

ДІЙСНА КУТОВА ШВИДКІСТЬ ЕЛАСТИЧНОГО ФАРБОВОГО ВАЛИКА

Відносне пружне ковзання в зоні контакту еластичного фарбового валика деякою мірою визначає поведінку фарби в процесі друку, впливає на її структурно-механічні властивості і є одним з факторів, який викликає нагрівання валиків [5]. Тому було прийнято рішення дослідити явище проковзування в залежності від умов експлуатації еластичних валиків. Оцінка проковзування була здійснена шляхом одночасного вимірювання кількості обертів еластичного валика і жорсткого циліндра імпульсними механічними лічильниками типу «СИ».

Відносне зміщення спряжених поверхонь може характеризуватися як пружним змінним проковзуванням однієї поверхні відносно другої, так і одночасним проковзуванням усіх точок еластичного валика, що знаходяться в зоні контакту, відносно поверхні жорсткого циліндра (буксування).

Відомо, що пружне проковзування завжди супроводжує процес кочення. Воно не може бути ліквідоване, а лише зводиться до мінімуму у відповідних умовах [4].

Розглядаючи відносне пружне ковзання еластичного валика, необхідно пам'ятати, що в його контактній зоні знаходиться фарба, яка відіграє роль змазки. Ця особливість, при рівних інших умовах, ставить еластичний фарбовий валик в особливе положення в порівнянні із звичайним фрикційним котком.

З врахуванням проковзування дійсна кутова швидкість еластичного валика фарбового апарата може бути представлена залежністю:

$$\omega_{де} = \eta_k \omega_{іе} = (1 - \varepsilon) \frac{v_{ж}}{r_e - z_m} \left[\frac{1}{сек} \right], \quad (1)$$

де $\omega_{де}$ — дійсна кутова швидкість еластичного валика в $1/сек$;

$\omega_{іе}$ — ідеальна кутова швидкість еластичного валика (при умові відсутності відносного проковзування) в $1/сек$;

η_k — коефіцієнт, що характеризує ступінь проковзування еластичного валика (при $\eta_k = 1$ проковзування відсутнє; при $\eta_k = 0$, дійсна кутова швидкість стає рівною нулеві);

$v_{ж}$ — окружна швидкість жорсткого циліндра в $мм/сек$;

r_e — радіус еластичного валика в $мм$;

z_m — абсолютна деформація оболонки валика в $мм$ і ε — коефіцієнт ковзання.

$$\varepsilon = i_{іе} - i_{де} = \frac{n_{іе}}{n_{ж}} - \frac{n_{де}}{n_{ж}} = \frac{r_{ж}}{r_e - z_m} - \frac{n_{де}}{n_{ж}} \quad (2)$$

де $i_{іе}$ — ідеальне передаточне число (визначається розрахунком);

$i_{де}$ — дійсне передаточне число з врахуванням відносного проковзування (визначається досвідом);

$r_{ж}$ — радіус жорсткого циліндра в мм;

$n_{де}$ — дійсне число обертів еластичного валика за хвилину;

$n_{іе}$ — ідеальне число обертів еластичного валика за хвилину;

$n_{ж}$ — число обертів жорсткого циліндра за хвилину.

Оцінку дійсної кутової швидкості еластичного валика зручно здійснити у відносному виді дослідженням η_k та впливу різних факторів на його величину.

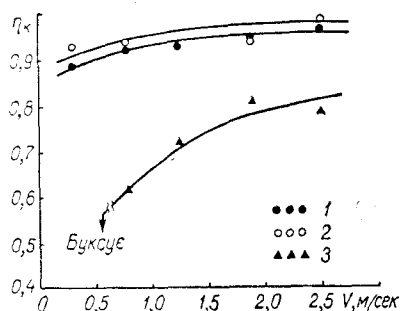


Рис. 1. Графіки залежності $\eta_k = f(v)$.

1 — ілюстраційна фарба № 54; $P_{пор} = 0,2$ кг/см; 2 — літоофсетна фарба № 363; $P_{пор} = 0,3$ кг/см; 3 — газетна фарба № 1 л; $P_{пор} = 0,2$ кг/см

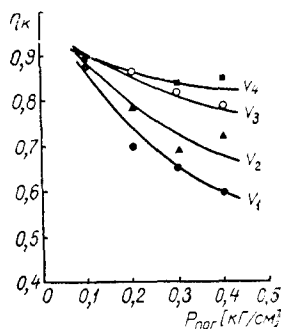


Рис. 2. Графіки залежності $\eta_k = f(P_{пор})$.

$V_1 = 0,310$ м/сек;
 $V_2 = 0,785$ м/сек;
 $V_3 = 1,225$ м/сек;
 $V_4 = 2,500$ м/сек.

Вплив швидкості. Ріст швидкості супроводжується зменшенням проковзування (η_k прямує до одиниці). Як видно з графіків (рис. 1), для фарб малої в'язкості ріст η_k відбувається інтенсивніше, ніж у фарб, що мають більшу в'язкість. Для газетної ротаційної фарби № 1 л при збільшенні швидкості від 0,7 до 2,5 м/сек η_k зріс приблизно в 1,3 раза, а для літо-офсетної голубої фарби № 363 в тому діапазоні швидкостей — лише 1,04 раза.

При швидкостях, менших за 0,7 м/сек, погонному навантаженні $P_{пор} = 0,2$ кг/см і товщині шару газетної фарби № 1 л $\delta = 30$ мк (мікрон) обертання еластичного валика припиняється в результаті сильного буксування. В цьому випадку сили зчеплення в контактній зоні виявляються меншими за сили опорів у підшипниках еластичного валика.

Очевидно, збільшення швидкості призводить до зменшення опорів тертя у підшипниках¹ в результаті збільшення гідродинамічного тиску в масляному клині між шийкою стрижня валика і робочою поверхнею вкладки підшипника.

Вплив тиску. Збільшення тиску в контактній зоні приводить до зниження η_k . На прикладі вальцмасного валика діаметром 60 мм (рис. 2) видно, що при розкаті газетної ротаційної фарби № 1 л ($\delta = 10$ мк) зі збільшенням $P_{пор}$ проковзування зростає.

В цьому випадку, як і в першому (рис. 1), збільшення швидкості, при рівних інших умовах, супроводжується зменшенням відносного пружного ковзання.

Збільшення навантаження на валик викликає ріст опорів у підшипниках, що є, очевидно, основною причиною проковзування в контактній зоні.

На збільшення проковзування з ростом навантаження також впливає зміна структурно-механічних властивостей фарби. З ростом навантаження в контактній зоні відбувається більш інтенсивне пере-

¹ Мова йде про підшипники ковзання.

мішування фарби, що приводить до зменшення її в'язкості в результаті більш активного руйнування її структури, тобто має місце ефект тіксо-тропії [3].

Вплив товщини шару фарби. На рис. 3 подано графіки $\eta_k = f(\delta)$, з яких бачимо, що збільшення товщини шару фарби викликає збільшення відносного пружного ковзання. Причому для більш в'язкої фарби (ілюстраційна фарба для плоскодрукарських машин № 54) відносне ковзання менше, ніж для малов'язкої газетної ротатійної фарби № 1 л. При товщинах шарів газетної ротатійної фарби № 1 л, що

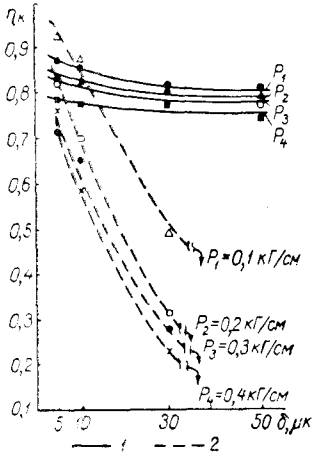


Рис. 3. Графіки залежності $\eta_k = f(\delta)$.

Вальцмасний валик $d = 60$ мм.
1 — ілюстраційна фарба № 54.
 $V = 0,31$ м/сек; 2 — газетна фарба № 1 л, $V = 0,31$ м/сек.

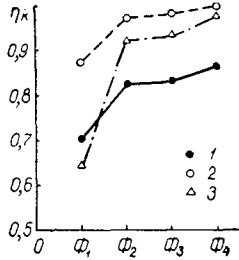


Рис. 4. Графіки залежності $\eta_k = f(\eta)$.

1. Φ_1 — газетна фарба № 1 л ($\eta_m = 12,7$ пз);
2. Φ_2 — ілюстраційна фарба № 54 ($\eta_m = 24,6$ пз);
3. Φ — ілюстраційна фарба № 55 т ($\eta_m = 32,0$ пз);
4. Φ_4 — літоофсетна фарба № 363 ($\eta_m = 50,6$ пз).

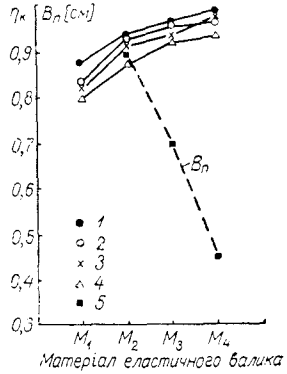


Рис. 5. Графіки залежності η_k та ширини смужки контакту B_p (5) від жорсткості оболонки еластичного валика.

1 — ілюстраційна фарба № 54 $P_{\text{пог}} = 0,2$ кг/см; $V = 2,5$ м/сек $\delta = 5$ мк; 2 — ілюстраційна фарба № 54 $P_{\text{пог}} = 0,2$ кг/см; $V = 2,5$ м/сек; $\delta = 30$ мк; 3 — ілюстраційна фарба № 55 т $P_{\text{пог}} = 0,2$ кг/см; $V = 0,31$ м/сек; $\delta = 30$ мк; 4 — ілюстраційна фарба № 55 т. $P_{\text{пог}} = 0,3$ кг/см; $V = 0,31$ м/сек; $\delta = 50$ мк.

перевищують $\delta = 30$ мк (мікрон), настає буксування. Це відбувається тому, що момент сил опорів еластичного валика і жорсткого циліндра поза зоною контакту (опори від розриву фарбових плівок, ниток-тяжів, вакууму, внутрішнього тертя в матеріалі оболонки і від тертя в підшипниках) виявляється більшим за момент зчеплення шарів фарби в зоні контакту відносно осі його обертання.

Вплив в'язкості фарби. Збільшення в'язкості фарби супроводжується зменшенням відносного пружного ковзання. Це добре видно з графіків (рис. 4) для вальцмасного (1) і гумового (2, 3) валиків при розкати фарб різної в'язкості.

Ілюстраційні фарби № 54 і № 55 т мало розрізняються в'язкістю гранично зруйнованої структури η_m . В результаті при їх розкати значення η_k також мало відрізняється одне від одного.

Вплив жорсткості матеріалу оболонки валика. Зі збільшенням жорсткості оболонки еластичного валика помічається зменшення відносного пружного ковзання (рис. 5). Для пояснення такої закономірності звернемося до характеристики опорів, що виникають при коченні

еластичного валика (M_1 — середня вальцмаса; M_2 — полієфіуретан; M_3 — гума № 4974-7; M_4 — гума № 4999).

На основі сучасних уявлень про явища, що супроводжують кочення еластичного валика з врахуванням розщеплювання шарів фарби [7], виділимо три зони, які характеризують опори, що при цьому виникають (рис. 6): A — зона підвищеного гідродинамічного тиску, B — зона пружного ковзання і C — зона розщеплювання шарів.

В зоні A в залежності від товщини шарів фарби на спряжених поверхнях скопичується деяка кількість фарби і в процесі кочення еластичного валика відбувається утворення так званого фарбового клина. При коченні еластичний валик зустрічає з боку фарбового клина опір.

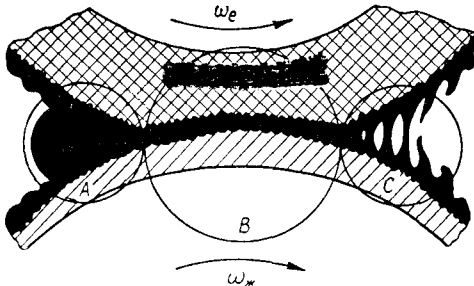


Рис. 6. Зони опорів коченню еластичного валика.

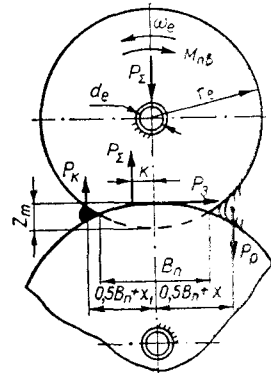


Рис. 7. Умовна схема сил, що навантажують еластичний валик в процесі кочення.

Цей опір, очевидно, зростає зі збільшенням динамічної в'язкості і товщини шарів фарби на спряжених поверхнях, а також при зменшенні кута клина.

В зоні B має місце пружне ковзання, яке створює відповідний опір коченню еластичного валика. Цей опір залежить від швидкості відносного ковзання, в'язкості і товщини шарів фарби, від її адгезії і когезії, шершавості спряжених поверхонь. В залежності від поєднання названих факторів в зоні B можуть створюватися умови для півсухого, граничного, піврідинного і рідинного тертя.

В зоні C відбувається розщеплювання фарбового шару, яке супроводжується розривом фарбових плівок, ниток-тяжів, переборюванням вакуума, а також опорів від дії електростатичних зарядів.

Нарешті, при коченні еластичного валика необхідно пам'ятати про четверту зону, в якій виникають опори коченню. Цією зоною є його підшипники.

На підставі наведених міркувань, побудуємо схему сил, що навантажують валик (рис. 7), і запишемо умову, при якій відносно ковзання спряжених поверхонь буде мінімальним:

$$P_3(r_e - z_m) \gg P_z k + P_p(0,5 B_n + x) + P_k(0,5 B_n + x_1) + 0,5 P_z f d_e, \quad (3)$$

або

$$P_3 \gg \frac{1}{r_e - z_m} [P_z k + P_p(0,5 B_n + x) + P_k(0,5 B_n + x_1) + 0,5 P_z f d_e], \quad (3a)$$

де P_3 — сила зчеплення шарів фарби в зоні B ;
 P_z — сумарна сила, що навантажує еластичний валик;
 k — коефіцієнт, що враховує опори від сил внутрішнього тертя в матеріалі еластичної оболонки;

$0,5 B_n + \chi$ — координата рівнодіючої P_p (зона C), яка враховує вплив сил розриву фарбових плівок і ниток-тяжів, вакууму та електростатичного поля;

$0,5 B_n + \chi_1$ — координата сили P_k (зона A), яка враховує вплив підвищеного гідродинамічного тиску в фарбовому клині;

f — коефіцієнт тертя ковзання;

d_e — діаметр шийки стержня еластичного валика.

Повертаючись тепер до результатів дослідження залежності η_k від фізико-механічних властивостей матеріалу оболонки валика (рис. 5). з врахуванням (3a), бачимо, що із збільшенням жорсткості оболонки, при рівних інших умовах, зменшуються z_m , k і B'' , що й приводить до скорочення відносного проковзування.

Гرادієнти швидкості при відносному ковзанні. Встановлено, що при градієнтах швидкості в межах $1000-2000 \text{ сек}^{-1}$ відбувається повне руйнування структури фарби [1]. Вважають, що в фарбових апаратах завдяки багаторазовим механічним діям створюються умови для руйнування найміцнішої структури друкарської фарби [8].

Наближені розрахунки градієнтів швидкості в фарбових апаратах, виконані Т. І. Гудковою [2], показали, що при товщині шару фарби $\delta = 5 \text{ мк}$ в машинах типу РП вони знаходяться в межах $3000-4000 \text{ сек}^{-1}$, а в машинах типу ЗРК — $6000-8000 \text{ сек}^{-1}$.

Наші дослідження дозволяють уточнити розрахунок градієнтів швидкості і показують, що при їх визначенні необхідно мати дані про величину повної швидкості відносного ковзання розкатного циліндра $v_{вр}$, яку можна визначити лише при відомих тангенціальній v_t і осевій v_0 швидкостях пружного ковзання [6]. З врахуванням сказаного градієнт швидкості

$$\dot{\epsilon} = \frac{1}{\delta} \sqrt{v_t^2 + v_0^2} = \frac{1}{\delta} v_{вр} [\text{сек}^{-1}], \quad (4)$$

де δ — товщина шару фарби.

Як приклад в таблиці наведені значення $v_{вр}$, v_t , v_0 і $\dot{\epsilon}$ для випадку розкату ілюстраційної фарби № 54 в парі гумовий (гума № 4974-7) валик $d = 60 \text{ мм}$ — сталевий розкатний циліндр $D = 112 \text{ мм}$ в залежності від $p_{пог}$, δ і окружної швидкості.

Таблиця свідчить, що на величину градієнта швидкості впливають товщина шару фарби, погонне навантаження та окружна швидкість розкатного циліндра.

Значення v_0 , v_t , $v_{вр}$ та $\dot{\epsilon}$ при розкаті ілюстраційної фарби для плоскодрукарських машин № 54

Погонне навантаження в кг/см	Окружна швидкість розкатного циліндра в мм/сек	V_0 в мм/сек	V_t в мм/сек			$V_{вр}$ в мм/сек			$\dot{\epsilon}$ в сек ⁻¹		
			Товщина шару фарби в мм								
			0,005	0,010	0,030	0,005	0,010	0,030	0,005	0,010	0,030
0,1	1225	26,2	18,4	39,2	41,2	32,0	48,0	51,0	6400	4800	1700
	2500	53,5	25,0	42,5	57,5	60,0	69,0	78,0	12000	6900	2600
0,4	1225	26,2	62,5	85,8	98,0	67,0	89,0	101,0	13400	8900	3366
	2500	53,5	37,5	77,5	120,0	68,0	90,0	130,0	13600	9000	4333

При розкаті фарб малої в'язкості градієнти швидкості можуть досягати більших значень, що пояснюється інтенсифікацією відносного

ковзання поверхні еластичного валика. Так, наприклад, при розкати газетної ротаційної фарби № 1 л в парі поліетеретановий валик — сталевий розкатний циліндр при погонному навантаженні $p_{\text{пог}} = 0,4 \text{ кг/см}$ і зміні окружних швидкостей розкатного циліндра від 1225 до 2500 мм/сек при $\delta = 0,005 \div 0,030 \text{ мм}$ градієнт швидкості знаходиться в межах $15400 \div 40300 \text{ сек}^{-1}$.

Таким чином, в реальних фарбових апаратах мають місце градієнти швидкості, що набагато перевищують значення, при яких настає повне руйнування структури фарби. В таких умовах фарби ведуть себе як істинно в'язкі рідини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Т. И. Гудкова, Л. А. Козаровицкий. О связи между реологическими свойствами печатных красок и их поведением в печатном процессе. Научные труды МПИ, сборник одиннадцатый, М., 1959.

2. Т. И. Гудкова. Исследование влияния структурно-механических свойств краски на ее поведение в процессе типографического печатания. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, МПИ, рукопись, 1959.

3. E. Rupp, K. Rieche. Das Rupfen, журн. "Der Druckspiegel", № 10, 1959, стор. 516—526.

4. К. В. Тир. Оптимальная установка печатных цилиндров офсетных машин. Журн. «Полиграфическое производство», № 5, 1956.

5. Г. Д. Толстой. Экспериментальное исследование нагрева эластичных валиков красочных аппаратов. Научные записки, том XIV, Издание Украинского полиграфического института им. Ивана Федорова, Львов, 1961.

6. Г. Д. Толстой. Исследование нагрузок в механизме осевого раstra красочных аппаратов. Научные записки, том XIV, Украинский полиграфический институт им. Ив. Федорова, Львов, 1961.

7. Г. Д. Толстой. Исследование энергетических параметров красочных аппаратов машин высокой и плоской печати. Автореферат кандидатской диссертации, М., 1962.

8. Б. Н. Шахкельдян. Реологические свойства печатных красок. «Коллоидный журнал» том 18, выпуск 1, 1956.

G. D. TOLSTOY

REAL ANGLING VELOCITY OF THE ELASTIC INKING ROLLER

Summary

This article deals with the results of the experimental investigation of a relatively resilient sliding of an elastic inker and the recommendations for the specified calculation of the speed ingredients in the inked coating of the contact zone of the two surfaces of an elastic roller and a rigid cylinder.

