

ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПОКРИТТЯМИ, СИНТЕЗОВАНИМИ З ГАЗОВОЇ ФАЗИ

Основним напрямком підвищення показників надійності технічних систем є підвищення зносостійкості швидкозношуваних деталей, яке може бути досягнуте шляхом застосування сучасних технологічних процесів їх зміцнення. Розглянуто основні способи одержання зміцнювальних покриттів з газової фази. Проаналізована доцільність їх використання у ремонтному виробництві АПК.

Ключові слова: технічні системи, захисна плівка, зміцнювальні покриття, газова фаза, хімічне осадження, адгезія, екологічна чистота, тверді сплави, температура, теплова енергія.

У ремонтному виробництві широко застосовуються різні способи зміцнення, які можна поділити на 6 основних класів [1]:

- зміцнення з утворенням плівки на поверхні;
- зі зміною хімічного складу поверхневого шару;
- зі зміною структури поверхневого шару;
- зі зміною енергетичного запасу поверхневого шару;
- зі зміною мікрогеометрії поверхні та наклепом;
- зі зміною структури по всьому обсягу матеріалу.

У свою чергу, зміцнення зі створенням плівки на поверхні можна одержати за допомогою:

- а) хімічною реакцією;
- б) осадженням з газової фази;
- в) електролітичним (електрохімічним) осадженням (нанесенням);
- г) напилюванням.

Характерною рисою одержання зміцнювальних покриттів з парової або газової фази є пряме перетворення електричної або іншої енергії в енергію технологічного впливу, засновану на структурно-фазових перетвореннях в обложеному на поверхні конденсаті або в самому поверхневому шарі деталі, розміщеної у вакуумі до заход (або в атмосфері).

Основною перевагою цих методів є можливість створення досить високого рівня фізико-механічних властивостей матеріалів у тонких поверхневих шарах, нанесення щільних покриттів з тугоплавких хімічних сполук, також алмазоподібних, які неможливо одержати традиційними методами. Крім того, ці методи дозволяють забезпечити:

- високу адгезію покриття до основи;
- рівномірність покриття по товщині на великій площі;
- високу чистоту поверхні покриття;
- екологічну чистоту виробничого циклу.

Методи створення зміцнювальних покриттів за допомогою осадження вакуумі (або в атмосфері робочого газу) бувають фізичними (комбінований метод ство-

рення зміцнювальних покриттів у вакуумі – КМСЗПВ) і хімічними (хімічний метод створення зміцнювальних покриттів у вакуумі – ХМСЗПВ) (рис. 1) [2]. Усередині цих двох груп існує досить велика кількість способів нанесення покриттів, зокрема комбінованих або способів з підтримкою або активацією процесу від інших джерел енергії.

Як впливає із назви використовуваних процесів (КМСЗПВ і ХМСЗПВ), вони засновані на різних явищах. Кінцевий же результат і в тому та в іншому випадку – осадження з газової фази матеріалу покриття на основу. Порівнюючи ці два методи, слід зазначити, що основною перевагою методів ХМСЗПВ є більш простий спосіб завантаження деталей у камеру, немає необхідності у тривалому багатоступінчастому очищенні та дотриманні високої чистоти поверхні, так само немає необхідності в обертанні деталі при нанесенні покриття. Це роблять метод ХМСЗПВ економічно вигідним при нанесенні покриттів на більші партії деталей. У свою чергу, нанесення КМСЗПВ-покриттів за допомогою дугового або тліючого розряду (магнетрону) має більшу продуктивність і не настільки чутливе до незначних відхилень технологічних параметрів.

При фізичному осадженні (фізичний метод створення зміцнювальних покриттів у вакуумі – ФМСЗПВ) матеріал покриття переходить із твердого стану в газову фазу в результаті випару під впливом теплової енергії або в результаті розпилення за рахунок кінетичної енергії зіткнення часток матеріалу. КМСЗПВ-процеси проводять у вакуумі або в атмосфері робочого газу при досить низькому тиску.

Метод хімічного осадження (МХО) практично не має обмежень щодо хімічного складу покриттів. Усі присутні частки можуть бути обложені на поверхню матеріалу. Які покриття при цьому утворюються, залежить від комбінації матеріалів і параметрів процесу.

При використанні ХМСЗПВ-методу хімічні реакції відбуваються в безпосередній близькості або на поверхні оброблюваного матеріалу. На відміну від про-

цесів КМСЗПВ, при яких тверді матеріали покриття переходяться в газоподібну фазу випаром або розпиленням, при ХМСЗПВ-процесі в камеру для нанесення покриття подається суміш газів. Для протікання необхідних хімічних реакцій потрібна температура до 1100 °С, що обмежує число матеріалів, на які можна нанести ХМСЗПВ-покриття (рис. 1), тому що минулі термічну обробку матеріали втрачають у результаті відпуску свої властивості.

Процеси ХМСЗПВ відбуваються при тисках 100...1000 Па. Покриття наноситься на всю поверхню виробу. Для одержання однакових властивостей усього покриття в обсязі робочої камери (особливо великий) необхідно забезпечити оптимальні потоки газу. Із цією метою застосовуються спеціальні системи подання газу, так званий газовий душ. Установки ХМСЗПВ, як правило, мають достатньо великі габарити. Для запобігання небезпечних викидів газів в атмосферу використовується спеціальна система фільтрів. Завдяки високій температурі нанесення, що забезпечує часткову дифузію матеріалу, що наноситься в основу, покриття ХМСЗПВ характеризуються кращою адгезією порівняно з покриттями КМСЗПВ.

Для зниження шкідливого впливу температури на властивості твердих сплавів розроблений спосіб нанесення покриття ХМСЗПВ при температурах близько 800 °С, який одержав назву середньотемпературного методу (МТ-ХМСЗПВ) (рис. 1).

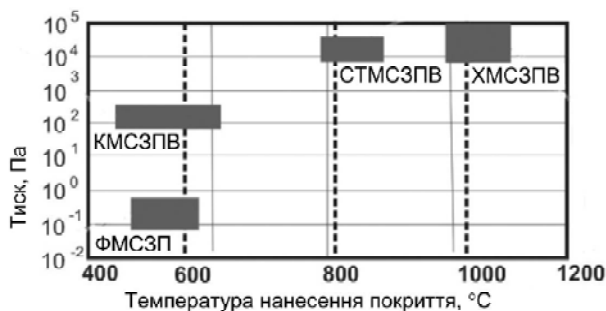


Рис. 1. Параметри основних методів отримання покриттів з газової фазової фази у вакуумі (або в атмосфері робочого газу)

КМСЗПВ і ХМСЗПВ-методи також відрізняються за виглядом внутрішніх напружень у шарі покриття, що наноситься. При методі КМСЗПВ переважають стискальні напруги, а при методі ХМСЗПВ – розтягувальні.

Нещодавно був розроблений ще один різновид методу ХМСЗПВ, що дозволив знизити температуру нанесення покриття практично до температур, використовуваних у КМСЗПВ-методі [2], що одержала назву Р-ХМСЗПВ (рис. 2).

Практично метод являє собою комбінацію двох основних методів, оскільки нанесення покриттів ХМСЗПВ-методом відбувається в середовищі плазми (як при КМСЗПВ). Також в іноземній літературі застосовують позначення РА-ХМСЗПВ (активовані плазмою ХМСЗПВ-процеси) і РЕ-ХМСЗПВ (посилений плазмою ХМСЗПВ).

Для початку хімічних реакцій при цьому методі використовується не висока температура, а плазма в робочій камері. Плазма має каталітичний вплив і концентрує енергію. У результаті процеси можуть протікати при більш низьких температурах. За допомогою Р-ХМСЗПВ-методу, залежно від підведеного газу, можна наносити карбідні, нітридні та карбонітридні покриття при температурах 400–500 °С. Порівняно з отриманими за методом КМСЗПВ, ці покриття мають кращу адгезію та менші внутрішні напруження. Крім того, відпадає необхідність в особливому розташуванні виробів для одержання рівномірного покриття. Однак метод Р-ХМСЗПВ поки не одержав широкого поширення.

Процес низькотемпературного газозафазного синтезу плазмохімічних покриттів (ПХП) – це один з методів, розроблених останнім часом, здатний багаторазово підвищити довговічність деталей, що зношуються, з використанням малогабаритного легко переналагоджуваного устаткування, що працює при атмосферному тиску, на відміну від способів КМСЗПВ і ХМСЗПВ, здійснюваних у вакуумних камерах. Сутність процесу полягає в тому, що легко летючі органічні речовини, які подаються в плазму, утворюють різного роду хімічні сполуки, які конденсуються на оброблюваній поверхні і вигляді тонких плівок, що формують покриття.

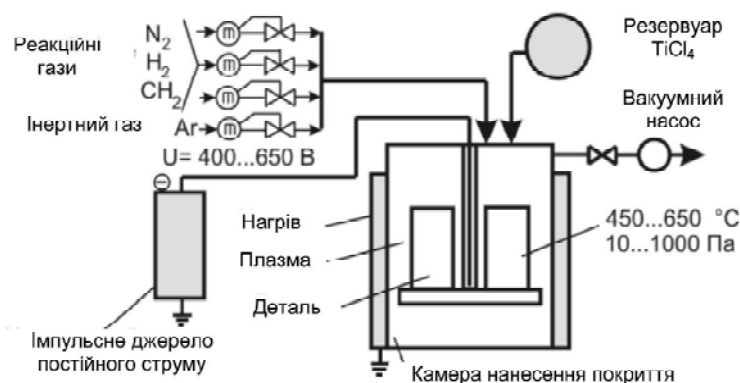


Рис. 2. Схема установки для нанесення покриттів методом Р-ХМСЗПВ

Ціль ПХП – багаторазове збільшення стомлюваних властивостей, корозійної стійкості, жаростійкості, антископлювання, фретинг-стійкості, що забезпечує підвищення експлуатаційних властивостей деталей.

Найбільш прогресивним способом нанесення ПХП є фінішне плазмове зміцнення (ФПЗ).

Способом ФПЗ наносять зносостійке покриття, товщиною до 3.10 мкм у безвакуумному просторі при атмосферному тиску [5]. При цьому зміцнення деталей машин відбувається при їхній температурі в процесі обробки порядку 100...200 °С. ФПЗ можна проводити з нанесенням зносостійкого покриття та з одночасним повторним загартуванням підплівкового шару або без нього. Відмінною рисою ФПЗ є можливість нанесення зносостійкого покриття без значного термічного впливу на основний матеріал деталі.

Основним принципом, взятим за основу технології ФПЗ, є розкладання пар рідких хімічних реагентів, що вводяться в дуговий плазмотрон, з подальшим проходженням плазмохімічних реакцій і утворенням на поверхні деталі зміцнювального покриття.

Процес протікає в кілька стадій [6]:

- створення стійкого потоку плазми дугового розряду з використанням у якості плазмоутворюючого газу аргону та плазмотрону непрямої дії;

- випаровування рідких хімічних реагентів в обсязі спеціального живильника та перенесення їх разом з додатковим потоком інертного газу в утворену раніше плазму дугового розряду;

- одержання в дуговому каналі плазмотрону непрямої дії паро-плазмового потоку утримуючого збуджені атоми, молекули, радикали, позитивно та негативно заряджені іони, електрони, кластери;

- проходження плазмохімічних реакцій компонентів парової фази у плазмі дугового розряду з утворенням нових з'єднань і перенесення продуктів реакцій плазмовим струменем до поверхні деталі;

- конденсація продуктів реакцій на поверхні деталі з одночасним тепловим впливом на неї факела плазмового струменя;

- проходження взаємодії між адсорбованими обложеними продуктами реакцій на підложці росту, що призводить до зародження покриття.

Протікання процесу ФПЗ нагадує основні стадії фізичного осадження покриттів з парової фази (методи КМСЗПВ). Але, на відміну від відомих процесів КМСЗПВ, цей метод зміцнення дозволяє реалізовувати всі стадії утворення покриття при атмосферному тиску, без вакуумних камер. Крім того, покриття, нанесені методом КМСЗПВ, при їхньому осадженні на низькотемпературну основу з температурою менш 250 °С звичайно мають низьку адгезію [6].

Як джерело теплової енергії для нанесення покриття при ФПЗ використовується плазмовий струмінь, що минає при атмосферному тиску з малогабаритного дугового плазмотрону (рис. 3).

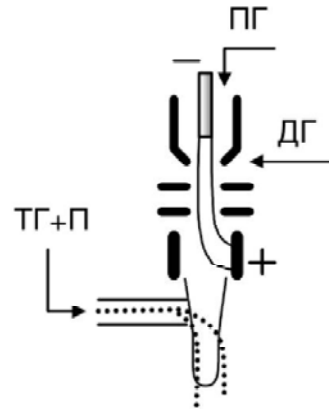


Рис. 3. Схема плазмотрону для ФПЗ. Гази: ПГ – плазмоутворювальний, ТГ – транспортувальний, ДГ – додатковий, П – реагенти зміцнення

Ефективність ФПЗ заснована на підвищенні ресурсу деталей мінімум у два рази [5, 6], що досягається за рахунок утворення діелектричного, хімічно інертного захисного покриття з одночасною зміною фізико-механічних властивостей поверхневого шару деталі; збільшенням її мікротвердості (як правило, в 1,5–2 рази), значного зменшення коефіцієнту тертя, вирівнювання мікрорельєфу.

Висновки

1. Устаткування ХМСЗПВ і КМСЗПВ дороге, технічно складне, стаціонарне і має великі габаритні розміри. У низці випадків на цьому устаткуванні недоцільне зміцнення дрібних партій виробів.

2. Технології ХМСЗПВ і КМСЗПВ досить складні та передбачають якісне багатоступеневе очищення та підготовку поверхні, використання дорогих високочистих хімічних реагентів (TiCl₄, NH₃ і т. д.) і прецизійних дозаторів хімічних реагентів, точний контроль продуктів хімічних реакцій у робочій камері та т. п.

3. Устаткування для ФПЗ містить у собі переносний блок апаратури з дозатором-випарником реагентів і малогабаритним плазмотроном, водяну систему охолодження та балон із плазмоутворювальним газом – аргоном, витяжку. Як джерело живлення може використовуватися серійний зварювальний випрямляч.

4. Технологічний процес ФПЗ містить у собі операції очищення (знежирення) поверхні деталі та безпосередньої її обробки відкритою плазмою, на відміну від ХМСЗПВ та КМСЗПВ не у вакуумі, а на відкритому повітрі. Тривалість обробки деталей не перевищує декількох хвилин. Температура нагрівання деталей при цьому не більше 200 °С, геометрія поверхні та параметри шорсткості не змінюються. Вимоги безпеки при ФПЗ не накладають обмежень для його широкого використання та визначаються застосуванням витяжок і зварювальних джерел живлення.

5. Технології ХМСЗПВ і КМСЗПВ використовуються в основному в багатосерійному і масовому виробництві різального інструменту та деталей машин для їхнього зміцнення. У ремонтному виробництві АПК, на наш погляд, ці технології, у більшості випадків, використовувати недоречно.

6. Для ремонтного виробництва АПК найбільш прийнятним з можливих способів одержання зміцнювальних покриттів осадженням з газової фази, є фінішне плазмове зміцнення або аналогічний спосіб одержання плазмохімічних покриттів.

Список літератури

1. Тушинский Л. Н. Теория и технология упрочнения металлических сплавов / Тушинский Л. Н. – Минск : Наука, 2004.
2. Локтев Д. Методы и оборудование для нанесения износостойких покрытий / Локтев Д. // Наноиндустрия. Научно-технический журнал. – 2014. – № 4. – С. 18–26.
3. Козырева Л. В. Повышение надежности поворотных опор навозоуборочных транспортеров ТСН-160А композиционными материалами / Козырева Л. В. – М., 2014. – 26 с.

4. Чупятов Н. Н. Технология восстановления и упрочнения деталей шестеренных насосов НШ-50У ХМСЗПВ-методом металлоорганических соединений : автореф. дисс. на соискание научн. степени канд. техн. наук : 05.20.03 / Н. Н. Чупятов. – М., 2008. – 16 с.
5. Тополянский П. А. Финишное плазменное упрочнение инструмент и оснастки - итоги исследований и внедрений / Тополянский П. А. // Технологии ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций. Материалы 6-й Международной практической конференции-выставки 13–16 апреля 2010 г. – г. Санкт-Петербург. – 2010. – С. 232–257.
6. Тополянский П. А. Исследование адгезионных свойств и механизма образования покрытия, наносимого методом финишного плазменного упрочнения / Тополянский П. А. // Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмент и технологической оснастки // Материалы 7-й Международной практической конференции-выставки 12–15 апреля 2010 г. – г. Санкт-Петербург : Изд. СПбГПУ, 2005. – С. 316–333.

Одержано 18.12.2017

Пonomarenko A.M., Handuk N.V. Технология упрочнения деталей машин покрытиями, синтезированными из газовой фазы

Основным направлением повышения показателей надежности технических систем есть повышение износоустойчивости быстроизнашивающихся деталей, которое может быть достигнуто путем применения современных технологических процессов их укрепления. Рассмотрены основные способы получения упрочняющих покрытий из газовой фазы. Проанализирована целесообразность их использования в ремонтном производстве АПК.

Ключевые слова: *технические системы, защитная пленка, упрочняющие покрытия, газовая фаза, химическое осаждение, адгезия, экологическая чистота, твердые сплавы, температура, тепловая энергия.*

Ponomarenko A., Handuk N. Technology for hardening machine parts with coatings synthesized from the gas phase

The basic direction of increase of indicators of reliability of technical systems is to increase the wear resistance of wearing parts, which can be achieved through the application of modern technological processes of hardening. The main methods of obtaining a hardening coatings from the gas phase are described.

Key words: *technical systems, protective film, hard coating, gas phase, chemical vapor deposition, adhesion, environmental friendliness, hard alloys, temperature, thermal energy.*