

УДК 621.791.14

В. Лазарюк, канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ КЕРМЕТІВ НА ОСНОВІ КАРБІДУ ТИТАНУ ДЛЯ ІНСТРУМЕНТІВ ЗВАРЮВАННЯ ТЕРТЯМ З ПЕРЕМІШУВАННЯМ

V. Lazaryuk, Ph.D., Assoc. Prof.

FUTURE OF TIC-BASED CERMETS FOR FRICTION STIR WELDING TOOLS

Розвиток сучасного конкурентного виробництва характеризується як підвищенням вимог до якості конструкцій, так і зменшенням енергетичних затрат та впливу на навколишнє середовище. Ряд зварювальних процесів при застосуванні досяг "технічного піку", тому на даний час особливо масове виробництво очікує впровадження інноваційних, якісних, дешевих та безпечних технологій з'єднання деталей.

Успішну науково-дослідну апробацію отримало ротаційне зварювання тертям з перемішуванням (далі ЗТП), винайдене у 1991 році Британським інститутом зварювання. Значно зросла щорічна кількість публікацій та патентів присвячена даному методу. Стандартом ISO 857-1 визначено, що зварювання тертям з перемішуванням - це зварювання плавленням, під час якого теплота створюється тертям між деталями та невитратним пальцем, що обертається. На відміну від традиційного зварювання тертям невеликих осесиметричних деталей, зварювання тертям з перемішуванням може бути використане для зварювання стикових, кутових, таврових з'єднань. Хоча даний вид зварювання відомий три десятиліття, інформація про його інструментальне забезпечення і можливості недостатньо розкрита у вітчизняній освітній та науковій літературі.

Схема процесу зварювання тертям з перемішуванням включає основні три стадії: впровадження (стадія занурення інструменту може бути замінена попередньо виконаним отвором), переміщення вздовж стику та виходу інструменту із зони з'єднання. Інструменти для ЗТП виготовляють, як правило, у формі наконечників (пальців) циліндричної або ступінчатої форми із заплечиками. В результаті контакту інструменту з деталлю метал деталі нагрівається та переходить до пластичного стану. Дотик та тертя заплечиків з деталями збільшує нагрівання металу та стає основним джерелом теплоти при зварюванні (80-98 %). Після витримки інструменту, що обертається, на одному місці та збільшення об'єму пластичного металу, інструмент переміщують у заданому напрямі. Інструмент розміщують під невеликим кутом 2-3° до поверхні деталі.

Після проходу інструменту утворюється суцільний гладкий шов із дрібнозернистою рекристалізованою мікроструктурою із властивостями на рівні основного металу. Процес відбувається в твердій фазі нижче температури плавлення матеріалів, що з'єднуються. Основними параметрами процесу зварювання тертям з перемішуванням є розміри інструменту: радіуси наконечників та заплечиків, висота наконечника та його форма (гладка, з різьбою, з канавками); частота обертання, сила притискання, кут нахилу та швидкість переміщення (зварювання) інструменту. При наскрізному зварюванні тонких листових заготовок наконечник обмежують з двох сторін заплечиками, а його висоту приймають рівною товщині деталей.

До переваг процесу зварювання тертям з перемішуванням відносять високі механічні властивості шва, відсутність холодних та гарячих тріщин, включень та пор,

малий тепловміст, низькі залишкові деформації та напруження, мінімальний час зварювання, відсутність дуги, присадного електродного металу та захисного газу, можливість автоматизації та роботизації, висока енергоефективність та відносно низька вартість з'єднання. Обмеженнями даного виду зварювання є мала товщина та необхідність жорсткого закріплення деталей, наявність технологічних отворів входу та виходу інструменту, відносно високі значення осьового притискання інструменту (до 100 кН), що вимагає відповідної жорсткості обладнання та зварюваної конструкції.

Важливою проблемою впровадження зварювання тертям з перемішуванням є вибір матеріалу для інструменту, який працює в складних умовах одночасної дії високої температури та механічних навантажень, та повинен володіти високою термостійкістю, міцністю на стиск при підвищеній температурі, тріщиностійкістю, однорідністю, а також стійкістю до зношування при робочих температурах даного виду зварювання. При виборі матеріалу для інструменту ЗТП враховують, що робочі температури на його поверхні вищі на 100–200 °С від температури рекристалізації зварюваного матеріалу. Для зварювання алюмінієвих сплавів рекомендують, як матеріал наконечника та заплечиків, використовувати інструментальні сталі, наприклад 4X5MФ1С, Х12МФ, Н13 (АІSІ), SKD61, SKD 11, SKH 57 (JIS), жароміцні сплави, наприклад ХН55ВМКТЮ та SUS440С (JIS), а також кермети на основі карбідів вольфраму або титану.

Ротаційне зварювання тертям з перемішуванням найбільш широко застосовується для зварювання алюмінієвих сплавів систем Al-Cu, Al-Mg, Al-Mg-Si, Al-Zn, Al-Li з товщиною деталей 1,6 - 30 мм (до 75 мм). Зварювання алюмінієвих сплавів тертям супроводжується налипанням алюмінію на робочі частини інструменту та значним зношуванням наконечника при температурах технологічного процесу. Враховуючи значний вплив налипання алюмінію на зношування інструменту для зварювання тертям доцільно продовжити дослідження з вивчення механізму зношування та твердофазної взаємодії зварюваних матеріалів (наприклад алюмінієвих сплавів) з матеріалом інструменту та трибоплівками, що утворюються в процесі зварювання.

Перспективним інструментальним матеріалом для ротаційного зварювання тертям з перемішуванням є жаростійкі кермети на основі карбідів титану та ніобію з нікель-хромовою зв'язкою. Дослідження у ТНТУ стійкості до зношування різального інструменту методом торцевого точіння даних керметів виявило їх значну стійкість при температурах різання 400–500 °С у порівнянні з твердими сплавами на основі карбиду вольфраму. Зношування відбувалось по задній поверхні, головним чином за абразивним механізмом без значного наростуутворення. Кермети на основі карбиду титану залишаються важливим матеріалом для виготовлення інструментів для ротаційного зварювання тертям з перемішуванням, враховуючи низьку адгезію карбиду титану до оброблюваних матеріалів (алюмінієвих сплавів) та порівняно вищі показники твердості, міцності та тріщиностійкості при високих температурах у групі керметів.