**Лабур Тетяна Михайлівна. Технологічні основи забезпечення надійності з'єднань конструкцій літальних апаратів з тонколистових алюмінієво-літієвих сплавів: дис... д-ра техн. наук: 05.07.04 / ВАТ "Український НДІ авіаційної технології". - К., 2005**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Лабур Т.М.**Технологічні основи забезпечення надійності зварних зєднань конструкцій літаючих апаратів із тонколистових алюмінієво-літієвих сплавів.  Дисертація на здобуття ступеня доктора технічних наук за фахом 05.07.04 - Технологія виробництва літальних апаратів.  ВАТ Український науково-дослідний інститут авіаційної технології, Київ, 2005.  Дисертація присвячена визначенню теплофізичних умов зварювання, які сприяють забезпеченню надійності зєднань типових елементів конструкцій літальних апаратів з тонколистових алюмінієво-літієвих сплавів (310мм) систем легування Al-Mg-Li (1421) та Al-Cu-Li (1460). Експериментально встановлена залежність міцності та вязкості окремих зон зварних зєднань і механізмів зародження та розповсюдження тріщин при руйнуванні від головних технологічних факторів зварювання: величини погонної енергії, хімічного складу присадкового матеріалу, форми шва та мікродефектів. На основі отриманих даних обґрунтовано ефективні технології, які забезпечують підвищення параметрів надійності зварних зєднань, включаючи зону сплавлення. Розроблені технологічні рекомендації щодо вибору оптимальних умов зварювання з тонколистових алюмінієво-літієвих сплаві. | |
| |  | | --- | | У дисертації на основі виконаного комплексного дослідження науково обґрунтована ефективність технологічних методів забезпечення надійності зварних з’єднань типових елементів конструкцій ЛА з тонколистових алюмінієво-літієвих сплавів 1421 і 1460, що включає:  1. Вперше, відповідно до концепції надійності виконано системне комплексне дослідження характеру зміни структури та властивостей нероз’ємних з’єднань під впливом технологічних факторів (величини погонної енергії, складу основного металу і присадкового дроту, форми шва, одиничних дефектів) при зварюванні дугою (плавким і неплавким електродом) та електронним променем. Обґрунтована ефективність технологічних методів поліпшення якості і параметрів надійності з’єднань шляхом подрібнення кристалітів шва, усунення осередків крихкого зародження тріщин і запобігання умов утворення міжкристалітних (у швах) і міжзерених (у ЗТВ) прошарків, що забезпечує виконання необхідних робочих функцій конструкцій ЛА в різних умовах експлуатації та широкому температурному діапазоні (20500К).  2. Показано, що при реалізації технологічного процесу структура зварних з’єднань, яка сформувалася, визначає параметри надійності залежно від способів і режимів зварювання. Вперше експериментально встановлено, що умови зародження тріщин визначаються розмірами та об’ємної долі фаз и включень, які пов’язані з вихідним станом сплаву і способом зварювання. Перегрівання металу призводить до розвитку неоднорідності щодо кількості легуючих елементів і домішок внаслідок їх сегрегації уздовж границь зерен, утворення крихких міжзерених прошарків з пересичених фаз, особливо на границі сплавлення, де прошарки формують щільний каркас навколо зерен. Підвищення концентрації напруження, яке пов’язане з цим, полегшує зародження тріщини шляхом розтріскування фаз або порушення контакту з матрицею, що знижує показники міцності та в’язкості зварних з’єднань до рівня: sР=265295МПа, КС=21,523,7МПам, dС=0,030,05мм, JС=2,54Дж/см2, УРРТ=3,85,2Дж/см2. Визначені теплофізичні умови зварювання та технологічних обробок, які зменшують структурну неоднорідність зон зварних з’єднань і забезпечують підвищення на 1525% параметрів надійності з’єднань при різних видах навантаження (статичних і динамічних) в широкому температурному діапазоні (20500К).  3. Обґрунтовані технологічні вимоги до кількості домішок (Na, Ca, Ba) > 0,10,15%, які, являючись неминучими компонентами у складі сплавів, посилюють схильність металу до утворення тріщин. По мірі укрупнення часток при зварюванні, що викликає зернограничне окрихчення з’єднань. Скорочення об’ємної долі домішок до рівня 0,01% за умови рівномірного розподілу інтерметалідних фаз зменшує вплив границь кристалітів і зерен на процеси зародження тріщини і сприяють підвищенню на 20% sРі на 40% КС при значеннях dС=0,05мм, JС=4Дж/см2, УРРТ=5,2Дж/см2. Механізм інтеркристалітного руйнування металу в зоні сплавлення при цьому замінюється транскристалітним.  4. Вперше для забезпечення високих значень параметрів надійності з’єднань визначені раціональні теплофізичні умови зварювання алюмінієво-літієвих сплавів. Показано, що протяжність і об’ємна доля ділянок структури, в якій присутні крихкі міжкристалітні (у швах), міжзерені (в ЗТВ) прошарки і мікро пустоти впливають на зародження мікро тріщин. При регулюванні умов зварювання пульсуючою дугою (1012105Дж/м) або від джерел високої концентрації тепла (1,21,4105Дж/м) поліпшується структура з’єднань, збільшується міцність на 70100МПа та КС– на 2025%. При цьому поліпшення властивостей забезпечується не тільки в металі шва, але й у найбільш слабкій зоні з’єднань – на границі його сплавлення з основним металом (sРЗС=295310МПа, КСЗС=2124МПам, dСЗС=0,040,06мм, JСЗС=45Дж/см2, УРРТЗС=57Дж/см2).  5. Обґрунтована доцільність використання присадкових дротів із скандієм у межах 0,40,6% для підвищення надійності швів (sР=310320МПа, КС=2528МПам, dС=0,050,07мм, JС= 46Дж/см2, УРРТ=810Дж/см2) за рахунок появи на стадії охолодження зварювальної ванни дисперсних часток алюмініду скандію, а також утворення дрібнокристалітної (субдендритної) структури. При наявності скандію в основному металі, окрім цього, відбувається гальмування процесів рекристалізації та скорочення протяжності зони розміцнення, що сприяє підвищенню рівня в’язкості руйнування на 2025% при збільшенні міцності з’єднань на 1012%.  6. Встановлено, що наявність пор розміром 18% знижує показник ПРРТ на 0,51,5Дж/см2, а оксидних плівок еквівалентної площини – 1,32,8Дж/см2 і викликає прискорений у 2,5 рази розвиток тріщин. Тому допустимий розмір окремої пори не повинен перевищувати 4% від поперечного перетину з’єднання, а оксидної плівки – не більш 2%. Для забезпечення необхідного рівня надійності зварних з’єднань запропоновані комплексні технологічні рішення, які включають підготовчі операції та умови зварювання, які регламентують граничну величину дефектів в швах алюмінієво-літієвих сплавів.  7. Показано, що використання штучного старіння підвищують міцність з’єднань до рівня 320330МПа, але знижують на 1520% їх в’язкість. Термомеханічна обробка з’єднань, яка включає прокатку роликом металу шва і зони сплавлення (до 7%) з наступним штучним старінням, призводить до більш інтенсивного виділення дисперсних часток зміцнюючих фаз, рівномірному їх розташуванню по усьому об’єму металу, що поліпшує значення міцності та в’язкості з’єднань: sРСВ=340360МПа, КССВ=2730МПам, dССВ=0,050,08мм, JССВ=67Дж/см2, УРРТСВ=810Дж/см2 і наближує їх до рівня основного металу.  8. Вперше встановлена залежність комплексу фізико-механічних властивостей зварних з’єднань від умов експлуатації у широкому діапазоні температур (20623К). При зменшенні температури від 293 до 20К міцність з’єднань досліджених сплавів зростає від 305340МПа до 400420МПа внаслідок деформаційного зміцнення. Мінімальні значення показників КС и dСзареєстровані в зоні сплавлення і становлять відповідно 23МПам та 0,04мм. Показники JС і ПРРТ в залежності від хімічного складу зварювальних сплавів становлять для сплаву 1421 - 3,1Дж/см2 і 4,5Дж/см2, а для сплаву 1460 - 4,0Дж/см2і 6,2Дж/см2. Більш високий (на 3035%) рівень значень цих характеристик мають з’єднання сплаву 1460, що підтверджує доцільність його використання для конструкцій кріогенного призначення.  В умовах підвищених температур експлуатації міцність досліджених сплавів порівняно з кімнатною температурою (320МПа) знижується на 35% при 473К і в 3 рази при 623К. Показники в’язкості руйнування при цьому підвищуються на 10 і 25% відповідно.  Зростання швидкості деформації при наявності концентраторів напруження призводить до прискорення зародження та розповсюдження тріщин, що зменшує рівень в’язкості на 3050%.  9. Розроблено та впроваджено технологічні рекомендації по обгрунтуванню раціональних умов зварювання, які забезпечили високу якість швів і підвищення на 1220% параметрів надійності з’єднань у виробах ДКБ «Південному» ім. М.К. Янгеля, ВО «Південний машинобудівний завод» ім. О.М. Макарова, в Інституті машинознавства ім. А.А. Благонравова РАН и НВО Машинобудування (Російська федерація). Вирішена науково-практична проблема створення сучасних та нових зварних конструкцій ЛА з поліпшеними тактико-технічними характеристиками, що разом з меншою на 1012% питомою масою алюмінієво-літієвих сплавів забезпечує економічний ефект від впровадження розробок в промислове виробництво понад 600 тис. грн. на один виріб. | |