

雷射銲接於電子連接器之應用

廖崇甫、廖國基*

國立台灣大學生物產業機電工程系

*E-mail: kokki@ntu.edu.tw

摘要

以雷射銲接進行組裝之電子連接器，銲接品質難以預測，且其結構強度不易透過實驗進行量測。本研究藉由有限元素分析商用軟體 ABAQUS，搭配自行撰寫之使用者副程式 DFLUX，預測 SUS304 不銹鋼材料透過雷射銲接所形成之熔融區域幾何。執行拉伸與剪切試驗，檢視單一銲點之銲接強度於不同負荷型態下之破裂情形。透過數值分析，導入前述預測銲點熔融區域模型與材料性質，配合延性與剪切破裂準則，進行拉伸與剪切試驗模擬，並根據實驗量測結果，調整損傷演化相關參數。最終將本研究分析流程應用於電子連接器金屬外殼銲接件，進行其結構強度分析，藉以提供電子連接器相關產品設計與改良依據。

關鍵詞：雷射銲接、電子連接器、有限元素分析

1. 簡介

1.1 前言

近年來，電子連接器產業逐漸由電腦發展至手機與光纖通訊等終端產品市場，由於 3C 相關產品之體積越來越小，內部連接器也朝向微小化與精緻化發展，連接器零件之組裝儼然成為影響連接器尺寸與功能重要因素之一。雷射銲接係一可靠，高強度，高效率，與高精度之銲接製程。相較於傳統銲接方式，雷射銲接具備導致材料變形小與入熱量低等優點。由於雷射光束聚焦於板材之區域相對局部，銲接過程僅產生小範圍之熱影響區域(heat affected zone)，能夠減少對於銲接區域外材料之熱影響。瞬間產生之高能量密度，可能形成高深寬比之銲接區域。此外，雷射銲接亦可應用於異質材料銲接。近年來雷射銲接逐漸被應用於高精度之微小零件，成為一種低銲料，可自動化，與高生產率之組裝方式。

深入了解雷射銲接組裝之產品結構強度，有助於產品設計與改良，為降低實驗量測所耗費之成本，採用數值分析評估經由雷射銲接組裝之連接器產品結構強度，對於降低產品開發時程與研發費用俾有助益。

1.2 研究動機與目的

電子連接器主要係由金屬彈片，端子，與膠芯等零件所組成。為進行各項零件組裝，須於零件結構增加倒刺，卡榫等設計，不當之設計可能佔用連接器內部空間，造成連接器體積增加。此外，透過嵌入組裝(insert molding)採膠芯包覆方式對零件進行組裝，雖可減少組裝所需空間，然僅適用於些許產品，且設計不當可能造成產品翹曲，結合線開裂等問題。透過雷射銲接針對金屬零件進行銲接組裝，並加強局部位置結構強度，可有

效減少組裝所需空間。此外，雷射銲接影響區域小，能夠保持連接器外觀完整。近年來，數值分析廣泛運用於各式工業產品之開發，透過快速電腦運算，可大幅降低開發成本，改善產品設計效率，並有效檢視產品潛在問題，提升產品競爭力。雷射銲接實際應用於產品加工時，可能遭遇銲接過程熔融區域(fusion zone)與熱影響區域材料特性改變，雷射銲接深度與銲點直徑難以控制，與銲接後產品強度難以評估等問題。欲形成理想熔融區域以達預期之產品結構強度，往往需透過多次試驗，方能調整出相對應適切之雷射功率，聚焦位置，與脈衝寬度等參數。不當參數可能嚴重影響產品良率，大幅增加生產成本。本研究擬針對電子連接器零件於雷射銲接組裝後之強度進行探討，透過數值分析預測銲點熔融區域，並進一步導入所預測之銲點模型於產品中進行銲接結構強度分析，檢視雷射銲點配置對於銲接結構強度之影響。本研究主要分為三個子題，依序為：

1. 雷射銲點熔融區域預測。
2. 雷射銲點熔融區域強度探討。
3. 連接器金屬外殼銲接結構強度分析。

2. 文獻回顧

雷射銲接過程相當複雜，其中包含熔融區域之熱傳導，熱對流及電漿對於雷射吸收度之影響，與各類型金屬表面對於雷射反射率差異所造成之影響等。Mazumder 等人[1]以有限差分法計算數值模型，預測熔融區域與熱影響區域之幾何形狀，並藉由模擬結果建立幾何形狀與雷射走速以及雷射功率之關係。El-Batahgy [2]針對 SUS304L 不銹鋼材料自體對接進行研究，探討銲接時各項參數對於熔融區域之影響，陳述影響銲道強度主宰因素為銲道熔融區域幾何。Chang 與 Na [3]以有限元素分析檢視板厚，板間隙，脈衝能量，脈衝寬度，與焦距位置等各項雷射銲接參數對於雷射銲點熔融區域幾何之影響，同時藉由類神經演算法進行熔融區域尺寸預測。Chang 與 Na [4]探討雷射銲接應用於微接合(micro-joining)表現，比較實驗與數值分析所得熔融區域尺寸之差異，提出最適用於 SUS304 不銹鋼材料之體積熱源數值模型(volumetric heat source)。He 等人[5]應用熱傳與流體之數值模型，預測 SUS304 不銹鋼材料於雷射銲接過程中，熔融區域材料流動情形，溫度分布，銲點直徑，與銲點深度，數值分析與實驗量測具備良好之吻合度。蔡[6]探討脈衝式雷射應用於鋰電池殼體之接合，採用高斯曲面描述雷射光束產生之表面熱通量(surface heat flux)，執行有限元素分析獲致銲道表面溫度，並與實際量測值進行比較。檢視雷射功率強度造成之表面溫度差異，進一步探討脈衝能量對於材料機械性

質之影響。范[7]探討不同雷射輸出波形對於 SUS304L 不銹鋼與鍍銀 690 合金異材對接之影響，陳述兩合金互熔後之硬度低於原母材，惟對接後銲道之抗腐蝕能力較傳統銲接為佳。Kazemi 與 Goldak [8]應用表面熱通量與體積熱源數值模型，模擬 SUS304 不銹鋼材料於雷射銲接過程之溫度分布，並比較數值分析與實驗量測所得之銲道剖面熔融區域尺寸。Kong 等人[9]檢視電阻點銲對於低碳鋼材料之機械性質影響，根據雷射銲點中心與周圍材料硬度差異，劃分原始板材，熱影響區域，與熔融區域。並藉由有限元素分析軟體，將各區域匯入不同強度之材料性質，進行拉伸試驗模擬，所得模擬結果與相對應實驗量測有相當程度之吻合。Martinson 等人[10]採用有限元素分析，搭配錐形高斯熱源數值模型 (conical gaussian heat source)，模擬材料於雷射銲接過程之溫度分布，冷卻速率，與殘留應力，並進一步探討銲接路徑對於殘留應力與冷卻速率之影響。Vicente 等人 [11]藉由拉伸試驗，維氏硬度測試，與金相分析，檢視雷射銲接應用於 SUS316L 不銹鋼薄板搭接過程，銲接前後熔融區域與熱影響區域之硬度變化。並進一步觀察銲接後板材之晶粒變化，解釋雷射強度與搭接強度之關係。Lee 等人[12]探討高強度低合金鋼(HSLA)材料透過雷射走銲搭接之結構強度，根據銲道與其周圍材料硬度差異，推測各區域之機械性質。並採用有限元素分析，導入 Gurson 降伏準則模擬試片於搭接狀態下所進行之拉伸試驗。模擬結果顯示銲道與其周圍材料性質差異相當程度影響裂痕位置。進一步檢視材料破壞位置金相，結果顯示透過有限元素分析所得之材料孔隙，與實際拉伸觀察具備不錯之吻合。Kuang 等人[13]藉由有限元素分析，針對表面熱通量與體積熱源兩種數值模型進行探討，將其應用於 SUS304 不銹鋼材料之雷射銲接模擬。透過數值模擬與實驗量測進行比較，顯示表面熱通量適用於低功率雷射銲接模擬，然高功率雷射銲接則需配合體積熱源數值模型，方可獲致相對準確之模擬結果。綜合上述文獻回顧，本研究選擇適當之體積熱源數值模型，藉由有限元素分析，模擬雷射銲接應用於 SUS304 不銹鋼材料之銲接過程，建立熔融區域幾何，探討銲接試片承受拉伸與剪切負荷下之強度，並將分析流程應用於電子連接器金屬外殼結構強度分析。

3. 雷射銲點熔融區域實驗量測與數值分析

3.1 實驗量測與數值分析流程

實驗針對拉伸試驗試片進行銲接，並將銲接後之拉伸試驗試片，剖面至銲點中心位置，檢視其熔融區域，探討不同雷射強度下所形成之熔融區域，量測其直徑與深度。同時透過有限元素分析，以相對應之雷射參數進行銲接模擬，預測其熔融區域，並比較實驗量測與數值分析結果。

3.2 有限元素分析

本研究透過商用有限元素分析軟體 ABAQUS [14]，根據體積熱源數值模型，搭配自行撰寫之使用者副程式 DFLUX，進行 SUS304 不銹鋼材料之雷射銲接模擬，圖 1 顯示本研究之熔融區域模擬流程圖。

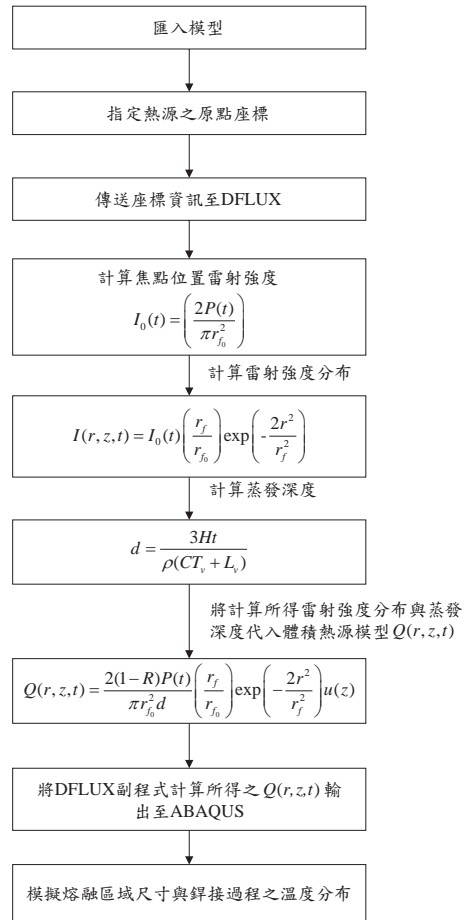


圖 1 熔融區域模擬流程圖

3.3 實驗量測與數值分析結果比較

將已剖面之試片置於電子顯微鏡下檢視，觀察已熔融區域與未熔融區域之差異，熱影響區域則相對不明顯，本研究因此僅量測熔融區域尺寸。有限元素分析則將當雷射光束停止瞬間，其溫度達到 1500°C 以上之區域視為熔融區域，圖 2 至圖 3 則分別為銲點剖面照片與模擬結果對照圖，圖片左側為模擬溫度高於 1500°C 之區域，右側為透過電子顯微鏡拍攝之銲點剖面照片，部分材料加熱至熔融狀態後進行凝固，未熔融區域與熔融區域之顏色與紋路略有差異，圖中紅色虛線標示兩區域之交界線，銲點直徑模擬結果略小於實驗量測，然整體幾何大致吻合。圖 4 與圖 5 分別顯示不同雷射強度下之銲點直徑與深度，銲點直徑模擬結果略小於實驗量測，然整體幾何大致吻合。觀察透過雷射峰值功率 1.1kW 與 1.7kW 進行銲接之試片，銲點深度模擬結果與實際量測有較大差異。Kaplan 等人[15]指出，雷射銲接過程所使用之保護氣體，於金屬凝固前可能未能順利排出而殘留於熔融區域內，對於金屬熔融狀態下之流動形成阻礙，因此推測氣泡可能為銲接所使用之氬氣所形成，進而影

響銲點熔融區域幾何尺寸。

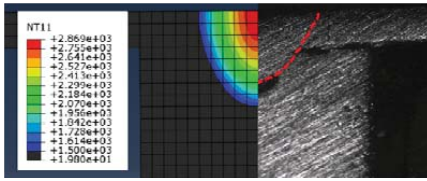


圖 2 板厚 0.15mm、峰值功率 1.1kW 之狀態下熔融區域對照圖

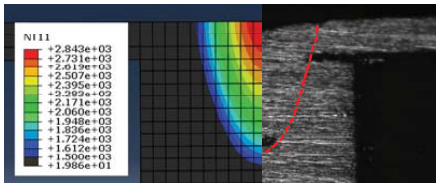


圖 3 板厚 0.15mm、峰值功率 1.5kW 之狀態下熔融區域對照圖

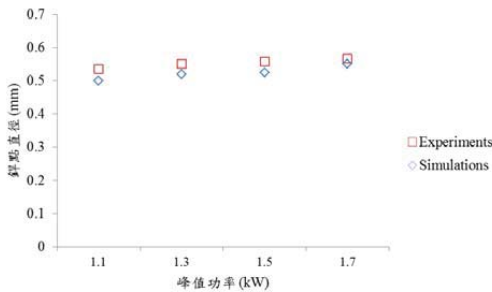


圖 4 0.15mm 板厚以不同雷射強度進行銲接之銲點直徑

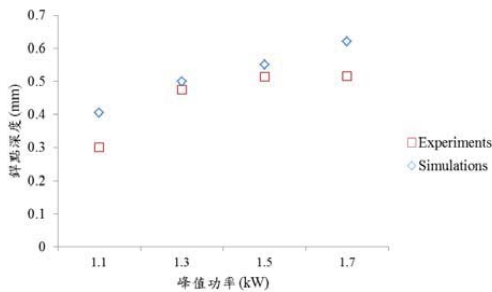


圖 5 0.15mm 板厚以不同雷射強度進行銲接之銲點深度

4. 雷射銲點熔融區域實驗量測與數值分析

4.1 實驗量測與數值分析流程

圖 6 顯示本研究之銲接試片強度試驗與數值分析流程。針對拉伸與剪切試驗試片進行銲接，後續進行相對應試驗，記錄其力量-位移變化歷程，並透過硬度試驗比較熔融區域與母材之差異。導入所預測之雷射銲點熔融區域幾何於分析模型，根據硬度試驗結果，調整熔融區域材料性質，並導入材料損傷機制進行強度試驗模擬，比對各類型試驗數值分析與相對應實驗結果。

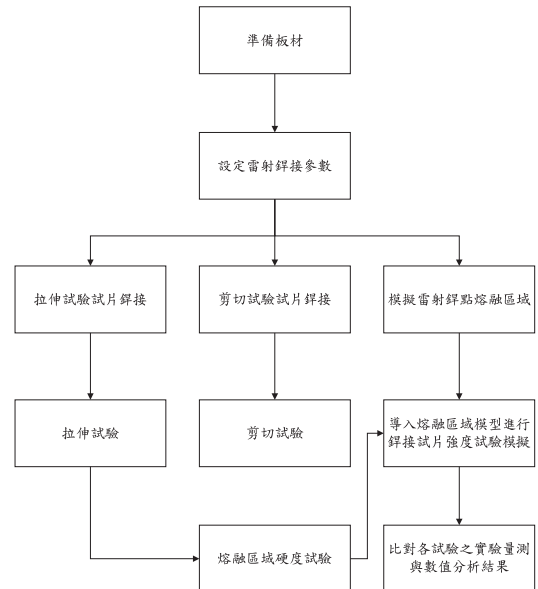


圖 6 銲接強度試驗與數值分析流程

4.2 有限元素分析

本研究採用之 SUS304 不銹鋼材料，其機械性質引用 Zhou 與 Ling [16] 單軸拉伸試驗結果。由於熔融區域之材料性質難以獲得。根據 Lee 等人 [12] 之研究，透過方程式(1)與(2)將材料劃分為彈性與塑性區域，其中 σ 為真實應力， ϵ 為真實應變， σ_0 為降伏應力， E 為楊氏係數， K 為材料強度係數， n 為加工硬化指數。

$$\sigma = E\epsilon \quad \text{for } \sigma \leq \sigma_0 \quad (1)$$

$$\sigma = K\epsilon^n \quad \text{for } \sigma > \sigma_0 \quad (2)$$

藉此擬合 SUS304 不銹鋼材料單軸拉伸真實應力-塑性應變。進一步將擬合所得之真實應力-塑性應變曲線，根據母材與熔融區域材料硬度，以兩者之倍率乘上母材之真實應力-塑性應變曲線，藉以描述熔融區域材料之真實應力-塑性應變行為。此外，為驗證所假設之熔融區域材料性質是否符合實際行為，本研究透過數值分析，針對母材與熔融區域材料進行維氏硬度試驗模擬 [17]。表 1 顯示數值分析所得之母材硬度與實驗量測結果相符，故進一步以相同方式針對熔融區域材料進行硬度模擬，其數值分析與實驗量測結果大致吻合。

表1 母材與熔融區域材料硬度

| | 母材 | 熔融區域 | 熔融區域 |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| 雷射峰值 功率(kW) | 無 | 1.1 | 1.3 |
| 維氏硬度- 實驗量測 (HV) | 289.4 | 390.4 | 403.2 |
| 維氏硬度- 數值分析 (HV) | 295.6 | 377.3 | 378.4 |
| 與母材硬度 之比例 | 1.0 | 1.35 | 1.39 |

4.3 損傷機制

Hooputra 等人[18]指出造成延性金屬材料破裂之主要兩因素為延性破裂(ductile fracture)與剪切破裂(shear fracture)。並透過延性破裂準則數值模型預測延性破裂過程中所歷經之孔洞成核(void nucleation)，成長(growth)，與合併(coalescence)。此模型假設損傷等效塑性應變 $\bar{\epsilon}_D^{pl}$ 為應力三軸度 η (triaxiality) 與等效塑性應變率 $\dot{\epsilon}^{pl}$ 之函數。其中應力三軸度 $\eta = p/q$ ， p 為靜水壓力， q 為蒙氏等效應力。於每次增量計算累積損傷 Δw_D ，當 $w_D=1$ ，則滿足初始損傷條件。

$$w_D = \int \frac{d\bar{\epsilon}^{pl}}{\bar{\epsilon}_D^{pl}(\eta, \dot{\epsilon}^{pl})} \quad (3)$$

此外，透過剪切破裂準則數值模型描述剪切所導致之破裂現象，此模型假設損傷等效塑性應變為 $\bar{\epsilon}_S^{pl}$ 為剪應力比例 $\theta_s = (q + k_s p) / \tau_{max}$ 與等效塑性應變率 $\dot{\epsilon}^{pl}$ 之函數。其中 τ_{max} 為最大剪應力， k_s 為材料常數。於每次增量計算累積損傷 Δw_S ，當 $w_S=1$ ，則滿足初始損傷條件。

$$w_S = \int \frac{d\bar{\epsilon}^{pl}}{\bar{\epsilon}_S^{pl}(\theta_s, \dot{\epsilon}^{pl})} \quad (4)$$

4.4 實驗量測與數值分析結果比較

圖7與圖8分別顯示以雷射峰值功率 1.1kW 與 1.3kW 進行銲接之試片，五組實驗量測與數值分析所得拉伸力量-位移反應，模擬結果顯示最大力量分別為 154N 與 167N，與實驗量測所得大致相符。此外，觀察前述實驗量測曲線所得之轉折現象，亦可於拉伸試驗之數值分析結果中呈現。透過數值分析結果，可觀察以雷射峰值功率 1.1kW 與 1.3kW 進行銲接之試片，拉伸試驗之實驗量測結果所呈現之兩處轉折，分別為銲點周圍與試片銲接夾持位置，材料於負荷過程由彈性範圍轉換進入塑性範圍所導致。圖9顯示以雷射峰值功率 1.0kW 進行銲接之試片，六組實驗量測與數值分析所得拉伸力量-位移反應，模擬結果顯示最大力量約為 37N，亦與實驗量測所得大致相符。

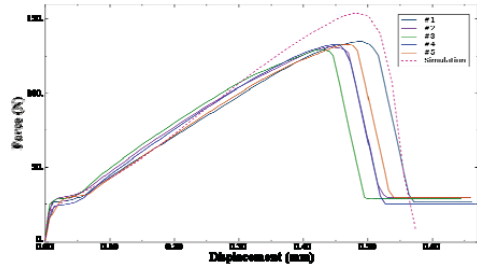


圖7 雷射峰值功率 1.1kW，拉伸試驗之實驗量測與數值分析結果

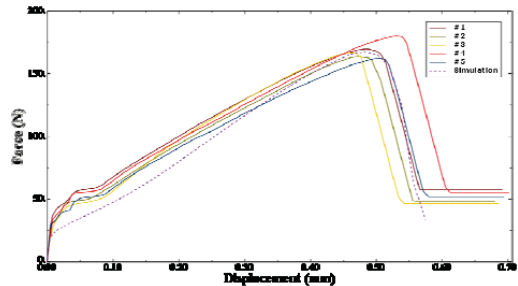


圖8 雷射峰值功率 1.3kW，拉伸試驗之實驗量測與數值分析結果

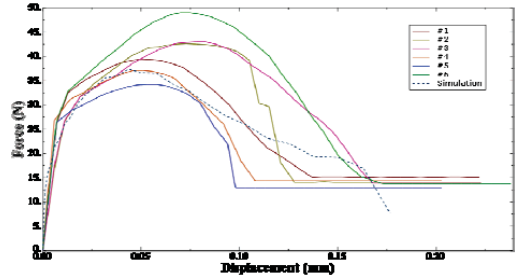


圖9 雷射峰值功率 1.0kW，剪切試驗之實驗量測與數值分析結果

5. 電子連接器金屬外殼銲接結構強度分析

5.1 電子連接器金屬外殼銲接結構強度量測

電子連接器於使用過程，可能因不當操作亦或外力導致金屬外殼損壞，導致連接器金屬端子接觸不良亦或脫落等現象。本研究因此針對電子連接器金屬外殼銲接件進行結構強度分析，圖10顯示一外觀尺寸約為長 6.4 mm × 寬 9.4 mm × 高 2.65 mm，採用 SUS304 不銹鋼材料之電子連接器金屬外殼結構示意圖。為加強結構強度，故採雷射銲接方式，於電子連接器金屬外殼上方組裝一塊厚度為 0.20mm 之 SUS304 不銹鋼板材，並配置 11 個雷射銲點熔接位置進行搭接。為檢視電子連接器金屬外殼銲接結構強度，本研究透過圖 11 顯示結構強度試驗裝置，夾持電子連接器金屬外殼上方之不銹鋼板材。以一實心鋼板針對電子連接器金屬外殼施加每分鐘 0.6mm 之-Y 方向負載，直至不銹鋼板材與電子連接器

金屬外殼完全脫離，記錄實心鋼板力量-位移結果。

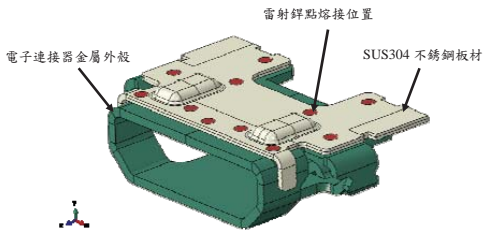


圖 10 電子連接器金屬外殼結構示意圖

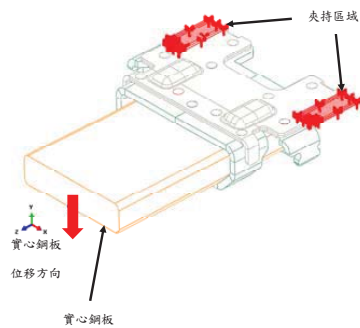


圖 11 結構強度試驗裝置圖

5.2 電子連接器金屬外殼銲接結構強度數值分析

分析模型主要分為銲點熔融區域，電子連接器金屬外殼，與不銹鋼板材。由於熔融區域可能同時承受拉伸與剪切負荷，故同時導入第四章所述之延性與剪切破裂準則於材料性質，並採用相關損傷參數進行分析。圖 12 顯示實驗量測與數值分析所得之鋼體模型力量-位移反應，數值分析結果顯示，當實心鋼板位移達 1.4mm 產生第一次峰值，此後陸續產生 4 次峰值皆為熔融區域斷裂所導致，數值分析所顯示之峰值數目小於實驗量測。由於數值分析模擬為理想銲接狀態，即各個銲點熔融區域幾何相同，銲點位置皆於正確位置且左右對稱。故產生實驗量測與數值分析之差異，惟數值分析所得之整體之力量-位移曲線趨勢大致符合實驗量測。

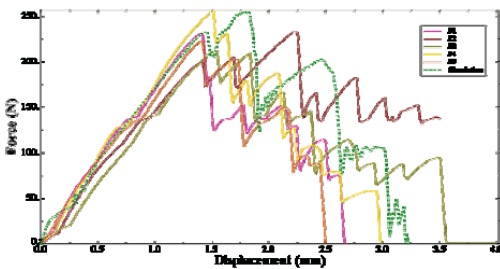


圖 12 結構強度試驗之實驗量測與數值分析結果

5.3 電子連接器金屬外殼銲接之雷射銲點配置

上述結果顯示數值分析可有效檢視電子連接器金

屬外殼之結構強度，接續移除對於本身結構強度影響較不顯著之銲點，並進一步調整銲點位置，透過有限元素分析檢視銲點配置對於結構強度之影響，希冀減少銲點數量並/或調整銲點位置獲致相對於原設計較佳之結構強度。檢視前一小節強度試驗之實驗量測與數值分析結果，部分銲點對於強度試驗之最大力量影響可能較不顯著。圖 13 顯示原設計與移除部分銲點之強度試驗數值分析結果，結果顯示當鋼體模型位移達 2.5mm，不銹鋼板材即完全脫離電子連接器金屬外殼，惟相對於原設計而言，移除部分銲點對於結構可承受之最大力量影響不致過大。為進一步獲致較佳之結構強度，重新進行銲點配置。圖 14 顯示原設計與修改後銲點位置之強度試驗數值分析結果，修改銲點配置可獲致相對於原設計明顯較佳之強度。

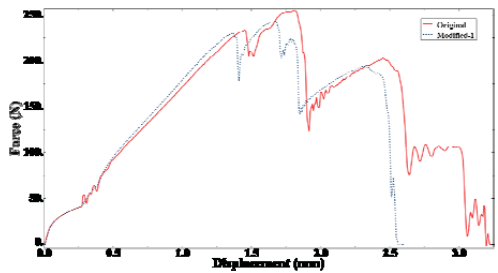


圖 13 原設計與移除部分銲點之數值分析結果

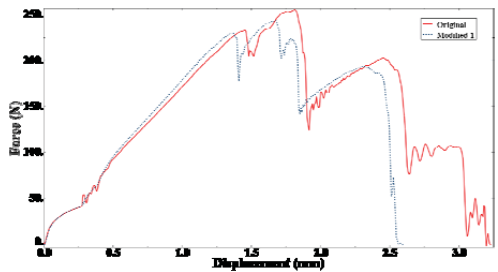


圖 14 原設計與銲點位置修改後之數值分析結果

6. 結論

本研究透過有限元素分析，搭配自行撰寫之體積熱源副程式 DFLUX，有效預測 SUS304 不銹鋼材料經由不同雷射強度進行銲接，所形成之雷射銲點熔融區域幾何尺寸，透過拉伸與剪切試驗，檢視銲接試片於不同負荷型態之強度與材料破裂形態。採用有限元素分析，導入前述預測銲點熔融區域幾何與材料性質，配合延性與剪切破裂準則，進行拉伸與剪切試驗模擬，並根據實驗量測結果，調整損傷演化相關參數，預測雷射銲點於不同負荷型態之強度與材料破裂形態。針對藉由雷射銲接組裝之電子連接器金屬外殼，進行結構強度試驗，量測其力量-位移反應，所得趨勢與相對應模擬結果具備良好吻合度。藉由本研究流程可有效檢視電子連接器金屬外殼設計之結構強度，並於產品設計階段建議雷射銲點配置，提升產品開發效率與品質。

參考文獻

- [1] J. Mazumder and W. M. Steen, "Heat transfer model for cw laser material processing," *Journal of Applied Physics*, Vol. 51, pp 941-947, 1980.
- [2] A. M. El-Batahy, "Effect of laser welding parameters on fusion zone shape and solidification structure of austenitic stainless steels," *Materials Letters*, Vol. 32, pp 155-163, 1997.
- [3] W. S. Chang, and S. J. Na, "Prediction of laser-spot-weld shape by numerical analysis and neural network," *Metallurgical and Materials Transactions*, Vol. 32(B), pp 723-731, 2001.
- [4] W. S. Chang and S. J. Na, "A study on the prediction of the laser weld shape with varying heat source equations and the thermal distortion of a small structure in micro-joining," *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 120, pp 208-214, 2002.
- [5] X. He, P. W. Fuerschbach and T. DebRoy, "Heat transfer and fluid flow during laser spot welding of 304 stainless steel," *Journal of Applied Physics*, Vol. 36, pp 1388-1398, 2003.
- [6] 蔡偉崙, 脈衝式 Nd:YAG 雷射封裝 3003 鋁合金方型鋰電池殼體之機械性質與熱傳分析, 國立台灣師範大學碩士論文, 2004。
- [7] 范文傑, Nd-YAG 雷射鐸接製程參數對鍍基 690 與 304L 不銹鋼異種鐸接之影響, 國立台南師範大學碩士論文, 2005。
- [8] K. Komeil and A. J. Goldak, "Numerical simulation of laser full penetration welding," *Computational Materials Science*, Vol. 44, pp 841-849, 2007.
- [9] X. Q. Kong, Q. Yang, B. Li, G. Rothwell, R. English and X. J. Ren, "Numerical study of strengths of spot-welded joints of steel," *Materials and Design*, Vol. 29, pp 1554-1561, 2008.
- [10] P. S. Daneshpour, M. Kocak, S. Riekehr and P. Staron, "Residual stress analysis of laser spot welding of steel sheets," *Materials and Design*, Vol. 30, pp 3351-3359, 2009.
- [11] A. V. Vicente, J. B. Roberto and W. Rossib, "Pulsed Nd:YAG laser seam welding of SUS316L stainless steel thin foil," *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 14, pp 1838-1843, 2010.
- [12] J. Lee, K. Asim and J. Pan, "Modeling of failure mode of laser welds in lap-shear specimens," *Engineering Fracture Mechanics*, Vol. 78, pp 374-396, 2010.
- [13] J. H. Kuang, T. P. Hung and C. K. Chen, "A Keyhole volumetric model for weld pool analysis in Nd:YAG pulsed laser welding," *Optics & Laser Technology*, Vol. 44, pp. 1521-1528, 2012.
- [14] Hibbit H. D., B. I. Karlsson and E. P. Sorensen, "ABAQUS User Manual," Version 6.8, USA, 2008.
- [15] K. F. H. Alexander, M. M. Katayama, K. Seiji and M. Akira, "Unbounded keyhole collapse and bubble formation during pulsed laser interaction with liquid zinc," *Journal of Applied Physics*, D Vol. 35, pp 1218-1228, 2002.
- [16] Z. Zhou and X. Ling, "Ductile Damage Analysis for

Small Punch Specimens of Type 304 Stainless Steel Based on GTN Model," *Journal of Testing and Evaluation*, Vol. 37(6), pp 1-7, 2013.

- [17] J. M. Antunes, L. F. Menezes and J. V. Fernandes, "Three-dimensional numerical simulation of Vickers indentation tests," *International Journal of Solids and Structures*, Vol. 43, pp 784-806, 2005.
- [18] H. Hooputra, H. Gese, H. Dell and H. Werner, "A comprehensive failure model for crashworthiness simulation of aluminium extrusions," *International Journal of Crashworthiness*, Vol. 9(5), pp 449-464, 2009.

Applications of Laser Welding to Electric Connectors

Chung-Fu Liao, Kuo-Chi Liao *

Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering

National Taiwan University

ABSTRACT

Characteristics of the pulsed laser spot-welding applied to electronic connector industry are investigated in the current study. A user subroutine DFLUX integrated in the commercial finite element package ABAQUS is coded to evaluate the weld pool profile of 304 stainless steel sheets under various laser intensities. Bead shapes including the pool diameter and the penetration depth as well are predicted and compared with the associated experiments. Two different stainless steel samples subjected to tensile and shear conditions are conducted to assess the loading capability of welded joints. Both ductile and shear damage criteria are implemented into the numerical analysis to account for the failure of the spot welded structure. Plastic behaviors of the weld pool of the metal are estimated based on the corresponding hardness test. Strength of a metallic shell welded with the electronic connector structure is then examined, and results based on the simulation are in fair agreement with those based on the measurements. Efficient layout of the welded locations is finally advised.

Keywords: laser welding, electronic connector, finite element analysis