**Добрушін Леонід Давидович. Створення технологічних процесів прецизійного зварювання вибухом елементів металоконструкцій: дисертація д-ра техн. наук: 05.03.06 / НАН України; Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона. - К., 2003**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Добрушін Л.Д. Створення технологічних процесів прецизійного зварювання вибухом елементів металоконструкцій. – Рукопис.  Дисертація на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – Зварювання та споріднені технології. – Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ, 2003 р.  Дисертація присвячена науковому обґрунтуванню і розробці промислових технологічних процесів прецизійного зварювання вибухом елементів металоконструкцій із забезпеченням заданих геометричних характеристик і потрібних службових властивостей зварних з’єднань і конструкцій у цілому. Проведені детальні теоретичні і експериментальні дослідження з оптимізації умов утворення з’єднання металів поблизу нижньої межі області зварювання вибухом. Вивчені особливості процесів плакування вибухом і пружно-пластичного деформування тонкостінних оболонкових і трубчатих протяжних, а також зварювання ударною хвилею товстолистових, у тому числі багатоелементних, металоконструкцій. Запропоновані й апробовані оригінальні способи плакування і зварювання вибухом, а також опорні пристрої, які забезпечують задані і/або допустимі залишкові деформації конструкцій і їх елементів. Створений комплекс технологічних процесів прецизійного зварювання вибухом, які знайшли широке промислове застосування на різних підприємствах в Україні, країнах СНД і за кордоном. | |
| |  | | --- | | Сукупність наукових положень і технічних розробок, представлених в дисертації, складає вирішення важливої науково-технічної проблеми створення наукових основ і промислових технологічних процесів ПЗВ елементів металоконструкцій із одно- і різнорідних металів, у тому числі з різко відмінними фізико-механічними властивостями, які забезпечують задані геометричні характеристики і потрібні службові властивості зварних з’єднань і конструкцій у цілому. Вирішення цієї проблеми дозволило розширити технологічні можливості сучасного виробництва й ремонту зварних металоконструкцій для різних галузей техніки. Основні результати і висновки роботи полягають у наступному:  1. З використанням аналогії умов пластичного деформування металів у процесах їх ЗВ і високошвидкісного удару (співударяння), а також за допомогою розробленого методу «раптової зупинки» процесу ЗВ показано, що при виводі критерію виникнення в зоні формування з’єднання спільних для пари металів, що зварюються, пластичних деформацій слід враховувати фактори їх динамічного зміцнення і інерційного опору деформуванню в цій зоні. Запропонований критерій дозволяє пояснити і передбачити вплив відмінностей у твердості і густині різнорідних металів на режим формування і якість отримуваних при ЗВ з’єднань.  2. На основі аналізу результатів проведених експериментальних досліджень встановлено, що вирішальний вплив на положення НМ області ЗВ обумовлює відношення висоти нерівностей і товщини оксидної плівки на поверхні зварюваних металів до характерної глибини зони струмене- і/або хвилеутворення. Сформульовані рекомендації з раціональної підготовки поверхні при вирішенні задач ПЗВ, згідно з якими глибина цієї зони повинна бути, по крайній мірі, не меншою середньої висоти нерівностей поверхні і товщини оксидної плівки. Показано, що при порівнянності останніх із глибиною вказаної зони теоретично граничний кут співударяння для металів, на поверхні яких вони відсутні, визначається як » 0,7 реально необхідного для утворення міцного зварного з’єднання.  3. Металографічними дослідженнями за розробленими методиками виявлені механізми, за якими протікає процес пластичної деформації у зоні формування з’єднання при ЗВ алюмінієвих сплавів. Показано, що якщо у гомогенних за фазовим складом сплавах пластична деформація здійснюється переважно за механізмом утворення розвинутих смуг зсуву, то у сплавах, які містять зміцнюючі фази, поширення смуг зсуву утруднено необхідністю їх переорієнтації при зіткненнях зі зміцнюючими фазами. Для поліпшення здатності до зварювання і зниження критичної швидкості співударяння при ЗВ таких сплавів рекомендується видаляти указані фази із поверхонь, що зварюються, на глибину до декількох десятків мікрометрів шляхом їхньої попередньої хімічної обробки.  4. Для зниження деформації полотна тонкостінної оболонки при її локальному плакуванні вибухом доцільно використовувати тонколистову ВР з . В той же час при такому режимі метання відбувається руйнування пластини, яку метають, у вигляді внутрішнього відколу ще до її співударяння з основним металом оболонки. Встановлено, що наступне співударяння поверхонь відколу викликає їх пластичну деформацію з утворенням зони із розшаруванням або «другої» межі зварювання. Однак, для реалізації останньої потрібне збільшення швидкості співударяння. Запропоновано спосіб, який дозволяє повністю усунути розшарування пластини, яку метають, без збільшення її швидкості співудар-яння. Спосіб грунтується на використанні двошарової пластини, яка складається тієї, що безпосередньо приварюється, і «протекторної» («противідкольної»).  5. Розроблений ряд способів ПЗВ, які забезпечують дозування імпульсного навантаження і стабільність параметрів зварювання при локальному плакуванні криволінійної тонкостінної оболонки. Встановлено, що динамічний НДС оболонки у процесі плакування має переважно вигинний характер і локалізований у деякій околиці зони плакування. Затиснення оболонки в межах області локалізації деформацій згинання за допомогою жорсткої опори і притисного елементу дозволяє подавити їх розвиток і, завдяки цьому, зменшити приблизно у 2 рази залишковий прогин полотна оболонки після плакування. Створені оригінальні конструкції і технологія виготовлення рельєфних опор, а також пристрій (в том числі у підвісному варіанті) для компенсації пружно-пластичних деформацій оболонки.  6. Теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено, що при внутрішньому плакуванні вибухом протяжних труб існує критична довжина плакування, при перевищенні якої може розвиватися надмірна деформація або відбуватися руйнування плакованого виробу. Показано, що фактором, який визначає обмеження довжини плакування, є короткочасний перехід стінки труби у пластичний стан, і розширення каналу під дією продуктів детонації, які накопичуються у трубі по мірі поширення процесу плакування. Розроблені і випробувані конструкції бандажів, які дозволяють збільшити критичну довжину однократного внутрішнього плакування, а також запропоновані технологічні схеми протяжного плакування труб вибухом.  7. За допомогою аналітичних методів, комп’ютерного моделювання і експериментальних вимірювань показано, що у стінці труб після їх внутрішнього плакування вибухом, яке супроводжується пластичною деформацією (роздачею) каналу, виникають ЗН. Основним параметром, що визначає величину і глибину їх наведення є відношення зовнішнього радіусу труби до внутрішнього, оскільки ця величина визначає відношення амплітуд коливань на зовнішній і внутрішній поверхнях труби. Встановлено, що якщо значення цього відношення більше » 2,5, то у стінці труби, поблизу її плакованої поверхні, виникають ЗН стиснення, які сприяють поліпшенню службових характеристик плакованої труби при наступній експлуатації.  8. Розроблені принципово новий спосіб ЗУХ і різні варіанти його практичної реалізації при з’єднанні плоских товстолистових, у тому числі, багато-елементних, металоконструкцій, визначені початкові параметри і досліджені основні закономірності процесу. Встановлено, зокрема, що при використанні вставок, які потовщують елементи, що зварюються, найбільш істотний вплив на площу з’єднання справляє густина матеріалу вставок. Так, зі збільшенням останньої у 8 разів площа з’єднання зростає майже в 3 рази при збереженні діаметру і довжини заряду ВР. Головними перевагами ЗУХ є виключно низька питома витрата ВР, яка виявляється більш чим, ніж на порядок нижчою, ніж при звичайному ЗВ, і можливість одночасного зварювання необмежених за товщиною і кількістю елементів.  9. Дано пояснення механізму особливого режиму формування з’єднання при ЗУХ з аномальною структурою НШЗ, яке грунтується на уявленні про те, що при достатньо великому відношенні інерційних сил у зоні формування з’єднання до опору металу деформуванню замість звичайних для ЗВ «бугрів деформації» попереду точки контакту виникають короткі «виплески» кумулятивних струменів. Показано, що такий режим обумовлений високою швидкістю руху точки контакту, близькою до швидкості звуку у металі, і є причиною утворення значних завихорень і пустот на межі хвилеподібного з’єднання. Для їх усунення або зменшення запропоновано вміщувати заряд ВР у металічну оболонку, причому товщина її стінки повинна бути не меншою величини зварювального зазору між елементами.  Розроблена оригінальна конструкція системи захисту від побічної дії вибуху при ЗУХ з використанням портативних камер перфорованого типу, які дозволяють проводити вибухозварювальні роботи безпосередньо в цехових умовах підприємств, які будуються або діючих.  10. Результати виконаних у цій роботі наукових досліджень і розроблені інженерно-технічні рішення покладені в основу створення і широкого промислового застосування різних технологічних процесів ПЗВ на підприємствах аерокосмічного комплексу, загального машинобудування, енергетики, кольорової металургії як в Україні, так і в країнах СНД і за кордоном. Сумарний економічний ефект тільки від застосування технології ПЗВ при ремонті різних вузлів і агрегатів паливних баків УРКТС «Енергія-Буран» склав більш 3,6 млн. крб. (у цінах 1988 р.). | |