на наш погляд, обумовлено наявністю по краях ванни і в її хвостовій частині плівки розплавленого флюсу який стабілізує положення катодної плями на поверхні зварювальної ванни. Експериментальним шляхом встановлено, що товщина шару флюсу повинна бути не більше 5-7мм, тобто процес зварювання виконується напіввідкритою дугою.

Показана доцільність використання двоелектродного MAG-зварювання з комбінованим газо-шлаковим захистом при зварюванні стикових швів в нижньому положенні сталей товщиною 6-16мм, особливо при наявності похибок при зборці під зварювання (зазори, депланація кромок).

При зварюванні вертикальних швів з примусовим формування металу комбінований шлако-газовий захист дозволяє виконувати процес з мінімально можливою глибиною шлакового шару, що зменшує тепловкладення в зварювальні кромки і поліпшує ударну в'язкість металу зварного з'єднання.

Наявність комбінованого захисту дає можливість виконувати високоякісне зварювання дротами серійного виробництва замість спеціальних порошкових, що з економічної точки зору є суттєвою перевагою удосконаленого процесу.

*УДК 621.791.12*

**Болотов Г.П., докт. техн. наук, професор**
**Прибитько І.О., канд. техн. наук, доцент**
**Гречка В.В., аспірант**
**Чабан Є.Є., здобувач вищої освіти**
**Ососок М.О., здобувач вищої освіти**
Національний університет «Чернігівська політехніка», bolotovgp@gmail.com

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ДИФУЗІЙНОГО ЗВАРЮВАННЯ У ПЛАЗМІ ТЛІЮЧОГО РОЗРЯДУ

Для отримання нероз'ємних з'єднань різнорідних матеріалів ефективно застосовують способи зварювання в твердому стані, одним з яких є дифузійне зварювання. Широка номенклатура таких з'єднань пред'являє до джерел енергії зварювання ряд специфічних вимог, що стосуються як технологічності, так і універсальності джерела. Серед джерел енергії, що застосовуються для дифузійного зварювання (індукційний, радіаційний та ін.), найбільш повно вказаним вимогам відповідає нагрів плазмою тліючого розряду, що горить в середовищі активних або інертних газів при їх тиску 0,13…13,3 кПа, струмах розряду 1…30 А і напрузі на електродах 300…600 В. Такий широкий діапазон параметрів режиму горіння тліючого розряду забезпечує формування площі зони нагріву на поверхні виробу, який в даному випадку є катодом розряду, у межах $(1…100)\cdot10^{-3}$ м$^2$, і дозволяє ефективно регулювати інтенсивність нагріву та розподіл теплової енергії в процесі зварювання.

Тепловий стан зони зварювання при іонному нагріванні визначається величиною розрядного струму, міжелектродною відстанню, тиском і родом захисного газу. Основними параметрами керування процесом зварювання в тліючому розряді є струм розряду і тиск газу, що визначають, відповідно, потужність джерела і густину енергії в зоні нагріву. Ці параметри в процесі зварювання повинні стабілізуватись на етапах іонного очищення поверхонь виробу та ізотермічної витримки, а також, змінюватись за заданим законом при переході від іонного очищення до зварювального нагріву.

Безпосередній контроль одного з головних параметрів дифузійного зварювання – температури в зоні з'єднуваних поверхонь, як контактними, так і безконтактними методами ускладнений впливом електричного поля розряду на показання термопар та фоновим випромінюванням плазми тліючого розряду.

У зв'язку з цим були розроблені розрахункові методи визначення температури зони зварювання в залежності від параметрів режиму тліючого розряду та характеристик

зварюваних деталей. Розроблена математична модель теплових процесів дозволяє отримувати неперервну інформацію про температуру зварюваних поверхонь і на цій основі здійснювати оптимальне керування потужністю тліючого розряду.

Розроблена динамічна модель іонного нагріву дозволяє не тільки отримувати неперервну інформацію про температурний стан з'єднуваних поверхонь, але й здійснювати визначення потужності тліючого розряду в залежності від характеристик зварного вузла та необхідних характеристик перехідних процесів.

Для вирішення поставлених задач була розроблена система керування процесом зварювання у тліючому розряді, побудована за ієрархічним принципом, де на першому рівні застосовані автоматичні регулятори струму розряду та тиску газу, а на другому – мікропроцесорна система керування роботою регуляторів першого рівня шляхом зміни завдань по регульованому параметру процесу – температурі зони зварювання, що визначається розрахунковим способом.

*УДК 669.295: 621.91*

**Говорун Т.П., канд. фіз.-мат. наук, доцент**
**Пахненко Д.В., аспірантка**
**Ханюков К.С., аспірант**
**Варакін В.О., аспірант**
**Масалітова К.І., магістрантка**
Сумський державний університет, hovorun@pmtkm.sumdu.edu.ua

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ НІТРИДІВ

В останні роки на промислових підприємствах одержують практичне застосування зміцнювальні та захисні покриття, зокрема високоефективні функціональні наноструктуровані нітридні покриття. Серед використовуваних дані покриття мають свої переваги: фізико-хімічні властивості, що істотно відрізняються від властивостей об'ємних зразків з того ж матеріалу і призводять до підвищення міцності і пластичних властивостей зміцнюємого матеріалу, появі пластичності та в'язкості при руйнуванні.

Актуальними вважаються дослідження, які орієнтовані на вдосконалення існуючих і опрацювання новітніх високоефективних методів підвищення експлуатаційних властивостей поверхонь деталей машин і механізмів шляхом нанесення наноструктурованих багатокомпонентних нітридних покриттів, тому що широко застосовувані однокомпонентні покриття на основі нітриду титану не можуть задовольняти вимоги сучасної техніки, працювати при високих температурах та в агресивних середовищах. Ряд найважливіших технічних питань може бути вирішено шляхом легування нітриду титану такими елементами, як Zr, Al. Cr, Mo, W і Si та отримання складних нітридів титану.

Було проведено дослідження наноструктурованих нітридних покриттів на основі Ti, Ti-Zr, Ti-Al, що обумовлено необхідністю отримання покриттів з різноманітною структурою і оптимальними властивостями для підвищення експлуатаційних властивостей поверхонь деталей для роботи виробів у певних умовах. За допомогою методу реактивного магнетронного розпилення було отримано покриття із різних матеріалів і різного складу (табл. 1), що робить цей метод одним із перспективних для фізичного осадження матеріалів.

AlTiN-покриття (нітрид алюмо-титану) – покриття і досі постійно удосконалюється. Завдяки оптимізації структурних, хімічних та механічних властивостей для покриття були досягнуті: екстремально висока теплотвердість, дуже хороша стійкість до оксидування та відмінна адгезія покриття. Це покриття наноситься тільки на твердосплавні інструменти і вони добре підходить для обробки важкооброблюваних загартованих сталей та для високошвидкісної обробки.