

УДК 681.624

М.М. Луцків, К. Стемпень

ВПЛИВ ЗАПОВНЕННЯ ФЛЕКСОГРАФІЧНОЇ ФОРМИ НА ТОВЩИНУ ШАРУ ФАРБИ НА ВІДБИТКАХ

Аналізується залежність товщини шару фарби на відбитках від коефіцієнта заповнення форми у фарбодрукарських апаратах флексографічних машин з проміжним накочувальним валиком. Результати аналізу подаються у вигляді статичних характеристик.

Анализируется зависимость толщины слоя краски на оттисках от коэффициента заполнения формы в краскопечатных аппаратах флексографических машин с промежуточным накатным валиком. Результаты анализа представлены в виде статических характеристик.

Сьогодні флексографія – найбільш динамічний спосіб друку – отримує широке розповсюдження, особливо в пакувальному виробництві. Спостерігаються ріст обсягів виробництва й постійне удосконалення технологій і устаткування [5,3].

Застосування сучасних технологій цифрового формування зображення безпосередньо на формній пластині розширило діапазон тонопередачі за рахунок стабільного відтворення растрових крапок від 3 до 98% і можливість друкування зображень з лініатурою до 180 лін/дюйм і навіть вище [3]. Це зумовило підвищення якості виготовлюваної продукції і розширення сфери застосування (наприклад, високоякісне друкування кольорових газет і журналів).

Новим вузлом у флексографічній машині є фарбовий апарат з анілоксовим валом, що має растрову структуру (анілокс). Поверхня анілоксового вала має дрібні комірки, які під тиском заповнюються фарбою, а надлишок її знімається ракелем, що забезпечує сталу подачу фарби [5]. Головна перевага фарбових апаратів з анілоксовим валом – простота конструкції і налагодження, дозована подача фарби, незначний час приготування до друкування. Змінюючи силу притискування ракеля до анілоксового вала, можна в певних межах регулювати подачу фарби на форму.

Питання взаємодії фарбодрукарських апаратів флексографічних машин і передачі фарби на форму та стрічковий матеріал ще мало вивчене. При друкуванні відбувається взаємодія двох растрових структур – форми високого друку (фотополімерної) та анілоксового вала з дрібною растровою структурою, що може призвести до негативних наслідків. Тому потрібно створювати таку растрову структуру фотополімерної форми, щоб зменшувала негативний вплив взаємодії друкарської форми та анілоксового вала, особливо в слабких тонах, що вимагає застосування анілоксових валів більш високої лініатури і рекомендується для поліпшення якості флексографічного друку [3]. Підвищення лініатури анілоксового вала для стабільного та якісного друкування є дорогим способом і має ряд недоліків, наприклад, такі вали швидко спрацьовуються, забиваються фарбою, їх важко чистити. Другим шляхом зменшення негативного впливу взаємодії растрових структур друкарської форми й анілоксового вала є введення проміжного накочувального валика, який виконує роль буфера. Фарба з комірок анілоксового вала спочатку надходить на проміжний валик, а з нього накочується на друкарську форму. При цьому усувається "вмочування" растрових елементів форми в комірки анілоксового вала, внаслідок чого зменшується аномальне перенесення фарби на форму. Тобто малі друкувальні елементи зменшують захоплення фарби з поверхні накочувального валика порівняно з прямою передачею її з анілоксового вала на форму. Введення проміжного накочувального валика у фарбову систему позитивно впливає на перерозподіл фарби та статичні характеристики фарбового апарата, що залежать від заповнення форми друкувальними елементами, та на вибір емності анілоксового вала.

З літературних джерел і рекламних матеріалів різних фірм випливає, що технічні параметри, статичні і динамічні характеристики фарбодрукарських апаратів флексографічних машин з анілоксовим валом досліджені недостатньо, що унеможливило обґрунтований вибір емності анілоксового вала та налагодження фарбового апарата для форм з різним заповненням

їх друкувальними елементами та з різним коефіцієнтом передачі фарби з форми на задруковуваний матеріал.

На підставі викладеного доходимо висновку, що актуальним завданням є аналіз впливу ємності анілоксового вала та заповнення форми друкувальними елементами на товщину фарби на відбитках і побудова статичної характеристики фарбових апаратів флексографічних машин.

Передусім розглянемо задачу побудови математичної моделі передачі фарби у фарбовому апараті флексографічної машини при наявності проміжного накочувального валика (рис.1). Фарба під тиском подається в ракелеву камеру К. Анілоксовий вал А обертається, у його комірці (заглиблення) надходить фарба, а надлишок її знімається ракелем. Дозований шар фарби з анілоксового вала подається на проміжний валик В і форму Ф. Під тиском друкуючого циліндра Д фарба з форми потрапляє на стрічковий матеріал С.

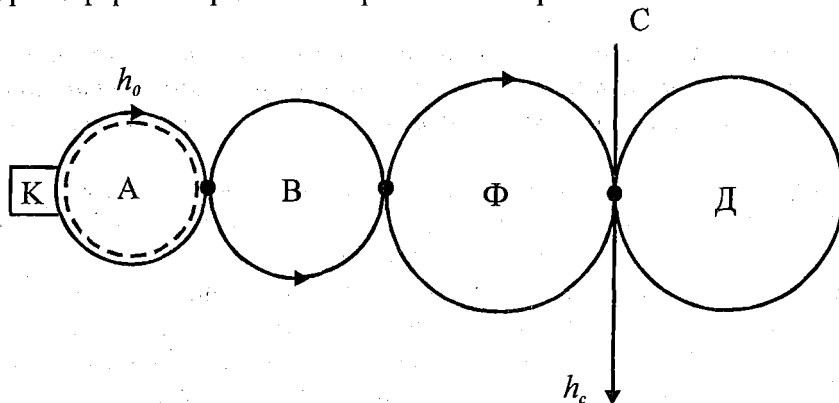


Рис.1. Схема фарбового апарата

Головним завданням аналізу є побудова статичної характеристики фарбового апарата в усталеному режимі роботи, тому знехтуємо растровою структурою друкарської форми та анілоксового вала і врахуємо інтегральні властивості фарбової системи. При побудові математичної моделі приймемо такі припущення [1, 4]:

після згортання надлишку фарби ракелем на анілоксовому валу маємо рівномірний суцільний шар фарби, середнє значення якого стає і визначається ємністю анілоксового вала; друкувальні елементи рівномірно розподілені на поверхні друкарської форми;

в усталеному режимі роботи витрати фарби за одиницю часу і матеріальний баланс односторонньо визначаються середньою товщиною фарби;

діаметри анілоксового вала, форми і накочувального валика різні, а довжини їх кіл мають ціле число умовних одиниць;

основними змінними є товщини шару фарби в зонах контакту форми й валів і на стрічковому матеріалі;

контроль товщини фарби на відбитках здійснюється на плашках.

Для побудови математичної моделі застосуємо відомі підходи до описання фарбових систем [1] і систем з анілоксовим валом [4].

На підставі прийнятих припущень і схеми (рис.1) з врахуванням наявності проміжного валика складемо систему рівнянь у z-перетвореннях:

$$\begin{aligned}
 x_0(z) &= h_0(z) - l_1(z) \\
 h_1(z) &= P_1(z)h_0(z) \\
 x_1(z) &= h_1(z) + l_2(z) \\
 l_1(z) &= R_1(z)x_1(z) \\
 h_2(z) &= P_2(z)x_1(z) \\
 x_2(z) &= h_2(z) + l_3(z) \\
 l_2(z) &= R_2(z)x_2(z) \\
 h_3(z) &= P_3(z)x_2(z)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$l_3(z) = R_2(z)x_3(z)$$

$$h_c(z) = B(z)x_3(z),$$

де x_i – товщина шару фарби в зонах контакту накочувального валика, форми і стрічкового матеріалу; x_0 – умовна товщина шару фарби в ракелевій камері; h_i – товщина прямих потоків фарби; l_i – товщина зворотних потоків фарби на формі і валах; h_c – товщина фарби на відбитку; $P_i(z)$, $R_i(z)$ – оператори передачі прямих і зворотних потоків фарби на анілоксовому й проміжних валах і формі; $B(z)$ – оператор передачі фарби з форми на стрічковий матеріал.

Відповідні оператори потоків мають вигляд

$$P_1(z) = z^{-p_1}; \quad R_1(z) = (1 - \alpha_2)z^{-r_1};$$

$$P_2(z) = \alpha_2 z^{-p_2}; \quad R_2(z) = (1 - \alpha_3 K)z^{-r_2};$$

$$P_3(z) = \alpha_3 K_3 z^{-p_3}; \quad R_3(z) = (1 - \beta)z^{-r_3};$$

$$B(z) = \beta z^{-p_4},$$
(2)

де p_i, r_i – довжини дуг в умовних одиницях між зонами контакту валів, форми і стрічки.

Для аналізу та побудови статичних характеристик потрібно розв'язати систему рівнянь (1) відносно змінних, які цікавлять дослідника. Для спрощення застосуємо структурні методи аналізу. Для цього на підставі системи рівнянь (1) побудуємо структурну схему фарбової системи (рис.2). Операторам передачі фарби на ній відповідають прямокутники, а зонам контакту – суматори та вузли. Ця схема зручна для аналізу та комп'ютерного стимулювання, наочно відображає прямі та зворотні потоки фарби, зони контакту і передачу фарби.

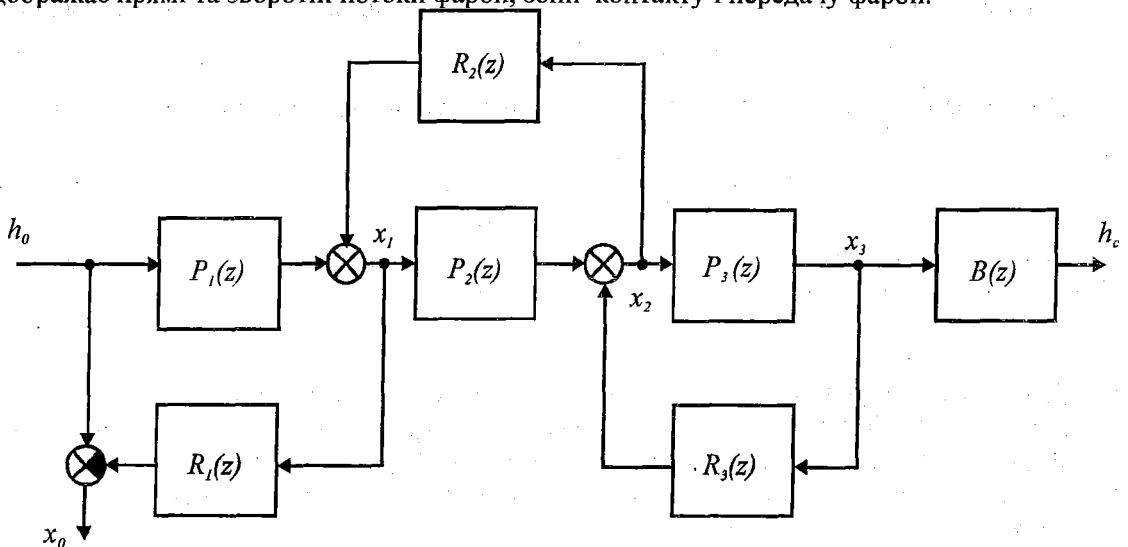


Рис.2. Структурна схема фарбової системи

Товщина шару фарби на відбитку залежить від ємності анілоксового вала, заповнення форми друкувальними елементами, коефіцієнта поділу фарби при виході із зон контакту валів, передачі фарби на стрічку та інших параметрів. Найпрактичніше значення мають залежність товщини шару фарби на відбитку від коефіцієнта заповнення форми друкувальними елементами та коефіцієнтів поділу й передачі фарби на стрічковий матеріал, які аналізуються нижче.

На підставі структурної схеми (рис.2) за топологічною формулою Мейсона визначимо залежність товщини фарби на стрічковому матеріалі від товщини її шару на анілоксовому валу:

$$h_c(z) = \frac{P_1(z)P_2(z)P_3(z)B(z)}{1 - P_2(z)R_2(z) - P_3(z)R_3(z)} h_0(z). \quad (3)$$

Розглянемо усталені режими роботи фарбодрукарського апарата. Для цього застосуємо теорему z -перетворення про кінцеве значення [2]. Приймаючи, що подача фарби є ступеневою решітчастою функцією, яка відповідає товщині фарби h_0 , з виразу (3) одержимо

$$\lim_{n \rightarrow \infty} h_n(z) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{P_1(z)P_2(z)P_3(z)B(z)}{1 - P_2(z)R_2(z) - P_3(z)R_3(z)} h_0, \quad (4)$$

де h_0, h_c – товщина шару фарби на анілоксовому валі і відбитку в усталеному режимі роботи фарбової системи.

Границі операторів передачі відповідних прямих і зворотних потоків фарби, коли оператор z прямує до одиниці, матимуть вигляд

$$\begin{aligned} P_1(z) &= 1; & P_2 &= 1; & R_2(z) &= 1 - \alpha_3 K_3; \\ P_3(z) &= \alpha_3 K_3; & R_3(z) &= (1 - \beta); & B(z) &= \beta / K_3. \end{aligned} \quad (5)$$

Після підстановки границь у вираз (4) одержимо залежність товщини шару фарби на відбитку в усталеному режимі роботи:

$$h_c(z) = \frac{\alpha_2(z)\alpha_3\beta}{1 - \alpha_2(1 - \alpha_3 K_3) - \alpha_3 K_3(1 - \beta)} h_0. \quad (6)$$

Для зручності аналізу відносну ємність анілоксового вала приймаємо за номінальну, що забезпечує одиничну товщину фарби на відбитках при технологічно необхідному навантаженні на фарбовий апарат, при якому коефіцієнт заповнення форми $K_3=0,5$, а коефіцієнт передачі на стрічковий матеріал $\beta=0,5$ [2].

Розглянемо випадок, коли на виході всіх зон контакту коефіцієнти поділу фарби рівні:

$$\alpha_2 = \alpha_3 = \beta = \alpha. \quad (7)$$

Підставивши ці коефіцієнти у вираз (6) і провівши відповідні перетворення, матимемо

$$h_c(z) = \frac{\alpha^3}{1 - \alpha + \alpha K_3(2\alpha - 1)} h_0. \quad (8)$$

Задавши числове значення коефіцієнта $\alpha=0,5$, одержимо залежність товщини шару фарби на відбитках від товщини її шару в усталеному режимі:

$$h_c = 0,25 h_0. \quad (9)$$

Для отримання одиничної товщини шару фарби на відбитках при номінальних параметрах потрібно, щоб ємність анілоксового вала складала чотири відносних одиниці, тобто $h_0=4$.

Звідси випливає, що при номінальних даних фарбової системи з анілоксовим валом товщина шару фарби на відбитках не залежить від коефіцієнта заповнення форми друкувальними елементами.

На рис.3 побудована статична характеристика фарбового апарата з анілоксовим валом, що є паралельною до осі ординат.

Коефіцієнт передачі фарби з форми на стрічковий матеріал залежить від різних факторів і може змінюватися в межах $\beta=0,5+0,8$. На підставі виразу (6) розраховано товщину шару фарби на відбитках для коефіцієнта $\beta=0,8$ і для граничних коефіцієнтів заповнення форми друкувальними елементами ($h_c(K_3=0)=1,60$; $h_c(K_3=1)=1,22$) та побудовано відповідну статичну характеристику.

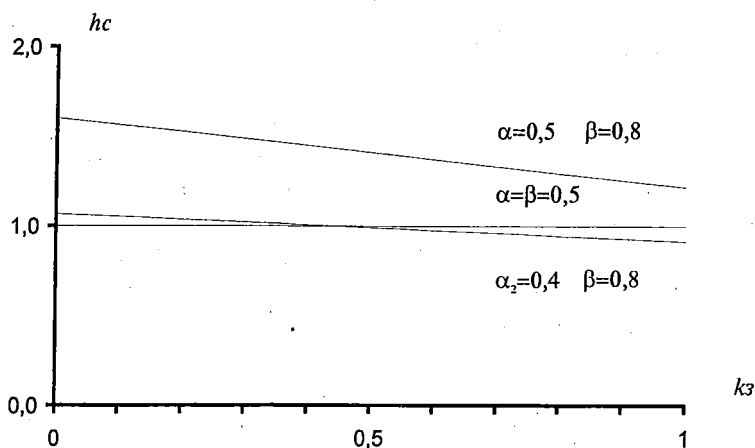


Рис.3. Статичні характеристики фарбового апарата

При тривалій роботі анілоксового вала його комірки забруднюються, що призводить до зменшення коефіцієнта передачі α_2 . Для випадку, коли $\beta=0,8$, $\alpha=0,4$, за виразом (6) визначено межі товщини шару фарби для граничних коефіцієнтів заповнення форми друкувальними елементами ($h_c(K_3=0)=1,066$; $h_c(K_3=1)=0,914$) і побудовано відповідну статичну характеристику.

З аналізу фарбової системи флексографічної машини з анілоксовим валом і проміжним накочувальним валиком випливає:

1. При номінальних даних фарбового апарата (ємність чотири одиниці, коефіцієнти поділу фарби $\alpha=\beta=0,5$) товщина шару фарби на відбитку дорівнює одній відносній одиниці і не залежить від коефіцієнта заповнення форми друкувальними елементами.

2. Якщо коефіцієнт передачі фарби з форми на стрічковий матеріал зростає до $\beta=0,8$, то при збільшенні коефіцієнта заповнення форми друкувальними елементами максимальна нерівномірність товщини фарби на відбитках знаходиться в межах 60–72%.

3. При коефіцієнті передачі фарби $\beta=0,8$ і зменшенні коефіцієнта передачі анілоксового вала до $\alpha=0,4$ за умови збільшення коефіцієнта заповнення форми максимальна нерівномірність товщини фарби на відбитках перебуває в межах 6,6–8,6%.

4. При початковому налагодженні подачі фарби на анілоксовий вал товщина шару фарби на відбитках через забруднення вала може зменшитись приблизно на 50%.

1. Верхола М.І., Луцків М.М., Зіненко Р.Г. Часовий і операторний метод описання процесу розкочування фарби в друкарських машинах //Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні: Укр. міжвідом. наук.-тех. зб. Львів, 1999. №34. С.53–54.
2. Куо Б. Теорія проєктирования цифровых систем управления. М., 1986.
3. Ласкин А.В. и др. Computer-to-Plate для флексографии. Ключевые аспекты технологии. М., 2001.
4. Луцків М., Степень К. Статичні характеристики фарбових апаратів з анілоксовим валом //Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. праць / УАД. 2002. № 7. С.27–34.
5. Ярема С.М. Флексографія. Обладнання. Технологія. К., 1998.

УДК 621.01:681.3

В.О. Кузнецов

АВТОМАТИЗОВАНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ДОПУСТИМИХ КУТІВ ТИСКУ В КУЛАЧКОВИХ МЕХАНІЗМАХ

На основі використання спеціальних конструкторських комп'ютерних систем запропоновано новий пошуковий метод визначення допустимих оптимальних кутів тиску з врахуванням особливостей конструкції кулачкового механізму, його геометричних розмірів і відповідних умов тертя в кінематичних парах.