З. Г., Лазаренко Е. Т. Оптимизация жидких фотополимеризационных материалов // ЦБНТИ по печати. Полигр. пром-сть. М., 1978. Вып. 12.

Стаття надійшла до редколегії 05.01.90