

УДК 669.1:537.5

**М.С. Стечишин, докт. техн. наук, проф., Н.М. Стечишина, канд. техн. наук,
Н.С. Машовець, канд.техн.наук. доц.**

Хмельницький національний університет, Україна

БЕЗВОДНЕВЕ АЗОТУВАННЯ В ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ АУСТЕНІТНИХ НЕРЖАВЮЧИХ СТАЛЕЙ

**M.S. Stechyshyn, Dr, Prof., N.M. Stechyshyna, Ph.D., N.S. Mashovets, Ph.D.,
Assoc.Prof.**

HYDROGEN- FREE NITRIDING IN THE GLOW DISCHARGE OF AUSTENITIC STAINLESS STEELS

Аустенітні нержавіючі хромонікелеві сталі типу 08X18H10, 12X18H10T широко використовуються у харчовій, хімічній промисловості для виготовлення деталей, що працюють в умовах корозійного впливу. Ці сталі мають високу корозійну стійкість, підвищені механічні характеристики, добре піддаються зварюванню, але мають схильність, особливо в розчинах хлориду натрію, до міжкристалітної корозії в результаті скупчення по границям зерен карбідів, сірки та інших домішок [1]. Суттєвим недоліком цих сталей є також невисока стійкість до зношування. Для підвищення зносостійкості часто використовують різні методи поверхневого зміцнення, у тому числі хіміко-термічну обробку (ХТО). Однак наявність пасивної плівки на поверхні, низький коефіцієнт дифузії і утворення шарів хімічних сполук, які є практично непроникними для дифузії, значно ускладнюють цю задачу [2]. Азотування нержавіючих сталей, у першу чергу в тліючому розряді, є найбільш розповсюдженим методом ХТО [3-5]. При цьому вплив азотування на зносостійкість порівняно мало вивчений.

Холоднодеформовані пластинчасті зразки сталі 08X18H10 азотували в установці ННВ-6.6-И1 в сумішах азоту та аргону різного складу. Температура обробки складала від 450 до 700 °С, тривалість від 1 до 50 годин. Перед азотуванням протягом 25-30 хв проводили очищення поверхні зразків катодним розпиленням при різниці потенціалів від 1100 до 1300 В. Фазовий рентгенівський аналіз виконували на установці «Дрон-3» у випромінюванні заліза. Розподіл основних легуючих елементів досліджували на аналізаторі «Самебах». Вміст азоту визначали на приладі ТС-300.

Зносостійкість азотованих зразків визначали в умовах, що імітують гідроабразивне зношування, характерне для деталей сільськогосподарського обладнання. Абразивним середовищем слугувала суспензія карборундової крихти з зерном від 0,2 до 0,5мм у 3-відсотковому розчині хлориду натрію.

Дослідження показали, що азотований шар складається з двох зон: нітридної і дифузійної (зони внутрішнього азотування). Загальна глибина азотованого шару закономірно зростає зі збільшенням тривалості обробки. Максимальна мікротвердість шару зростає із збільшенням тривалості азотування, але швидкість зростання мікротвердості після 10-12 год насичення азотом зменшується. Також зміна розподілу мікротвердості по глибині шару показала, що зі збільшенням тривалості обробки більше двох-трьох годин мікротвердість верхньої частини нітридної зони неперервно знижується. Підвищення температури обробки сприяє ще більшому падінню твердості.

Максимум твердості припадає на шар товщиною від 30 мкм при температурі азотування 450 °С і до 50 мкм при температурі азотування 630 °С, що відповідає межі нітридного шару з дифузійною зоною. При цьому мікротвердість становить від 6000 до 13000 Н/мм². У напрямку до поверхні твердість знижується, досягаючи мінімальних значень від 500 до 700 Н/мм². При цьому у нітридній зоні утворення пор розтріскування не спостерігалось.

Товщина нітридної зони досліджуваних зразків складала 30 мкм. Відносний вміст фаз оцінювали за інтегральною інтенсивністю ліній. У напрямі від поверхні вглиб нітридної зони вміст нітридів збільшується. Це найбільш характерно для нітриду CrN.

Випробування на гідроабразивне зношування показали, що порівняно з вихідним станом стійкість азотованої сталі 08X18H10 зросла у два рази. Для порівняння випробовували зразки, вкриті електрохімічно твердим хромом товщиною 200 мкм. Гідроабразивна зносостійкість яких підвищилася приблизно в 1,2 рази.

Висновки. 1. Із збільшенням температури і тривалості азотування сталі 08X18H10 одночасно із зростанням товщини азотованого шару спостерігається падіння твердості верхньої частини нітридної зони до мінімальних значень від 500 до 700 Н/мм². При цьому твердість плавно зростає до максимальних значень, характерних для границі нітридної та дифузійної зон.

2. Визначення концентрації азоту в азотованих зразках показало, що із зростанням товщини нітридної зони вміст азоту в ній знижується. Зниженню концентрації азоту сприяє збільшення тривалості і, особливо, температури обробки. Найбільш ймовірна причина цього – дисоціація азоту.

3. Лабораторні випробування на гідроабразивне зношування показали, що порівняно з вихідним станом зносостійкість азотованої сталі 08X18H10 зросла у два рази. Промислові випробування роторів центрифуг на збагачувальних фабриках підтвердили результати лабораторних досліджень.

Література

1. Стечишина Н.М., Стечишин М.С., Машовець Н.С. Корозійно-механічна зносостійкість деталей обладнання харчових виробництв: монографія. – Хмельницький: ХНУ, 2022.-181с.
2. Стечишин М.С. Довговічність деталей обладнання харчової промисловості при корозійно-механічному зношуванні. Автореферат дисертації д.т.н. – Хмельницький, 1998. – 32 с.
3. Ионное азотирование феррито-перлитной и аустенитной сталей в газовых разрядах низкого давления / А. Д. Коротаев, С. В. Овчинников, А. Н. Тюменцев // ФХОМ. – 2004. – № 1. – С. 22–27.
4. Каплун В.Г., Каплун П.В. Ионное азотирование в безводородных средах. Хмельницький: ХНУ, 2015. – 215с.
5. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде / И. М. Пастух. – Харьков : ННЦ ХФТИ, 2006. – 364 с.