

УДК 655.22

М. М. Луцків, К. Степень

МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ПРОФІЛЮ РАСТРОВОГО ДРУКУВАЛЬНОГО ЕЛЕМЕНТА

Запропоновано функцію профілю, що описує форму кривої осьового вертикального перерізу друкувального елемента флексографічної форми. Подано результати комп'ютерного симулювання й рекомендації щодо вибору параметрів функції профілю.

The function of type, which describes the form of curve axial vertical to the cut droucouvalnogo element of flecsografichnoi form, is offered. The resulted results of computer simulation and given recommendations in relation to the choice of parameters of function of type.

Сучасна підготовка до виготовлення друкарських форм високого та флексографічного друку ґрунтується на широкому застосуванні інформаційних технологій обробки поліграфічної текстової й графічної інформації і здійснюється на мікро- та макрорівнях [3, 4, 6]. При цьому формується кожна растрова точка, визначається її положення й передається на вивідний пристрій (фотонасвітлювальний автомат), де промінь лазера формує зображення на фоточутливій плівці або друкарській пластині. Однак на кінцевому етапі в основному застосовуються традиційні фотохімічні процеси виготовлення друкарських форм, тому якість їх у значній мірі залежить від геометричних параметрів растрових друкувальних елементів, тобто профілю [2, 4, 5, 7].

У доступних джерелах відсутній математичний опис профілю друкувальних елементів, що унеможливує їх аналіз і вибір оптимального профілю, а також вивчення явищ, які відбуваються в зоні друкування, тощо. Для вирішення цих проблем насамперед потрібно розв'язати задачу математичного опису профілю друкувальних елементів растрової структури. Метою статті є вибір та аналіз функції профілю.

Останнім часом у флексографії широко застосовуються фотополімерні друкарські форми. Друкувальні елементи мають трапецієвидну форму. На їх профіль впливають різні технологічні фактори: напрям розповсюдження променів при експонуванні, швидкість і ступінь фотохімічних перетворень, процес вимивання [3, 5, 7].

Аналіз і оцінка якості виготовлення друкарської форми здійснюються традиційними методами, які переважно ґрунтуються на тестах і полях. Основними кількісними показниками є лініатура растра або кількість точок на одиницю довжини. Важливими геометричними параметрами є глибина вимивання растрових зображень і профільний кут. Інтегральною оцінкою розмірів растрових точок слугує степінь покриття растрових шкал [2, 5].

З викладеного випливає, що існує значний розрив між методами інформаційних технологій переробки поліграфічної інформації, виготовлення друкарських форм та оцінки й аналізу друкарських форм.

Функція профілю друкувального елемента машини

Під математичним описом растрового друкувального елемента розумітимемо функцію (аналітичний вираз), що описує форму кривої осьового вертикального перерізу друкувального елемента. Далі її називатимемо функцією профілю друкувального елемента. Ця функція повинна базуватися на вищезгаданих геометричних параметрах форми та друкувального елемента й дозволяти формувати різні профілі.

На підставі викладеного шукану функцію профілю друкувального елемента можна подати як функцію геометричних параметрів:

$$Y = F(x, L, h, b), \quad (1)$$

де x – просторова змінна (координата); L – лініатура растра; h – висота рельєфу; b – товщина основи друкувального елемента.

Особливістю профілю друкувального елемента є наявність плоскої горизонтальної друкувальної частини, площа якої може змінюватись від 2 до 95%, стрімкі краї біля вершини та

боків, більш пологі краї коло основи друкувального елемента й різна глибина вимивання [3, 5, 7], знаходження функції профілю (1) традиційним шляхом на підставі тільки геометричних параметрів, що є складною задачею. Тому для знаходження функції профілю друкувального елемента пропонується своєрідний підхід, який ґрунтується на частотних методах аналізу.

При виборі функції профілю приймаються припущення, що фотополімерна друкарська пластина є одношаровою і має задану номінальну товщину, растрові точки – круглі. Для математичного описання профілю окремого растрового друкувального елемента пропонується функція профілю

$$Y = \frac{h}{\sqrt{1+v'q^r}} + b, \quad (2)$$

де h – номінальна технологічно необхідна висота профілю друкувального елемента; b – номінальна товщина основи друкувального елемента; V – стала просторова частота, що характеризує властивості матеріалу форми, параметри технологічного процесу та її виготовлення; q – просторова змінна; r – показник степені, парне ціле число.

Зауважимо, що сума

$$h + b = h_0, \quad (3)$$

де h_0 – номінальна товщина фотополімерної пластини.

Просторова змінна є лінійною симетричною відносно початку координат, обмеженою на інтервалі функцією

$$-\frac{l}{2} \leq Aq \leq \frac{l}{2}, \quad (4)$$

де $l = \frac{1}{L}$ – крок растра (відстань між геометричними осями суміжних растрових друкувальних елементів); A – амплітуда просторової змінної в кінці інтервалу, яка задовольняє виконання нижчепоставлених умов.

Функція профілю повинна задовольняти граничні умови

$$\lim_{q \rightarrow 0} Y = \lim_{q \rightarrow 0} \frac{h}{\sqrt{1+v'q^r}} + b = h + b = h_0, \quad (5)$$

$$\lim_{q \geq A} Y = \lim_{q \geq A} \frac{h}{\sqrt{1+v'q^r}} + b \leq b \quad (6)$$

при тому, що $Y < h_0$, а модуль амплітуди $|A| = l + \Delta$, де Δ довільне дійсне число, при якому виконується умова (6).

З технологічної точки зору важливим є виготовлення пробільних елементів потрібного профілю. Залежно від прийнятої технології і матеріалів профіль друкувального елемента можна виконати, наприклад, вимиванням проекціонованих фотополімерних плит, виналюванням лазерним променем, що здійснюються в сучасних системах СтР, тощо. Для математичного опису профілю пробільних елементів можна використати функцію профілю друкувальних елементів. Якщо у функції профілю просторову змінну вибрати трикутноподібною форми, обмежену на інтервалі

$$0 \leq A_q \leq l, \quad (7)$$

де крок растрування l відповідає основі рівнобедреного трикутника, амплітуда просторової змінної A дорівнює висоті трикутника.

Функція профілю пробільного елемента повинна задовольняти граничні умови

$$\lim_{q \rightarrow 0} Y = \lim_{q \rightarrow 0} \frac{h}{\sqrt{1+v'q^r}} + b = h + b, \quad (8)$$

$$\lim_{q \rightarrow A} Y = \lim_{q \rightarrow A} \frac{h}{\sqrt{1 + v^r q^r}} + b \leq h. \quad (9)$$

Виконання цих умов забезпечується відповідним вибором амплітуди і сталої просторової частоти.

Результати комп'ютерного симулювання v .

Для комп'ютерного симулювання функції профілю друкувального елемента є потреба визначити можливі параметри цієї функції, які впливають з геометричних параметрів фотополімерних флексографічних друкарських форм. Залежно від призначення фотополімерні пластини мають певну товщину. Наприклад, для друкування етикетної продукції застосовують пластини нормованих товщин: 0,76; 1,14; 1,70 мм. Для друкування на гофрокартоні товщина фотополімерної пластинки складає 2,84; 3,94; 4,32; 4,70; 5,00; 6,00; 7,00 мм. Відповідно до товщини та призначення пластини висота рельєфу може бути різною [3, 5, 7]. Наприклад, для пластини завтовшки 2,84 мм можна задати технологічно необхідні межі висоти рельєфу 0,70 – 1,00 мм. Відповідно до цього товщина основи друкувального елемента становить 2,14 – 1,84 мм. Виходячи з цього, вибирають час експонування зворотної сторони пластини, основного експонування та вимивання пробільних елементів рельєфу [2, 3, 5, 7].

У більшості випадків фотополімерні флексографічні друкарські форми мають растрову структуру з лініатурою 40; 48; 54,60 лін/см. При цьому площа поверхні друкувальних елементів знаходиться в межах 2 – 95%, а діаметри – 0,02 – 0,2 мм [3, 6, 7]. Це призводить до певних труднощів виведення графіка функції профілю на монітор чи папір. Наприклад, глибина рельєфу 1 мм, а діаметр растрової точки 0,02 – 0,2 мм. Тому для наочності функції профілю її графік на осі абсцис потрібно виводити з масштабом 4 – 10.

На підставі викладеного в середовищі MATLAB–Simulink [1] розроблено графічну модель функції профілю друкувального елемента. Здійснено комп'ютерне симулювання для різних параметрів функції профілю. Симулювання виконано для таких параметрів: лініатура растра 40 лін/см, що відповідає кроку растра 0,2 мм, номінальна глибина вимивання рельєфу 1 мм, номінальна товщина основи друкувального елемента 0,2 мм, амплітуда просторової змінної 10 мм, стала просторова частота 0,4 1 мм, показник степені 8.

Результати симулювання функції профілю при амплітуді 10 мм для різних сталих просторових частот (0,5; 0,2; 0,15) наведено на рис. 1. Коли стала просторова частота =0,5, профіль друкувального елемента є вузьким і має стрімкі краї. При зменшенні просторової частоти профіль розширюється і краї стають більш пологими, зменшується глибина вимивання профілю.

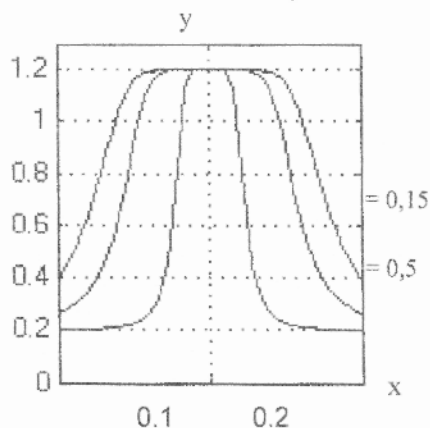


Рис. 1. Графіки функції профілю

При дальшому зменшенні сталої просторової частоти =0,15; 0,12; 0,10 профіль не відповідає технологічним вимогам (рис. 2).

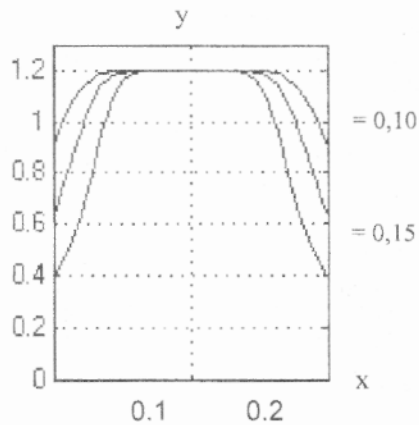


Рис. 2. Графік функції профілю, що не відповідає технологічним вимогам

Результати комп'ютерного симулювання функції профілю пробільного елемента для різних амплітуд ($A=10, 6, 4, 3$) при сталій просторовій частоті $\nu=0,25$ наведено на рис.3. Коли амплітуда A дорівнює 10 мм, профіль вимивання пробільного елемента є ширшим і має стрімкі краї. При зменшенні амплітуди профіль звужується, глибина вимивання поступово зменшується, а краї стають пологішими. При амплітуді A 10 мм глибина вимивання складає 1 мм, при зменшенні її до 3 мм – 0,57 мм.

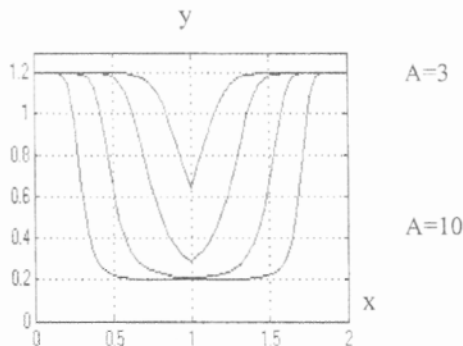


Рис. 3. Графік функції профілю пробільних елементів

На підставі серії результатів комп'ютерного симулювання функції профілю для різних параметрів встановлено можливі межі вибору параметрів: $3 < A < 50$; $0,15 < \nu \leq 0,5$. При виході за встановлені межі параметрів функція профілю може ввійти в режим насичення. Тоді профіль відсутній, а товщина форми відповідає номінальній товщині пластини.

Для зручності симулювання різних профілів можливі два підходи до вибору параметрів. При першому задається амплітуда просторової змінної $A=10=\text{const}$, а формування різних профілів здійснюється варіацією просторової частоти в межах $0,15 < \nu \leq 0,5$. У другому випадку задається стала просторова частота $\nu=0,4=\text{const}$, а формування різних профілів здійснюється варіацією амплітуди в межах $3 < A < 50$. Результати комп'ютерного симулювання підтвердили, що запропонована функція профілю дозволяє сформувати широку гаму профілів друкувального елемента фотополімерних флексографічних форм.

Отже, з вищевикладеного випливає:

1. У доступних джерелах відсутній математичний опис профілю друкувальних елементів форм плоского та флексографічного друку, що унеможлиблює їх аналіз, оптимізацію та вивчення явищ, які протікають у зоні контакту форми.

2. Існує значний розрив між методами інформаційних технологій підготовки до виготовлення друкарських форм і методами оцінки їх якості та аналізу.

3. Запропоновано здійснювати математичний опис форми кривої осьового перерізу друкувального елемента за допомогою функції профілю.

4. Результати комп'ютерного симулювання підтвердили, що запропонована функція профілю дозволяє сформувати широку множину профілів друкувального елемента фотополімерних флексографічних форм.

1. Гулятьев А.К., MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде WINDOWS: Практ. пос. Спб., 1999.
2. Изготовление флексографских фотополимерных форм из фотополимеризующихся пластин «Фоток-Ф»: Технологическая инструкция. К., 1992.
3. Технологія формних процесів: Навч. посіб. / За заг. ред. П. Л. Пашулі. Львів, 2002.
4. Ласкин и др. Computer-to-Plate для флексографии: Ключевые аспекты технологии. М., 2001.
5. Раскин А. Н. и др. Технология печатных процессов. М., 1989.
6. Шовгенюк М.В. та ін. Ввід і вивід зображень у комп'ютерних видавничих системах. Львів, 1998.
7. Ярема С. М. Флексографія: обладнання, технологія. К. Либідь, 1998.