

властивостями вихідного металу, але й особливостями процесу наплавлення. Використання енергії ультразвукових коливань викликає у ванні розплаву ряд процесів: дегазація, коагуляція, тепломасообін, трансляційне переміщення бульбашок, пульсація бульбашок, виникнення мікропотоків, локальний розігрів речовини, виникнення мікроударних хвиль, ультразвукова кристалізація. Тепломасообін і мікропоток дозволяють за рахунок перемішування ванни розплаву зменшити залишкові напруження, а значить і зменшити тріщиноутворення, покращити рівномірність розподілу хімічних елементів по об'єму та однорідність структури, збільшити зчеплення наплавленого матеріалу з матеріалом основи. Дегазація дозволяє зменшити вміст газів у розплаві, а значить і зменшити пористість отриманих шарів. Локальний розігрів речовини, а також інтенсивне перемішування ванни розплаву, що збільшує швидкість теплопередачі від ванни розплавленого металу до порошку, який наплавляється, інтенсифікуючи процес наплавлення. А ультразвукова кристалізація забезпечує отримання подрібненої структури наплавлених шарів з покращеними фізико-механічними властивостями. Застосування ультразвукового впливу з частотою 20 кГц дозволяє зняти дифузійні обмеження за рахунок сильних мікро- та макропотоків. Все вище наведене дозволяє говорити про перспективність використання енергії ультразвукових коливань при напавленні, адже це дозволяє боротися з дефектами, які властиві напавленим шарам, інтенсифікувати цей процес та дає можливість розширити ряд комбінацій матеріалів, що наплавляються, (зняти обмеження по сполученню складів основного і присадного матеріалу). Для лазерно-плазмового напавлення, яке характеризується локальністю протікання процесу, виникає необхідність безконтактного введення і фокусування енергії УЗК в зону обробки, що значно збільшує ККД процесу напавлення. При лазерному нагріванні і розплавленні металу мають місце теплові потоки. Для безконтактного введення УЗК при лазерно-плазмовому напавленні використовуємо систему, в якій фокусуючий пристрій, коливається з ультразвуковою частотою вздовж або поперек оптичної осі. Коефіцієнт тріщиноутворення значною мірою залежить від керуючих параметрів технологічного процесу лазерно-плазмового напавлення. Виконаний аналіз дефектів, що властиві шарам, які отримані лазерно-плазмовим напавленням, і традиційних методів їх запобігання або усунення виявив недоліки їх застосування. Застосування енергії ультразвукових коливань при лазерно-плазмовому напавленні сприяє підвищенню якості наплавлених шарів.

УДК 621.375.826:621

Кутасевич С.О. студ., Салій С.С. студ. Блощин М.С. ас., Головка Л.Ф. д.т.н. проф.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ ПРИ КОМБІНОВАНОМУ ЛАЗЕРНО-ІНДУКЦІЙНОМУ НАПЛАВЛЕННІ

В різних галузях промисловості широко використовуються машини, деталі яких працюють в екстремальних умовах. Внаслідок цього окремі ділянки таких деталей швидко зношуються, втрачаючи геометричну форму і розміри. Головним механізмом спрацювання таких виробів є абразивне зношування в умовах дії агресивного середовища, підвищених температур, високих питомих тисків, відсутності мастил або обмежених умов змащування. Метою роботи є визначення теоретично й експериментальне підтвердження технологічних характеристик та закономірностей процесу нагрівання порошкового матеріалу без плавлення до заданої температури. Надзвичайно ефективними способами ремонту спрацьованих поверхонь деталей для

продовження тривалості їх експлуатації є технології відновлення. Максимальну ефективність ці технології забезпечують при їх застосуванні до складних і дорогих виробів (турбін енергетичних установок, колінчастих валів двигунів, деталей бурового обладнання та інше). Лазерна технологія наплавлення з метою відновлювання та зміцнення на відміну від широко розповсюджених (газо-полум'яної, плазмової та інших) дозволяє вирішити цю проблему без таких негативних характеристик відновлених деталей, як то залишкові деформації, які не можна виправити наступним рихтуванням та механічною обробкою, бо дозволяє практично повністю уникнути залишкових деформацій, які не можна виправити наступним рихтуванням та механічною обробкою. Але при збільшенні площі спрацьованих ділянок виникає необхідність збільшувати вклад енергії лазерного випромінювання, що тягне за собою необхідність збільшувати потужність технологічного лазера, вартість якого зростає за експонентною і відповідно збільшується собівартість процесу наплавлення. Висока вартість енергії лазерного випромінювання та істотне збільшення собівартості наплавлення при збільшенні продуктивності процесу обмежує область використання цієї технології, тому шукають способи зниження собівартості процесу лазерного газопорошкового наплавлення за рахунок використання більш дешевих допоміжних джерел енергії. Результатом став процес лазерно-індукційного наплавлення, коли функції кожного джерела енергії чітко розмежовані. Енергія індуктора використовується виключно на підготовчій стадії процесу – транспортуванні та підігріванні порошку до температури 0,8-0,9 Тпл. Лазерний промінь розплавляє певний об'єм матеріалу основи і доводить до температури плавлення підігрітий індуктором порошок. ЕДС індукції визначається швидкістю зміни магнітного потоку. Під дією ЕДС індукції в тілах протікають вихрові (замкнуті всередині тіл) струми, які виділяють тепло по закону Джоуля-Ленца. Порошковий матеріал направляємо у електромагнітне поле індуктора, який живиться змінним струмом високої частоти. В масі металу або компактної присадки індукуються вторинні змінні струми той же частоти, які розподіляються в поверхневому шарі металу та нагрівають цей шар. Чим вища частота струму, тим тонший шар, що нагрівається. Для сталевих деталей переважає нагрівання струмами високої частоти поверхневих шарів металу зберігається до точки Кюрі (768°C). Після нагрівання металу вище точки Кюрі, глибина проникнення індуктованих струмів збільшується у 10...20 раз (в залежності від частоти), завдяки чому розподіл температури у металі, що нагрівається стає більш рівномірним. Порошковий матеріал за допомогою допоміжного транспортуючого газу подається у кварцеву трубку, що розміщено в індукторі. Для нагріву порошку до заданої температури, яка складає $0,9T_{\text{плавл}}$ матеріалу, при встановленій витраті живильника необхідно визначити час знаходження порошкового матеріалу під впливом електромагнітної індукції індуктора й його енергетичні та частотні характеристики, які б могли забезпечити нагрівання частинок, що пролітають вздовж індуктора. Процес лазерно-плазмового наплавлення здійснюється шляхом вдування попередньо нагрітою до певної температури газопорошкової суміші, що надходить із масовою витратою G , під кутом α , у ванну розплаву, що утворюється в матеріалі деталі при дії лазерного випромінювання на поверхню з потужністю P , сфокусованого за допомогою лінзи до діаметра плями фокусування d_0 . При цьому оброблювана деталь переміщається відносно лазерного променя зі швидкістю V . Необхідною умовою виконання якісного наплавлення є існування зони підплавлення матеріалу основи для створення металургійного зв'язку. Це реалізується за рахунок високоенергетичного впливу лазерного випромінювання на підготовлену заздалегідь поверхню наплавлення. При цьому, на поверхні зони наплавлення утворюється розплавлений шар ванни розплаву матеріалу основи, куди потрапляє підігрітий завдяки плазмовому струменю порошковий матеріал.

Відбувається спочатку перерозподіл температури у ванні розплаву, температура порошкового матеріалу й ванни розплаву в результаті взаємодії зрівнюються. Далі за рахунок взаємодії ванни розплаву й порошку з лазерним випромінюванням, що має наперед задані геометричні й енергетичні характеристики (довжина хвилі, потужність лазерного випромінювання, діаметр плями фокусування, модовий склад, швидкість переміщення заготовки) відбувається підігрівання до температури плавлення, часткове взаємне перемішування з утворенням наплавленого валику з відповідними параметрами (ширини, довжини, висоти).

УДК 621.375.826:621

Діптан С. Ю., пошукач, Блощинин М.С., асистент; Романов Б.С., асп., Головка Л.Ф., д.т.н., проф.

ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ ПРИ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМОВОМУ НАПЛАВЛЕННІ

Відновлення деталей машин і механізмів після їх спрацювання, а також надання поверхневим шарам особливих фізико-механічних характеристик, що зменшують швидкість їх зношування, є одним із важливих завдань машинобудування. Ці технології забезпечують значне збільшення ресурсу роботи та надійності машин, а також зменшення витрат на їх виготовлення. Комбінований процес лазерно-плазмового наплавлення є похідним від класичного методу лазерно-порошкового наплавлення. При цьому плазмовий струмінь, як додаткове джерело енергії, використовується виключно для підготовчої операції – нагрівання порошкової суміші до температур 0,8-0,9 $T_{пл}$. Такий спосіб дозволяє радикально збільшувати продуктивність процесу без суттєвого впливу на його якісні показники та собівартість. Згадана технологія дозволяє отримати досить високі якісні властивості наплавлених шарів у порівнянні з традиційним чисто лазерним газо - порошковим наплавленням. Однак вона має і певні недоліки: важко контрольовані залишкові напруження, наявність тріщин і пор, обмеження по утворенню розчинів основного і присадкового матеріалів і таке інше. У даній роботі приведений аналіз дефектів, що властиві шарам, які отримані лазерно-плазмовим наплавленням із використанням УЗК, і традиційних методів їх запобігання або усунення. Розглядаються питання особливостей застосування енергії ультразвукових коливань для підвищення якості наплавлених шарів. В цьому аспекті розглянуті процеси, що протікають у ванні розплаву при накладанні на неї ультразвукових коливань, і визначений їх вплив на якісні характеристики шару, після її кристалізації. У роботі наведено класичні схеми введення ультразвукових коливань до ванни розплаву та проаналізовані їх недоліки. Обговорюється можливість застосування даної технології для наплавлення різнорідних матеріалів та створення нових композиційних матеріалів.

УДК 621.793.79

Салій С.С., студ., Кутасевич С.О., студ., Блощинин М.С., ас., Головка Л.Ф., проф.

ОСОБЛИВОСТІ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ РІДИННО-В'ЯЗКОГО СТАНУ ПРИ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБЦІ

Лазерну поверхневу обробку деталей - легування чи наплавлення, зазвичай проводять з використанням двох основних груп способів. Першу групу утворюють