

УДК 669.14.018.025

ВИКОРИСТАННЯ ІОННО – ПЛАЗМОВОГО АЗОТУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНО – МЕХАНІЧНОЇ ТРИВКОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

З.А. Дурягіна

Доктор технічних наук, професор*
Контактний тел.: (032) 258 -25-13
E- mail: zduriagina@ukr.net

О.В. Нестеров

Кандидат технічних наук, доцент
Запорізький національний технічний університет
Контактний тел: 095-598-46-45

Н.В. Щербовських

Аспірант*
Контактний тел.: (032) 258-25-13
E- mail: shcherbovskiyhnat@ukr.net

*Кафедра інженерного матеріалознавства та прикладної фізики Інституту математики та фундаментальних наук Національний університет "Львівська політехніка"

Досліджено сталі феритного (08X8CЮТч) та аустенітного (12X18H10T) класів після іонно - плазмового азотування. Показано, що залежно від умов експлуатації та структурного класу сталей можна свідомо керувати процесом структуроутворення

Ключові слова: азотування іонно – плазмове, сталь, шар

Исследованы стали ферритного (08X8CЮТч) и аустенитного (12X18H10T) классов после ионно – плазмового азотирования. Показано, что в зависимости от условий эксплуатации и структурного класса сталей можно обдуманно руководить процессом структурообразования

Ключевые слова: азотирование ионно – плазменно, слой, сталь

Investigated ferritic steel (08H8SYuTch) and austenitic (12X18H10T) classes after ion - Plasma nitriding. It is shown that, depending on environmental conditions and structural grade steel can deliberately direct the process of structuring

Keywords: ion- plasm nitriding, layer, steel

1. Вступ

Найбільш поширеними причинами ушкодження деталей машин та вузлів металоконструкцій, що експлуатуються за умов підвищених температур при одночасній дії навантажень та агресивних середовищ є корозійно-ерозійне ушкодження поверхні. Для підвищення їх експлуатаційних властивостей застосовують різні методи інженерії поверхні від традиційних видів хіміко – термічної обробки до поверхневої пластичної деформації, нанесення покриттів тощо.

Використання газового пічного азотування характеризується низкою суттєвих недоліків: деформацією деталей в результаті великої тривалості процесу, відсутністю можливості одержання дифузійних шарів заданого складу, низькою продуктивністю та небезпечними санітарно – гігієнічними умовами виробництва. Цих недоліків позбавлений метод іонно – плазмового азотування (ІПА) у тліючому розряді,

фізична суть якого полягає у збудженні імпульсного розряду у азотно – водневому середовищі між деталями, що азотуються та одночасно виконують роль катоду і стінками вакуумної камери, яка є анодом. Хімічні реакції у плазмі тліючого розряду відбуваються за умов рівноважних концентрацій реагентів на границі поділу системи «газове середовище – поверхня конструкційного матеріалу». Утворені іони спочатку адсорбуються на міжфазній границі, а потім дифундують у поверхневі шари металовиробу. Змінюючи концентрацію насичуючих газів, їх тиск, температуру плазми можна регулювати глибину синтезованих дифузійних шарів, їхню структуру, фазовий склад та контролювати рівень дефектності. Оптимізація режимів азотування конкретних матеріалів дозволяє практично повністю усунути деформацію деталей, мінімізувати тривалість процесу завдяки високій інтенсивності насичення, підвищити екологічну безпеку виробництва.

2. Матеріали та методика досліджень

В роботі досліджено сталі феритного (08X8CЮТч) та аустенітного (12X18H10T) класів після іонно - плазмового азотування на установці ИОН -20И2 фірми «ЭФТТОМ-ИОН» (Болгарія). Основні технологічні характеристики установки наступні: робочий газ – аміак, тиск аміаку – від 1 до 6 мбар при витратах 20 л/год, струм в імпульсі – від 0 до 60 А, напруга в імпульсі – від 0 до 800 В, частота імпульсів – 10 кГц, максимальна температура процесу – 600°C. Змінюючи тиск аміаку та інтенсивність тліючого розряду можна формувати дифузійні шари різного фазового складу та функціонального призначення. Залежно від поставлених задач акцент в їхній структурі можна робити або на γ' - фазу складу $FeMe_4N$ або на ϵ - фазу складу $FeMe_{2-3}N$.

Металографічний аналіз торцевих мікрошліфів здійснювали на мікроскопі МЕТАМ РВ-21. Оцінюючи експлуатаційні властивості досліджуваних сталей важливо встановити характеристику пластичності δ_H синтезованих поверхневих шарів, що не можливо здійснити стандартними методами механічних випробувань. Для цього нами використано метод мікроідентування на приладі ПМТ-3. Фізична суть параметру δ_H полягає у тому, що його можна розглядати як частку пластичної деформації від повної деформації, що виникає в результаті заглиблення індентора. Оскільки сформовані нами шари не володіють високою крихкістю, то для розрахунку характеристики пластичності використовували спрощену модель пружно – пластичного контакту. При цьому ураховані наступні припущення: пластична деформація алмазного індентора відсутня; його форма незмінна; величина загальної деформації усереднена і стала за контактною площею відбитку у напрямку прикладення навантаження; форма відбитку ідентична формі індентора. Для підвищення точності вимірювань здійснювали по шість уколів індентором при навантаженні 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,5 Н відповідно.

Характеристику пластичності δ_H визначали за глибиною сформованого шару та розраховували за формулою [1]:

$$\delta_H = 1 - 14,3 \cdot (1 - \nu - 2 \cdot \nu^2) \cdot \frac{HV}{E}, \quad (1)$$

де E – модуль пружності, ν – коефіцієнт Пуассона, HV – мікротвердість за Вікерсом.

В методиці визначення характеристики пластичності передбачено, що величина δ_H змінюється від 0 (для абсолютно пружного контакту) до 1 (для абсолютно пластичного контакту), хоча на практиці ніколи не досягає вищезгаданих граничних значень.

Оцінка корозійної тривкості досліджуваних сталей після іонного азотування здійснювалась за результатами прискорених випробувань у камері «сольового туману». Робоче середовище складалося з 5%-ного розчину NaCl з додаванням 0,25 г/дм³ оцтової кислоти до рН = 3, - 3,3. При цьому температура у камері підтримувалась на рівні 35±5°C, вологість 100%, час випробувань – 100 годин.

3. Результати експерименту та їх обговорення

Сталь 08X8CЮТч було розроблено для виготовлення деталей автомобілів з відведення вихлопних

газів та систем відведення використаних газів різного енергетичного обладнання.

Хімічний склад сталі забезпечує утворення на поверхні тонких жаростійких плівок, які значно знижують швидкість корозійного процесу при температурах від 200 до 700°C [2].

Тривалий досвід експлуатації глушників вихлопу автомобілів і газових виходів хлібопекарських печей показав достатньо високий рівень експлуатаційних характеристик сталі 08X8CЮТч, що дозволяє використовувати цю сталь замість більш дорогих жаростійких сталей аустенітного класу. Саме тривалість спостережень дозволила визначити аспекти, що потребують покращення будови поверхні виробів для підвищення їх стійкості до абразивного зношування та корозійного руйнування.

Легувальні елементи досліджуваних сталей мають високу спорідненість до азоту, тому активно утворюють нітриди під час ППА, що дає можливість одержувати якісні дифузійні шари. Додатково вивчали вплив основних параметрів ППА (температури процесу, тиску насичуючого газу, часу ізотермічної витримки) на характер структуроутворення дифузійних шарів. Температуру процесу змінювали в інтервалі 500 – 580°C, тиск – від 3 до 6 мбар, а час ізотермічної витримки зразків – від 2 до 6 годин.

Металографічний аналіз азотованих шарів на сталях феритного та аустенітного класів підтвердив, що будова цих шарів різна залежно від зміни технологічних параметрів процесу та хімічного складу сталей. Це пояснюється перерозподілом атомів азоту між твердим розчином та нітридними фазами, що утворюються в результаті реакційної дифузії [3, 4]. Ілюстрацією проведених досліджень є окремі структури азотованих шарів, одержані за умов різних параметрів насичення (рис. 1, 2).

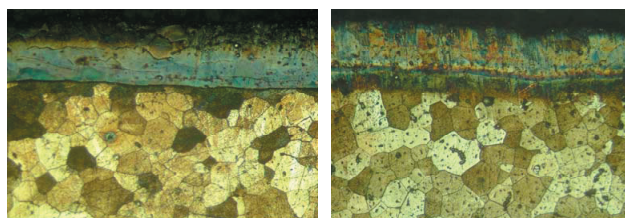
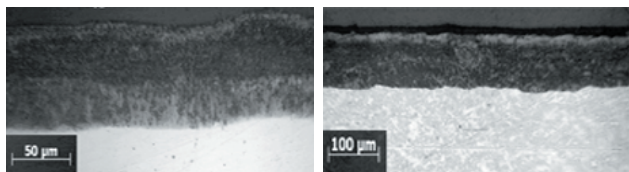


Рис. 1. Мікроструктура азотованого шару сталі 08X8CЮТч, одержаного після іонного азотування при тривалості витримки 6 год, тиску аміаку 3 мбар: а – при температурі 500°C; б – при температурі 580°C, х 400

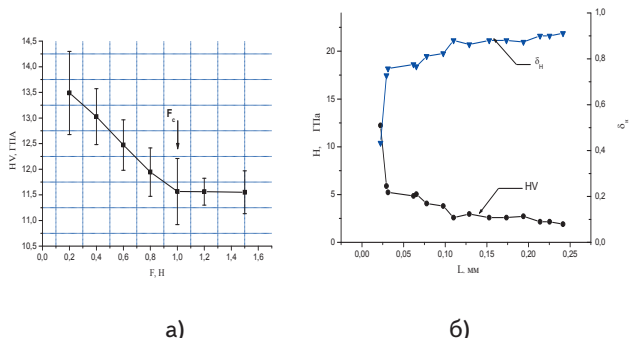
Чітко видно, що з підвищенням температури азотування від 500°C до 580°C розміри та будова сформованих шарів змінюється. Їх кількість для обох сталей зростає до трьох (рис. 1, б, 2), а загальна товщина складає 80 - 150 мкм залежно від марки сталі. Причому внутрішній шар має дендритну будову голчастого типу, а у зовнішньому шарі спостерігаються світлі ділянки, що можуть належати ϵ - фазі (для температури азотування 500°C) або γ' - фазі, коли процес здійснюється за температур 580°C. Слід зазначити, що збільшення тиску плазми розширює розміри внутрішнього шару, голки якого збільшуються за розмірами та глибоко заходять у основу сталі.



а) б)
Рис. 2. Мікроструктура азотованого шару сталі 12Х18Н10Т, одержаного після іонного азотування при тривалості витримки 2 год, температурі 580°С: а – тиску аміаку 3 мбар; б – тиску аміаку 5,5 мбар

Зокрема після іонної імплантації сталі 12Х18Н10Т при температурі 580°С, тиску 3 мбар, та часу витримки 2 години сформувалися азотовані шари товщиною 78 – 95 мкм.

Оцінку пластичності цих шарів здійснювали методом мікроідентування. Спочатку графічно за експериментальними даними було встановлено критичну величину навантаження на алмазну піраміду F_c , що становить 1 Н, та за якої значення мікротвердості стабілізуються і будуть сталими (рис. 3, а). Це необхідно, щоб знівелювати або мінімізувати вплив масштабного фактору на точність вимірювань. Тому при розрахунку характеристики пластичності за формулою (1) приймали до уваги тільки ті вимірювання, які були здійснені при навантаженнях, що перевищували чи були рівні величині F_c .



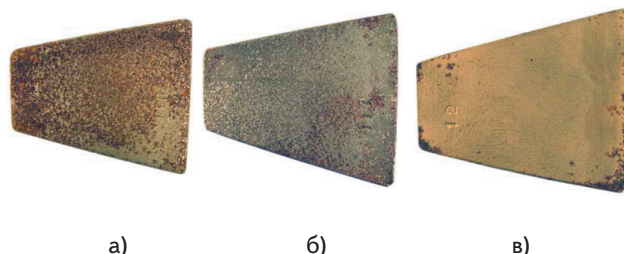
а) б)
Рис. 3. Критична величина навантаження на алмазну піраміду F_c (а), зміна характеристики пластичності δ_n та мікротвердості залежно від глибини азотованого шару (б) на сталі 12Х18Н10Т після іонного азотування

Розрахункові дані дозволили встановити, що характеристика пластичності азотованих шарів збільшується від 0,43 на глибині 22 мкм до 0,81 на глибині 78 мкм відповідно (рис. 3, б). Значення мікротвердості за глибиною шару при цьому зменшуються від 12,24 до 4,06 ГПа відповідно, що характерно при формуванні градієнтних структур.

Виходячи із цього та враховуючи дані металографії можна вважати, що лівова частка зовнішнього від поверхні шару імовірно за все складається із γ' - фази. Під ним розташовується шар із будовою механічної суміші легovanого аустеніту та γ' - фази. Далі іде вузька дифузійна зона, що плавно переходить до структури основи сталі. При цьому інтегральні значення характеристики пластичності δ_n основи становлять 0,88 – 0,91.

Порівняльні корозійні випробування у камері «сольового туману» здійснювались на зразках сталі 08Х8СЮТч у вихідному стані та після ІПА за різними

режимами відповідно до стандартів ГОСТ 9.908-85. При цьому корозійна тривкість оцінюється за часткою площі, не ураженої такими дефектами, як пітинги, виразки, мікротріщини тощо. Встановлено, що за 100 годин випробувань у стандартизованих умовах 80% загальної площі вихідних зразків (без покриття) були уражені корозією (рис. 4, а). В той час як після іонно-плазмового азотування за режимом, що сприяє утворенню у поверхневих шарах ϵ - фази лише на 3-х % від загальної площі виявлено ознаки корозійних ушкоджень (рис. 4, б). Азотування за режимом, коли лівова частка зовнішнього шару складається із γ' - фази, показує гіршу корозійну тривкість, оскільки за даних умов практично 40% поверхні зразків піддається корозії (рис.4, в).



а) б) в)
Рис. 4. Корозійні ушкодження поверхні сталі 08Х8СЮТч у вихідному (а) стані та після іонно-плазмового азотування (б, в) за різними режимами

Висновки

Отже, іонне азотування на установці ІОН -20ІІ2 дає можливість формувати шари глибиною до 150 мкм з градієнтною будовою, що забезпечуватиме оптимізацію експлуатаційних властивостей корозійно тривких сталей різних структурних класів. Проведені дослідження підтвердили можливість отримання якісних азотованих шарів різного складу та будови на сталях феритного та аустенітного класів. Це дає можливість застосовувати іонне азотування для вирішення різних технічних задач з використанням таких матеріалів. Покращення корозійної тривкості деталей, що працюють за статичних умов, доцільно забезпечувати шляхом утворення у азотованих шарах ϵ – фази (рис. 1, а, рис. 2, б). Натомість підвищення корозійно-механічної тривкості деталей, що також працюють за статичних умов, потребує формування азотованого шару, зовнішній з яких складається із суміші ($\epsilon + \gamma'$) фаз. (рис. 1, б). Підвищення ерозійної стійкості деталей, що працюють за умов динамічних навантажень, можливе за наявності у структурі азотованого шару γ' – фази (рис. 1, в), коли спостерігається збільшення характеристики пластичності.

Таким чином залежно від умов експлуатації та структурного класу корозійнотривких сталей можна свідомо керувати процесом структуроутворення у поверхневих шарах під час ІПА, щоб одержати наперед означені властивості.

Література

1. Milman Yu.V., Galanov B.A., Chugunova S.I. Plasticity characteristic obtained through hardness measurement// Acta Metall. Mater. - 1993. – Vol. 41, № 9. – 2523-2532.

2. Нестеров А.В. Исследование и разработка экономнолегированной ферритной жаростойкой стали для системы выхлопного тракта автомобиля: дис. канд. техн. наук: 15.06.2000./ Нестеров Александр Васильевич. – Запорожье, 2000. – 120 с.
3. Ионная химико – термическая обработка сплавов. – Б.Н. Арзамасов, А.Г. Братухин, Ю.С. Алексээв, Т.А. Панайоти. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 400 с.
4. Дурягіна З.А. Фізика та хімія поверхні. Монографія.-Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2009. - 208 с.

У статті розглянута проблема визначення впливу різних факторів на тепловіддачу зразків, оброблених іонною імплантацією. За допомогою методу відновлювання одномірних залежностей (МВОЗ) експериментально перевірена сила впливу кожного вихідного показника на коефіцієнт конвективної тепловіддачі

Ключові слова: тепловіддача, метод відновлювання одномірних залежностей, іонна імплантација

В статье рассмотрена проблема определения влияния различных факторов на теплоотдачу образцов, обработанных ионной имплантацией. С помощью метода восстановления одномерных зависимостей (МВОЗ) экспериментально проверена сила влияния каждого исходного показателя на коэффициент конвективной теплоотдачи

Ключевые слова: теплоотдача, метод восстановления одномерных зависимостей, ионная имплантация

In the article the problem of determination of influence of different factors on heat emission of samples, treated ionic implantation is considered. Through the method of renewal of one-dimensional dependences (MROD) force of influence of every output index on the coefficient of convective heat emission is experimentally tested

Keywords: heat emission, method of renewal of one-dimensional dependences, ionic implantation

УДК 536.24.66.045.2

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОВІДДАЧІ ВІД СТАЛЕВИХ ЗРАЗКІВ, ОБРОБЛЕНИХ ІОННОЮ ІМПЛАНТАЦІЄЮ

В.В. Гончаров

Асистент

Кафедра загальної фізики і технічної механіки*

Контактний тел.: 050-623-71-78

E-mail: gonch_vit@rambler.ru

Б.В. Чукавін

Інженер з наладки котлового обладнання

КСТП «РТКЕ»

м. Рубіжне, Луганська обл., 93012

М.В. Ненько

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра машин та апаратів хімічних*

Контактний тел.: (06453) 5-98-30

*Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля пров. Лермонтова, 30, м. Рубіжне, Луганська обл., 93003

1. Вступ

Теплові процеси є одними з найрозповсюджених процесів в хімічній промисловості, але в багатьох випадках їх ефективність лімітується тепловіддачею – складовою частиною гетерогенного процесу (від металевої поверхні до рідини або газу) теплообміну. У свою чергу, тепловіддача від стінки до рідини залежить від цілої низки факторів: фізико-хімічних властивостей середовища та твердого тіла, гідродинамічного та теплового режиму процесу, розміру та характеру поверх-

ні розподілу, що, безумовно, потребує застосування складного математичного апарату. Тому, метою роботи було дослідження впливу різних факторів на тепловіддачу від металевих зразків за допомогою моделі, побудованої за методом відновлювання одномірних залежностей (МВОЗ) [1, 2].

В останній час великої поширеності набувають технології, які мають значний позитивний ефект впливу на властивості зразків і задовольняють при цьому вимогам екологічності, економічності та ін. Саме такою є технологія іонної імплантації [3, 4].