

**АЛГОРИТМ КЕРУВАННЯ КОМПЛЕКСНИМ
ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ФОРМУВАННЯ
ПОВНІСТЮ РЕГУЛЯРНОГО МІКРОРЕЛЬЄФУ
НА ДРУКАРСЬКИХ ЦИЛІНДРАХ**

© С. М. Зигуля, аспірантка, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

Предложен алгоритм управления комплексным технологическим процессом отделочно-упрочняющей обработки формирования полностью регулярного микро рельефа печатного цилиндра с последующим хромированием, что позволяет повысить качество поверхностного слоя печатного цилиндра и его эксплуатационные свойства.

The article deals with the algorithm that proposed to control the complex process of finishing-strengthening treatment completely regular microrelief formation of the printing cylinder and then chrome, thus improving the quality of the surface layer of the printing cylinder and its performance characteristics.

Постановка проблеми

На поліграфічних підприємствах друкарське обладнання є істотним елементом основних фондів виробництва. Тому втрата працездатності несе за собою величезні економічні витрати. Працездатність, яка характеризується технічним станом машин і можливістю виконувати ними задані функції, визначається рівнем надійності техніки в умовах зміни режимів експлуатації.

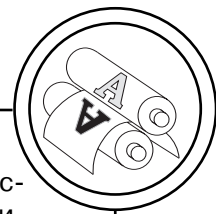
Основним показником якості поліграфічних машин є надійність, що визначається експлуатаційними властивостями деталей і їх з'єднань.

Надійність, як комплексна властивість, включає безвідмовність, довговічність, ремонтну придатність і збереження. Термін служби (ресурс) машини, який є характеристикою довговічності, визначається техніко-економіч-

ними факторами і являється основним показником ефективності використання обладнання. Надійність в значній мірі залежить від умов експлуатації окремих складових елементів [1].

Високий рівень характеристик, який забезпечується при проектуванні і виготовленні поліграфічного обладнання, ще не являється достатньою умовою високої ефективності їх працездатності. Початковий рівень характеристик показує лиш потенційні можливості машин, які можуть проявитися в процесі експлуатації. Тому дуже важливо зберегти рівень цих характеристик протягом всього терміну експлуатації, а саме вони повинні володіти надійністю.

Чинники, які впливають на працездатність машин є багато, але основою є якість деталей. Експлуатаційні властивості де-



талей, такі як зносостійкість, контактна жорсткість, корозійна стійкість, міцність і якість поверхневого шару формуються на етапі виготовлення, тому забезпечення високої працездатності механізмів доцільно починати з моменту виготовлення окремих їх складових [1].

Кожна експлуатаційна властивість, за певних умов роботи, забезпечується певним діапазоном значень комплексу показників якості, наприклад, точності геометричних розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь, шорсткості, мікротвердості, залишкового напруження тощо. Тому завдяки одним тільки режимам експлуатації неможливо досягти таких результатів як при комплексному підході, заснованому на дослідженні і вдосконаленні методів виготовлення деталей і механізмів.

Через безліч різноманітних причин (старіння, умов експлуатації, організації обслуговування, тощо) неможливо, щоб працездатність машин дорівнювала одиниці. Проте користуючись наявними засобами і методами, можна забезпечити її оптимальний рівень і тим самим підвищити ефективність використання техніки.

Аналіз попередніх досліджень

Як правило, руйнування деталей починається з поверхні. Тому, технічне рішення проблеми підвищення якості машин в значній мірі обумовлено можливістю технологічного забезпечення якості поверхневого шару деталей, яке включає в се-

бе як геометричні характеристики, так і фізико-хімічні властивості.

Використання сучасних технологічних методів і засобів дозволяють формувати стан поверхневого шару, керувати його фазовим складом і структурою, твердістю, рівнем залишкових напружень, мікрогеометрією, забезпечуючи поверхневе зміцнення [2].

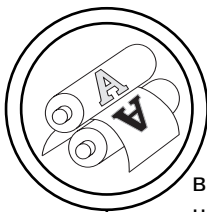
Одним з шляхів забезпечення надійності є етап проектування і виготовлення деталей, який дозволяє отримувати на поверхні деталей мікрорельєф з заданими параметрами.

Для зміцнення поверхневих шарів металу застосовують метод вібраційного накатування, за допомогою якого утворюють на поверхні регулярний мікрорельєф.

За призначенням регулярні мікрорельєфи поділяються на: частковий регулярний мікрорельєф (ЧРМР), повністю новий регулярний мікрорельєф (ПНРМР) і повністю регулярний мікрорельєф (ПРМР).

Зробимо аналіз кожного з методів.

Недоліком ЧРМР є утворення на поверхні безперервних або дискретних заглиблень, між якими залишається вихідна шорсткість. Такий вид мікрорельєфу підвищує площу контакту порівняно із шліфованими поверхнями на 25...35 %. При ПНРМР способі утворюється новий мікрорельєф з однаковими за формою, висотою і взаємним розташуванням нерівностями і на порядок вищими параметрами шорсткості. В подальшому на практиці за рахунок під-



вищення якості поверхневих шарів покращуються експлуатаційні властивості роботи деталей, що впливає на кінцеву якість готової продукції [3].

Спосіб вібраційного накатування є універсальним, який забезпечує тонке регулювання значень практично всіх параметрів і його легко здійснити в умовах любого підприємства.

Однією з найважливіших позитивних особливостей повністю регулярного мікрорельєфу є новий параметр — число виступів і впадин, які приходяться на одиницю площі при гексагональному типі. Цей параметр інформативний і дозволяє на основі моделювання ПРМР перейти до розрахунку фактичної площі контактування поверхні [4].

Недоліком ЧРМР і ПРМР способів є те, що при контактуванні друкерського циліндра з металевою обтяжкою, не забезпечується 100 % щільність з'єднання, що в свою чергу погіршує якість поліграфічної продукції і зменшує корозійну та експлуатаційну стійкість друкерського циліндра.

Мета роботи

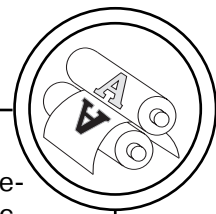
На експлуатаційні властивості деталей машин в значній мірі впливають параметри якості їх робочих поверхонь. Щоб забезпечити експлуатаційні властивості і покращити якість поліграфічної продукції потрібно забезпечити визначені характеристики якості робочих поверхонь.

Підвищення якості поверхні та поверхневого шару, збільшення площі контакту до 100 %,

забезпечується за рахунок утворення на циліндричній поверхні друкерського циліндра повністю нового регулярного мікрорельєфу (ПРМР) гексагонального типу. Цей спосіб збільшує фактичну контактну площу, яка залежить від мікрогеометрії й хвилястості контактуючих поверхонь друкерського циліндра і металевої обтяжки, розташованих поверхонь у складальному розмірному ланцюгу і від навантажень, що діють у контакті. Збільшення контактної площі забезпечує стабільну високу якість друкерського відбитка. Після нанесення ПРМР, поверхню друкерського циліндра хромують для підвищення експлуатаційних властивостей.

Результати проведених досліджень

Експериментальним дослідженням є нанесення ПРМР гексагонального типу на друкерські циліндри з діаметром $D = 34,0-90,0$ см, твердістю HRC 57–60. Режимми обробки є радіус сфери деформувального інструменту $R = 0,5-4,0$ мм; зусилля вдавлювання $P = 50-600$ Н; ексцентриситет інструменту $e = 0,2-1,0$ мм; частота обертання шпинделя $n_{\text{шп}} = 25-2000$ об/хв.; частота осциляцій деформуючого інструменту $n_{\text{подв.х}} = 1000-2000$ подв.х./хв.; подача інструменту $S = 0,08-12,5$ мм/об. Після нанесення ПРМР гексагонального типу друкерський циліндр хромують та монтують на нього металеву обтяжку товщиною 0,3 мм, розмірами від 360×520 до 720×1020 мм.



Враховуючи складність розрахунку при утворенні ПРМР гексагонального типу, вибору режимів обробки і визначенні характеристик якості робочих поверхонь доцільно розробити алгоритм керування технологічним процесом (рис.).

Реалізація алгоритму (рис.) відбувається наступним чином:

1. Вводимо вхідні дані, а саме діаметр заготовки (D), мм, довжина заготовки (L), мм, середнє арифметичне відхилення профілю (R_a), мкм, матеріал заготовки, твердість заготовки, що є друкерський циліндр (за Брінеллем, HB або твердість за Віккерсом, HV, або твердість за Роквеллом, HRC).

2. Алгоритм запропонований для нанесення на циліндричну заготовку повністю регулярного мікрорельєфу, тому наступним кроком є «Вибір типу повністю регулярного мікрорельєфу», який буває чотирикутний або шестикутний (гексагональний).

3. Вибираємо форму мікрорельєфу: ввігнута або випукла.

4. Вибираємо матеріал деформуючого інструмента:

— інструментальні сталі (У10, У10А, Р18, Р6АМ5, Р6М5К5, Р9М4К8, Р9К5);

— підшипникові сталі (ШХ15, ШХ15СГ, ШХ20СГ, 18ХГТ, 20Х2Н4ВА);

— тверді сплави (Т15К6, ВК6М, ВК6, ВК8, ВК10, ВК15, ВК20, Вк10К, ВК20К, ВК10-КС, Вк15-КС, ВК20-КС);

— природні та штучні алмази (типу баланс АСБ, АСПВ; карбонадо АСПК);

— синтетичні алмази (синтетичний корунд, мінералоке-раміка);

5. Вибираємо геометрію деформуючого інструмента: частина циліндра, сфера, конус, круговий тор.

6. Вибираємо радіус деформуючого інструменту, який може бути $R = 0,5-4$ мм.

7. Вибираємо обладнання на якому буде здійснюватися нанесення повністю регулярного мікрорельєфу, а саме токарні, фрезерні, шліфувальні, полірувальні або свердлильні групи верстатів.

8. Вибираємо зусилля вдавлювання деформувального інструменту $P = 50-600$ мм.

9. Залежно від моделі верстата обираємо за його технічними характеристиками подачу деформувального інструменту, яка може бути $S = 0,08-12,5$ мм/об.

10. Вибираємо ексцентриситет інструменту $e = 0,2-1$ мм.

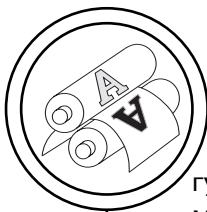
11. Вибираємо частоту осциляцій деформувального інструменту, яка може бути в межах $n_{\text{подв.х}} = 1000-2000$ подв.х./хв.

12. Залежно від моделі верстата обираємо за його технічними характеристиками частоту обертання шпинделя $n_{\text{шп}} = 25-2000$ об/хв.

13. Визначаємо співвідношення $i = \frac{n_{\text{подв.х}}}{n_{\text{шп}}}$, яке дасть можливість визначити чи правильно розташовані нерівності.

14. Перевіряємо умову «Чи відповідає вимогам розташування нерівностей?». Якщо умова виконується, переходимо до наступного кроку.

15. Вибираємо значення параметру поверхні з повністю ре-



гулярним мікрорельєфом, а саме значення висоти елементів $H = 0,025-1600$ мкм.

16. Вибираємо значення рівня перетину поверхні $T_p = 5-80$ % від значення висоти елементів H .

17. Вибираємо значення числа N елементів на 1 мм^2 площі від 1 до 100 %.

18. Визначаємо напрямлення розташування елементів $\gamma = 0-180^\circ$.

19. Визначаємо напрямлення розташування елементів $\beta = 0-180^\circ$.

20. Визначаємо кут напрямлення розташування нерівностей $\theta = 0-180^\circ$.

21. За аналітичною залежністю розраховуємо контактну площу.

22. Визначаємо параметри якості поверхневого шару поверхні, а саме точність розмірів, точність геометричної форми поверхні, точність взаємного положення поверхні, зміцнення, структуру фазового стану, залишкові напруження.

23. Перевіряємо умову «Чи відповідає вимогам параметри якості поверхні?». Якщо умова виконується, переходимо до наступного кроку.

24. Обираємо метод хромування залежно від методу хромування і потрібної глибини хромування, обираємо режими обробки, а саме вибір електроліту, температури хромування, густини струму, часу на хромування.

25. Розраховуємо контактну площу після нанесення повністю регулярного мікрорельєфу з наступним хромуванням за аналітичною залежністю.

26. Перевіряємо умову «Чи відповідає контактна площа вимогам?». Якщо умова виконується, переходимо до наступного кроку.

27. Визначаємо параметри якості поверхневого шару поверхні після хромування.

28. Перевіряємо умову «Чи відповідає вимогам параметри якості поверхні після наступного хромування?». Якщо умова виконується, переходимо до наступного кроку.

29. Визначаємо експлуатаційні властивості, а саме зносостійкість, корозійну стійкість, контактну жорсткість і геометричність з'єднання.

30. Перевіряємо умову «Чи відповідає вимогам експлуатаційні властивості деталі?». Якщо умова виконується, переходимо до наступного кроку.

31. Монтуюємо металеву обтяжку на друкарський циліндр.

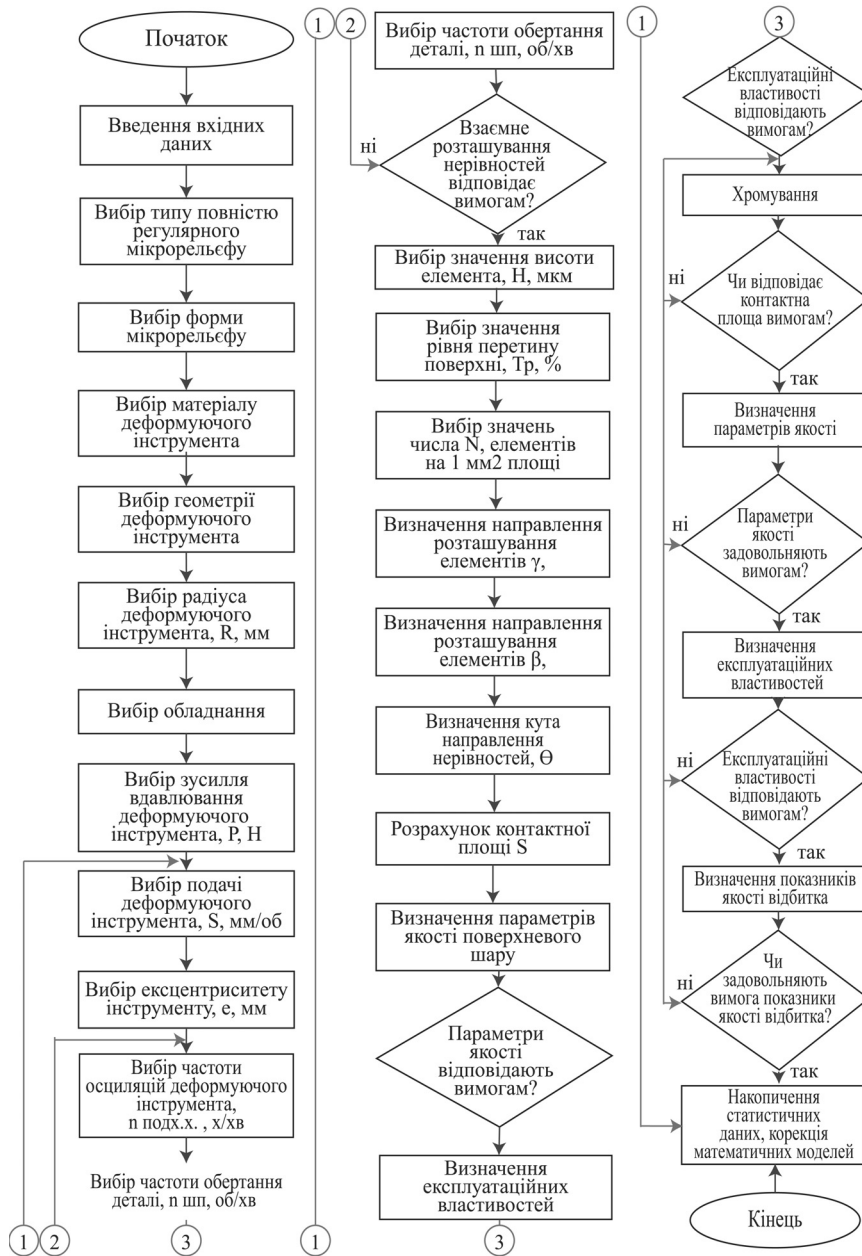
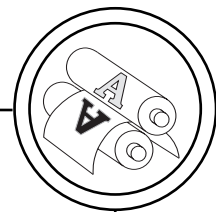
32. Визначаємо показники якості відбитка.

33. Перевіряємо умові «Чи задовольняють вимогам показники якості відбитка?». Якщо умова виконується, переходимо до наступного кроку.

34. Накопичуємо статистичні дані, здійснюємо корекцію математичних моделей. Виводимо математичну модель.

Висновки

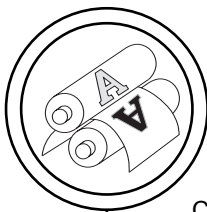
Для підвищення якості друкарської продукції необхідно підвищити щільність з'єднання поверхні друкарського циліндра з поверхнею металевого полотна. Це можливо здійснити за рахунок збільшення площі контактуючих поверхонь і оптимальних



Алгоритм керування комплексним технологічним процесом формування повністю регулярного мікрорельєфу на друкарських циліндрах

режимів обробки. Запропонована технологія збільшує площу контакту до 100 %, оскільки на поверхні утворюють повністю регулярний мікрорельєф.

Розроблений алгоритм комплексного технологічного процесу покладено в основу програмного забезпечення.



1. Волков П. Н. Ремонт полиграфического оборудования / П. Н. Волков, С. М. Галкин, Л. М. Добин, Ю. И. Якименко. — М. : Книга, 1982. — 261 с.
2. Ющенко К. А. Инженерия поверхні / К. А. Ющенко, Ю. С. Борисов, В. Д. Кузнецов, В. М. Корж. — К. : Наук. думка, 2007. — 558 с.
3. Киричок П. О. Експериментальні дослідження геометричних параметрів циліндричних деталей поліграфічних машин при комплексній обробці / П. О. Киричок, О. І. Лотоцька // Технологія і техніка друкарства. — К. : ВПІ НТУУ «КПІ». — 2011. — № 3. — С. 4–12.
4. Шнейдер Ю. Г. Технология финишной обработки давлением : справочник / Ю. Г. Шнейдер. — СПб. : Политехника, 1998. — 414 с.

1. Volkov P. N. Remont poligraficheskogo oborudovaniya / P. N. Volkov, S. M. Galkin, L. M. Dobin, Ju. I. Jakimenko. — M. : Kniga, 1982. — 261 s.
2. Yushchenko K. A. Inzheneriia poverkhni / K. A. Yushchenko, Iu. S. Borysov, V. D. Kuznetsov, V. M. Korzh. — K. : Nauk. dumka, 2007. — 558 s.
3. Kyrychok P. O. Eksperymentalni doslidzhennia heometrychnykh parametriv tsylindrychnykh detalei polihrafichnykh mashyn pry kompleksnii obrobtsi / P. O. Kyrychok, O. I. Lototska // Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva. — K. : VPI NTUU «KPI». — 2011. — № 3. — S. 4–12.
4. Shnejder Ju. G. Tehnologija finishnoj obrabotki davleniem : spravochnik / Ju. G. Shnejder. — SPb. : Politehnika, 1998. — 414 s.

Рецензент — О. І. Лотоцька, к.т.н.,
доцент, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 18.12.13