

УДК 655.1

**СУЧАСНІ ФІНІШНІ МЕТОДИ
ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ДЕТАЛЕЙ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН
ПОВЕРХНЕВИМ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ
І ХРОМУВАННЯМ**

© О. І. Лотоцька, аспірантка, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

Проанализированы существующие финишные методы обработки с помощью обзора литературных источников. Разработан технологический процесс отделочно-упрочняющей обработки с последующим напылением хрома.

The existent finish methods of processing by viewing the literary sources are analyzed. Process of finishing and reinforcing processing with further chrome spraying is developed.

Постановка проблеми

Підвищення ефективності механічної обробки є найважливішим завданням сучасного поліграфічного машинобудування, що включає досягнення високої продуктивності обробки із забезпеченням заданого рівня якості поверхневого шару деталей. Вирішенням цієї задачі можна досягнути за рахунок вибору найбільш раціональних методів обробки деталей, а також за рахунок розробки нових технологічних процесів, що забезпечують максимальну продуктивність, мінімальну собівартість і високу якість поверхні.

Основні експлуатаційні властивості деталей машин — зносостійкість, міцність, корозійна стійкість, значною мірою визначаються станом їх поверхневого шару й мікрогеометрії поверхні, визначуваного технологією виготовлення. У сучасному виробництві призначення і технологічне забезпечення параметрів стану поверхонь деталей не завжди є достатньо обґрунтова-

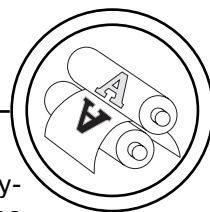
ними, що призводить або до завищення вимог і збільшення собівартості поліграфічного обладнання, або до їх заниження та зниження надійності.

Існує значна кількість технологічних методів підвищення якості поверхонь деталей. Істотне значення мають фінішні методи обробки. Актуальним є поєднання гальванічних і хімічних методів нанесення покриттів, наплавлення, напылення, іонна імплантація, лазерна обробка з оздоблювально-зміцнюючими технологічними процесами. Забезпечити підвищення експлуатаційних властивостей, покращити декоративний вид виробів можна завдяки використанню оздоблювально-зміцнюючої обробки з подальшим хромуванням.

Аналіз попередніх досліджень

Одне з провідних місць належить зміцненню деталей поліграфічного устаткування по-

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



верхневим пластичним деформуванням, а саме вібраційному накатуванні, яке дає змогу отримати необхідний мікрорельєф поверхні, структуру поверхневого шару, зміцнити його і забезпечити необхідні експлуатаційні характеристики [1—4].

Хромуванню піддаються деталі, що працюють: в умовах зносу, у тому числі кавітаційного та ерозії при низьких і високих температурах; під напругою (або без неї) при високих і криогенних температурах у середовищі, яке спричиняє хімічну корозію; під напругою (або без неї) у середовищах, які призводять до електрохімічної корозії; на втому — механічну, термічну, корозійну; в умовах дії магнітних та електричних полів.

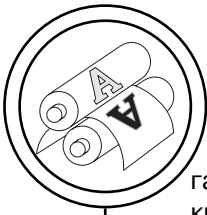
Хромування — це процес дифузійного насичення поверхневих шарів сплаву хромом [5]. Хром має корозійну стійкість по відношенню до багатьох кислот, солей, лугів. Так, органічні кислоти, смоли, сірка, слабка сірчана кислота, азотна кислота, луги, тощо не діють на хром. Хром є одним з елементів, при насиченні яких на поверхні сталі вдається отримати ряд важливих властивостей [6]. У зв'язку з цим вибір методу насичення сталі хромом є важливим у поліграфічному машинобудуванні.

Хромування сталі, основане на дифузії хрому в металі, можна здійснити різними способами. По принципу стану навколишнього середовища по відношенню до основного металу в залежності від фізико-хімічних характеристик активної фази (або середовища), яка містить хром, дифузійне хромування можна розділити на такі групи:

1. При рідкому методі хромування активної фази, яка бере участь у передачі хрому до поверхні, що оброблюється, є розплав різних солей (BaCl_2 , MgCl_2 , CaCl_2 тощо), до яких добавлені солі хрому, переважно хлористі (5-30 % до маси). Солі барію, магнію, кальцію впливають на стабілізуючу дію солей хрому при високій температурі. Процес проходить при температурі 900-1200 °С упродовж 4-15 год [5, 7, 8].

2. Хромування з парової фази проводять двома способами: контактним і неконтактним. Передача речовини через парову фазу неконтактним способом є доцільнішою, оскільки утворюється більш якісне покриття, хоча глибина насичення менша. Хромування з парової фази здійснюється в спеціальному реторті, виготовленому з кварцу або будь-якого жаростійкого нейтрального матеріалу, в якому попередньо створений вакуум 0,1-10⁻⁶ мм рт. ст. Деталі й хром у реторті поміщуються в різні зони і, таким чином, відокремлюються один від одного. Процес проходить при температурі вище 1100 °С упродовж 10-20 год. Під час хромування бажано, щоб температура зони реторти з деталями, була нижчою, ніж у зоні, занятій хромом. Наявність вакууму в цьому випадку не обов'язкова. Роль вакууму зводиться лише до полегшення випарювання і переносу хрому на поверхню, що оброблюється [5].

3. Газовий метод хромування. За цим способом деталь, що оброблюється міститься в контейнері, в якому створюється



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

газоподібне середовище з легких з'єднань хрому (CrCl_2 , CrCl_3), при температурі 800-1200 °С. Процес триває впродовж 4-6 год у нейтральній атмосфері або у вакуумі. Газовий метод здійснюється контактним і неконтактним способами. При контактному способі газова фаза, генеруючись у безпосередній близькості від поверхні деталі, виникає в результаті взаємодії твердих фракцій порошкоподібного хрому з одним з галоїдних газів (HCl , HF , HI , HBr тощо). При неконтактному способі деталі знаходяться в оточенні лише однієї газової фази, яка містить галогенід хрому [5, 7, 8].

4. Комбінований метод. Хромування за цим методом може бути здійснений двома способами. За першим способом деталі запаковуються в ящик з ферохромом у суміш, яка легко розкладається при нагріванні хлористої солі амонію (близько 5 %). Хлористий амоній створює в ящику безокисну атмосферу, а також утворює газове середовище із хлоридів хрому. В активну суміш додають також 35 % окису алюмінію (проти спікання). За другим способом вхідне газове середовище, яке слугує джерелом для утворення хлоридів хрому, може бути привнесене в контейнер з деталями й ферохромом ззовні шляхом наповнення контейнера хлористим воднем або хлором. Хромування за комбінованими методами проводять при температурі 1100-1300 °С впродовж 8-20 год [8].

5. Твердий метод. Цей метод здійснюється при контакті твер-

дих кусочків (або порошку) хрому з поверхнею деталі. Надходження елемента на поверхні деталей відбувається через місце контактування взаємодіючих металів. Цей метод хромування передбачає занурення виробів і хрому в герметично закриті ванни, які витримують тривалість часу (10-40 год) при температурі 1300-1400 °С [5, 6, 8, 9].

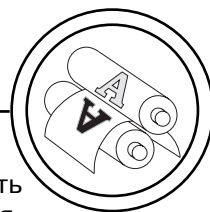
Мета роботи

Метою роботою є покращити мікрогеометрію поверхні, підвищити якість приповерхневого шару, провести аналіз технологічних процесів фінішних методів обробки циліндричних деталей, а також розробити нові технологічні процеси на основі оздоблювально-зміцнюючої обробки та напилення хрому. Основна задача роботи — аналіз існуючих методів за допомогою загального огляду літературних джерел.

Результати проведених досліджень

Сучасне поліграфічне машинобудування висуває високі вимоги до матеріалів конструкції, деталей машин, робота яких здійснюється у важких умовах. Номенклатура виробів, різних за призначенням та умови роботи, у яких робочі функції виконують поверхневі зони металу (тоді як серцевинні зони несуть лише додаткові функції), безпосередньо не піддається зовнішнього впливу. До числа таких виробів можуть бути віднесені: вироби, що працюють у середовищах, які викликають хімічну корозію; вироби, які працюють в умовах високих температур; вироби, які підлягають ерозійному

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



впливу середовища при низьких і високих температурах; вироби, які працюють на втому (механічну, термічну, корозійну); вироби, які працюють в умовах високого зносу.

З великої кількості технологічних процесів, призначених для зміцнення приповерхневих шарів металу з одночасним утворенням на поверхні стабільних геометричних параметрів, є метод вібраційного накатування, при якому на поверхні утворюється регулярний мікро-рельєф. Його утворюють тонким пластичним деформуванням поверхневих шарів металу й складному відносному переміщенні оброблюваної деталі та деформуючого елемента.

Технологічні можливості цього методу в поєднанні з високою продуктивністю зміцнювальних операцій ставлять його в число найактуальніших і найперспективніших способів зміцнення деталей машин.

На другому етапі ефективним є метод хромування. При виборі цього методу слід керуватись товщиною шару, концентрацією хрому на його поверхні, якістю, рівномірністю шару, технологічністю процесу, зручністю його здійснення, економічною рентабельністю тощо.

Розглянемо кожний вищеписаний метод. Рідкий метод має деякі недоліки, які обмежують широке його застосування. До числа цих недоліків можна віднести:

- роз'їдання металевих тиглів солями в поверхні розділу: сіль—повітря;

- необхідність роботи при відносно високих температурах (1000 °С), оскільки більш низькі

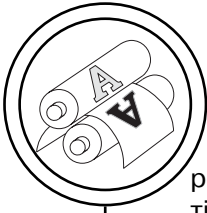
температури не забезпечують достатньої глибини хромування, що спричиняє інтенсивне розплавлення солей;

- накопичення у ванні продуктів реакцій, що зумовлює необхідність періодичного видалення частини розплаву і свіжості ванни;

- трудність обробки деталей великих габаритів;

- короблення тонких деталей при внесенні їх у розігріту ванну й після видачі на повітря — при охолодженні.

Метод хромування з парової фази (окрім вакуумного) — найбільш простий і дешевий. Однак значна тривалість і висока температура процесу хромування, а також низька якість поверхні, особливо після хромування контактним способом, не дозволяє рекомендувати його для хромування відповідальних деталей. Цей метод краще застосовувати для хромування тугоплавких сплавів, адже якість покриття в цьому випадку є високою. Під час хромування в парах хрому виникають труднощі, пов'язані з невисоким тиском парів хрому, які утворюються. При вакуумному способі хромування економічна ефективність є нижчою, але поверхня має більш високу якість. Перевагою вакуумного способу є також те, що в ньому не потрібно використовувати спеціальну суміш для хромування, яка необхідна, наприклад, при газовому хромуванні контактним способом. Однак вакуумний спосіб має ряд недоліків, які обмежують його застосування, зокрема це висока температура процесу, мала продуктивність, трудність об-



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

робки багатогабаритних і пустотілих деталей, нерівномірність прогріву тощо.

Недоліком газового методу є поступове витрачання хлоридів хрому та неможливість їх поповнювати впродовж процесу хромування. Недоліком неконтактного способу є також трудність хромування деталей з великим відношенням довжини до поперечного перерізу. У цьому випадку шар розподіляється по довжині деталі нерівномірно. Цей метод не знайшов широкого застосування.

Твердий метод і перший варіант комбінованого найбільш розповсюджений, оскільки вони є не складними для здійснення. Основними недоліками комбінованого методу — неможливість керувати процесом хромування, неперервне випарювання солей хлористого амонію та витрачання привнесених ззовні газів (HCl , Cl_2), постійне зменшення абсолютної кількості активної газової фази із хлоридів хрому, що призводить до прогресуючого ослабленню поверхні металу хромом. За цим методом важко отримати на поверхні деталей високі концентрації хрому й достатньо глибокі зони насичення.

Висока хімічна стійкість хромових покриттів, значна твердість і зносостійкість, можливість нанесення товстих міцних зціплень з основою покриття визначає область високоефективного застосування твердого хромування. Воно охоплює оздоблення деталей (захисне декоративне хромування), захист від корозії (захисне хромування), підвищення зносостійкості деталей, які працюють на тертя,

і відновлення розмірів зношених деталей поверхні (тверде хромування).

Захисне декоративне хромування є одним з найбільш розповсюджених способів оздоблення металопокриттів виробів, які експлуатуються в атмосферних умовах (наприклад, автомобілів).

Захисне хромування застосовується для підвищення жаростійкості деталей, захисту від корозії в деяких агресивних середовищах (у тому числі деталей, які працюють на тертя).

Тверде хромування широко застосовується для підвищення терміну служби, для збільшення зносостійкості деталей машин. Особливе значення має широке застосування твердого хромування для відновлення зношених деталей у ремонтному виробництві і відновлення деталей, які є бракованими із-за занижених при обробці розмірів.

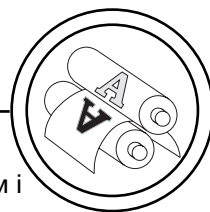
Вибір технології хромування деталей повинен базуватися на специфіці їх конструкцій і вимог умов експлуатації.

Залежно від режиму хромування існує чотири основних види хромових покриттів: блискучий, матовий, молочний і сірий хром.

Сталі з високим вмістом вольфраму й кобальту, а також високовуглецеві та висококремнієві чавуни не можна покривати хромом.

Вибір виду й способу хромування визначається умовами експлуатації, формою і розмірами деталей. Якщо під час роботи змащування поверхонь деталей, які працюють на тертя, утруднене, а навантаження достатньо високі, тоді потрібно за-

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



стосовувати покриття пористим хромом. В інших випадках варто застосовувати доосадження щільних хромових покриттів.

Зносостійкість хромового покриття характеризується терміном служби його при роботі на тертя. Властивості електроосадженого хрому — висока твердість, низький коефіцієнт тертя, жаростійкість, корозійна стійкість — сприяють високій зносостійкості покриття. Однак залежності між твердістю і зносостійкістю хрому не існує. Зносостійкість хромового покриття залежить від умов роботи, змащування й експлуатації. За правильно вибраних умов нанесення й експлуатації хромового покриття зносостійкість деталі в результаті її хромування збільшується в 5-10 разів.

Загальний вигляд осаду хрому залежить від катодної густини току і температури при електролізі. Змінюючи режими електролізу, можна отримати так звані молочні, блискучі й матові (сірі) осадки хрому. Для декоративного покриття важливо, щоб осадки хрому були блискучими, оскільки електроосаджений хром важко піддається поліруванню.

Осадження на катоді сірого матового осаду здійснюється при низьких температурах електролізу (35 °С і нижче) і будь-якої густини току. Покриття, отримані при цих режимах електролізу в сульфатних ваннах, мають високу хрупкість і слабке зціплення.

Блискучі осадки хрому отримують при середніх температурах електролізу 45-65 °С у широкому діапазоні густини струму. Блискучий хром має найбільш високу твердість, хороше

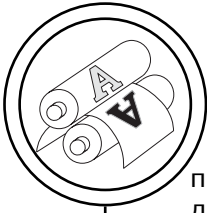
зціплення з основним металом і відносно невелику хрупкість.

Осад молочного хрому отримують при високих температурах електроліту (65-72 °С) і при густині струму 25-30 А/дм². Покриття молочним хромом мають порівняно з іншими невисоку твердість, значну пластичність, меншу пористість, більш високу захисну здатність.

При декоративному хромуванні сталей виробів хром є зовнішнім шаром багатшарового покриття: мідь-нікель-хром або нікель-мідь-нікель-хром.

При нанесенні захисного декоративного покриття хром застосовується у вигляді тонкого зовнішнього шару (як правило, товщиною до 1 мкм), двох-, трьох- і чотирьох шарів покриття, або як самостійне покриття, товщина якого досягає 12-15 мкм. Покриття, яке складається з тонкого шару хрому, нанесеного безпосередньо на мідний підшар, мідні або латунні деталі, мають пори, в яких виникає корозія.

Найбільш високу захисну здатність і корозійну стійкість мають молочні осадки хрому (один з видів корозійного покриття). Якщо порівняти з блискучими осадами видно, що вони мають менше тріщин і є менш пористими. Захисні властивості хромових покриттів значною мірою залежать від пористості й товщини осаду. При збільшенні товщини покриття пористість молочних осадків хрому зменшується, тоді як у блискучих збільшується. Однак захисні властивості молочних осадків хрому істотно знижуються при одночасній дії на деталь корозійного середовища й знакозмінних навантажень. Деталі з сталі, що



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

підлягають одночасній взаємодії механічного зносу й корозійного середовища, рекомендується покривати молочних хромом.

Хромові покриття характеризуються низькою змочуваністю, що затрудняє зберігання масляного змащування. Для усунення цього недоліку застосовують пористе хромування.

Пористий хром являє собою хромове покриття, на поверхні якого спеціально створюються велика кількість окремих пор або сітка тріщин, достатньо широка для проникнення в них масла. Така сітка тріщин сприяє значному покращенню змащуваності поверхні маслом. Пористо-хромове покриття, як правило, застосовується в якості зносостійких покриттів для деталей, які працюють на тертя у важких умовах експлуатації при недостатньому змащуванні.

Зносостійке покриття отримало три основних напрямки: підвищення зносостійкості нових деталей; відновлення розмірів зношених деталей; виправлення деталей, розміри яких занижені при механічній обробці.

Висновки

У результаті теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано комплексний (комбінований) технологічний процес обробки деталей поліграфічного обладнання, що полягає у створенні частково-регулярного мікрорельєфу з подальшим твердим хромуванням. У результаті запропонованої технології підвищується ерозійна стійкість, опір кавітаційному зносу, твердість, зносостійкість порівняно зі шліфованими поверхнями зросла в 1,5-2 рази.

1. Шнейдер Ю. Г. Технология финишной обработки давлением: Справочник / Ю. Г. Шнейдер. — СПб : Политехника, 1998. — 414 с. 2. Одинцов Л. Г. Финишная обработка деталей алмазным выглаживанием и вибровыглаживанием / Л. Г. Одинцов. — М. : Машиностроение, 1981. — 160 с. 3. Киричок П. О. Зміцнення поверхонь металевих деталей / П. О. Киричок, В. Г. Олійник, Т. Ю. Киричок. — Київ : Преса України, 2004. — 240 с. 4. Лотоцька О. І. Підвищення експлуатаційних властивостей деталей поліграфічних машин / О. І. Лотоцька // Технологія і техніка друкарства. — Київ : НТУУ «КПІ» ВПІ, 2008. — № 3-4. — С. 16—20. 5. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: Справочник. — Борисенко Г. В., Васильев Л. А., Ворошнин Л. Г. и др. — М. : Металлургия, 1981. — 424 с. 6. М. Б. Черкез. Хромирование / М. Б. Черкез. — Л. : Машиностроение, 1971. — 112 с. 7. Барсуков В. Н. Диффузионное насыщение сталей: Учебное пособие / В. Н. Барсуков, Б. И. Брук. — Л. : СЗПИ, 1987. — 88 с. 7. А. Н. Минкевич. Химико-термическая обработка металлов и сплавов / А. Н. Минкевич. — М. : Машиностроение, 1965. — 491 с. 8. Дубинин Г. Н. Газовый метод хромирования стали / Г. Н. Дубинин. — М. : ГНТ издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1950. — 58 с. 9. Л. Я. Богорад. Хромирование / Л. Я. Богорад. — Л. : Машиностроение, 1984. — 97 с.

Рецензент — Т. А. Роїк, д.т.н.,
професор, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 29.05.10