

УДК 621.793

Д.В. Прихожа, магістрант гр. ПБ-81мп, д.т.н., проф. Антонюк В.С.,

к.т.н. Рутковский А.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ІПМ ім. Г.С. Писаренка НАН України

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЙОННО-ПЛАЗМОВОГО ТЕРМОЦИКЛІЧНОГО АЗОТУВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ

Анотація. Розглянуто вплив технологічних режимів обробки йонно-плазмовим термоциклічним азотуванням на формування функціонального покриття на зразках із сталі 40Х13. Проаналізовано мікротвердість та товщину азотованого шару експериментальних зразків. Розроблено математичну модель розрахунку залежності товщини функціонального покриття отриманого після обробки сталі 40Х13 йонно-плазмовим термоциклічним азотуванням від робочого тиску, температури та тривалості обробки.

Ключові слова: інженерія поверхні, йонно-плазмове термоциклічне азотування, функціональне покриття, мікроструктура, мікротвердість, метод групового врахування аргументів.

ВСТУП

Однією з основних тенденцій розвитку сучасного приладо- та машинобудування є інтенсифікація за рахунок використання прогресивних технологій, а також використанням нових конструкційних матеріалів і захисних покриттів, що мають підвищені триботехнічні, фізико-хімічні і механічні характеристики [1].

Формування на поверхнях деталей функціональних покриттів підвищує їх експлуатаційні властивості, що призводить до розширення галузі їх використання.

Існує велика кількість методів поверхневого зміцнення металів і сплавів, за допомогою яких можливо в тій чи іншій мірі підвищити працездатність виробів [2].

Одним з перспективних напрямків підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин і механізмів є їх обробка у вакуумі [3].

Найбільшого поширення набули процеси хіміко-термічної обробки в тліючому розряді серед яких йонне азотування в тліючому розряді. Результатом обробки деталей цим методом є формування покриттів для зміцнення і захисту деталей від агресивного впливу та зношування [4-5].

Технологія термоциклічного йонного азотування відрізняється тим, що нагрівання деталей відбувається тільки поверхневим підводом енергії тліючого розряду [6].

Використання йонно-плазмового термоциклічного азотування відповідає вимогам сучасного виробництва, та має ряд переваг над іншими методами хіміко-термічної обробки. Перевагами методу йонно-плазмового термоциклічного азотування є висока продуктивність, екологічність, енергозбереження [7].

Метою роботи є дослідження впливу технологічних параметрів йонно-плазмового термоциклічного азотування на покриття поверхонь деталей.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Експериментальні дослідження процесу йонно-плазмового термоциклічного азотування виконували на установці «ВІПА-1», яка призначена для модифікації поверхневого шару конструкційних, нержавіючих та інструментальних сталей. (Рис. 1).



Рисунок 1. Загальний вигляд установки йонно-плазмового термоциклічного азотування

До складу установки входять системи автоматизації контролю технологічного процесу, що дозволяє проводити контроль параметрів обробки в режимі реального часу.

Обробку проводили у вакуумній камері при відсутності конвективних втрат тепла шляхом циклічної подачі енергії тліючого розряду.

Для реалізації експерименту в розрідженому середовищі, яке містить азот, між катодом (деталлю) і анодом (камерою) збуджується тліючий розряд, йони газу, бомбардуючи поверхню виробу, нагрівають її до температури насичення.

Інтенсифікація процесу при йонному азотуванні пояснюється впливом тліючого розряду на всі елементарні процеси, які сприяють утворенню функціонального покриття: активація газової фази, адсорбція і дифузія.

Експериментальні дослідження виконували на високолегованій сталі 40X13 (ГОСТ 5949-75).

Формування функціональних покриттів виконували з режимами обробки: температура нагріву знаходилась в межах від 500 до 680°C; напруження тліючого розряду – 400...600 В; робочий тиск – 0,6-1,8 Торр; відношення газів в камері: аргон – 60%, азот – 40%; тривалість обробки – 1...50 год.

Першим етапом реалізації методу йонно-плазмового термоциклічного азотування є встановлення деталей в камеру та підключення систем.

Після підключення камери і деталі до струму живлення накачували суміш газів до 20...35 Па.

Для збудження тліючого розряду подається напруга на електроди (від 0 до 500 В). Після катодного розпилення встановлюються робочі параметри обробки. Напруга та тиск підвищується до 600...800 В та до 60...90 Па відповідно.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Отримане таким чином, зміцнене покриття методом йонно-плазмового термоциклічного азотування фактично являє собою модифікований (легований)

поверхневий шар матеріалу деталі, який отримують шляхом адресного підведення енергії масообміну.

На основі результатів експерименту проведено аналіз розподілу мікротвердості по глибині азотованого шару (рис. 2).

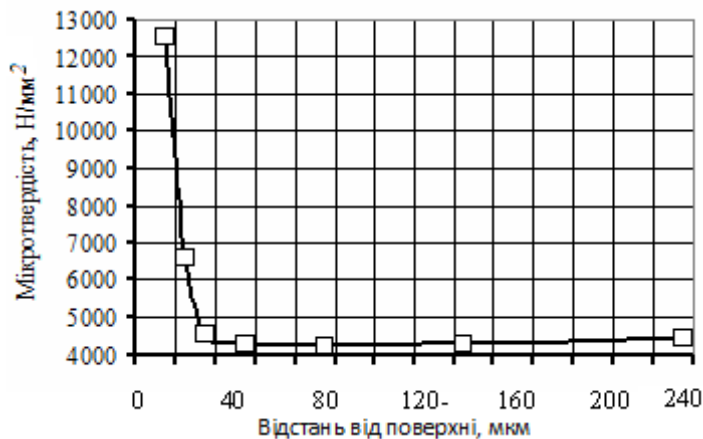


Рисунок 2. Розподіл мікротвердості по глибині азотованого зразка сталі 40Х13

Вивчення мікроструктури зразків, оброблених при різних режимах показало, що вони мають схожу структуру. Азотований шар відрізняється високою щільністю.

Відмінності по товщині і твердості пов'язані з режимом обробки, зокрема з більш низькою температурою.

Таким чином, загальна глибина азотованого шару, становить 9-12 мкм.

Параметри мікротвердості по глибині шару визначали на мікротвердомірі ПМТ 3М з навантаженням 100 г.

На рисунку 2 показано розподіл мікротвердості по глибині азотованого шару зразка сталі 40Х13, який отримали при робочому тиску – 0,7 Торр, температурі – 450 °С, тривалість обробки – 50 год.

Розподіл мікротвердості по глибині шару (рис. 2), показав, що мікротвердість зростає в напрямку від поверхні шару сірої фази до підкладки.

При цьому встановлено, що відмінності по товщині зміцненого шару і мікротвердості пов'язані з режимами йонно-плазмового термоциклічного азотування, зокрема з більш низькою температурою та збільшенням тривалості обробки.

Для аналізу впливу параметрів обробки методом йонно-плазмового термоциклічного азотування на формування дифузійних шарів застосовано метод математичного моделювання – метод групового врахування аргументів, який дозволяють отримати математичну модель оптимальної складності по заданому критерію на основі незначної кількості апріорної інформації [8].

Факторами варіювання вибрано: робочий тиск P (Торр), температура обробки T (°С), тривалість обробки t (год).

Як параметр оптимізації вибрано товщину азотованого покриття h (мкм).

В результаті математичної обробки результатів експерименту зразків азотованого шару сталі 40Х13 отримано адекватну модель (1) для розрахунку товщини сформованого покриття

$$y = -1,28 - 0,02x_1 + 0,01x_2 - 1,53x_3, \quad (1)$$

де y – розрахункова товщина азотованого шару; x_1, x_2, x_3 – параметри варіювання: робочий тиск P (Торр), температура обробки T (°С), тривалість обробки t (год), відповідно.

Як показав аналіз отриманої математичної моделі встановлено, що найбільший вплив на формування товщини функціонального покриття чинить тривалість обробки.

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження показали перспективність і доцільність застосування йонно-плазмового термоциклічного азотування для підвищення функціональних властивостей поверхневого шару високолегованих сталей.

Дослідження впливу факторів (робочий тиск, температура, тривалість обробки) на товщину функціонального покриття показали, що вагомий вплив на дифузію азоту має тривалість обробки. При дослідженні мікротвердості встановлено, що відмінності по товщині зміцненого шару і мікротвердість пов'язані з режимами обробки, зокрема з більш низькою температурою та збільшенням тривалості обробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Ляшенко Б.А. Тенденции развития упрочняющей поверхностной обработки и положение в Украине / Б.А. Ляшенко, С.А. Клименко // Сучасне машинобудування. – 1999. – №1 (1). – С.94-104
- [2] Антонюк В.С. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин // Резание и инструмент в технологических системах. – Межд. науч.-техн. сборник. - Харьков: НТУ “ХПИ”, 2007, Вып.73. - С. 25-31.
- [3] Антонюк В.С. Новое в формировании упрочняющих покрытий фрикционных поверхностей // В.С. Антонюк, М.С. Дигам // Сучасне машинобудування. - Київ: №1.–1999.–С. 105-110.
- [4] Ионно-лучевая и ионно-плазменная модификация материалов / К.К. Кадыржанов, Ф.Ф. Комаров, А.Д. Погребняк и др. – Москва: Изд-во МГУ.– 2005. – 640 с.
- [5] Лойко В.А., Ивашко В.С., Клименко С.А., Антонюк В.С., Хейфец М.Л. Вакуумные ионно-плазменные технологии в ремонтном производстве: монографія / В.А.Лайко [и др. Минск: БГАТУ, 2007. – 192 с.
- [6] Рутковский А.В. Модификация поверхности материалов низкоэнергетическим ионным воздействием / А.В. Рутковский, Б.А. Ляшенко // Междунар. симп. ОТТОМ – Харьков. – 2001. – С.94-99.
- [7] Ляшенко Б.А., Рутковский А.В., Антонюк В.С. и др. Застосування йонно-плазмового термоциклічного азотування для підвищення зносостійкості високолегованої сталі // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Вип №3(74). – 2015. – С. 28 – 33.
- [8] Антонюк В.С., Выслоух С.П. Информационные технологии при технологической подготовке производства // Процеси механічної обробки в машинобудуванні: Зб. наук. Праць.: ЖДТУ — 2009. — Вип. 6. — С. 3 – 18.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Антонюк В.С.