行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

鋁與鎂合金異種材料摩擦攪拌之有限元素模擬及製程參數 之研究 研究成果報告(精簡版)

計	畫	類	別	:	個別型
計	畫	編	號	:	NSC 96-2221-E-041-021-
執	行	期	間	:	96年08月01日至97年07月31日
執	行	單	位	:	嘉南藥理科技大學醫療資訊管理研究所

計畫主持人	:	徐宏修	
共同主持人	:	黄永茂	
计畫參與人員	:	學士級-專任助理人員:郭真致	
		碩十班研究生-兼任助理人員: 黃	政儒

報告附件:出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式:本計畫可公開查詢

中華民國 97年10月14日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 ■ 成 果 報 告□期中進度報告

鋁與鎂合金異種材料摩擦攪拌之有限元素模擬及製程參數之研究

計畫類別:■個別型計畫 □ 整合型計畫

- 計畫編號:NSC 96-2212-E-041-001
- 執行期間:96年8月1日至96年7月31日

計畫主持人:徐宏修 嘉南藥理科技大學醫療資訊管理研究所 共同主持人:黃永茂 中山大學機械與機電工程學系(所) 計畫參與人員:黃政儒 嘉南藥理科技大學醫療資訊管理研究所 林建華 中山大學機械與機電工程所

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交):■精簡報告 □完整報告

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

處理方式:除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、 列管計畫及下列情形者外,得立即公開查詢

□涉及專利或其他智慧財產權,□一年■二年後可公開查詢執行單位:嘉南藥理科技大學醫療資訊管理研究所

中華民國 97年 10月 14日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

鋁與鎂合金異種材料摩擦攪拌之有限元素模擬

及製程參數之研究

An FEM Simulation and Study on Forming Parameter of Bimetal of

Friction Stir Welding for Aluminum and Magnesium Alloy

計畫編號:NSC 96-2212-E-041-001 執行期限:96年8月1日至97年7月31日 主持人:徐宏修 嘉南藥理科技大學醫療資訊管理研究所 共同主持人:黃永茂 中山大學機械與機電工程學系(所) 計畫參與人員:黃政儒 嘉南藥理科技大學醫療資訊管理研究所 林建華 中山大學機械與機電工程學所

摘要

本研究的目的在於探討攪拌摩擦焊 接,並確定鋁,鎂板加入攪拌摩擦焊接技術 的機械性能。兩個平行板的異種金屬實行並 行焊接,並完成對接。從焊道的再結晶現像 可以看出,在焊縫區域以及在熱機械熱影響 區(TMAZ)對焊道的影響。從不同的參數, 如軸向力,轉速,速度的焊接性能進行了評 估,期望即早評估並對攪拌摩擦焊接的參數 作一徹底的探討。

引言

攪拌摩擦焊接是一種固態焊接工藝,焊 接後鋁合金用於航空,鐵路,汽車和海洋工 業。在攪拌摩擦焊中,鋁,鎂,鋅和銅合金 常被用作加入母材。母材的性能,如屈服強 度,在TMAZ下材料的硬度,及時TAZ影 響區,皆與旋轉運動的工具頭有關。在攪拌 摩擦焊加工參數,如轉速工具,焊接速度, 軸向力等是非常重要的參數,可決定焊道的 品質。

和母材相比,在焊核區或摩擦攪拌的動 態再結晶和晶粒開始增長。其次是熱機械以 及 TAZ。在焊核區和 TMAZ 中及焊道的焊 核結構有對應的機械力學性能。

半固態鑄造鎂合金 AZ91D 鎂(3%)可 攪拌摩擦焊接鋁合金 6061 - T6 在連續非多 孔焊縫。由此產生的焊道進行了分析,以了 解固態混合機制,創造焊道區的顯微結構的 特點是動態再結晶材料。其中固態的劇烈塑 性變形是動態再結晶的機械混合材料產生 細粒焊接區的微觀結構,並隨著產生沉澱 物。

焊接接頭的疲勞強度代表其工業應用 的重要問題。與傳統的融合技術相比,攪拌 摩擦焊後顯示出鋁和鎂合金疲勞增強。此 外,加入不同的合金表現出的一些重要現像 如減少殘餘應力和避免重複熱處理等積極 因素。

Afrin[1]探討的微觀結構變化 AZ31B -H24 鎂合金攪拌摩擦焊接。 Afrin 評估工具 轉速和焊接速度的攪拌摩擦後微觀組織和 拉伸性能和晶粒尺寸。從一系列的試驗, Afrin 發現寬深比對中心攪拌區的尺寸分數 減少。焊接速度影響焊道的微觀結構,較大 的顆粒出現在較低的焊接速度。增加焊接速 度時由於有較低的熱量輸入,使屈服強度和 抗拉強度增加。

Balasubramanian[2]建立基礎材料性能 和攪拌摩擦焊工藝參數的關係。攪拌摩擦焊 接已使用 5 種不同等級的鋁合金(AA1050, AA6061, AA2024, AA7039 和 AA7075) 使用不同的組合工藝參數。分別建立了基本 金屬特性和工具旋轉速度和焊接速度的關 係。

Cavaliere[3]對攪拌摩擦焊對接焊縫的 探討,對調查的不同 2024-707 攪拌摩擦焊 對接疲勞性能和疲勞裂紋擴展行為,產生具 有不同加工參數下的對焊縫。

Chen[4]採用微X-射線繞射分析焊道的 相變。轉換區存在於攪拌區和較低的金屬片 之間,其中含金屬間化合物 All2Mg17, Al3Mg2和 Mg2Si。使用較低的焊接速度可 產生較不明顯的焊接裂縫,並改善了焊接處 合的強度。

Dobriyal[5] 觀 察 到 β-Mg17Al12, All1Ce3和 Al2Ce,焊點是不存在孔隙度。 XRD,SEM和 TEM 顯示焊接區域間上的特 徵。研究焊接地區沿鋼板厚度(橫方向)的 維氏硬度測試的硬度與厚度變化關係。觀察 晶粒沉澱的尺寸大小和硬度。

Fukumoto[6]探討晶粒結構,其晶粒尺 寸最小約為 1µm 形成於焊接接口,由於工 作區的熱效應產生動態再結晶。抗拉強度和 疲勞強度的焊接部位都是那些基本金屬,並 沒有減少,直到晶粒尺寸增加到約 15µm。 Hall-Petch 斜率的減少時,並發現在晶粒尺 寸方面及的屈服應力的晶粒尺寸。

Gharacheh[7]發現,增加上述比率將略 導致降低攪拌區和過渡區的降伏和極限強 度。還指出,增加旋轉/行速比增加了焊核 尺寸並且降低了不完整的攪拌經粒缺陷。

Huang[8]調查拉伸性能和振動性,其中 將 5052H34 鋁鎂板退火,然後攪拌摩擦處 理,旋轉速度為 500~1500rpm。在不同的旋 轉速度有不同的相應的晶粒尺寸,這可歸因 於在動態再結晶攪拌摩擦處理(FSP)。結 果顯示,增加轉速而攪拌區的振動斷裂阻力 的減少。此一結果與裂紋擴展速率的變化相同。Somasekharan [9]研究了各種動態再結 晶微觀現象,並提供了相關的微觀現象,如 機械彈性質和強度。焊縫區加強了硬晶/焊 縫與毗鄰在焊接口的動態再結晶現象。

Wang[10]發現類似的攪拌摩擦加工下 鎂鋅鋁合金晶粒強度對晶粒尺寸的相關性 較小。高係數 Schmid 係數約 0.3 的攪拌摩 擦處理後的樣品反應出低參數的 Hall-Petch 的關係。

Xie[11]研究了 ZK60 焊縫的力學性能。 由於焊接失敗的礦塊的抗拉強度(強度)達 到 87% 的母材強度。經過老化,降低 MgZn2 粒子增加的力學性能,並增加熱影響區焊縫 的強度達到 94% 的母材強度。

Zhang[12]探討攪拌摩擦焊接的流動特 性,材料是孔隙型,可以用來研究整個攪拌 摩擦焊接下的超塑性材料流動模式。Zhang 探討在不同的焊接參數下AZ31 鎂合金的攪 拌摩擦焊接,以獲得最佳條件的無缺損焊 縫,並建立材料的流動和缺陷的關係。模式 的形成取決於焊縫的焊接參數,並提出合理 的意見選擇正確的參數,以避免攪拌摩擦焊 接缺陷。

Zhang[13]將的宏觀結構的橫向截面分 成幾個表面。結果顯示,形成過程的焊核的 變化與焊接速度。有兩個主要的材料流動的 焊核:一個是從推進方面,另一個是從撤退 的一方。Zhang 發展一個簡單的攪拌摩擦焊 焊核形成的模型。

2. 實驗設備的建置

2.1. 工具和工件的設定



b: 熱影響區(HAZ)

c: 熱機影響區(TMAZ)

圖 1. 工具和工件的設定

圖1為攪拌摩擦焊的焊接順序的示意 圖所示。圖1焊接工具組成的工具頭,工具 肩部和腳固定在銑床上與旋轉沿其縱軸。工 件材料是在固定在一個夾頭如圖2所示。工 件材料,是由一個固定的剛性支持鋼板,並 鉗或鐵砧阻止。

旋轉焊接工具正在慢慢陷入工件,直到 肩膀的焊接工具,強行接觸表面上的物質。 經過預熱時間,焊接工具是被迫沿著走過的 聯合線(如圖1所示)直至達到焊縫。焊 接工具,然後收回,一般主軸,同時繼續焊 接工。在工具收回,針焊接工具,葉片中產 生一個工件結束時的焊縫。當肩膀壓在表面 的工件產生摩擦熱,針造成了一些額外的加 熱和廣泛的塑性流動中的工件同時進行。因 此,微觀結構的聯合線可分為三個區,母材 區,熱影響區,及熱機影響區如圖1所示。

作者開發了一個攪拌摩擦焊試驗裝置 由傳統的銑床。主軸此自行設計的攪拌摩擦 焊設備可以旋轉的旋轉速度從400到1200 轉,夾具和表驅動馬達可以移動的速度從 20 to 60 毫米/分鐘。壓力計之間的安裝夾具 表和驅動器,以便衡量在不同的方向焊接部 位。在焊接時,工件的抛光和清潔丙酮的焊 接表面,然後放置在底板和箝制嚴格的鐵砧 沿焊接方向,以防止橫向移動所示,如圖2。



圖 2 工件和夾具座的配置

AL6061 鋁板的厚度是 3.18mm, AL5052 鋁板的厚度是 3.02mm., AL1050 鋁板的厚度是 3.02mm.。鎂 AZ61 的厚度是 3.33 毫米。

2.2.熱電偶配置

K型熱電偶的基礎與葉鞘直徑1毫米使 用。數字型溫度計,TM-747D,是用於連接 四個熱電偶,以一台個人電腦,包含有數據 採集系統的安裝,記錄歷史的溫度在攪拌摩 擦。小孔直徑為1毫米的鑽兩側方的設置, 以適應工件的熱電偶。







圖 4 佈置熱電偶內的工件。對面型和等距 型。

熱電偶在的工件中的位置如圖 4 所 示。該傳感頭的熱電偶約1毫米長。因此, 熱電偶是嵌入式安全的漏洞和溫度可以衡 量正確沒有任何外來干擾。旋轉方向和運動 方向的工具,如圖 4 所示。兩個四個熱電偶 放在一邊,和另外兩個放在對邊。之間的熱 電偶的距離和焊縫製線都是 6mm。這樣的 佈局被稱為'對面和等距'型,這是用來測量 前進和後退的溫度歷程。

3 過程控制和熱歷程量測

熱攪拌摩擦焊過程中的歷程和它們的最 高值取決於熱量的投入,工具,熱損失的底 板,和工具的停留時間,工件預熱前開始向 前邁進的時間。一個成功的攪拌摩擦焊過程 基本上是受在工件的焊縫的最高溫度所影 響。太低溫將使各地的焊縫線很難穿過工 件,可能導致工具頭的斷裂。較高的溫度可 以降低流動應力的工件和工具很容易向前 推進。然而,過於高溫可能使工件材料的肩 部翹起,以及在焊縫的微觀結構中獲得較大 的晶粒尺寸

3.1 對面型的和等距型佈局的熱歷程

圖 5 顯示 A5052-AZ61 對接溫度的歷 史,加入的四個熱電偶對焊接時間和位移的 工具從起點,分別使用的佈局對面和等距' 型,圖 4 (b)所示,焊接條件的工具,轉

速 ω = 1000 轉速和移動速度 V = 60mm/min。圖 6 所示焊接產品 A5052-AZ61 Rotation 對接的外觀。圓形環表面上的焊縫可以清楚 Direction 地觀察了一個洞後,剩下的工具投收回後的 工件,就像一個標準的攪拌摩擦焊過程。



圖 5 A5052-AZ61 熱電偶'對面和等距'型的 熱歷程(溫度剖面 vs 焊接時間和溫度 分佈 vs 工具頭位移)



圖 6 A5052 - AZ61 對接的焊接產品外觀

圖 7 顯示的溫度歷史的四個熱電偶對 焊接時間和位移的工具,分別使用的配置' 對面和等距'型的 A6061- A1050 對接焊接。 焊接條件的工具,轉速ω = 1500 轉速和移 動速度V = 40 毫米/分鐘。圖8顯示了A6061 - A1050 對接焊接產品外貌。



圖 7 A6061-Al050 熱電偶'對面和等距'型的 熱歷程(溫度剖面 vs 焊接時間和溫度 分佈 vs 工具頭位移)

焊接產品 A6061 - A5052 對接加入。



圖 9 A6061-A5052 熱電偶'對面和等距'型的 熱歷程(溫度剖面 vs 焊接時間和溫度 分佈 vs 工具頭位移)



圖 8 A6061-Al050 對接的焊接產品外觀

圖 9 顯示溫度歷史的四個熱電偶對焊 接時間和位移的工具,分別使用的配置'對面 和等距'型的 A6061-A5052 對接焊接。焊接 條件的工具,轉速 $\omega = 1000$ 轉速和移動速 度 V = 60 毫米/分鐘。圖。 10 顯示外觀的



圖 10 A6061-A5052 對接的焊接產品外觀

4. 結論

In this study, the thermal histories and temperature distributions in a workpiece were determined experimentally during a friction stir welding (FSW) butt joining process of

A5052-AZ61, A6061-Al050 and A6061-A5052. The temperature around the joint line was measured temperatures. From the regression analysis results it is known that the temperatures inside the pin can be regarded as a uniform distribution and that the heat transfer starts from the rim of the pin to the edge of the workpiece. The appropriate temperatures for a successful FSW process are between 350 and 400 °C. for A6061-A1050 and A6061-A5052 group. The appropriate temperatures for a successful FSW process are between 350 and 400 °C. for A6061-A1050 and A5052-AZ61. The temperatures on the advancing side are slightly higher than those on the retreating side. These experimental results and the process control of temperature histories can offer useful knowledge for an FSW process of A5052-AZ61, A6061-A1050 and A6061-A5052 butt joining.

在這項研究中,在攪拌摩擦焊接(攪拌摩擦 焊)對接過程中 A5052 - AZ61, A6061-A1050和 A6061-A5052 焊接實驗來評 估在實驗工件熱歷程和溫度分佈。測量焊縫 周圍的溫度。從回歸分析的結果得知,內部 的温度可視為從工具頭件邊緣到工件的邊 緣的均勻分佈和傳熱。一個成功的攪拌摩擦 焊工藝的適當溫度,是 350 至 400 ℃ (為 A6061 - A1050 和 A6061 - A5052 組)。一個 成功的攪拌摩擦焊工藝的適當溫度,是350 至 400 °C 。(為 A6061 - A1050 和 A5052 -AZ61)。推動一方的溫度略高於撤退的一 方。這些實驗結果和過程控制溫度的歷史可 以提供有用的知識的攪拌摩擦焊過程中 A5052 - AZ61 , A6061 - Al050 和 A6061 -A5052 對接焊接。

謝誌

本文承蒙國科會經費補助得以完成,研 究計劃編號 NSC 96-2212 -E-041-001,特此 誌謝 參考文獻

- [1] Afrin, N., D. L. Chen, et al. "Microstructure and tensile properties of friction stir welded AZ31B magnesium alloy." Materials Science and Engineering a-Structural Materials Properties Microstructure and Processing 472(1-2): 179-186.2008
- [2]Balasubramanian, V. "Relationship between base metal properties and friction stir welding process parameters." Materials Science and Engineering a-Structural Materials Properties Microstructure and Processing 480(1-2): 397-403.2008
- [3]Cavaliere, P. and F. Panella "Effect of tool position on the fatigue properties of dissimilar 2024-7075 sheets joined by friction stir welding." Journal of Materials Processing Technology 206(1-3): 249-255. 2008
- [4]Chen, Y. C. and K. Nakata . "Friction stir lap joining aluminum and magnesium alloys." Scripta Materialia 58(6): 433-436.2008
- [5]Dobriyal, R. R., B. K. Dhindaw, et al.
 "Microstructure and properties of friction stir butt-welded AE42 magnesium alloy." Materials Science and Engineering a-Structural Materials Properties Microstructure and Processing 477(1-2): 243-249. 2008
- [6] Fukumoto, S., D. Yamamoto, et al. "Effect of post weld heat treatment on microstructures and mechanical properties of AZ31B friction welded joint." Materials Transactions 48(1): 44-52. 2007
- [7]Gharacheh, M. A., A. H. Kokabi, et al. "The influence of the ratio of "rotational

speed/traverse speed" (omega/nu) on mechanical properties of AZ31 friction stir welds." International Journal of Machine Tools & Manufacture 46(15): 1983-1987. 2006

- [8]Huang, K. T., T. S. Lui, et al. "Effect of dynamically recrystallized grain size on the tensile properties and vibration fracture resistance of friction stirred 5052 alloy." Materials Transactions 47(9): 2405-2412. 2006
- [9]Somasekharan, A. C. and L. E. Murr "Characterization of complex, solid-state flow and mixing in the friction-stir welding (FSW) of aluminum alloy 6061-T6 to magnesium alloy AZ91D using color metallography." Journal of Materials Science 41(16): 5365-5370. 2006
- [10]Wang, Y. N., C. I. Chang, et al. "Texture and weak grain size dependence in friction stir processed Mg-Al-Zn alloy." Scripta Materialia 55(7): 637-640. 2006
- [11]Xie, G. M., Z. Y. Ma, et al. "Effect of microstructural evolution on mechanical properties of friction stir welded ZK60 alloy." Materials Science and Engineering a-Structural Materials Properties Microstructure and Processing 486(1-2): 49-55. 2008
- [12]Zhang, H., S. B. Lin, et al. "Defects formation procedure and mathematic model for defect free friction stir welding of magnesium alloy." Materials & Design 27(9): 805-809. 2006
- [13]Zhang, H., H. Q. Wu, et al. "Effect of welding speed on the material flow patterns in friction stir welding of AZ31 magnesium alloy." Rare Metals 26(2): 158-162.2007

An FEM simulation and Study on forming parameter of Bimetal of friction stir welding for Aluminum and Magnesium Alloy

Hung-Hsiou Hsu*, Yeong-Maw Hwang** *Institute of Healthcare Information and Management, Chia-Nan University of Pharmacy & Science, 60 Erh-Jen Rd., Sec.1, Jen-Te, Tainan 71710, Taiwan ** Department of Mechanical and Electro-Mechanical Engineering, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung 80424, Taiwan

*hhhsu127@mail.chna.edu.tw,

**ymhwang@mail.nsysu.edu.tw

Abstract

The aim of the present study was to investigate a friction stir welding and to determine the mechanical properties of aluminum and magnesium sheets butt joined by friction stir welding technology. The two sheets, aligned parallel to the welding directions, have been butt welded. Recrystallisation can be observed in the weld region as well as in the thermo-mechanical heat-affected zone (TMAZ). The influence of

different parameters such as axial force, rotational speed, and traverse speed on the weld properties has been evaluated earlier but there are some important parameters are thoroughly investigated.



A FINITE ELEMENT SIMULATION ON FRICTION STIR WELDING OF BIMETAL

Hung-Hsiou Hsu*, Yeong-Maw Hwang**

*Institute of Healthcare Information and Management, Chia-Nan University of Pharmacy & Science, 60 Erh-Jen Rd., Sec.1, Jen-Te, Tainan 71710, Taiwan ** Department of Mechanical and Electro-Mechanical Engineering, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung 80424, Taiwan *hhhsu127@mail.chna.edu.tw, **ymhwang@mail.nsysu.edu.tw

ABSTRACT It is newly development tendency that the microstructure related FEM model using to investigate metal forming such as hot forming of metal material by established for simulating the plastic flow stress, strain, grain size etc mechanical properties. In this paper, a numerical models based on FEM are proposed to investigate into dissimilar metal friction stir welding of Al and other alloys. In the governing equation, the material flow stress model includes the strain, stress, temperature, grain size, activated energy. By the present models, the effects of forming parameters such as the rotation speed of pin, advance speed of pin, the frictional factor upon the temperature, is analyzed systematically. It is shown that the models offer a useful knowledge of the friction welding of bimetal.

INTRODUCTION: The mechanical properties of a welded sheet material have various advantages such as improved strength, finer grain size, better fatigue strength and anti corrosion property. The thermal-mechanical affect zone (TMAZ) and thermal affect zone (TAZ) occurred under the welding path, i.e. the rotating tool pin causes a TMAZ and TAZ. The FSW process is a kind of solid state welding, the heat flux is assumed to be zero when the temperature reaches the material melting temperature. In papers[Song 2003, Fratini 2005], due to reduce the difficulty during establishing FEM model, heat flux input from the friction between tool and sheet material are estimated. It is not reasonable for analysis the FSW procedure in detail and entirely. In this paper, a FE analysis on Friction stir welding is developed with software package-Deform 3D. Without estimating heat flux equation, it calculates the generated heat flux input from the friction caused by rotating motion during FSW. FSW technology is mainly used for joining similar material sheet. Few studies is made for dissimilar material due to the temperature, strain and stress are complicated for joint between two dissimilar material sheets. In the paper [Shigematsu 2003], Shigematsu have explored the welding experiment of 5083 and 6061 aluminum alloy sheet and examined the microstructure and the mechanical properties of the FSWed aluminum alloy joint. The friction stirred region consists two aluminum alloys which was formed by the traverse of rotating tool and the thread of the insert pin. In this paper, a three dimensional thermal mechanical FE analysis used to investigate FSW of dissimilar Aluminum alloy of 5083 and 6061. The plastic deformation of material around the tool pin can be simulated, the temperature distribution be obtained.

PROCEDURES, RESTULTS AND DISCUSSION: Fig.1 shows the schematic drawing of dissimilar material friction stir welding. It is isometric drawing. The heat transferred of friction between the tool pin stir and workpiece during FSW includes two main parts as follows: (a) Heat source generated by the friction on the surface of the tool pin; (b) Heat source generated by the plastic work due to the shear deformation of workpiece.



Fig 1. Illustrated schematic drawing of Friction Stir Welding.

The heat transfer equation is a parabolic PDE and the heat equation of tool and workpiece in the FSW process is defined as the following:

$$\rho c dT/dt = \kappa \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) - h_c + \dot{Q} \quad \text{in} \quad \Omega \tag{1}$$

where Ω is the domain in workpiece, \dot{Q} is the heat generated by stir friction between the tool and the workpiece. ρ , c, k and T are the material density and the heat capacity, the conductivity and the temperature, respectively. h_c is the convective heat transfer coefficient. There term $h_c \cdot T$ represents a model of transversal heat transfer the surroundings. According to the friction between tool with workpiece, the total heat generated rate at the workpiece/tool interface, \dot{Q} is be obtained by following the below equations:

$$\dot{Q} = \int_{S} \Delta \vec{V} \cdot \mu(T) P(T) dS \tag{2}$$

where $\mu(T)$ is the coefficient of work transmitted to heat source, P(T) is the pressure.

The FSW procedure of Aluminum alloy sheet of 3 mm thickness (z-direction) and 90mm in width (y-direction) and 90mm in length (x-direction). The strength of Aluminum A5083 and A6061 are setup according to the Deform 3D material database. The mode of the workpiece is subject to severe mode at different strain rate, strain and temperature. The material of tool is use Din-D5-1U. Because the friction factor between the workpiece/tool is more complicated, it is no clear statement until now. In setting contact conditions, the interface heat convection h_c is set to be between 0.02 $N/\sec/mm/^{\circ}C$. For convenience, the friction factor is assumed to be a constant value in this paper, $\mu = 0.7$. The calculated temperature distribution at step 413 is shown in Fig. 2. Both materials are meshed using tetrahedron. The AL6061 material is meshed in blue, the AL5083 is meshed in red.



As shown in Fig.3, the higher temperature is concentrated on the friction surface between the tool

and workpiece. Obviously, it is because the rotation behavior of workpiece is larger than those on the other side. The material is easily yielded due to the shear deformation of workpiece. In this analysis, the calculation results are obtained more quickly than those obtained by coarse mesh FEM simulation.

CONCLUSION: A numerical study on the thermal mechanical model of dissimilar material friction stir welding in a three dimensional coordinate has been developed by using a commercial code Deform 3D in this paper. The simulated results offer knowledge of the heat transfer process for the workpiece in the friction stir welding process. They are useful data for designing the friction stir welding process.

ACKNOWLEDGEMENTS: This work was sponsored by the National Science Council of Republic of China under grant No. NSC 96-2221-E-041-021. The advice and financial support of the NSC are gratefully acknowledged.

REFERENCE

- Song M. and Kovacevic R., "Thermal modeling of friction stir welding in a moving coordinate system and it s validation", International Journal of Machine Tools & Manufacture Design, Research and Application, **43**, pp. 605-615 (2003)
- Fratini L. and Buffa G., "CDRX modeling in friction stir welding of aluminum alloys", International Journal of Machine Tools & Manufacture Design, Research and Application, **45**, pp.1188-1194 (2005)
- Shigematsu I., Kwon Y. J., Suzuki K., Imai T. and Saito N., "Jointing of 5083 and 6061 aluminum alloys by friction stir welding", Journal of Materials Science Letters, **22**, pp. 355-356 (2003)





出席國際學術會議心得報告

計畫編號	NSC 96-2221-E-041-021
計畫名稱	鋁與鎂合金異種材料摩擦攪拌之有限元素模擬及製程參數之研 究
出國人員姓名 服務機關及職 稱	徐宏修 副教授 嘉南藥理科技大學醫療資訊管理研究所
會議時間地點	Jan/3/2008~Jan/8/2008
會議名稱	The 14 th international Symposium on Plasticity & Its Current Applications — Mechanics & Mechanisms of Finite Plastic Deformation—
發表論文題目	A Finite Element Simulation on friction stir welding of Bimetal
L	

一、參加會議經過

此次會議是在美國夏威夷的大島的Sheraton Keahou Bay Resort & Spa飯店舉 行,會議名稱為The 14th international Symposium on Plasticity & Its Current Applications—Mechanics & Mechanisms of Finite Plastic Deformation—,為塑性加 工的重要會議,此次研討會議重點在於材料及其機構的有限變形之模擬,塑性 加工的的相關的議題,會議時間是在2008年1月3日到1月8日期間展開。本人於1 月3日早上搭乘中華航空公司班機到美國夏威夷的檀香山,再轉機至美國夏威夷 的大島,到達時已是夏威夷當地時間1月3日中午,住進飯店後及往Sheraton Keahou Bay Resort & Spa參加下午的會議。

二、與會心得

1. 來自日本的Toshihiko Kuwabara, Yutaka Kumano, Jindra Ziegelheim, Ikuya Kurosaki 發表Strength Differential And Bauschinger Effects Of Copper Alloy Sheet For Electronic Parts. 在In-plane時電子零件的磷酸銅之張力 和壓力實驗,探討Bending moment-curvature圖並和實驗值來比較,考慮強度 差異的效應及包辛加效應.其結果顯示as-received和pre-strained的磷酸銅板 在壓縮及拉伸時,表現出對流應力強度的反應。為了更精確地育測材料彎曲的 特性,在預測磷酸銅板的變形時必須考慮包辛加效應和SD效應.

2. 來自美國的Jeong-Whan Yoon發表 On The Relationship Between Stability And Indeterminate Solutions To The Equations Of Motion Under Non-Associated Flow. 探討在non-associated flow 下可能的塑性變形而其彈 性模數為常係數. 證明該modulus 無法滿足連續方程式。因此,必須發展 Stability And Indeterminate Solutions To The Equations Of Motion Under Non-Associated Flow.

3. 來自台灣的Yeong-Maw Hwang and Yi-Kai Lin發表Forming Limit Diagrams Of Tubular Materials By Bulge Tests. 探討 AA6011管材在bulge tests的 Forming Limit Diagram (FLD). 其Loading paths設為以固定的constant strain ratio值經由FEM模擬而成並用來控制internal pressure和axial feeding punch. 其中 Swift's diffused necking criterion 和 Hill's localized necking criterion 適用於 thin sheets來推導出發生塑性不安定時之 critical principal strains. 結果證明predicted FLC於實驗值非常接近. 4. 來自美國的Jeong Whan Yoon發表"Anisotropic Sheet Forming Based On Non-Associated Flow Rule",使用non-associated flow rule (Non-AFR)為基礎的anisotropic constitutive model並考慮了anisotropic plane stress yield functions,藉由non-AFR,Yld2000-2d 來預測沖壓時四個耳部的變形, 比只用Yld2004模式要來得準.

5. 來自德國的Dirk Steglich發表Deformation And Failure Of Light-Weight Metals, 探討輕金屬成形時產生破壞的原因,為辨識成型的物理機構及提供 reliable和effective模擬成型時的assessment of engineering structures. 在first case中,採用一個微尺寸的realistic mechanisms描述.在latter case 中,希望發展一個快速有效的模擬工具。在以mechanism-based的描速中若加上 溫度和應變率的描速將更精確。研究中以anisotropic yield functions為焦 點。aluminium sheet的anisotropy被定位出strength mismatch的主要來源,是 由hcp metals的twinning產生.為找出材料的damage和failure,與壓力敏感的 yield criteria用來計算effective stress. 實驗證明此模式用來預測金屬成 形時產生破壞,是非常適用的。