

УДК 621.923

**РОЗРАХУНОК КОНТАКТНОЇ ПЛОЩІ  
ДЕТАЛЕЙ ПОЛІГРАФІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ  
ПІСЛЯ НАНЕСЕННЯ МІКРОРЕЛЬЄФУ**

© А. В. Несхозієвський, аспірант, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

**В статье разработана математическая модель для расчета контактной площади цилиндрических деталей полиграфического оборудования, предложено несколько методов решения прикладной задачи и приведены возможные варианты ее использования во время проведения восстановления деталей и узлов.**

**A mathematics model for calculating the contact square of cylinder details of printing equipment is listed in present issue, different methods of solving the practical problem are offered, possible variants of its usage during the recovering of details are listed.**

**Постановка проблеми**

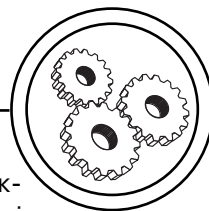
Мікрорельєф поверхонь деталей характеризується неоднорідністю розмірів та форм мікронерівностей, нерегулярністю їх розташування. Як відомо, технологічний процес нанесення мікрорельєфу на деталі циліндричної форми є складною та важливою ланкою в алгоритмі відновлення деталей поліграфічного обладнання. Поряд із проблемами підбору коректних режимів обробки поверхонь, постає питання щодо подальшого використання отриманих результатів та прогнозування впливу режимів обробки на зміну контактної площі поверхні. Наявність певної стохастичності отриманого мікрорельєфу обумовлює складність аналітичного розрахунку параметрів мікрогеометрії в залежності від тих чи інших властивостей поверхонь, та режимів обробки. При цьому не існує єдиного рішення щодо обчис-

лення контактної площі деталей із нерегулярним типом мікрорельєфу (IV типу). Відповідно, виникає гостра проблема пошуку математичного апарату для проведення вказаних обчислень.

Розв'язання задачі та отримання формул для розрахунку контактної площі поверхонь деталей дозволяє досліджувати такі складні процеси, як мікросуви офсетного гумовотканинного полотна та піддекельного матеріалу під час друкування на аркушевих та рулонних офсетних друкарських машинах, їх вплив на якість поліграфічної продукції, керувати процесами відновлення фарбових валів друкарської машини тощо.

**Аналіз попередніх досліджень**

Розрахунки геометричних характеристик якості поверхонь з регулярним мікрорельєфом проводились за допомогою різ-



них методів, але найбільш відомими є формули, отримані Фельдманом [1] та Шнейдером [2]. Проте, вказані математичні апарати не давали можливості опрацювати технологічні операції, що вимагають нанесення повністю нерегулярного мікрорельєфу IV типу [3, 4] та мали певний набір обмежень, викликаний наявністю припущень щодо ідеальної циліндричної форми деталі.

## Мета роботи

Метою роботи є створення математичного апарату для розрахунку контактної площі деталей поліграфічного обладнання після нанесення мікрорельєфу регулярного та повністю нерегулярного типів, із врахуванням особливостей подальшої експлуатації.

## Результати проведеного дослідження

Під час проведення розрахунків було досліджено відразу два варіанти зміни контактної площі деталі та наведено перелік припущень, що дозволяють найбільш ефективно використовувати дані формули для проведення відновлення деталей поліграфічного обладнання та підвищення їх експлуатаційних властивостей.

Відповідно, вхідними умовами були визначені наступні основні припущення:

1. Під час обробки використовуються тільки деталі циліндричної форми, при цьому поверхня розглядається як об'ємна і не може бути представлена у якості класичної площини XOY.

2. Не враховується висота напливів, що можуть залишатися після нанесення мікрорельєфу.

3. Виключено вплив факторів, що можуть бути викликані недостатніми технічними можливостями верстату, або його технічним станом.

4. Сила вдавлювання інструменту, ширина та радіус кривизни канавки не є постійними величинами.

5. Кут перетину канавок є стохастичною величиною.

Найбільш важливими для проведення подальших досліджень стали два випадки:

1. Випадок без перетинів канавок.

2. Випадок із повним перетином канавок, що утворюють в місцях перетинів тетрагональну структуру.

Для вирішення задачі введемо наступні позначення:  $n_3$  — частота обертання шпинделя,  $s$  — подача деталі,  $n_{\text{подв.х}}$  — частота осциляції інструменту,  $e$  — ексцентриситет (амплітуда осциляції інструмента),  $\mu$  — площа вдавлювання на період осциляції.

Для розв'язку задачі слід додати два параметри:

$$d = 2 * r * \frac{\sin \alpha}{2}, \quad (1)$$

де  $d$  — ширина канавки,  $r$  — радіус кривизни канавки,  $\alpha$  — кут перетину канавок.

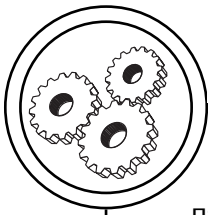
$$h = r * (1 - \cos \frac{\alpha}{2}), \quad (2)$$

де  $h$  — глибина канавки.

Звідси:

$$a = ar, \quad (3)$$

де  $a$  — довжина дуги утвореної канавки.



Відомо, що для загального випадку, при проекції на площину:

$$S(d) = L * d, \quad (4)$$

де  $L$  — довжина траєкторії центра вдавлювання.

Звідси очевидно, що для такого випадку площа поверхні на відстані від  $d$  до  $d + \Delta$  від траєкторії центру буде рівною:

$$\begin{aligned} \Delta S &= 2(S(d + \Delta) - S(d)) = \\ &= L * \Delta * 2. \end{aligned} \quad (5)$$

Відповідно, площа вдавлювання на період осциляції становитиме:

$$\mu = \int_0^{\alpha} \frac{\Delta}{2} dS_{\beta}, \quad (6)$$

де  $dS_{\beta}$  — площа вдавлювання в куті між  $\beta$  до  $\beta + \alpha\beta$ . При цьому:

$$x(\beta) = r \sin \beta, \quad (7)$$

$$dx = r \cos \beta * d\beta, \quad (8)$$

$$\begin{aligned} dS_{\beta} &= 2 \frac{S(x + dx) - S(x)}{\cos \beta} = \\ &= 2 \frac{L * r \cos \beta * d\beta}{\cos \beta} = \\ &= 2 * L * r * d\beta. \end{aligned} \quad (9)$$

Таким чином, існує можливість представити контактну площу:

$$\begin{aligned} \mu &= \int_0^{\alpha} 2 * L * r * d\beta = \\ &= 2 * L * r * \frac{\alpha}{2} = \\ &= L * \alpha r = L * \alpha. \end{aligned} \quad (10)$$

У випадку, коли площа деформується повністю (канавки

утворюють тетрагональну структуру), розрахунок буде мати інший вигляд. Найбільшу складність тут представляє безпосереднє місце перетину канавок, адже дану площу не слід враховувати декілька разів.

Відповідно, позначимо площу плоского циліндру, до нанесення мікрорельєфу повністю нерегулярного типу:

$$S = 2\pi Rl, \quad (11)$$

де  $R$  — радіус циліндра,  $l$  — довжина циліндру.

Площа після нанесення мікрорельєфу:

$$S = 2\pi Rl * k, \quad (12)$$

де  $k$  — коефіцієнт збільшення площі.

Даний коефіцієнт відображає відношення контактної об'ємної площі деталі до її варіанту на площині. Тетрагональна структура складається з «об'ємних ромбів», тому коефіцієнт  $k$  можна обчислити окремо для цих ромбів:

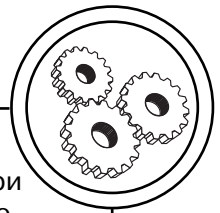
$$k = \frac{S_p(r, d, \alpha)}{d \sin \alpha}, \quad (13)$$

де  $S_p(r, d, \alpha)$  — площа «об'ємного ромбу».

Відповідно:

$$\begin{aligned} k &= 4 \frac{r}{d} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \arcsin \left( \frac{d}{2r} \sin \alpha \right) - \\ &= \frac{1}{2} \left( \frac{2r}{d \sin \alpha} \right)^2 * \\ &= \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{d}{2r} \sin \alpha \right)^2} \right), \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} k &= 4 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \left( \frac{2r}{d \sin \alpha} \right) \arcsin \left( \frac{d}{2r} \sin \alpha \right) - \\ &= \frac{1}{2} \left( \frac{2r}{d \sin \alpha} \right)^2 \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{d \sin \alpha}{2r} \right)^2} \right). \end{aligned} \quad (15)$$



Слід зауважити, що сторони ромбів тетрагональної структури утворюються непрямыми лініями (через форму деталі та технологічний процес нанесення мікрорельєфу), тому кут перетину  $\alpha$  для кожного з них буде різним. В даному випадку слід ввести додаткове припущення, і виконати обчислення для статистично перевіреного та найбільш розповсюдженого варіанту:

$$\alpha = \frac{\pi}{3} = 60^\circ. \quad (16)$$

За умови, що виконуються умови (16), рівняння (15) можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned} k\left(\frac{\pi}{3}\right) &= \frac{4r}{\sqrt{3d}} * \\ &* \arcsin \frac{\sqrt{3d}}{4r} - \\ &- \frac{1}{2} \left(\frac{4r}{\sqrt{3d}}\right)^2 * \\ &* \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{\sqrt{3d}}{4r}\right)^2}\right). \end{aligned} \quad (17)$$

Відповідно, рівняння розрахунку контактної площі (12)

для тетрагональної структури поверхні після нанесення мікрорельєфу IV типу буде мати наступний вигляд:

$$\begin{aligned} S &= 2\pi * R * l * \frac{4r}{\sqrt{3d}} * \arcsin \frac{\sqrt{3d}}{4r} - \\ &- \frac{1}{2} \left(\frac{4r}{\sqrt{3d}}\right)^2 * \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{\sqrt{3d}}{4r}\right)^2}\right). \end{aligned} \quad (18)$$

### Висновки

Розроблений математичний апарат дозволяє суттєво зменшити кількість експериментальних випробувань, потрібних для розрахунку та виміру контактної площі поверхонь деталей, виконувати розрахунки щодо зміни площі після нанесення регулярного та повністю нерегулярного мікрорельєфу та підвищити точність вибору технологічних режимів обробки деталей. Крім того, за допомогою даної математичної моделі стає можливим виконувати подальші технологічні операції по відновленню деталей, а також проводити експериментальні дослідження, пов'язані із впливом контактної площі на якість поліграфічної продукції.

1. Фельдман Я С. Расчет параметров микрорельефа цилиндрических поверхностей деталей машин и приборов и их технологическое обеспечение / Под ред. Ю. Г. Шнейдера. — Л.: ЛИТМО, 1979. — 312 с. 2. Шнейдер Ю. Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом / Ю. Г. Шнейдер. — СПб.: СПбГИТМО(ТУ), 2001. — 264 с. 3. Несхозієвський А. В. Розробка технологічного процесу відновлення деталей поліграфічного обладнання / А. В. Несхозієвський // Технологія і техніка друкарства. — 2010. — № 4. — С. 122—126. 4. Киричок П. О. Зміцнення поверхонь металевих деталей / П. О. Киричок, В. Г. Олійник, Т. Ю. Киричок. — К.: Преса України, 2004. — 240 с.

Рецензент — Т. Ю. Киричок, к.т.н., доцент, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 08.11.10