

А. Б. ДРАВИН, Д. Б. ЯМПОЛЬСЬКА, К. М. КАЗИМІРОВ

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОТРАФАРЕТНОГО ДРУКУ НА ПОВЕРХНЯХ З НЕРІВНОСТЯМИ

У лабораторії електрофізики філіалу ВНДІПП (м. Київ) створено дослідний зразок машини електротрафаретного друку на коробках з гофрованого картону, які використовуються для упакування лікеро-горілчаних і харчових виробів, що експортуються Міністерством харчової промисловості УРСР.

Гофрований картон, який має значну пружність і малу питому вагу, не створює однорідної і надійної опори, необхідної для одержання якісного зображення на його поверхні при звичайних способах друку з використанням тиснення. Спосіб електротрафаретного друку внаслідок відсутності тиску дозволяє наносити зображення без руйнування поверхні картону і уникнути зниження його фізико-механічних властивостей. Отже, якщо друкувати цим способом, то для тари та упаковки можна використовувати менш міцні сорти картону.

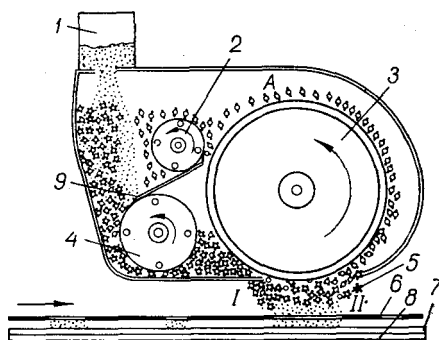


Рис. 1. Принцип дії машини.

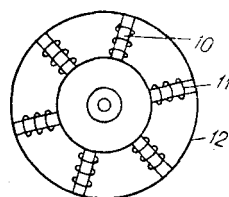


Рис. 2. Барабан з електромагнітом.

У розробленій нами машині для подачі зарядженого порошку на друкарську форму використовується спосіб магнітної щітки [1]. Принципову схему роботи машини показано на рис. 1. Барабан 3 з електромагнітами, який несе магнітну щітку 5, пересувається вздовж поверхні друкарської форми 6 так, що щітка торкається її. Коробка з гофрованого картону 7 розміщена на електроді 8. Між електродом і одним з електромагнітів подано високу напругу від спеціального джерела живлення. Заряджені частинки порошку відриваються від феромагнітного носія в електричному полі, створеному між електродом і магнітом. Порошок проходить крізь відкриті елементи друкарської форми на поверхню коробки, створюючи зображення, яке розплавляється у спеціальному термозакріплюючому пристрої з використанням інфрачервоного випромінювання.

Машини складається з таких основних вузлів: 1) друкарського вузла з магнітною щіткою та системою збагачення друкарської суміші; 2) вузла очищення друкарської форми; 3) високовольтного випрямляча

та блоку автоматики; 4) пристрою для термічного закріплення порошкового зображення.

Друкарський вузол складається з бункера (рис. 1, 2), що рухається уздовж коробки. У ньому розміщені: латунний барабан 3 з електромагнітами, який обертається, мішалки 2 і 4, подвійний ракель 9 і дозатор 1. У барабані 10 розміщено вісім електромагнітів, що обертаються на спільний з барабаном осі. Кожний електромагніт має свою обмотку і окремий сердечник. Коли один з електромагнітів підходить до щілини бункера 1, на нього подається напруга живлення і електромагніт захоплює друкарську суміш з піддону бункера. Електромагніт виносить цю суміш з бункера і рухається разом з ним над друкарською формою, віддаючи частину порошку на створення зображення. Електромагніт перебуває під напругою доти, поки пройде через найвищу точку. Потім напруга відключається, а друкарська суміш під дією власної ваги падає до мішалки 2. Ракель 9 зчищає решту суміші з барабана, спрямовуючи її у зону дії мішалки, яка перекидає цю суміш у нижню частину бункера, де вона поповнюється порошком з дозатора 1. Мішалка 4 передає збагачену суміш до барабана, який захоплює її одним з електромагнітів, що підійшов до щілини 1. Ліва частина ракеля 9 зчищає суміш з мішалки 4 і допомагає спрямувати її у нижню частину бункера. Після закінчення одного циклу друкування бункер повертається у вихідне положення, а коробка передається на транспортер термозакріплюючого пристрою. Як тільки коробка починає виходити з-під друкарської форми, відкриті елементи її очищаються від порошку соплом пілососа, який рухається вздовж форми. Коли починається черговий цикл друку, сопло повертається у вихідне положення.

Високовольтний випрямляч майже не відрізняється від тих, що застосовуються у відомих електрографічних пристроях.

На коробках з гофрованого картону друкують текст, що складається з літер висотою понад 20 мм і з шириною штрихів 2—3 мм. Одночасно з текстом друкуються товарні та пакувальні знаки, що мають вигляд одноколірних суцільних заливок (плашок).

Дослідження технологічних режимів машини допоможуть визначити основні параметри, які впливають на якість відбитка. Якість друку на коробках з гофрованого картону визначається такими показниками:

1) поверхневою густиною порошку на відбитку та рівномірністю розподілу порошку на суцільних заливках (плашках), мг/см^2 ;

2) розміром абсолютної деформації штрихів, з яких складаються літери, та плашок, мм.

Аналіз відбитків показує, що на якісній суцільній заливці (плашці) не видно переплетення ниток сита форми. Поверхнева густина порошку на такій плашці дорівнює 2 мг/см^2 . Поверхнева густина визначається ваговим методом на аналітичних вагах АДВ-200М. Рівномірність розподілу порошку на плашці вимірюється денсиметром типу Makbeth за оптичною густиною зображення у відбитому світлі. Проведено по шість вимірів у кожному з шести рядків уздовж плашки. Абсолютна деформація штриха та суцільної плашки спостерігається на місці утворення пухкої зони, яка зменшує чіткість границі штриха та погіршує зорове сприймання плашки. Абсолютна деформація вимірюється за допомогою мікроскопа МІМ-7 і підраховується за формулою:

$$\Delta B = B - B_{\phi},$$

де ΔB — абсолютна деформація, мм; B — ширина штриха чи суцільної заливки (плашки) на відбитку; B_{ϕ} — ширина штриха чи плашки на друкарській формі.

На рис. 3 показано залежність тривалості друкування, *сек*, від концентрації порошку у друкарській суміші (вага порошку, *г*, на 1 см^3 носія з нікелевих кульок), г/см^3 , при різних значеннях лінійної швидкості руху щітки вздовж форми, м/сек . Величина концентрації відкладена на осі абсцис, вісь ординат показує час, протягом якого поверхнева густина порошку на зображенні досягає 2 мг/см^2 . Сім'я кривих одержана без відстані між друкарською формою та поверхнею коробки. Напруженість електричного поля між електродом та барабаном $5,5\text{ кВ/см}$.

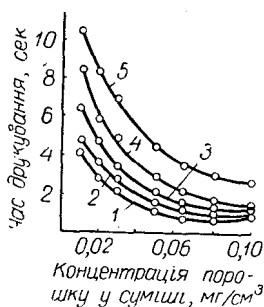


Рис. 3. Залежність часу друкування від концентрації порошку в суміші при різних значеннях швидкості руху щітки. Швидкість переміщення щітки, м/сек : 1—0,1; 2—0,17; 3—0,22; 4—0,26; 5—0,40.

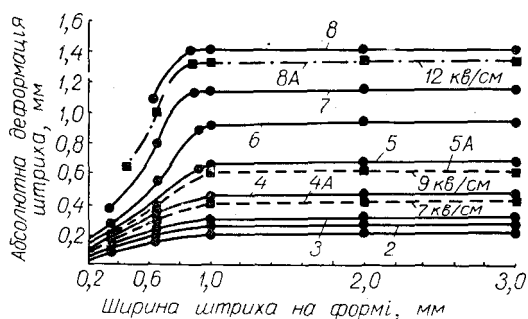


Рис. 4. Залежність абсолютної деформації штриха на відбитку від його ширини при різних величинах щілини між формою та поверхнею коробки, мм.

Щілина дорівнює: 1—0; 2—0,2; 3—0,3; 4—0,5; 4A—0,5; 5—0,8; 5A—0,8; 6—1,0; 7—1,2; 8—1,4; 8A—1,4.

Якщо концентрація порошку в суміші чи швидкість руху щітки є малими, то характеристики мають лінійний характер. Це можна пояснити тим, що всі частинки зарядженого порошку, які утримуються на носії трибоелектричними зв'язками (вони виникають під час електризації тертям), встигають відірватися від носія і перейти на поверхню коробки. Зростання концентрації чи швидкості руху щітки призводить до насичення кривих, причиною якого можуть бути і такі явища:

а) збільшення концентрації порошку в суміші впливає на зростання кількості частинок, які мають слабкий трибоелектричний зв'язок з носієм. Кількість таких частинок на зображенні повинна була б збільшуватись, а час друку для досягнення поверхневої густини 2 мг/см^2 — зменшуватись. Але контактна електризація сита зарядженими частинками порошку і наявність великої кількості частинок, які проходять крізь відкриті чарунки сита друкарської форми, спричиняють до забивання чарунок;

б) якщо лінійна швидкість руху щітки вздовж форми зростає, то кількість порошку, який проходить крізь чарунки сита, збільшується, сито швидше забивається і зростання шару порошку на відбитку гальмується.

У табл. 1 показано розподіл оптичної густини порошку на поверхні суцільної плашки, коли поверхнева густина порошку дорівнює 2 мг/см^2 . Режим друку такий, як і в дослідженнях, результати яких наведено на рис. 3.

Нерівномірність розподілу оптичної густини зумовлена забиванням чарунків сита форми та взаємним відштовхуванням один одного заряджених частинок порошку, яке спричиняється до перерозподілу частинок порошку на плашці.

Таблиця 1

Розподіл оптичної густини порошку у відбитому світлі на суцільній плашці

Рядок	Величина оптичної густини порошку на відбитку під час вимірювань					
	1	2	3	4	5	6
1	1,97	1,99	2,02	2,11	2,08	1,98
2	1,99	2,14	1,97	2,09	2,02	2,00
3	2,11	2,09	2,12	2,02	2,07	2,04
4	2,03	2,02	2,01	2,07	2,14	2,06
5	2,09	1,97	2,04	1,97	2,09	2,10
6	2,14	2,06	2,09	2,14	2,05	2,13

На рис. 4 показано сім'ю кривих, які демонструють залежність абсолютної деформації штриха при різних значеннях відстані між друкарською формою та поверхнею коробки. По осі абсцис відкладено ширину штриха на формі, *мм*, по осі ординат — абсолютну деформацію штриха, *мм*. Сім'ю кривих одержано, коли швидкість руху щітки дорівнювала $0,1 \text{ м/сек}$, концентрація порошку у суміші — $0,05 \text{ г/см}^3$, напруженість електричного поля — $5,5 \text{ кв/см}$. Криві, що показані на графіку пунктирними рисками, знято, коли напруженість поля була підвищеною. Значення напруженості вказано біля кожної характеристики.

Появу пухкої зони навколо штриха чи плашки можна пояснити так. Сила, що утримує порошок на поверхні картону, складається з сил дзеркального зображення і адгезійної. Вона протидіє кулоновським електростатичним силам взаємного відштовхування однойменно заряджених частинок порошкового зображення. Якщо вона не може протидіяти силам взаємного відштовхування, то порошкове зображення розсипається, і на границі штриха з'являється пухка зона. Наявність початкової горизонтальної складової швидкості частинок також спричиняється до розширення пухкої зони навколо штриха і суцільної заливки (плашки). Зі збільшенням відстані між друкарською формою та поверхнею коробки зростає тривалість перебування частинок порошку в щілині. Вони пролітають у горизонтальному напрямку за границю чіткої зони зображення, і деформація значно збільшується. Підвищення напруженості електричного поля дає можливість зменшити деформацію за рахунок збільшення початкової вертикальної складової швидкості частинок. У табл. 2 наведено дані про абсолютну деформацію плашок різної ширини, якщо змінюється відстань між формою та поверхнею коробки.

Таблиця 2

Залежність абсолютної деформації суцільної заливки (плашки) від її ширини на друкарській формі

Ширина плашки, <i>мм</i>	Абсолютна деформація плашки для величини щілини, <i>мм</i>							
	0	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,2	1,4
5	0,22	0,24	0,31	0,44	0,68	0,93	1,15	1,41
20	0,20	0,25	0,33	0,43	0,67	0,94	1,14	1,40
30	0,21	0,26	0,32	0,44	0,66	0,92	1,13	1,41
100	0,22	0,24	0,30	0,45	0,66	0,94	1,11	1,43

Результати експериментів показують, що величини абсолютної деформації штрихів, ширина яких 1 мм, та суцільних заливок (плашок), мають однаковий порядок.

Це можна пояснити тим, що величина сил кулоновського відштовхування залежить від кількості порошку на границі зображення. На широкому штриху й плашці кількість порошку майже однакова.

Сім'я кривих на рис. 5 показує залежність абсолютної деформації плашки, мм, від розміру щілини, мм, між друкарською формою та поверхнею, на якій друкують, коли швидкість руху щітки вздовж форми, м/сек, змінюється. Технологічні режими друку такі ж, як і в попередніх дослідженнях. Зростання швидкості руху щітки збільшує кількість порошку на поверхні коробки за одиницю часу, внаслідок чого зростають кулоновські сили взаємного відштовхування частинок. Зростання швидкості щітки спричиняється також до збільшення початкової горизонтальної швидкості.

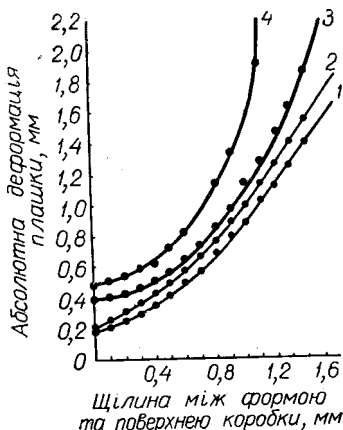


Рис. 5. Залежність абсолютної деформації від щілини між формою та поверхнею коробки, мм.

Швидкість руху магнітної щітки дорівнює, м/сек: 1—0; 2—0.15; 3—0.26; 4—0.40.

З результатів експериментів випливають висновки щодо оптимальних технологічних режимів друку на гофрованому картоні, нерівність поверхні якого дорівнює 0,5—0,7 мм.

1. Друкування, коли швидкість руху щітки 0,4 м/сек, спричиняється до забивання чарунків сита форми, бо крізь них проходить надто велика кількість порошку за одиницю часу. Продуктивність здається більшою, але якість відбитку гіршає, вузол очищення форми при такій швидкості треба ускладнювати.

2. Друкування, коли швидкість руху щітки 0,26 м/сек, дає найкращі результати. Якщо найбільші можливі нерівності поверхні коробки 0,7 мм, то абсолютна деформація становить 0,6 мм (див. рис. 5).

Навіть абсолютна деформація у 2 мм не погіршує якості зображення, коли розглядати коробку з відстані 1,0—2,0 метрів.

3. Концентрація порошку в суміші 0,05 г/см³ найбільш доцільна (див. рис. 3). З такою концентрацією друк триває 2,5 сек, якщо швидкість переміщення щітки дорівнює 0,26 м/сек.

Збільшення концентрації суміші не спричиняється до значного скорочення часу друкування.

Друкувати треба, коли наявна найбільша можлива напруженість електричного поля (див. рис. 5). Збільшення напруженості обмежується величиною пробивної напруги між щіткою та електродом.

Аналіз результатів експериментальних досліджень показує доцільність впровадження розробленого зразка машини для друкування на коробках з гофрованого картону.

ЛІТЕРАТУРА

1. А. Б. Дравин, Е. С. Алмазов. «Полиграфия», 1966, № 8, 46.
2. Д. Б. Ямпольская. В сб. «Тара и упаковка товаров народного потребления», Л., ЛДНТП, 1967, 35—36.
3. Б. П. Белоусов, А. Б. Дравин. В сб. «Применение электрографии», ВНИИП, т. 19, вып. 2, 1968, 79—90.
4. Патент США № 3081698.
5. Penrose Annual, 1966, 59, 143—150.
6. RCA Review, 1954, № 4, 469—483.

**SOME PARTICULARITIES OF ELECTROSTATIC SCREEN PRINTING
ON ROUGH SURFACES**

S u m m a r y

The advisability of using the method of electrostatic screen printing on boxes of corrugated cardboard and a model of the machine made to order by the USSR ministry of Food Industry is described in this paper.

The main technological characteristics of the machine was investigated to obtain a print of excellent quality and an optimal regime of printing was chosen.
