

УДК 537.525:546.29:532.72

Герцрікен Д.С., канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співробітник
 Мазанко В.Ф., докт. техн. наук, професор
 Зайцева Н.В., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник
 Богданов С.Є., канд. фіз.-мат. наук, наук. співробітник

Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, м. Київ, deciatinka@gmail.com

ВЗАЄМОДІЯ ЗАЛІЗА З ЛЕГКИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ТА ІНЕРТНИМИ ГАЗАМИ ПРИБІЖУЮЧОМУ РОЗРЯДІ У СУМІШІ ГАЗІВ

Відомо, що одним з найбільш перспективних способів низькотемпературного іонного азотування є обробка металевих матеріалів в плазмі жевріючого розряду, що горить в середовищі азоту, іноді з добавками вуглеводнів, зокрема, його вдосконалений варіант - газотермоциклічне іонне азотування в переривчастому режимі. Причому дуже ефективним виявилось багатofакторне варіювання параметрами (рис. 1) [1]. При цьому на поверхні розділу виникають різноманітні розчини та фази втілення.

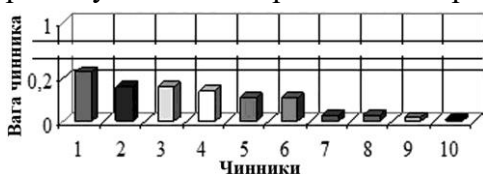


Рис. 1 – Ряд технологічних і експлуатаційних чинників: 1 - температура насичення, 2 - тиск реакційного газу в насичує середовищі, 3 - склад середовища, 4 - час бомбардування, 5 - умови подальшої експлуатації, наприклад, процес тертя, 6 - вплив швидкості зовнішнього впливу (швидкості стирання), 7 - товщина покриття, що формується, 8 - фазовий склад і дефектність деталі, 9 - струм процесу насичення, 10 - напруга.

Проте з цих досліджень не зовсім зрозуміло, чи впливає на процес нітроцементації наявність в газовій суміші інертних газів і яким чином це відбувається. Також є відкритим питання про те, який тип розряду є більш ефективним: переривчастий чи постійний, а також який внесок у потік речовини дають процеси, що відбуваються у тонкому шарі на межі, яка розділяє залізо та насичуюче середовище при обох видах розряду.

Обробку у жевріючому постійному та переривчастому розрядах зразків, виготовлених із відпаленого заліза технічної чистоти, проводили за діодною схемою при температурі 873 К та тиску 200 Па протягом 2 год. Використовували насичуючі середовища такого складу: 1 - 90%N₂ + 5%С₃Н₈ + 5%Ar, 2 - 90%N₂ + 10%С₃Н₈, 3 - 95%N₂ + 5%С₃Н₈. Дослідження фазового складу, розподілу та рухливості атомів проводили методами

рентгеноструктурного, рентгеноспектального та пошарового радіометричного аналізу, макро-, мікро-, електронномікроскопічної, активаційної авторадіографії. Використовувалися стабільні та радіоактивні ізотопи ⁵⁵Fe, ¹³N, ¹⁴C, ⁴¹Ar, ⁸⁵Kr.

Результати та їх обговорення. Як показали проведені дослідження, найбільша кількість карбонітрідів на поверхні та на початку дифузійної зони виникає при застосуванні середовища з максимальним вмістом азоту 95% (рис. 2.a). Трохи менша кількість при 90% азоту, 5% пропану, 5% аргону. Ще менша при насиченні у середовищі, де є 90% азоту та 10% пропану. Однак за межами зони карбонітрідів кількість азоту на різних глибинах та сама протяжність дифузійної зони вища при наявності у насичуючому середовищі 5% аргону. Можна припустити, що більш інтенсивне насичення заліза азотом у такому випадку пов'язане з деяким розпушуванням кристалічної ґратки завдяки виникненню дисперсних газонаповнених пор та твердому розчину вилучення аргону у залізі.

Що до фазового складу дифузійної зони (рис. 2 б), то у всіх випадках виникають гексагональний карбонітрид з порушеною стехіометрією (надлишок азоту), цементитна фаза, що містить також азот, з ромбічною симетрією, гранецентрований нітрид, твердий розчин азоту, який

містить незначні сліди атомів вуглецю. Різниця полягає лише в кількості вуглецю та азоту у твердому розчині та фазах втілення, а також у

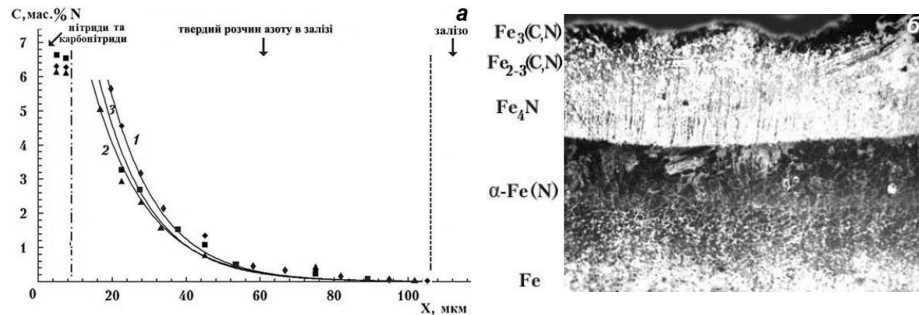


Рис. 2 – Розподіл азоту у залізі під дією жевріючого розряду у трьох середовищах (а) та типовий фазовий склад дифузійної зони при використанні будь-якого із зазначених середовищ (б).

співвідношенні утворених фаз. При наявності у насичуючому середовищі інертних газів виникають рівномірно розподілені пори розміром до 1 мкм і деяка кількість твердого розчину метал-інертний газ.

Вплив виду розряду на проникнення атомів компонентів суміші та власних атомів у залізо показаний на рис. 3. З його розгляду видно, що імпульсний характер розряду сприяє більшому проникненню, ніж стаціонарний. Однак в тонкому приповерхневому шарі розподіл атомів, нітридних, карбонітридних фаз є рівномірним та однаковим для обох видів розряду. Збіднена область на початку дифузійної зони не перевищує $0,6 \pm 0,1$ мкм. C_{max} у твердому розчині перевищує концентрацію на межі розділу в ~ 3 рази.

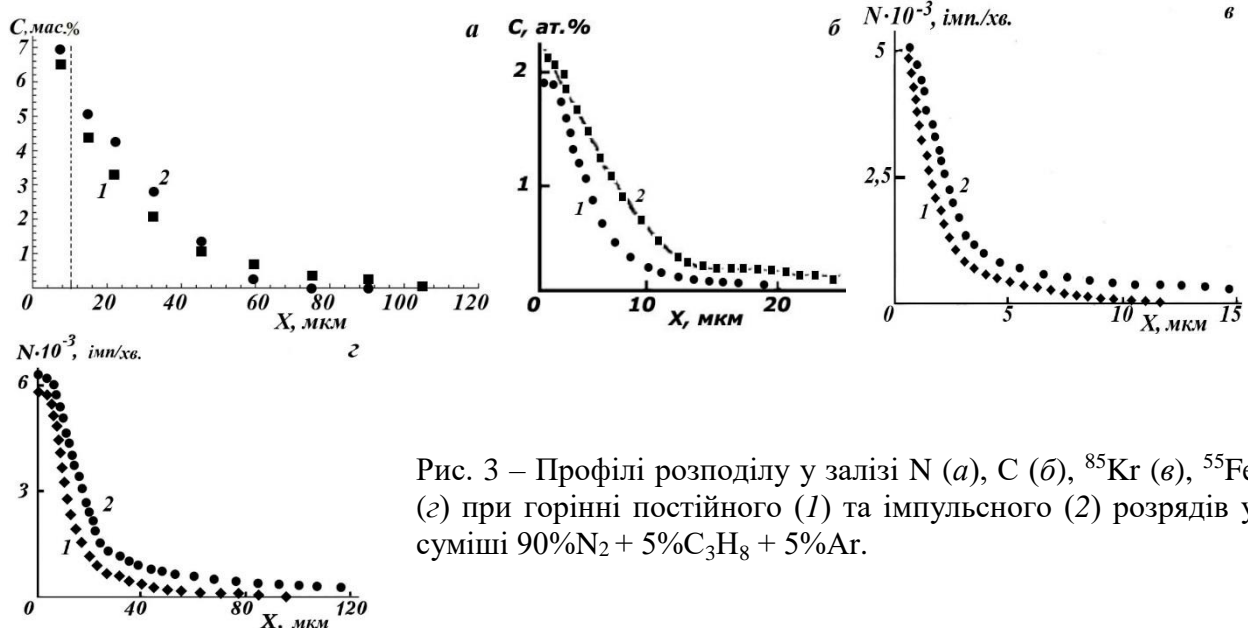


Рис. 3 – Профілі розподілу у залізі N (а), C (б), ⁸⁵Kr (в), ⁵⁵Fe (з) при горінні постійного (1) та імпульсного (2) розрядів у суміші 90%N₂ + 5%С₃Н₈ + 5%Ar.

Отже, у шарі товщиною від 0,1 до 1 мкм на поверхні розділу металу та насичуючого середовища величина збідненої зони і положення максимуму концентрації практично не залежить від виду розряду. Однак насичення відбувається на більшу глибину та з більшою розчинністю азоту, вуглецю та аргону в матеріалах, підданих газорозрядній обробці, при застосуванні переривчатого розряду у порівнянні з безперервним.

Список посилань

1. Ляшенко Б.А. Оптимизация технологии нанесения покрытий по критериям прочности и износостойкости / Б.А. Ляшенко, В.И. Соловых, В.И. Мирненко, А.В.Рутковский // Киев: изд. Института проблем прочности НАНУ, 2010. – 193 с.