

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

高性能材料之銲接與修補製程最佳化研究之總計畫

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 89 - 2216 - E - 009 - 036

執行期間：89年08月01日至90年07月31日

總計畫主持人：周長彬 教授

子計畫一：周長彬 教授

子計畫二：林義成 教授

子計畫三：王星豪 教授

參與人員：林后堯

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：

中華民國 90 年 10 月 30 日

高性能材料之銲接與修補製程最佳化研究之總計畫

The Optimum Study of Welding and Repairing Processing of High-Performance Materials

計畫編號：NSC 89-2216-E-009-036

執行期限：89年08月01日至90年07月31日

總計畫主持人：周長彬 教授 國立交通大學機械工程學系

子計畫一：周長彬 教授 國立交通大學機械工程學系

子計畫二：林義成 教授 國立彰化師範大學機械工程學系

子計畫三：王星豪 教授 國立台灣海洋大學機械與輪機工程學系

參與人員：林后堯 國立交通大學機械工程學系

一、中文摘要

本整合型計畫主要在研究銲接與修補製程參數對材料系統之變形、殘留應力、熱延性、耐腐蝕性、熱裂敏感性、彎曲低週期疲勞、機械性質及微觀組織等之影響。本整合型研究計畫嘗試利用『Model 理論』，輔以電腦運算分析工具來模擬各種材料系統在不同製程參數下之溫度、變形、殘留應力及相變化等相互間的關係。因此，本研究計畫最終目標係以現有且常用的高性能材料之物理特性與機械性質等，以實驗與理論模式來得知各種材料系統之「物理模態」、「力學模式」及「冶金特性」等關係，並配合各種銲接、修補製程與各類的測試實驗，來加以驗證本研究計畫所發展出來的理論模式，以期使『理論研究』與『實際應用』能相互緊密地結合在一起，並藉此推導出有關材料系統與製程參數之相關綜合理論。

1. 銲接與修補最佳化製程研究：本項研究領域包括有：鎳基超合金修補製程參數最佳化研究（由林義成教授主持）。
2. 材料系統之銲接特性分析：本項研究領域包括有：高強度鋁合金銲接熱影響區之特性研究（由周長彬教授主持）、鈦合金銲接構件之彎曲低週期疲勞研究（由王星豪教授主持）。
3. 材料系統之力學行為分析：主要在分析銲接與修補製程對材料系統之變形、殘留應力及彎曲低週期疲勞性等之影響，以作為最佳製程參數、材料冶金結構及製程參數控制系統等的研究依據（由林義成教授與王星豪教授等人負責）。
4. 材料系統之冶金結構分析：主要在分析銲接與修補製程對材料系統之機械性質與微觀組織的影響，以作為最佳製程參數、銲件破損分析及製程參數控制系統等的研究依據（由周長彬教授負責）。

本整合型計畫之第一年各子計畫的研究重點在於探討高性能材料之「物理模態」、「力

學模式」及「冶金特性」等相互間的關係，並可初步獲得高性能材料之銲接特性、銲接參數及修補參數等組合關係。其中所採用的材料系統、製程參數及研究方法與步驟等，更可互相分析與比較。

關鍵詞：可銲性、銲補、Gleeble、熱影響區、銲接變形、殘留應力、低週疲勞、鋁合金、超合金、鈦合金

Abstract

The purpose of this research project is to determine the fabrication and repairing weldability of high-performance alloys, including high-strength aluminum alloys, In 718, and titanium alloys. The welding processes included gas tungsten arc welding and plasma arc welding. The Heat Affected Zone simulation was produced by Gleeble machine. Low cycle fatigue test was conducted. The welding distortion and residual stress were measured and compared to the results through finite element simulation. The microstructure of weldment was examined and analyzed by DCS and TEM. The first year experimental results are presented by the following three sub-project papers.

Keywords: Weldability, Repair Welding, Gleeble, Heat Affected Zone, Welding Distortion, Residual Stress, Low cycle fatigue, Alluminum Alloys, Super Alloys, Titanium Alloys

子計畫一：高強度鋁合金鐸接熱影響區之特性研究(1)
**The Study of Characteristics in Weld Heat Affected Zone of
Aluminum Alloys**

計畫編號：NSC 89-2216-E-009-035

執行期限：89年08月01日至90年07月31日

主持人：周長彬 教授 國立交通大學機械工程學系

計畫參與人員：林后堯 國立交通大學機械工程學系

一、中文摘要

本文使用Gleeble來模擬 7075 鋁合金鐸接熱影響區之顯微組織。經由微差掃描卡計 (DSC)、穿透式電子顯微鏡 (TEM)、拉伸試驗及在 3.5% NaCl 水溶液中進行電化學量測來探討熱影響區之顯微組織、機械性質、腐蝕特性。

7075-T651 鋁合金鐸接熱影響區強度衰退之原因為 θ 相之析出及粗化。熱影響區孔蝕電位之變化與基地中 θ 相之含量有關。在熱影響區中當相融解或轉換為 θ' 相則孔蝕電位下降。鐸後 T6 熱處理有助於孔蝕電位之提高。在峰值溫度為 377 °C 區域存在大量 θ 相之析出物，此區域對 T6 鐸後熱處理無強化效果。

關鍵詞：鋁合金 7075、鐸接熱影響區、鐸後熱處理

Abstract

The microstructures of weld heat affected zone (HAZ) of 7075 aluminum alloy were simulated by Gleeble. The microstructures, mechanical properties, corrosion characteristics and hot ductility behaviors were investigated by means of differential scanning calorimeter (DSC), TEM, tensile testing and electrochemical measurements in 3.5 wt.% NaCl solution.

The degradation in strength of weld HAZ of 7075-T651 aluminum alloy was due to precipitation and coarsening of θ phase. The variation of pitting potential in weld HAZ was related to the θ phase in matrix. The pitting potential decreased as the θ phase dissolved or transferred to the θ' phase. The region of peak temperature 377 °C containing the most precipitate of θ phase was no effect on strength by T6 post treatment.

Keywords: Aluminum-alloy 7075, Welding Heat Affected Zone, Post Weld Heat Treatment

子計畫二：鎳基超合金修補製程對變形與殘留應力之研究

A Study on Distortion and Residual Stress During Repairing Process in Ni-base Superalloy

計畫編號：NSC 89-2216-E-018-002

執行期限：89 年 08 月 01 日至 90 年 07 月 31 日

主持人：林義成 教授 國立彰化師範大學機械工程學系

一、中文摘要

本研究的目的主要在利用電漿銲接研究鎳基超合金修補，並以變形與殘留應力之分析與控制為主。實驗中所採用的銲接方法為電漿銲接，並選用 IN738 為母材。由於 IN738 材料有限，在研究過程中將利用有限元素方法模擬銲接過程之熱應力與殘留應力變形。其次，利用有限元素方法模擬亦可更廣泛了解銲補參數與熱應力與殘留應力變形之間相依性。銲接過程中，將利用動態溫度量測系統量測各銲接參數之熱循環曲線，以印證銲接溫度場。分析結果發現，在縱向熱應力銲弧前端附近呈現壓縮應力，在距離銲弧後方較遠處，壓縮應力會轉為拉伸應力，其最大值在銲道兩側 2 到 5mm 處，約為 600MPa 拉伸應力。在縱向殘留應力(σ_x)，在銲道中心處為壓應力，最大值為 -53MPa，銲道附近為拉伸應力，最大值為 400MPa，在厚度較厚端之熱影響區殘留應力很小，約僅有 -50MPa。橫向殘留應力(σ_z)，在銲道中心處為壓應力，最大值為 212MPa，銲道附近為拉伸應力，最大值為 43MPa。在變形量方面，變形相當小，大約只有 0.1mm，且主要是朝 Y 方向變形。

關鍵詞：銲補、電漿銲接、超合金、殘留應力、有限元素

Abstract

In this study, the repair welding technology of plasma arc welding is used. The finite element method will be used to analyze the thermal and residual stresses and distortion during welding process. An experiment will be done after analyze for identification of analytic results. During welding, the thermal cycle of different locations in weldment will be recorded to compare the temperature field obtained by finite element method. Based on the analytical results found that the longitudinal compressive thermal stress is found at front of arc. After welding arc passed, the tensile stress can be found. The value of maximum longitudinal thermal stress is about 600MPa that locates in 2 to 5 mm distance from fusion line. The longitudinal residual stress at center of weld is compressive and the value by -53MPa. The maximum tensile residual stress is found at near the heat-affected zone, and its magnitude equals 400MPa. A heat-affected zone with lower residual stress is found at side of thicker section of sample. The magnitude of distortion due to welding is only 0.1mm, and distortion is developed in Y-direction.

Keywords: Repair welding , Plasma arc welding , Superalloy , Residual stress , Finite element

子計畫三：鈦合金銲接構件之彎曲低週疲勞 (I)

Preparation of NSC Project Reports

計畫編號：NSC 89-2216-E-019-010

執行期限：89 年 08 月 01 日至 90 年 07 月 31 日

主持人：王星豪 教授 國立台灣海洋大學機械與輪機工程學系

計畫參與人員：魏明德 陳律仁

國立台灣海洋大學機械與輪機工程學系

一、中文摘要

本實驗研究旨在探討三種不同微觀組織的鈦合金，於應用不同應變速率及應變振幅的情況下，其原素材及氣護錫極電弧銲接件對低週疲勞性質的比較，實驗結果顯示增加應變速率均會使 Ti-64、CP-Ti 和 Ti-153 的拉伸抗拉強度和降伏強度上升，且其伸長量會下降。在疲勞試驗方面，應變速率升高會使疲勞強度上升，高應變振幅呈循環應力軟化，低應變振幅則為循環應力硬化，且 Ti-153 對應變速率的敏感性較 Ti-64 高，Ti-64 銲件裂縫出現於母材區，其疲勞強度劣於原素材，Ti-153 銲件裂縫位於銲道處，且其銲件疲勞強度優於 $\dot{\nu}=5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 時的素材疲勞強度，但劣於 $\dot{\nu}=1 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ 時素材疲勞的強度。Ti-64 銲道熔融區主要形成的組織為針刺狀麻田散鐵 β' ，熔融區的維氏硬度值最高。純鈦銲件之耐疲勞強度比原材優越，基於銲道之補強作用。

關鍵詞：鈦合金、低週疲勞、應變速率、銲接

Abstract

Three different titanium alloys (pure Ti, Ti 64 and Ti 153) with different micro-structures and their welds were used to study the effect of strain rate and strain amplitude on the properties of low cycle fatigue. It shows that the ultimate tensile strength and the yield strength increase with increasing strain rate but the elongation decreases. Similarly, fatigue strength increases with strain rate. Alloys undergo cyclic strain hardening at the relative small strain amplitude. On the other hand, alloys undergo cyclic strain softening so that stress range decreases with increasing number of strain cycles. The ductile pure Ti and Ti 153 alloy exhibit more sensitive to strain range change than high strength Ti 64. The fatigue strength of Ti 64 welds is inferior to that of parent metal and the failure occurs at the base metal zone. However the fatigue failure of Ti 153 happens at the weld.

Keywords: Titanium Alloys, Strain Rate, Weld, Low Cycle Fatigue