

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ЕМУЛЬСІЙНОГО ТРАВЛЕННЯ КЛІШЕ ТА ЇХ ДОСЛІДЖЕННЯ У МАЙЖЕ СТАЦІОНАРНІЙ ОБЛАСТІ

Користуючись методами планування експериментів [1], ми одержали перші аналітичні залежності у вигляді рівнянь регресії другого порядку основних технологічних показників якості кліше та деяких параметрів процесу травлення від ряду незалежних змінних, що характеризують захисну здатність розчину. У цій статті аналізуються одержані рівняння і досліджується процес емульсійного травлення кліше в робочій області за допомогою ЕЦОМ «Промінь-М».

Розглянемо рівняння, які адекватно описують швидкість травлення, глибину травлення у «критичному» по ширині проміжку та кут нахилу бічних граней друкуючих елементів у розчинах без насичення та з насиченням (10 г/л) цинком.

У ненасичених розчинах:

1. Швидкість травлення

$$\hat{y}_1 = 53,193 + 0,825 x_1 + 0,742 x_2 - 1,531 x_3 + 1,658 x_4 - 1,085 x_1^2 - \\ - 0,204 x_2^2 - 0,294 x_3^2 - 0,554 x_4^2 + 1,138 x_1 x_2 - 0,379 x_1 x_3 - \\ - 0,571 x_1 x_4 + 1,763 x_2 x_3 + 0,354 x_2 x_4 - 0,646 x_3 x_4.$$

2. Глибина травлення у «критичному» по ширині проміжку

$$\hat{y}_2 = 257,27 + 1,791 x_1 - 11,629 x_2 + 1,375 x_3 + 13,291 x_4 - \\ - 3,203 x_1^2 - 2,703 x_2^2 - 14,328 x_3^2 + 5,047 x_4^2 + 1,687 x_1 x_2 + \\ + 10,565 x_1 x_3 - 2,937 x_1 x_4 - 14,312 x_2 x_3 + 4,687 x_2 x_4 + 5,312 x_3 x_4.$$

3. Кут нахилу бічних граней друкуючих елементів (у радіанах)

$$\hat{y}_3 = 0,60297 + 0,03708 x_1 - 0,03006 x_2 - 0,00799 x_3 - 0,06900 x_4 + \\ + 0,05563 x_1 x_2 - 0,00981 x_1 x_3 - 0,01091 x_1 x_4 + 0,02290 x_2 x_3 - \\ - 0,00763 x_2 x_4 - 0,01199 x_3 x_4 - 0,01209 x_1^2 + 0,03410 x_2^2 - \\ - 0,00337 x_3^2 - 0,00771 x_4^2.$$

З насиченням (10 г/л) травильного розчину цинком:

1. Швидкість травлення

$$\hat{y}_1 = 50,339 + 1,541 x_1 + 0,291 x_2 - 0,708 x_3 + 1,625 x_4 - 0,366 x_1^2 - \\ - 0,241 x_2^2 - 0,241 x_3^2 - 1,866 x_4^2 + 0,063 x_1 x_2 - 0,937 x_1 x_3 - \\ - 0,312 x_1 x_4 + 1,812 x_2 x_3 - 0,312 x_2 x_4 + 0,437 x_3 x_4.$$

2. Глибина травлення у «критичному» по ширині проміжку

$$\hat{y}_2 = 261,12 - 3,791 x_1 - 1,875 x_2 - 16,708 x_3 + 11,625 x_4 - 3,185 x_1^2 - \\ - 6,060 x_2^2 - 12,060 x_3^2 + 3,44 x_4^2 + 12,687 x_1 x_2 + 0,687 x_1 x_3 - \\ - 0,312 x_1 x_4 + 6,687 x_2 x_3 + 5,187 x_2 x_4 + 2,437 x_3 x_4.$$

3. Кут нахилу бічних граней друкуючих елементів (у радіанах)

$$\begin{aligned} \bar{y}_3 = & 0,63761 + 0,00436 x_1 - 0,0436 x_2 + 0,02036 x_3 - 0,0814 x_4 + \\ & + 0,0349 x_1 x_2 + 0,02836 x_1 x_3 + 0,00872 x_1 x_4 + 0,0109 x_2 x_3 - \\ & - 0,00872 x_2 x_4 - 0,03708 x_3 x_4 - 0,02051 x_1^2 + 0,02096 x_2^2 - \\ & - 0,00131 x_3^2 - 0,0096 x_4^2. \end{aligned}$$

Тут x_1 — концентрація захисної речовини, *мл*; x_2 — концентрація азотної кислоти, *мл*; x_3 — співвідношення захисної речовини з вуглеводневим розчинником; x_4 — швидкість нанесення роторами травильного розчину на пластину, *об/хв*.

Аналіз одержаних рівнянь показує характер і ступінь впливу факторів, що досліджуються, та силу їх взаємодії.

Так, у рівнянні швидкості травлення співвідношення захисної речовини з вуглеводневим розчинником (x_3) та швидкість нанесення травильного розчину (x_4) на пластину відіграють більш важливу роль, ніж концентрації захисної речовини (x_1) і азотної кислоти (x_2).

У рівнянні мають значення і так звані ефекти взаємодії захисної речовини з кислотою ($x_1 x_2$) та співвідношення захисна речовина—вуглеводневий розчинник із азотною кислотою ($x_2 x_3$), при цьому для збільшення швидкості травлення бажано зменшити співвідношення захисна речовина—вуглеводневий розчинник і збільшити концентрацію кислоти.

У рівнянні залежності глибини травлення у «критичному» по ширині проміжку слід відзначити вплив концентрацій азотної кислоти (x_2) та швидкість нанесення травильного розчину на пластину (x_4). Про це свідчать коефіцієнти, що стоять при названих змінних у першій степені. Від'ємний знак при x_2 свідчить про те, що зі зростанням концентрації азотної кислоти зменшується глибина травлення у «критичному» по ширині проміжку. Зростання швидкості нанесення травильного розчину на пластину спричиняється до збільшення цього технологічного параметра.

На збільшення кута нахилу граней друкуючих елементів впливають концентрація захисної речовини (x_1) та ефект взаємодії співвідношення захисна речовина—вуглеводневий розчинник з азотною кислотою. Решта факторів або мало впливають на кут нахилу друкуючих елементів, або також збільшують його.

З аналізу рівнянь, одержаних при насиченні травильного розчину цинком, зокрема з рівняння швидкості травлення, видно, що насичення травильного розчину цинком зменшує швидкість травлення. Це видно з порівняння абсолютних величин коефіцієнтів при x_0 .

Вплив факторів, що досліджуються, у цьому випадку такий самий, як і в рівнянні швидкості травлення без насичення.

Глибина травлення у «критичному» по ширині проміжку зростає зі збільшенням інтенсивності подачі травильного розчину на пластину.

Насичення травильного розчину цинком мало змінює значення кута нахилу друкуючих елементів (порівняти коефіцієнти при x_0).

Однак збільшення концентрації захисної речовини та співвідношення захисна речовина—вуглеводневий розчинник може спричинити до збільшення кута нахилу граней друкуючих елементів.

Цікаво дослідити за допомогою ЕЦОМ поведінку функції в локальній майже стаціонарній області одержання кліше, коли варіюється одна зі змінних і фіксуються решта змінних на верхньому рівні в ненасичених травильних розчинах (рис. 1, *a*—4, *a*) та у насичених (рис. 1, *b*—4, *b*) *.

* Графічні залежності функцій у просторі та залежності на нижньому і нульовому рівнях не подаємо за браком місця.

Характер кривих швидкості травлення, викликаний зміною концентрації захисної речовини, є однаковим на всіх рівнях. Однак найбільшого значення (57 мкм/хв) швидкість травлення досягає, коли фіксуються інші змінні на верхньому рівні.

Зі зростанням концентрації захисної речовини збільшується кут нахилу друкуючих елементів, а швидкість травлення після досягнення максимуму зменшується (рис. 1).

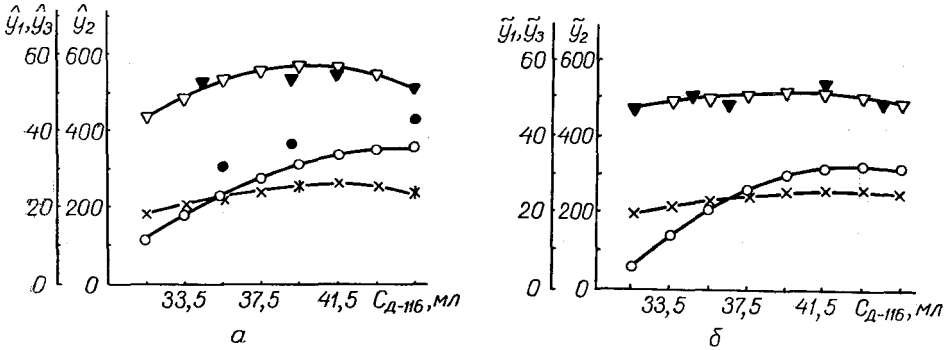


Рис. 1. Вплив концентрації захисної речовини на технологічні показники у розчинах: а — без насичення; б — з насиченням 10 г/л; ∇ — швидкість травлення, мкм/хв; \times — глибина травлення у «критичному» по ширині проміжку, мкм; \circ — кут нахилу бічних граней друкуючих елементів, град.

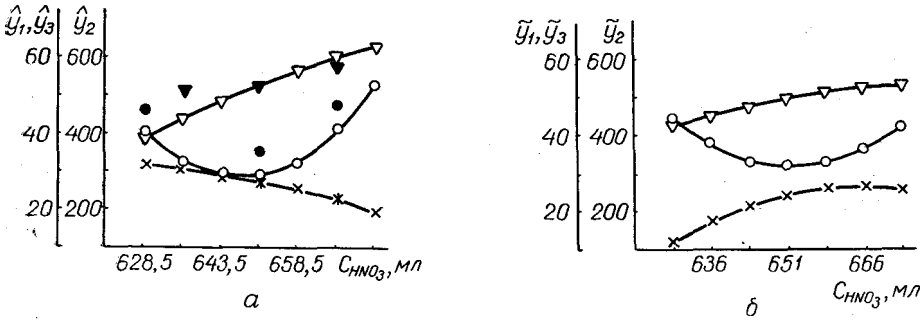


Рис. 2. Вплив концентрації азотної кислоти на технологічні параметри. Позначення ті ж, що на рис. 1.

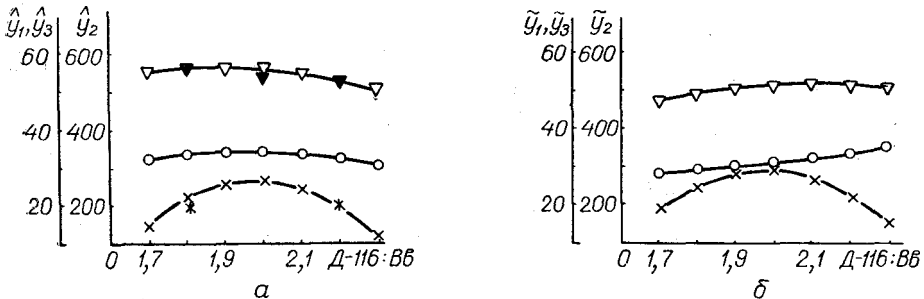


Рис. 3. Вплив співвідношення захисна речовина—вуглеводневий розчинник на технологічні параметри. Позначення ті ж, що на рис. 1.

Збільшення концентрації азотної кислоти в майже стаціонарній області викликає зростання швидкості травлення, якщо фіксувати змінні на вищому та нульовому рівнях. При цьому на вищому рівні приріст швидкості травлення є більшим, ніж на нульовому.

На всіх рівнях характер зміни кута нахилу друкуючих елементів та глибини травлення у «критичному» по ширині проміжку є майже однаковим.

Кут нахилу друкуючих елементів з підвищенням концентрації кислоти зменшується до певного значення, а потім зростає.

Глибина травлення у «критичному» по ширині проміжку з підвищенням концентрації азотної кислоти зменшується.

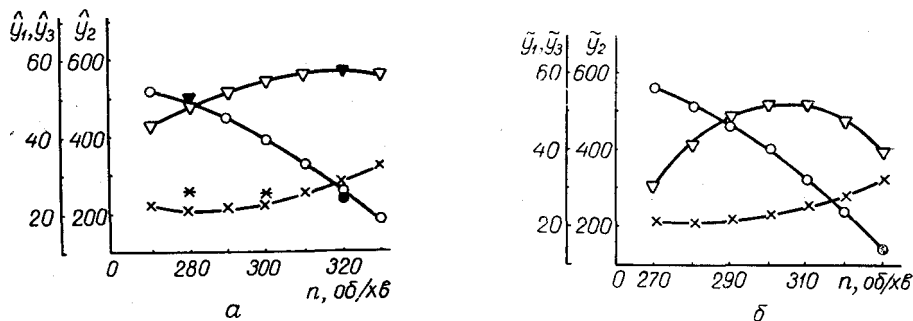


Рис. 4. Вплив швидкості нанесення травильного розчину на технологічні параметри.

Позначення ті ж, що на рис. 1.

На рис. 3 показано зміну технологічних параметрів процесу та якості кліше із зміною співвідношення концентрацій захисна речовина—вуглеводневий розчинник. Якщо збільшити співвідношення, то швидкість травлення зменшується, але кут нахилу друкуючих елементів на всіх рівнях майже не змінюється. Глибина травлення у «критичному» по ширині проміжку спочатку збільшується, а потім, досягнувши максимального значення, спадає.

Якщо збільшити швидкість нанесення травильного розчину на пластину (рис. 4), то зростає швидкість травлення та збільшується глибина в «критичному» по ширині пробілі. Кут нахилу друкуючих елементів при цьому зменшується.

Таким чином, досліджуючи процес на ЕЦОМ, вдалося вивчити поведінку функції відгуку в локальній, майже стаціонарній області, а аналіз одержаних рівнянь дає уяву про ступінь взаємодії змінних, що вивчалися, та їх роль у процесі емульсійного травлення.

ЛІТЕРАТУРА

І. В. В. Налимов, Н. А. Чернова. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М., «Наука», 1965.

SHELUDKO L. I., PASHULA P. L., GRABAROVSKAJA A. F.

THE MATHEMATICAL MODELS OF THE MAIN PARAMETERS OF THE POWDERLESS ETCHING PROCESS AND STUDYING OF THEM IN NEARLY STATIONARY REGION

Summary

The new analytical relations of the main technological qualitative indices of the printing plates and etching rate with the factors studied in a form of regressive equations of second order are adduced.

By the study of the etching solution protective capacity with computer «Промінь-М» an analysis and a graphical presentation of the factors studied in local nearly stationary region are given.