**Макаренко Наталія Олексіївна. Розвиток наукових і технологічних основ плазмового зварювання і наплавлення плавким і неплавким електродами : Дис... д-ра наук: 05.03.06 – 2007**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Макаренко Н.0. «Розвиток наукових і технологічних основ плазмового зварювання і наплавлення плавким і неплавким електродами» - Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.06 «Зварювання і споріднені технології» - Приазовський державний технічний університет, Маріуполь, 2006р.  Дисертаційна робота присвячена розробці наукових і технологічних основ плазмових процесів зварювання і наплавлення плавким і неплавким електродами, принципам побудови пристроїв для їхньої практичної реалізації. Сукупність наукових положень і технічних розробок, представлених у дисертації, складає рішення важливої науково-прикладної проблеми створення високоефективних способів плазмової обробки матеріалів, що дозволяє шляхом розробки і впровадження ефективних заходів щодо удосконалювання технологічних процесів виготовлення різних деталей, включаючи застосування оптимальних (форсованих) параметрів режимів зварювання (наплавлення) і параметрів легування плавкого електроду, досягти істотного підвищення якості виробів і їхньої експлуатаційної довговічності з одночасним підвищенням продуктивності процесу. Досліджено фізичні процеси в плазмової дузі, яка горить у середовищі аргону. За допомогою розробленої методики визначені термічні цикли при плазма-МІГ процесі. Визначено сумарну залежність густин теплових потоків від плазмової дуги і дуги плавкого електроду з метою регулювання тепловложення у виріб шляхом вибору необхідних для оптимального попереднього підігріву поверхні параметрів режиму наплавлення. Встановлено закономірності саморегулювання довжини дуги плавкого електроду при плазма-МІГ наплавленні порошковою плющенкою із застосуванням розробленого двуханодного плазмотрону. Проведено промислове впровадження розробок. Фактичний економічний ефект склав близько 1400000 грн. Матеріали дисертаційної роботи використовуються кафедрами зварювального виробництва у рамках викладання спеціальних дисциплін. | |
| |  | | --- | | 1. У дисертації наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової проблеми, що виявляється в підвищенні якості і продуктивності зварювання і наплавлення за рахунок застосування висококонцентрованих джерел енергії для нагрівання і плавлення електродів при плазма-ТІГ і плазма-МІГ процесах і при забезпеченні зниження на них енерговитрат в 1,5 –2 рази. У роботі вирішена проблема зменшення собівартості зварювання і наплавлення з одночасним підвищенням їхньої якості і продуктивності:  - при використанні плазма-ТІГ процесу в результаті: виявлених і встановлених закономірностей змінення енергетичних параметрів різних зон плазма-ТІГ дуги перемінного струму, їхнього розвитку в просторі і часі, за рахунок чого розроблені рекомендації з вибору форсованих режимів, які забезпечують високу стійкість вольфрамового неплавкого електроду з одночасним зниженням кількості вольфрамових вкраплень у зварювальному шві; рішення питання можливості визначення числової величини впливу силового плазмово-газового потоку в залежності від режимів зварювання, яку необхідно враховувати технологам при їх оптимізації з метою одержання зварювальних швів і наплавлених валиків заданих розмірів;  - при використанні плазма-МІГ процесу в результаті встановлених закономірностей впливу полоциліндричної плазмової дуги на: характер переносу електродного металу (за рахунок розроблених рекомендацій з вибору форсованих режимів, які забезпечують рівномірний стабільний розподіл легуючих елементів з порошкового електроду в наплавлений метал при мінімальному впливі основного металу, що дозволяє одержувати високолегований шар при одношаровому наплавленні); термічні цикли процесу (за рахунок визначення можливості заміни попереднього підігріву основного металу регламентованим тепловложенням потоку енергії від плазмової дуги і, тим самим, знизити собівартість наплавлення в 2-3 рази.  2. Одержала подальший розвиток науково-обгрунтована методика визначення електроенергетичних характеристик плазмових процесів, яка дозволяє досліджувати статичні і динамічні характеристики плазмових дуг постійного і перемінного струмів. При плазма-ТІГ зварюванні алюмінієвих сплавів на перемінному струмі в момент переходу значення струму через 0, виявлен зустрічний потік з виробу (який особливо сильно виявляється, якщо виріб – анод), що полегшує повторне запалювання дуги, але просторово дестабілізує її на початку наростання струму дуги, при цьому час деіонізації дугового проміжку зростає зі збільшенням густини струму в соплі плазмотрона і у незначному ступені - від збільшення витрати плазмоутворюючого газу.  Визначено умови утворення в стовпі дуги яскравого контрагированого ядра, діаметр якого і його довжина залежать від величини густини струму в плазмоутворюючому каналі. Встановлено, що при діаметрі ядра, рівному 25% стовпа дуги (густина струму 36,8 А/мм2), відбувається найбільш легке повторне запалювання дуги і відсутнє руйнування вольфрамового неплавкого електрода. При цьому кількість вольфрамових вкраплень у металі наплавлення знижується до 0-1 на 1200 мм наплавленого валика, а стійкість вольфрамового електрода зростає в 1,2-1,5 рази.  3. Вперше за допомогою удосконаленої методики дослідження силового впливу плазмово-газового потоку враховані сили Лоренца, що діють безпосередньо в зоні зварювання, які беруть участь у переміщенні металу ванни і у перерозподілі струму по її перетину, що дозволяє установлювати вплив силового тиску газового потоку від режимів зварювання (наплавлення) і врахувати його при формуванні зварювального шва і наплавленого валика при плазма-ТІГ процесі. 4.За допомогою удосконаленої методики визначення електроенергетичних характеристик плазмових процесів, яка дозволяє досліджувати характер плавлення оболонки і осердя порошкового дроту при плазма-МІГ наплавленні, встановлено, що: внаслідок нагрівання плазмовою дугою прискорюється процес плавлення осердя, що виступає за межі оболонки, (штифт зменшується, здобуває конічну форму), частина металу оболонки, яка розплавилася, стікає по осердю, перенос металу йде практично по осі дуги, відхилення крапель від осьового напрямку вкрай рідкі, при цьому найбільш оптимальними є режими дрібнокрапельного і середньокрапельного перенесення; найбільш характерним показником впливу полоциліндричної плазмової дуги є зміна конусної форми перешийка краплі, яка формується, (встановлена залежність довжини конічного перешийка від величини струму плазмової дуги, показуюча, що зі збільшенням струму плазмової дуги від 150 до 300 А відбувається подовження конуса від 0,5-1 мм до 1,5-2,0 мм). Виявлені закономірності дозволяють оптимизувати режими плазма-МІГ наплавлення і зменшити кількість вкраплень від шихти порошкового дроту, яка не розплавилася, до 0-2 на 5000 мм наплавленого валика.  5. Вперше встановлено, що при застосуванні в якості плазмоутворюючого і захисного газів суміші аргону і гелію, а також чистого гелію характер переносу при плазма-МІГ зварюванні (наплавленні) істотно не відрізняється від плазмового зварювання в аргоні: при його виборі необхідно керуватися насамперед вартістю і виробничими можливостями. Найбільш характерним для плазма-МІГ зварювання є струминний перенос, при цьому (на прямої полярності) збільшується швидкість плавлення плавкого електрода, різко збільшується довжина дуги і її випромінювання, довжина розплавленої частини електроду.  6. Вперше визначені термічні цикли плазма-МІГ наплавлення, що дозволило встановити витрати плазмоутворюючого газу (при інших незмінних параметрах режимів) не впливають на тепловложення у вироб: тепловложення у вироб складається із суми потоків енергії від плазмової дуги і від дуги плавкого електрода; - тепловий потік від полоциліндричної дуги розподіляється рівномірно по ширині, рівної діаметрові каналу плазмоутворюючого сопла, у момент проходження переднього фронту ванни, яка виникла під впливом плавкого електрода, зони нагрівання плазмовою дугою. Встановлено, що шляхом варіювання струму полоциліндричної дуги можливо і доцільно регулювати температуру попереднього підігріву основного металу. Проведені дослідження забезпечують регулювання в значному діапазоні параметрів, від яких залежить напрямок росту кристалів і якість наплавлення.  7. При плазма-МІГ наплавленні в середовищі аргону чавунних прес-форм для формування виробів зі скла з метою підвищення їх разгаростійкості доцільно застосовувати мідно-нікелеві сплави (метал типу 20Н50Д35СР), мікролегування якого берилієм (при одночасному виключенні з його складу бора, який перешкоджає десульфурації і дефосфосфорації рідкого металу, і кремнію), різко підвищує його разгаростійкість: максимальна разгаростійкість досягається при вмісті берилію в кількості 0,052%. Отримані результати дозволили підвищити стійкість прес-форм у 1,3-1,7 разів.  8. Вперше доведена доцільність застосування способу плазма-МІГ наплавлення порошковим дротом (замість коштовного автоматичного наплавлення під шаром флюсу) для одержання жароміцного покриття з метою зміцнення роликів машин безперервного лиття заготівель. Рекомендуємо до складу шихти порошкового дроту вводити Са(ВF4)2, при вмісті якого більш 6% - процес стає стабільним без вживання додаткових заходів по його стабілізації, а процес переносу електродного металу – дрібнокрапельним, при цьому гарантоване забезпечення зниження вмісту в наплавленому металі не тільки кисню, але і сірки.Металографічні дослідження показали, що збільшення вмісту в наплавленому металі Zr до 0,44% і Ti до 0,67% приводить до здрібнювання зерна металу.  9.Експериментально встановлено,що для забезпечення рівномірної твердості по перетину наплавленого шару металу плазма-МІГ наплавлення варто вести з мінімальним кроком. З метою зменшення імовірності утворення тріщин у наплавленому шарі,наплавлення варто проводити на мінімальному струмі,що дозволяє істотно підвищити швидкість кристалізації наплавленого металу.  10. Встановлено, що при наплавленні силумінів плазма-МІГ способом доцільно в якості присаджувального матеріалу застосовувати порошкову плющенку, при цьому раціонально використовувати принцип побудови розробленої установки, заснованої на застосуванні двох неплавких електродів, які живляться від окремих джерел живлення з крутоспадною ВАХ, що забезпечує позитивну залежність приросту струму неплавких електродів від приросту струму плавкого електроду (що стабілізує довжину дуги плавкого електрода) і виражається оптимальною залежністю DIНЭ1 = DIНЭ2 = (0,3ё0,6)DIПЭ, за рахунок чого гарантоване гарне формування наплавленого валика і стабільний процес наплавлення.  11. Встановлено, що плазма-МІГ наплавлення і плазма-ТІГ зварювання є найбільш екологічно чистими процесами в порівнянні з іншими способами плазмової обробки металів на ідентичних режимах, при цьому при проведенні зварювання алюмінієво-магнієвих сплавів рекомендуємо застосовувати процес з наскрізним проплавленням на підкладці з нахилом осі плазмотрона кутом уперед (не менш 120 від вертикалі), а при проведенні плазма-МІГ наплавлення (при виборі робочих режимів) враховувати результати проведених досліджень: виділення від плавкого електрода (порошкового дроту і плющенки) ТСЗА скорочується при збільшенні витрат газу навколо кільцевого електрода і збільшенні струму полоциліндричної дуги.  12. Промислове впровадження розробок за період 2002-2005 рр. дозволило одержати економічний ефект на підприємствах у сумі біля 1,4 млн. грн. | |