

11. Чиркин В. С. Теплофизические свойства материалов / В. С. Чиркин. – М.: Физматгиз, 1959. – 356 с.
12. Бабат Г. И. Индукционный нагрев металлов и его промышленное применение / Г. И. Бабат. – М.-Л.: Энергия, 1965. – 552 с.
13. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н. Б. Варгафтик. – М.: Наука, 1972. – 720 с.
14. Беляев Н. М. Основы теплопередачи / Н. М. Беляев. – К.: Выща школа, 1989. – 343 с.
15. Кирьянов Д. В. MathCAD 14 / Д. В. Кирьянов. – С.-Пб.: БХВ-Петербург, 2007. – 704 с.
16. Nakamura T., Hiraoka K. Wire Melting Behavior by Non-Steady Heat Conduction Numerical Analysis in Gas Metal Arc Welding // Quarterly of the Japan Welding Society. – 2002. – Vol. 20. – № 1. – P. 53-62.

УДК 621.791.4

Г.К. Харченко, д-р техн. наук

М.М. Руденко, ст. викладач

М.О. Хоменко, канд. техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

Ю.В. Фальченко, канд. техн. наук,

А.І. Устінов, д-р фіз.-мат. наук

Ін-т Електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України, м. Київ, Україна

ВИНИКНЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ НА ПОВЕРХНІ МЕТАЛЕВИХ ЗРАЗКІВ ПРИ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОМУ СИНТЕЗІ, ЩО САМОПОШИРЮЄТЬСЯ, В НАНОШАРУВАТИХ ФОЛЬГАХ

Отримано осцилограми електричного потенціалу в металевих зразках під час динамічного впливу на поверхні деталей, що контактують з багатошаровою фольгою, під час протікання у ній СВС реакції. Встановлено залежність характеру електричного потенціалу від складу та властивостей багатошарової фольги.

Ключові слова: багатошарові фольги, реакція високотемпературного синтезу, імпульс, електрична напруга.

Аналіз досліджень та публікацій. У роботах [1–3] показана перспективність застосування багатошарових фольг (БФ) як проміжного прошарку під час дифузійного зварювання композитів та інтерметалідів. Встановлено, що під час використання БФ має місце аномальне прискорення дифузійних процесів у приконтактних об'ємах зразків, що контактують [4]. Такий ефект прискорення масопереносу можливий при імпульсній деформації зони контакту [5]. Розрахункове оцінювання деформованого стану поверхневих шарів зразків, які контактують, під час проходження реакції високотемпературного синтезу, що саморозповсюджується (СВС) у багатошаровій фользі показала, що в поверхневих шарах (~20 мкм) з'являються напруження стиску, що різко переходять у напруження розтягу [6].

Мета статті. Метою цієї роботи було встановлення експериментальних фактів, що підтверджують динамічний вплив реакції СВС у БФ на поверхні, що контактують.

Виклад основного матеріалу. У роботах [7; 8] вивчена поява електричної напруги в металах, які імпульсно ударно навантажують за відсутності зовнішнього електричного поля. Появу електричної напруги в металах автори [7; 8] пояснюють утворенням та рухом дислокацій.

Під час проходження реакції СВС у БФ іде хвиля «горіння» зі швидкістю до 5 м/с і температурою на гребені хвилі до 1300 °С. Відбувається імпульсне термічне розширення поверхневого шару зразка, виникають механічні напруги, які приводять до генерації та незворотного розмноження лінійних дефектів-дислокацій, які зумовлюють виникнення в зразку електричного потенціалу. Такий ефект повинен проявлятися як при пружному, так і при пластичному деформуванні матеріалу.

Схема експерименту наведена на рисунку 1. Модельний експеримент проводили на зразках Ст3 розміром 20x20x6 мм. Зразки контактували через проміжний шар БФ. Невеликий вантаж забезпечував стиск зразків, які попередньо нагрівали до температури на 100 ... 150 °С нижче температури початку процесу СВС. Після проходження реакції СВС зразки пластично не деформувалися й вільно роз'єднувалися. Підпал фольг здійснювали на повітрі й у вакуумі за допомогою розпеченої спіралі. Застосовували БФ складу Ti/Al і Ni/Al, товщиною 20 ... 100 мкм. Вимірювання електричної напруги проводили за допомогою цифрового осцилографа Tetronix TDS 220.

На рисунку 2 представлений характерний вид осцилограм імпульсу електричної напруги в зразках при СВС у фольгах Ni/Al товщиною 25, 33 і 64 мкм, а також осцилограма електричної напруги під час удару сталеві кульки вагою 20 г, що падає з висоти 10 см на зразки. У таблиці наведені характерні величини імпульсу напруги й часу його дії.

Осцилограма імпульсу електричної напруги в зразку під час падіння на нього сталеві кульки показує утворення в ньому пружної деформації. Аналогічна картина спостерігається в зразках при СВС у багатошарових фольгах, тобто СВС зумовлює появу пружних деформацій у зоні контакту поверхонь, між якими розміщала багатошарова фольга.

Надані матеріали свідчать про те, що величина імпульсу електричної напруги знижується під час збільшення товщини БФ, а тривалість імпульсу зростає. Експерименти показали, що попередня термообробка (старіння) БФ і повна ізоляція зразків зумовлюють зниження величини імпульсу електричної напруги.

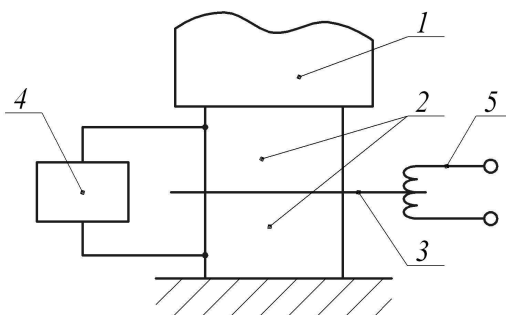
Таблиця 1

Результати вимірювань імпульсів напруги

№ фольги	δ , мкм	U, мВ	t, мс
–	удар шарика	130 ... 150	0,3 ... 0,5
337	15	70 ... 80	10 ... 15
344	33	60 ... 70	20 ... 30
340	64	30 ... 40	150 ... 170

Висновки. Встановлено, що зростання напруги для фольг Ni/Al значно вище, ніж для Ti/Al, що узгоджується з відомими даними про хід реакції СВС у цих БФ. Теплове виділення при СВС у фользі Ni/Al значно перевищує аналогічні показники для фольги Ti/Al.

Якщо НФ складається із двох частин із зазором між ними, то при СВС реакції спостерігається 2 піки електричного сигналу (при цьому візуально фіксується 2 спалахи «горіння»). На рисунку 3 представлена характерна осцилограма електричної напруги при наявності тріщини в НФ.



1 – вантаж; 2 – зразки Ст3; 3 – нанощарувата фольга; 4 – осцилограф;
 5 – пристрій для підпалу фольги
 Рис. 1. Схема експерименту

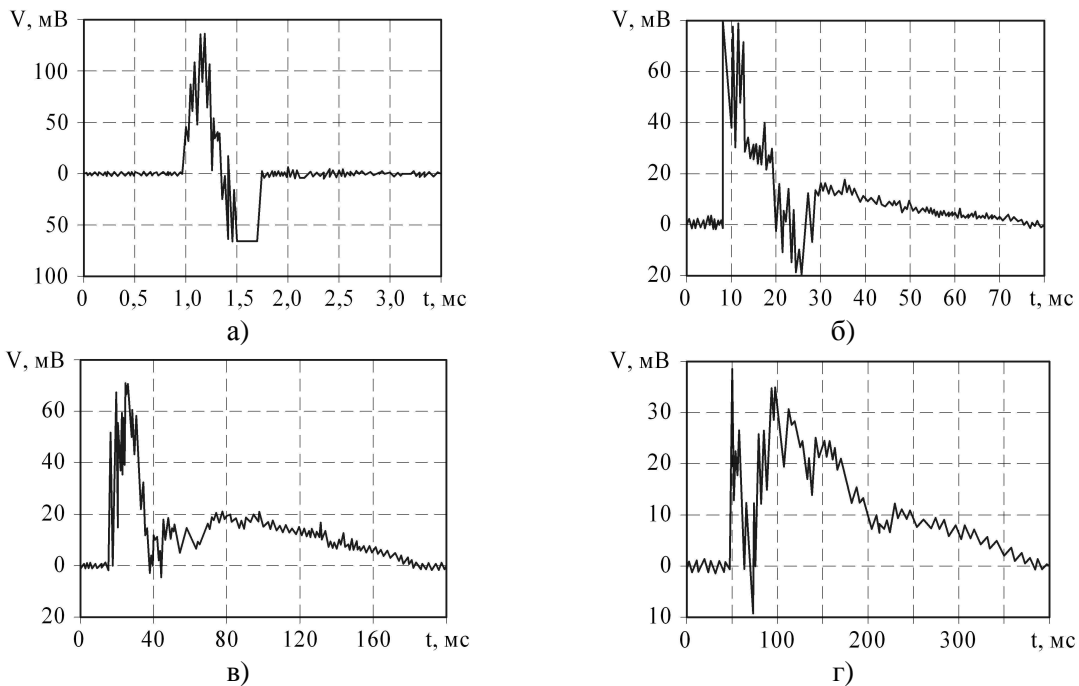


Рис. 2. Осцилограми електричної напруги при ударі кулькою по зразках (а), при СВС в нанощарових фольгах Ni/Al товщиною 15 мкм (б), 33 мкм (в) та 64 мкм (г)

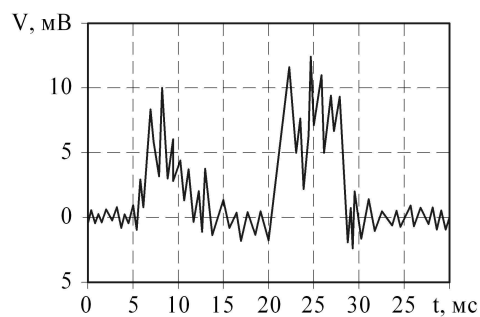


Рис. 3. Осцилограма імпульсу електричної напруги при СВС у фользі Ti/Al товщиною 20 мкм з тріщиною

Список використаних джерел

1. Многослойные фольги Ti/Al: способы получения, свойства и применение при сварке давлением / А. И. Устинов, Ю. В. Фальченко, Т. В. Мельниченко и др. // Современная электрометаллургия. – 2012. – №1. – С. 30-37.
2. Дифузійне зварювання сплаву TiAl / Г. К. Харченко, А. І. Устїнов, Ю. В. Фальченко та ін. // Вісник ЧДТУ. Серія “Технічні науки”. – 2008. – № 36. – С. 94-99.
3. Диффузионная сварка микродисперсного композита AMg5 + 27% Al₂O₃ с применением нанослойной фольги Ni/Al / А. Я. Ищенко, Ю. В. Фальченко, А. И. Устинов и др. // Автоматическая сварка. – 2007. – № 7. – С. 5-9.
4. Дослідження дифузійних процесів у зварних з’єднаннях алюмініду титану (TiAl) / Г. К. Харченко, В. Ф. Мазанко, А. І. Устїнов та ін. // Вісник ЧДТУ. Серія “Технічні науки”. – 2009. – №37. – С. 117-119.
5. Мазанко В. Ф. Диффузионные процессы в металлах под действием магнитных полей и импульсных деформаций / В. Ф. Мазанко, А. В. Покоев, В. М. Миронов и др. – М.: Машиностроение-1, 2006. – 319 с.
6. Температурні напруження, що виникають під час миттєвого нагрівання контактуючих поверхонь / І. О. Прибійко, Л. В. Петрушинец, Г. К. Харченко та ін. // Вісник ЧДТУ. Серія “Технічні науки”. – 2011. – № 47. – С. 55-61.
7. Електричні явища при швидкісному деформуванні металів та сплавів / В.Ф. Мазанко, В.П. Бевз, С.П. Ворона та ін. // Вісник ЧДТУ. Серія технічні науки. – 2008. – №34. – С. 125-132.

8. Аномальный массоперенос и возникновение ЭДС в металлах при импульсном ударном нагружении / В. П. Бевз, В. Ф. Мазанко, О. В. Филатов и др. // Металлофизика и новейшие технологии. – 2006. – Т. 28 (специальный выпуск). – С. 271-277.

УДК 621.791.3

М.Г. Болотов, канд. техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРОЖНИСТОГО КАТОДУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ НАГРІВУ В УМОВАХ ЗВАРЮВАННЯ

Досліджено вплив геометричних параметрів порожнистого катода на енергетичну ефективність під час зварювання в тліючому розряді.

Вступ. Можливість нагріву в тліючому розряді з порожнистим катодом була показана ще в 1879 році англійським ученим В. Круксом. У його пристрої тепловий ефект досягається шляхом гальмування на зразку, що піддається впливу, швидких електронів, які набувають свою швидкість у області катодного падіння потенціалів (зоні темного катодного простору), прилеглою до півсферичних сегментів катода.

Проте минуло більше сотні років, перш ніж виникла необхідність у використанні таких джерел теплоти, які могли б забезпечити температуру порядку 2000 °С.

До теперішнього часу тліючий розряд з порожнистим катодом активно використовується в різних фізичних експериментах, спектроскопії, в процесах хіміко-термічної обробки металів, газорозрядних електронно-променевих гарматах, електровакуумних приладах і т. д.

Дослідження, проведені в роботах [1; 2] показали можливість застосування тліючого розряду з порожнистим катодом і в умовах зварювання тиском.

Стабільність параметрів режиму, простота технічної реалізації, контролю й управління процесом нагріву, широкий діапазон регулювання технологічних параметрів, малі капітальні витрати роблять тліючий розряд з порожнистим катодом досить ефективним джерелом нагріву для дифузійного зварювання і паяння.

Результати експериментальних порівнянь ефективності різних джерел енергії для дифузійного зварювання, виконані в роботі [3] показують, що тліючий розряд з порожнистим катодом за своїми енергетичними показниками в 3-4 рази перевищує радіаційне (як найбільш поширене) джерело нагріву, в той же час дещо поступається нормальному тліючому розряду.

У зв'язку з цим виникають питання, пов'язані з пошуком способів підвищення енергетичних характеристик тліючого розряду з порожнистим катодом (ТРПК) в умовах зварювального нагріву.

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження впливу геометричних характеристик порожнистого катода на ефективність нагріву в умовах зварювання.

Методи та результати. Результати досліджень, виконані в роботі [4], показують, що величина ефективного ККД нагріву в ТРПК визначається, в основному, умовою виходу електронів з катодної порожнини в результаті викривлення траєкторії їх руху, внаслідок дії двох електричних полів.

Для оцінки впливу такого механізму втрат на величину ефективного ККД у цій роботі були проведені досліді з конструктивною зміною схеми нагріву.

Здійснювався нагрів сталевого стрижня діаметром 0,008 м і довжиною 0,04 м, який знаходився у вільно підвішеному стані всередині катода діаметром 0,04 м, висотою 0,04 м. Струм розряду підтримувався постійним на рівні 0,075 А. Температурний стан контролювали ХА- термопарою.