**Крівцун Ігор Віталійович. Комбіновані лазерно-дугові процеси обробки матеріалів та пристрої для їх реалізації : Дис... д-ра наук: 05.09.10 - 2002.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Крівцун І. В. Комбіновані лазерно-дугові процеси обробки матеріалів та пристрої для їх реалізації. - Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.09.10 - Електротермічні процеси та установки. - Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, Київ, 2002 р.  Дисертація присвячена дослідженню та розробці нових, високоефективних лазерно-дугових (лазерно-плазмових) процесів зварювання і обробки матеріалів, створенню спеціалізованих пристроїв для практичного здійснення комбінованих процесів. Проведено детальні теоретичні дослідження та математичне моделювання фізичних явищ, що відбуваються при взаємодії лазерного пучка з дуговою плазмою, а також при їх спільній взаємодії з поверхнею оброблюваного металу. Встановлено, що у системі електрична дуга - лазерний пучок можливе виникнення комбінованого лазерно-дугового розряду, який може бути покладений в основу створення нового класу плазмових пристроїв - інтегрованих лазерно-дугових плазмотронів для комбінованого зварювання, різання і модифікації поверхні. Розроблено принципи побудови та методи розрахунку таких пристроїв, створено дослідні зразки інтегрованих плазмотронів для лазерно-плазмового зварювання і порошкового наплавлення. Досліджено технологічні можливості розроблених плазмотронів, визначено основні причини більш високої ефективності комбінованих процесів у порівнянні зі звичайними дуговими та лазерними технологіями. Виконано теоретичні дослідження, розроблено математичні моделі та проведено чисельне моделювання процесів лазерної та плазмової взаємодії з дисперсними матеріалами, створено програмне забезпечення для комп**’**ютерного моделювання процесу плазмового напилювання. | |
| |  | | --- | | Дисертаційна робота присвячена розробці основ теорії комбінованих лазерно-дугових і лазерно-плазмових процесів зварювання і обробки матеріалів, принципів побудови та методів розрахунку пристроїв для їх практичної реалізації. Сукупність наукових положень і технічних розробок, представлених в дисертації, складає вирішення важливої науково-прикладної проблеми створення високоефективних способів лазерно-плазмової обробки матеріалів і вносить значний вклад в розвиток електротермічних плазмових та лазерних технологій. Основні результати і висновки роботи полягають в наступному:   1. Проведені теоретичні дослідження фізичних явищ, які відбуваються при взаємодії сфокусованого лазерного пучка з плазмою електричної дуги, об’єднаних в комбінованому процесі. Встановлено, що в системі пучок випромінювання СО2-лазера - електрична дуга можливе виникнення особливого типу газового розряду - комбінованого лазерно-дугового розряду, властивості якого відрізняються як від властивостей звичайної дуги, так і від властивостей оптичного розряду, що підтримується лазерним випромінюванням. Необхідною умовою реалізації лазерно-дугового розряду є порівнянність енергії, яка вкладається в дугову плазму лазерним пучком, з енергією, яка виділяється в ній за рахунок протікання електричного струму. 2. Показано, що, діючи сфокусованим пучком випромінювання СО2-лазера на плазму стовпа електричної дуги, яка горить в потоці газу, можна ефективно керувати її характеристиками, змінюючи потужність і ступінь фокусування пучка, який вводиться. Теоретично обґрунтовано, що в системі, яка розглядається, можливе формування плазмової лінзи, фокусуючі властивості якої залежать від струму дуги, складу та витрати плазмоутворюючого газу. Це дозволяє, варіюючи вказані умови горіння дуги, керувати фокусуванням лазерного пучка в плазмі розряду. 3. Доведено, що лазерно-дуговий розряд (як джерело тепла для обробки матеріалів), який має широкі можливості керування концентрацією теплової та електромагнітної енергії, може бути покладений в основу створення нового класу плазмових пристроїв - інтегрованих лазерно-дугових плазмотронів для реалізації комбінованих процесів зварювання, різання, наплавлення, напилення, термообробки поверхні та ін.. Запропоновані різні схеми побудови лазерно-дугових плазмотронів прямої та непрямої дії. 4. Розроблені математичні модели комбінованого розряду в лазерно-дугових плазмотронах осесиметричної конструкції, що працюють в ламінарному або турбулентному режимі протікання плазмоутворюючого газу. Запропонована спеціальна конструкція трубчатого термоемісійного катода, робочий кінець якого може підігріватися лазерним випромінюванням, що пропускається через катод. Сформульована модель катодних процесів для трубчатого термокатода і проведено чисельне моделювання комбінованого розряду в плазмотроні з таким катодом. Встановлено, що тугоплавкий трубчатий катод з регульованим лазерним підігріванням має широкі можливості керування розмірами і положенням області катодної прив’язки розряду, розподілом густини струму на катоді та в прикатодній плазмі, катодним падінням потенціалу та ін. 5. Створений інтегрований плазмотрон з трубчатим термокатодом для лазерно-плазмового порошкового наплавлення з розподіленою подачею порошку. Експериментальні дослідження плазмотрона показали, що він працює стійко, з високою стабільністю параметрів плазми. Крім того, він досить надійний і довговічний, оскільки стабілізація струмового каналу і зменшення напруженості поля в дузі під дією лазерного випромінювання знижують небезпеку подвійного дугоутворення, а попереднє лазерне розігрівання катода помітно зменшує пускову ерозію, підвищуючи тим самим ресурс роботи катода. Практичне використання розробленого плазмотрона дозволяє істотно підвищити швидкість і стабільність процесу порівняно зі звичайним способом плазмово-порошкового наплавлення, значно знизити собівартість і збільшити продуктивність наплавлення порівняно з лазерним. 6. Розвинута теорія взаємодії газорозрядної плазми і лазерного випромінювання з поверхнею металу, що випаровується. Дана теорія дозволяє з єдиних позицій описувати процеси дугового, лазерного і комбінованого впливу на метали при самоузгодженому врахуванні фізичних явищ, які протікають в приповерхневій плазмі, на поверхні та в об’ємі металу. Досліджені характеристики теплового і динамічного впливу складових комбінованого джерела тепла на поверхню металу при лазерно-дуговому зварюванні і термообробці. Встановлено, що використання зовнішнього іонізатора (електричної дуги) при лазерному зварюванні без утворення плазмового факела дозволяє істотно знизити температуру поверхні ванни розплаву, при якій починається перехід від теплопровіднісного режиму проплавлення до більш ефективного режиму глибокого проплавлення. Це є однією з основних причин більш високої ефективності лазерно-дугового і лазерно-плазмового зварювання порівняно з лазерним. 7. Запропоновано спосіб швидкісного лазерно-мікроплазмового зварювання алюмінієвих сплавів малих товщин, який полягає в спільному використанні лазерного пучка малої потужності та мікроплазмової дуги зворотної полярності. Експериментальні дослідження даного способу показали, що він дозволяє стабілізувати рух плями дуги по поверхні металу при великих швидкостях зварювання, істотно підвищити ефективність використання енергії як лазерного пучка, так і мікроплазмової дуги, а також виконувати очистку поверхні алюмінію від окисної плівки в ході процесу. 8. Розроблена конструкція і створений дослідний зразок інтегрованого плазмотрона для лазерно-мікроплазмового зварювання сталей, титанових і алюмінієвих сплавів малих товщин з використанням пучка випромінювання ІАГ-лазера і мікроплазмової дуги постійного струму прямої полярності або змінного струму в режимі різнополярних імпульсів. Попередні дослідження технологічних можливостей розробленого плазмотрона показали високу ефективність його застосування для комбінованого зварювання, особливо алюмінієвих сплавів. 9. Запропонована модель теплопровіднісного режиму проплавления металу при лазерно-дуговому зварюванні ІАГ-лазером і аргоновою дугою з неплавким електродом. Встановлно, що основним механізмом впливу лазерного пучка на поведінку дуги в цих умовах є утворення зони лазерного випаровування металу, яке призводить до контрагування анодної області дуги і її стабілізації в межах вказаної зони. Обидва ці ефекти дозволяють істотно підвищити швидкість лазерно-дугового зварювання порівняно з аргонодуговим, що виконується при ефективній потужності дуги, рівній сумі ефективних потужностей лазерної і дугової складових комбінованого джерела тепла, які застосовуються окремо. 10. Проведені дослідження процесів взаємодії лазерного випромінювання і дугової плазми з дрібнодисперсними матеріалами. Показано, що при розрахункові динаміки лазерного нагрівання керамічних частинок, розміри яких порівнянні з довжиною хвилі лазерного випромінювання, необхідно враховувати інтерференційну структуру електромагнітного поля в об’ємі частинок і пов’язану з цією структурою просторову неоднорідність розподілу потужності випромінювання, яке поглинається частинкою. Комбінуючи плазмовий і лазерний способи нагрівання дрібнодисперсних керамічних матеріалів, можна добитись потрібного, наприклад, однорідного розподілу температури по об’єму частинок. Завдяки цьому використання комбінованого лазерно-плазмового напилення відкриває широкі можливості нанесення нових керамічних покриттів, зокрема покриттів з SiO2. 11. Створено програмне забезпечення для комп’ютерного моделювання процесу плазмового напилення, яке дозволяє швидко і з достатньо хорошою точністю проводити кількісну оцінку теплових і газодинамічних характеристик турбулентних плазмових струменів, які використовуються при плазмовому нанесенні покриттів, а також моделювати процеси нагрівання і руху частинок матеріалу, що напилюється, в залежності від технологічних параметрів режиму напилення. Дане програмне забезпечення може бути корисне інженерам-технологам при розробці різних технологій плазмового напилення та використане як навчальний посібник для підготовки студентів і аспірантів відповідних спеціальностей. | |