

ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНОМІРНОСТІ ТРАВЛЕННЯ ДРУКАРСЬКИХ ФОРМ НА РОТОРНИХ МАШИНАХ ОДНОПРОЦЕСНОГО ТРАВЛЕННЯ

Однопроцесний емульсійний спосіб травлення кліше на мікроцинку, стопах магнію та міді дістав широке розповсюдження в багатьох країнах світу. Поряд з використанням певних органічних добавок, що забезпечують захист бокових граней друкарських елементів, емульсійний спосіб травлення висуває ряд вимог до конструкції машин. Такі машини повинні забезпечувати регульовану подачу травильного розчину на поверхню оброблюваної копії, певне переміщення пластинотримача, а також постійне емульгування та температуру розчину. Емульгування травильного розчину здійснюється насосом та системою розподілу. Термостатування травильного розчину виконується системою охолодження та підігріву, зв'язаною з відповідною контрольно-вимірювальною апаратурою.

Машини емульсійного травлення за принципом нанесення травильного розчину на форму можна класифікувати так:

- 1) роторні, в яких подача травильного розчину здійснюється роторами, що складаються з вала з укріпленими на ньому лопатями;
- 2) соплові, в яких розчин подається через систему отворів у трубках, насадок або форсунок. Сюди можна також віднести струминні машини;
- 3) натікання, в яких травильний розчин подається на оброблювану копію у вигляді ламінарного потоку системою соплових трубок по направляючих лотках;
- 4) пневматичні, в яких переміщення травильного розчину здійснюється за допомогою пухирчиків повітря, що подаються в напрямку оброблюваної копії системою отворів у трубках, розташованих на дні ванни.

В результаті проведених в УНДІППі досліджень розроблена технологія емульсійного травлення кліше на основі магнієвого та цинкового стопів, а також створені дві промислові моделі машин роторного типу. Але машини, що випускаються в нашій країні та за кордоном, часто конструюють на підставі тільки емпіричних положень. Про це свідчить факт наявності машин з різним числом роторів при однаковому форматі оброблюваної копії, різними діаметрами роторів, міжроторною відстанню та відстанню від пластинотримача до роторів, наявністю або відсутністю перегородок, різним типом та швидкістю переміщення пластинотримача, різною конфігурацією лопатей. Глибина занурення лопатей в дзеркало травильного розчину також різна. Так, наприклад, в машині «Мастер М-32» глибина занурення лопаті дорівнює 16 мм. В інших машинах рекомендують глибину 9,1 мм [1].

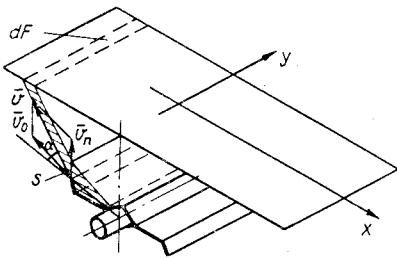
Одне з головних технічних завдань, які вирішуються машинами емульсійного травлення, крім забезпечення необхідних технологічних функцій (диспергування вуглеводню, можливість регулювання тиску розчину, його термостатування), зводиться до забезпечення рівномірного спрямованого подавання травильного розчину на копію.

Вивченню рівномірності травлення в залежності від ряду параметрів роторних травильних машин присвячена ця стаття. Роторні машини емульсійного травлення найбільш розповсюджені, тому таке завдання здається нам актуальним.

Під рівномірністю травлення мається на увазі ступінь рівномірності глибини пробілів у місцях однакової тональності (тобто в однакових за шириною пробілах) незалежно від їх місця знаходження на копії.

Основні фактори, що впливають на рівномірність травлення: 1) конфігурація лопаті ротора та його конструкція; 2) відстань від центра ротора до пластинотримача; 3) характер руху та швидкість переміщення пластинотримача; 4) діаметр роторів, їх розміщення та число; 5) наявність перегородок, їх висота та розміщення відносно роторів; 6) глибина занурення лопаті в дзеркало травильного розчину.

Рис. 1. Напрямок вільного переміщення рідини по пластині, що підлягає травленню.



Математична умова рівномірності нанесення травильного розчину на оброблювану пластину може бути висловлена рівнянням:

$$\frac{dQ}{dF} = C = \text{const}, \quad (1)$$

де Q — сумарна кількість розчину, що наноситься лопаттю ротора за один його оборот на площу F оброблюваної пластини.

В свою чергу, площа F є функцією двох незалежних змінних (рис. 1).

$$F = xy, \quad (2)$$

$$dF = ydx + xdy. \quad (3)$$

Якщо вісь y паралельна осі ротора, то в нашому випадку

$$y = l = \text{const}, \quad (4)$$

де l — довжина ротора.

Отже,

$$dF = ldx. \quad (5)$$

Підставляючи значення dF в формулу (1), одержуємо:

$$\frac{dQ}{ldx} = C, \quad (6)$$

З рівняння (6) випливає, що рівномірність нанесення травильного розчину треба розглядати тільки у напрямку, перпендикулярному осі роторів.

При виході з розчину лопаті захоплює певний об'єм рідини, яка в міру повороту лопаті скидається з неї під дією відцентрових сил. Об'єм рідини ΔQ , що скидається з лопаті за час Δt , визначається рівнянням:

$$\Delta Q = S_t V_{0(t)} \Delta t,$$

де $S_{(t)}$ — площа поперечного перерізу потоку¹,

¹ Індекс $((t))$ означає, що величини S та V_0 змінюються з часом.

$V_{0(t)}$ — відносна швидкість переміщення рідини по лопаті в перерізі S .

Приймаючи інтервал часу $\Delta t \rightarrow 0$, замінюємо приріст диференціалами

$$dQ = S_{(t)} V_{0(t)} dt. \quad (8)$$

Одержані значення dQ підставляємо у вираз (6):

$$\frac{S_{(t)} V_{0(t)} dt}{ldx} = C \quad (9)$$

або

$$\frac{dx}{dt} = \frac{S_{(t)} V_{0(t)}}{lC}. \quad (10)$$

Формула (10) виражає швидкість послідовного посмужного покриття поверхні пластини правильним розчином при обертанні ротора.

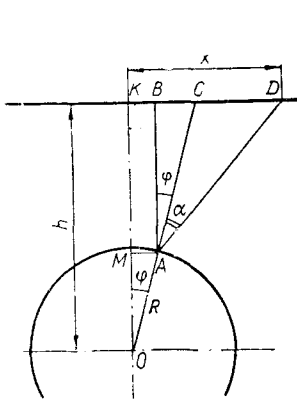


Рис. 2. Взаємне положення пластини і ротора.

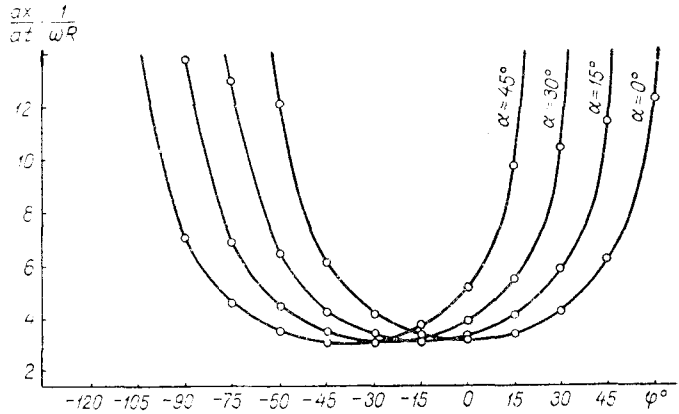


Рис. 3. Графік залежності $\frac{dx}{dt} f(\varphi^\circ)$ для окремих значень $\alpha=0^\circ; \alpha=15^\circ; \alpha=30^\circ; \alpha=45^\circ$.

Напрямок вільного переміщення рідини між ротором та пластинною визначається в кожний момент часу напрямком вектора сумарної швидкості, який можа виразити, як

$$\vec{V} = \vec{V}_n + \vec{V}_0, \quad (11)$$

де V — сумарна швидкість руху рідини,
 V_n — переносна швидкість руху рідини,
 V_0 — швидкість руху рідини відносно лопаті.

$$V_n = \omega R, \quad (12)$$

де ω — кутова швидкість ротора,
 R — радіус ротора.

В загальному випадку в кожний момент часу напрямок вільного руху рідини в точці її зриву з лопаті складає з радіусом ротора деякий кут α . Цей кут, в кінцевому підсумку визначається величиною та напрямком вектора відносної швидкості руху рідини, тобто переносна швидкість переміщення рідини при даному режимі роботи постійна за величиною й спрямована по дотичній до кола переміщення крайньої точки ротора в місці зриву рідини. Для дальших розрахунків можна з достатньою точністю прийняти, що $\alpha = \text{const}$, що було підтверджено швидкісною кінозйомкою ротора під час його обертання [2].

Для визначення швидкості зміщення смуги розчину по поверхні пластини наведемо їх взаємне положення (рис. 2). Припустимо, що в даний момент часу лопать обернулася на кут φ у відношенні до вертикалі і її край знаходиться в точці A , а вектор швидкості переміщення рідини складає з напрямком радіуса в точці A кут α . При цьому рідина, що скидається з лопаті в точці A , попадає на пластину в точці D , віддаленій від точки K на величину KD , рівну x . Випускаючи нескладні геометричні міркування, побачимо з рис. 2, що величина x , яка нас цікавить, дорівнює:

$$x = R \sin \varphi + h \operatorname{tg}(\varphi + \alpha) - R \cos \varphi (\varphi + \alpha). \quad (13)$$

Проводячи диференціювання виразу (3) по φ , одержуємо:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{h}{\cos^2(\varphi + \alpha)} + R \cos \varphi + R \sin \varphi \operatorname{tg}(\varphi + \alpha) - \frac{R \cos \varphi}{\cos^2(\varphi + \alpha)} \quad (14)$$

При обертанні ротора з постійною швидкістю $\varphi = \omega t$ та $d\varphi = \omega dt$, отже, швидкість зміщення смуги розчину по поверхні оброблюваної копії визначається рівнянням:

$$\frac{dx}{dt} = \omega R \cos \omega t + \omega R \cdot \sin \omega t \cdot \operatorname{tg}(\omega t + \alpha) - \frac{\omega R \cos \omega t}{\cos^2(\omega t + \alpha)} + \frac{\omega h}{\cos^2(\omega t + \alpha)}. \quad (15)$$

Таким чином, умова рівномірності нанесення травильного розчину ротором на нерухому пластину в розширеному вигляді записується рівнянням:

$$\omega R \cos \omega t + \omega R \sin \omega t \cdot \operatorname{tg}(\omega t + \alpha) - \frac{\omega R \cdot \cos \omega t}{\cos^2(\omega t + \alpha)} + \frac{\omega h}{\cos^2(\omega t + \alpha)} = \frac{S_{(t)} V_0(t)}{lC}. \quad (16)$$

Будуючи графік залежності $\frac{dx}{dt} = f(\varphi^\circ)$ для окремих випадків $\alpha = 0$; $\alpha = 15^\circ$; $\alpha = 30^\circ$ та $\alpha = 45^\circ$ при $h = 3R$ встановлюємо, що оптимальні місця нанесення розчину на пластину повинні бути в зоні $\frac{dx}{dt} \rightarrow \min$, так що в цій зоні при інших рівних умовах буде більша густина нанесення розчину, потік розчину наноситься на пластину під кутом, близьким до прямого (рис. 3).

З рівняння (16) видно, що при інших рівних умовах рівномірність буде підвищуватись при зменшенні діаметра ротора та числа його обертів. Слід відмітити, що більш вигідно йти по шляху зменшення діаметра ротора, оскільки у вираз (16) радіус ротора та його кутова швидкість входять у першій ступені, а величина відцентрової сили, що визначає умову зриву рідини з лопаті, пропорціональна квадратові кутовій швидкості.

Як впливає з графіків рис. 3, в діапазоні $\pm 20^\circ$ від точки $\frac{dx}{dt} \rightarrow \min$ зміна швидкості переміщення смуги розчину не перевищує 10%, тому доцільно обмежити робочу зону ротора цим кутом обертуту, при цьому район покриття пластини розчином повинен бути $x \geq 2R$. При $\alpha = 0$ $R = h \min \cdot \operatorname{tg} \varphi$. При $\varphi = 20^\circ$ $h \min = 2,75R$.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

З метою уточнення конструктивних параметрів роторних травильних машин, що забезпечують необхідну рівномірність травлення та потрібну якість кліше, досліджені такі питання:

- а) вплив на рівномірність травлення друкарських форм відстані пластинотримача від центра роторів;
- б) вплив на рівномірність травлення глибини занурення лопатей в дзеркало правильного розчину та характеру переміщення пластинотримача;
- в) вплив діаметра ротора на рівномірність та ширину зони травлення;
- г) визначення ширини зони травлення одного ротора в залежності від положення обмежувачів перегородок та числа обертів роторів.

МЕТОДИКА РОБОТИ ТА УМОВИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

Дослідження проводились на машинах ТМО-25/3 та ТМО-35/4, які мають змінні приставки, що дозволяють змінювати відстань від центра роторів до пластинотримача та тип привода пластинотримача. Ротори односекційні, дволопатні.

Як об'єкт травлення був використаний модельний оригінал, який складається з тексту кг. 10 (літературна гарнітура), растра лініатурою 24 *ліній/см*, пробілів різної ширини та окремо розташованих штрихів.

Травлення проводилось при складному режимі: 900 об/хв — протягом 2 *хв*; 700 об/хв — протягом 3 *хв*; 500 об/хв — протягом 5 *хв*.

Склад правильного розчину:

- а) азотна кислота, технічна, сорт «А» — 8% (на водну фазу),
- б) діетилбензол технічний — 7,5% (від загального об'єму),
- в) змочувач СВ-102, технічний — 0,44% (від загального об'єму).

Температура дослідів — $24^{\circ}\text{C} \pm 0,2$.

Рівномірність травлення вивчалась при відстанях від центра ротора до пластинотримача: 80, 130, 150 та 160 *мм*.

Вплив глибини занурення лопатей в розчин вивчається при зануреннях 7, 10, 15 *мм*. В цьому випадку заміряли глибину травлення пробілів, рівних по ширині 6,0 *мм*.

Вивчення впливу діаметра ротора на ширину зони травлення та положення обмежувачів перегородок проводились при нерухомій пластині з одним ротором.

За ширину зони травлення приймалась тільки та частина витравленої пластини, де була досягнута оптимальна проробка, і нерівномірність глибини травлення не перевищувала ± 25 *мк*, що складає приблизно одну третю загальної зони травлення одного ротора.

Обмежуючі перегородки нижньою частиною занурювались у травильний розчин на 10 *мм*, верхній край перегородки знаходився на одному рівні з верхнім краєм лопатей при їх установленні в вертикальному положенні. Оптимальна відстань до краю лопаті — 20 *мм*.

Всі дослідження, крім дослідів по визначенню впливу типу переміщення пластинотримача на рівномірність травлення, проводились при зворотньо-поступально-обертальному русі пластинотримача з швидкістю 6 циклів у хвилину.

Оцінка якості кліше, крім досліджуваних в тому чи іншому досліді критеріїв, проводилась за нахилом профілю друкарського елемента, визначеного кутом α , рис. 4.

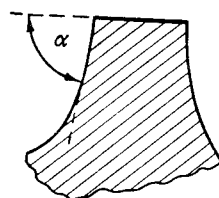


Рис. 4. Схема вимірювання кута нахилу (α) профілю друкарських елементів.

Характер профілю друкарських елементів в залежності від кута нахилу α .

| № | Характер | α градуси |
|---|--------------|------------------|
| 1 | Грибовидний | 130 |
| 2 | Крутий | 90 |
| 3 | Оптимальний | 60 |
| 4 | Пологий | 50 |
| 5 | Дуже пологий | 30 |

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

На рис. 5 графічно показано вплив на рівномірність травлення відстані від центра ротора до пластинотримача, де на осі абсцис відкладена відстань (S мм) до пластинотримача, а на осі ординат —

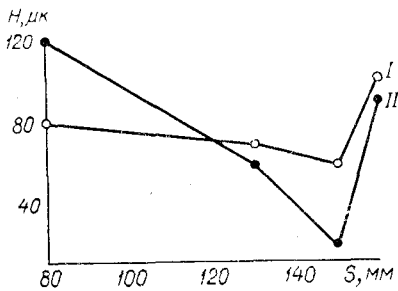


Рис. 5. Залежність рівномірності травлення кліше від відстані пластинотримача до центра роторів.

I — з обмежуючими перегородками;
II — без перегородок.

Як видно з рис. 5, з збільшенням відстані від центра ротора до пластинотримача рівномірність травлення з перегородками та без них взагалі поліпшується. При наявності перегородок нерівномірність травлення зі збільшенням відстані від роторів до пластинотримача зменшується мало, але вона різко зменшується при відсутності перегородок й досягає найменшої величини при відстані 150 мм, що відповідає 3,0 R. Але досліді показали, що наявність перегородок сприяє зменшенню підтравлення, тому що зменшує кососпрямовану складову потоку травильного розчину [4].

Критерій рівномірності травлення не є вичерпною характеристикою якості кліше, тому оцінка якості кліше проводилась по нахилу профілю друкарського елемента, означеного кутом α .

Рівномірність травлення при інших рівних умовах залежить від глибини занурення лопаті ротора в травильний розчин. Такі досліді проводились в умовах, які забезпечували максимальну рівномірність травлення.

Було встановлено, що якість друкарської форми істотно залежить від характеру потоку травильного розчину (його роздрібненість, частота зміни розчину) та об'єму травильної рідини, що подається за одиницю часу на поверхню копії. Так, зі збільшенням глибини занурення лопаті в дзеркало ванни зростає швидкість травлення, але зменшується проробка у вузьких пробілах.

При малому зануренні проробка поліпшується, але зменшується швидкість травлення та збільшується крутизна профілю друкарського елемента.

Травлення кліше без підтравки й з максимальною рівномірністю має місце при віддаленні пластинотримача від роторів на висоту H , рівну $2,8 R$, та при зануренні лопаті в травильний розчин на $7,0$ мм.

Вплив характеру переміщення пластинотримача на рівномірність травлення подано на рис. 6. Досліди виконувались з перегородками, віддаленими від лопатей на 20 мм.

Як видно з кривих рис. 6, при заміні складного зворотно-поступально-обертального переміщення на обертальне рівномірність травлення не погіршується, нерівномірність при цьому складає $30\text{--}40$ мк. Крім того, криві рівномірності травлення досліджених типів переміщення пластинотримача дуже схожі між собою.

Як показали розрахунки й практична перевірка [2], нерівномірність нанесення емульсії, що розраховується за рівнянням

$$\frac{\frac{dQ}{dx} \max - \frac{dQ}{dx} \min}{\frac{dQ}{dx} \max} \cdot 100\%$$

для лопатей системи «Молль» з кутом загинання лопатей 25° , наприклад, при 500 об/хв, складає (в %):

- | | |
|---------------------------------------|------|
| а) пластина нерухома | — 59 |
| б) пластина переміщується поступально | — 58 |
| в) пластина обертається | — 24 |
| г) складне переміщення | — 25 |
| д) планетарне переміщення | — 24 |

Як видно з наведених даних, будь-який тип переміщення пластини, при якому вона обертається навколо рухомої (складне переміщення) або нерухомої осі, приводить до значного підвищення рівномірності травлення.

При конструюванні машини безумовно враховується також фактор габаритності установки. Застосування складного та планетарного переміщень приводить до збільшення розмірів машини. Але тільки при обертальному переміщенні пластинотримача навколо нерухомої осі більш відбивається на величині підтравлення різниці швидкостей переміщення краю пластини та її центральної частини.

Так, наприклад, якщо ми одержуємо в центрі пластинотримача нормальний профіль, то по краю має місце підтравлення. Зміна складного зворотно-поступально-обертального переміщення пластинотримача на обертальне приведе до зниження якості кліше. Особливо це відбивається на травленні кліше на магнії.

На рис. 7 показано для порівняння характеристики кліше, одержаних при складному (зворотно-поступально-обертальному) та планетарному переміщеннях. На осі ординат відкладені глибини травлення (H , мк) та номер профілю по умовній шкалі.

З одержаних даних випливає, що найбільш оптимальним типом переміщення пластинотримача є планетарний, тому що при збереженні оптимального профілю по всій поверхні кліше рівномірність травлення

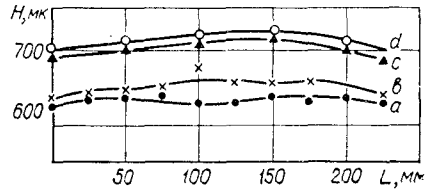


Рис. 6. Вплив характеру переміщення пластинотримача на рівномірність травлення.

а — обертальний рух, 3 об/хв; в — складних рух, 6,5 циклу/хв; с — обертальний рух, 6 об/хв; d — обертальний рух, 1 об/хв; L — довжина модельного оригіналу.

вища, ніж у випадку застосування зворотно-поступально-обертальних переміщень (рис. 6, 7).

В існуючих роторних травильних машинах перегородки виконують два завдання: 1) сприяють створенню вертикально спрямованого потоку рідини до поверхні пластинотримача шляхом «зрізання» косо-спрямованих потоків та 2) обмежують утворення хвиль на поверхні травильного розчину, пов'язаних з роботою роторів, і тим самим забезпечують більш рівномірне забирання травильного розчину.

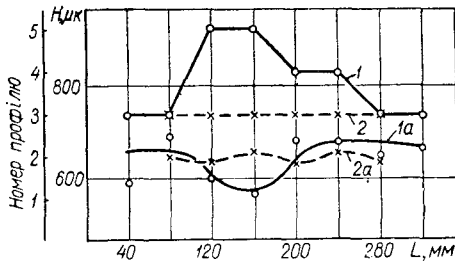


Рис. 7. Глибина травлення та форма профілю (по умовній шкалі таблиці) кліше при складному і планетарному переміщеннях.

I — крива форми профілю друкарського елемента при складному переміщенні; *1a* — рівномірність травлення по глибині при складному переміщенні; *2* та *2a* — те саме при планетарному переміщенні; — довжина модельного оригіналу.

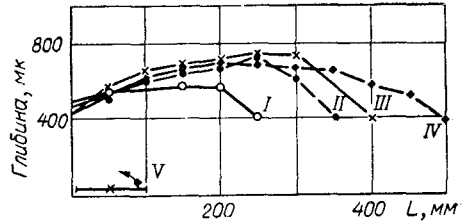


Рис. 8. Ширина зони травлення одного ротора в залежності від віддалення перегородки до краю лопаті.

I — відстань 10 мм; *II* — відстань 50 мм; *III* — відстань 70 мм; *IV* — без перегородки; *V* — ротор; — довжина модельного оригіналу.

Прагнучи одержати вертикально спрямовані потоки травильного розчину в роторних машинах, свідомо зменшують площу обробки пластини, тому що при роботі з перегородками значно звужується зона травлення одного ротора.

Тому визначення найбільш допустимого відхилення потоків травильного розчину від вертикального напрямку за рахунок переміщення обмежуючих перегородок становить певний інтерес*.

На рис. 8 подана графічна залежність ширини зони травлення, забезпечена одним ротором, від віддалі перегородки до краю лопаті. Для наочності на рис. 8 розмірно з модельними оригіналами показано ротор, а стрілкою — напрямком обертання.

Аналіз результатів показує, що в міру віддалення перегородки від ротора зона травлення розширюється в напрямку обертання ротора, тобто виходу лопатей з розчину, але зона травлення розширюється до певної межі, яка для машин ТМО і РТО дорівнює 110—120 мм при віддаленні пластинотримача від краю лопаті на 70 мм (рис. 9). З протилежного боку ротора травлення майже не відбувається.

При відсутності перегородок рівномірність травлення нерухомої пластини найбільша, тому що зони травлення, створені окремими роторами, мають максимальне перекриття.

На підставі практики та наведених вище розрахунків, які показують тенденцію до збільшення числа роторів для забезпечення максимальної рівномірності травлення в багатороторних крупноформатних травильних машинах при обертанні роторів в одному напрямку, їх діаметр лежить в межах 100—120 мм.

При міжроторній відстані 140—160 мм перегородки встановлюють на віддалі 15—25 мм від краю лопаті. Верхній край перегородки зна-

* В дослідях брав участь науковий співробітник З. С. Подолець.

ходить, як правило, на рівні лопаті, поставленої в вертикальне положення.

В деяких конструкціях травильних машин, особливо для травлення круглих форм, роль перегородок незамінна при бажанні створити інтенсивний точно спрямований потік травильного розчину.

Незважаючи на певне зниження рівномірності травлення кліше по глибині при установці перегородок, їх відсутність впливає на якість профілю друкарських елементів. При цьому має вплив переважний напрямок потоку травильного розчину, що виявляється в підтравленні. В останні роки західнонімецька фірма «Клімш» виготовила травильну машину без перегородок, але більшість спеціалістів віддають перевагу машинам, які мають перегородки.

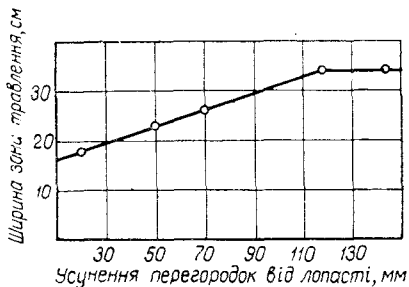


Рис. 9. Залежність ширини зони травлення від відстані перегородки до ротора.

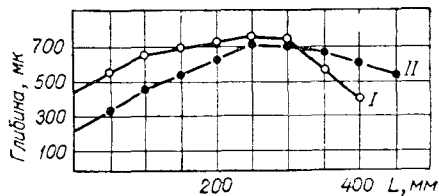


Рис. 10. Характер зони травлення в залежності від діаметра ротора.
I — діаметр 100 мм; II — діаметр 130 мм.

Вплив діаметра роторів на рівномірність травлення досліджено при травленні з двома розмірами роторів: 100 й 130 мм, що охоплює можливі межі діаметрів у багатороторних машинах. На рис. 10 подана залежність зміни ширини зони травлення від діаметра ротора.

На рис. 10 видно, що при діаметрі ротора 130 мм зона травлення розширюється на 40—50 мм і, крім того, вона зміщується в напрямку викидання рідини на 20 мм у порівнянні з 100 мм ротором. В той же час глибина травлення в зоні максимального викидання при більшому діаметрі ротора дещо менша, й нерівномірність травлення помітно збільшується.

Визначення ширини зони травлення в залежності від числа обертів ротора виконувалось при 400, 600, 1000 об/хв. Зі збільшенням числа обертів ширина зони травлення дещо зменшується. При цьому значно збільшується глибина травлення в місці вертикального викидання травильного розчину.

На якість кліше значною мірою впливає конструкція ротора та кут загинання лопатей, що буде висвітлено в спеціальній статті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Б. М. Боссарт. Оборудование зарубежных фирм для однопроцессного травления. Сб. ЦИТИМАШ, М., 1962.
2. Л. Д. Дышниц. Исследование параметров роторных машин для эмульсионного травления плоских печатных форм. Кандидатская диссертация, М., 1965.
3. Звіт по темі 12—63. УНДІПП, Львів, 1963.
4. Звіт по темі 12—64. УНДІПП, Львів, 1964.

**INVESTIGATION OF PRINTING FORMS ETCHING UNIFORMITY
IN THE POWDERLESS ETCHING MACHINES OF THE PADDLE TYPE**

S u m m a r y

In this article the methods of calculation of the uniform putting of the etching solution on the copy to etch on the rotary etching machine for the powderless etching of the flat plates are given.

The experimental constructive parameters of the main groups of the etching machine are determined. The offered methods of calculation and the obtained parameters allow to make a graphic design of the etching machines which secures the needed uniformity of the etching.

