

拉釘組裝與拉釘強度測試之研究

黃立仁¹ 柴雲清²

¹ 中州科技大學工程技術研究所 lrhwang@dragon.ccut.edu.tw

² 中州科技大學工程技術研究所 ucchai@dragon.ccut.edu.tw

摘要

精密緊固不銹鋼和鐵材扣件具有使用材質穩定性鋼材、輕扣件、不受空間窄小、可單面施工、防水、防塵、防汙染等應用優點特性。本研究將發展封閉型 SUS304 不銹鋼和鋼鐵兩種材質拉釘之靜態機械性質和動態性能測試，以及拉釘結合力測試、拉力測試、剪力測試、防水測試、動態測試等，來了解封閉型 SUS304 不銹鋼和鐵材拉釘的性能。本研究結果將可使台灣生產封閉型不銹鋼拉釘，無論在功能性、生產技術、產品品質與精度方面，達到精密與量產的水準，並且有效降低產製成本。

關鍵字：不銹鋼、封閉型拉釘、性能

壹、前言

過去國內拉釘材質以鋁、銅、鐵為限，採鍛造製程，由於上列金屬常溫可鍛性佳，以四模四沖打頭機，即可生產。由於技術上較易克服，大量廠商相繼投入，產量過剩，削價競爭，利潤有限，而使得產品生命週期結束。但不銹鋼材質鍛造不易，傳統國內製造拉釘採用一對一製程生產方式，其生產品質較不易穩定；若改以自動化連續沖模製程，除可大量生產、品質穩定、可靠度亦較高之工業用固件。

現今在製作拉釘採使用「傳送式沖壓加工」，意指利用一台或數台並聯在一起之沖壓機械加工，此特色為在整個加工過程中，半製品皆脫離原來的板條或料帶，藉由傳送式夾料握爪或機械手指來夾緊半製品，以逐步完成所需形狀板金製品之一種沖壓方式。其所使用之模具係將單站模具並聯排列在機器內，以遂行各自獨立工程沖壓的精密模具作業，其中牽涉精密深引伸成形技術，品質控制嚴謹和穩定之特點。

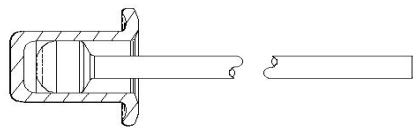
通訊作者

姓名：黃立仁

E-mail: lrhwang@dragon.ccut.edu.tw

本研發的「封閉型不銹鋼拉釘」如順利完成，可應用的範圍很廣，如輪船、汽車、機車、醫療器材、冷凍庫、建材五金設備及無塵隔間等，由於具有防水、防銹、防塵功能，是符合追求持久性、高品質需求之優質工業用固件。將可使台灣生產的封閉型不銹鋼拉釘無論在功能性、生產技術與產品品質與精度方面，達到中、美、日等先進國家水準，並且有效降低產製成本，讓外銷拓展工作更具國際競爭優勢。

雖然拉釘已被使用多年，仍不時有人提起其使用時的優缺點和如何設計與規範。現今研究其結合設計、挾持工具大小、是否用螺帽等、抗轉動問題、工具公差精度，拉釘的扣緊是較不受限制的。拉釘施工只需在單面，因此稱為盲拉釘，但也有雙面均需拉力的扣件特殊例子，圖一封閉型拉釘設計示意圖。



圖一 封閉型拉釘設計示意圖

拉釘結合包含兩部分，拉釘本體稱作孔眼 (eyelet)，和心軸 (mandrel) 或釘子 (nail)，心軸使用夾具加緊固定後將心軸拉出拉釘。拉釘本體膨脹引伸緊固工件兩邊，且反面是防水的。當緊固力足夠時，心軸會斷裂在一設計的位置，此種拉釘扣件具強度、緊度、抗震動等特性。又以下為應用拉釘和心軸的許多優點：

使用「不銹鋼封閉型拉釘」之優勢不銹鋼拉釘可運用於：

(一) 板金上的結合

不銹鋼封閉型拉釘運用於運輸工具、機械設備時，可將車體結構，板金連結，車體內外板金及附件由拉釘結合固結緊密，較不易變形，著色容易具不因震動而鬆脫。

(二) 機械設備業

機械設備鋼架需高剛性，加工，組裝時必須快速，不銹鋼拉釘符合其要求。通風管構件絕大多數為板金，板金之結合方便，剛性與否決定施工之品質與成本。

(三) 民生工業

拉釘可用來固定公文夾及旅行箱的底部活動環及邊鎖，操作快速容易，合力強且美觀。

Lorenzo 和 Landolfo[1]針對相同幾何形狀之單一、雙扣的防水拉釘、圓頭鉚釘、自攻螺釘四種工業用扣件做不同創新接合技術選用探討，實驗利用雙或三塊搭接板片做機械性質測試冷鍛鋼構扣件接合時之可靠度且符合歐規 (prEN 1993-1-3) 驗證標準，結果以使用圓頭鉚釘扣件接合較適合受剪力場合。

Kelly 等[2]利用 MSC.MARC/Mentat 有限元素分析模擬軸對稱之防水拉釘扣件，材料為 5056 鋁合金 (經 H2 處理) 外徑 6.4 mm 防水拉釘，接合板件厚度各為 4 mm。利用有限元素法來模擬拉釘裝置，並輔以光學投影來驗證模擬結果。有限元素模擬結果提供拉釘裝置過程



良好的預測。另外防水拉釘的裝置成形力也被完全調查，但實際拉釘裝置並非完全對稱，所以觀察出防水拉釘成形力與軸對稱性關係。測試標準是採用 BS EN ISO 14589:2001 [Blind rivets—mechanical testing]，測試結果並與模擬結果做比較。

Song[3]等研究碳纖和環氧樹脂複合材料板使用防水拉釘搭接結合對熱環境承受力，其中考慮材料規範和玻璃轉換溫度影響，使用六種試片根據 ASTM D5961 來測試強度，試片在環境 177°C 之破壞荷重約只承受健全試片的 90% 荷重，破壞荷重 77% 是在環境 232°C 暴露 4 hrs 得到，觀察所有試片結合軸承和拉釘拉伸測試過程之破壞模式，材料基地退化引起破裂時溫度均超過 204 °C。

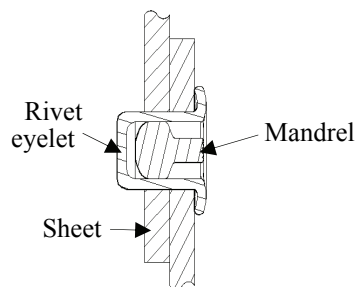
Sun 和 Khaleel[4]綜合驗證自攻鉚釘和點銲接合之相同和非相同金屬板材之動態接合強度，多數實驗性結果表示隨著負荷率的增加結合力量增加。然而，負荷力量從 4.47 m/s (10 哩/時) 增至 8.94 m/s (20 哩/時) 不是像從靜止到力量增量 4.47 m/s 明顯。也被發現隨著負荷速度的增加，結合試片位移對破壞減少。所以，結合試片之脆性會增加衝擊速度。

本研究將設計開發緊固不銹鋼扣件，以不銹鋼封閉型拉釘為主，使其運用於板金上的緊固結合，以提高生產商品之品質。

貳、實驗方法與步驟

一、拉釘結合剖面觀察

拉釘結合鋼板搭接板件後，利用磨床將拉釘剖半研磨，利用立體顯微鏡，觀察不同材質和尺寸之拉釘擴張緊固情況，如圖二顯示欲觀察之拉釘組合後的緊固安裝剖面示意圖。



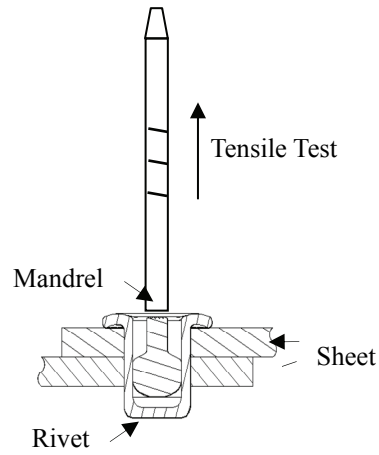
圖二 拉釘組合後的緊固安裝示意圖

二、拉力試驗

拉伸實驗係採用拉伸試驗機 (SHIMAZDA UGH01)，並以控制器控制試驗機之作動，荷重、位移資料透過 AD/DA 卡經由電腦擷取數據，即以 0.2 mm/sec 之速度拉至斷裂，取得數據後再經換算求得真應力-真應變，相同之實驗取試驗取試片 2~3 片，以確認實驗結果之重現性。

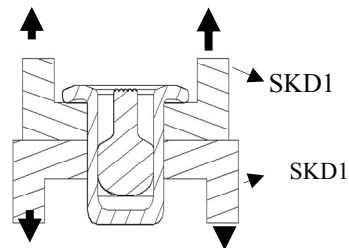
將板材及不同尺寸和材質拉釘和心軸置於拉伸試驗機，測試拉釘拉斷心軸 (mandrel) 之

拉力。如圖三顯示拉釘和板材結合時所需拉力大小和變化，以作為模擬拉釘變形緊固過程之參考。



圖三 拉釘和板材結合時所需拉伸測試

結合板材使用 4 mm 之 SKD11 夾具結合拉釘，兩塊夾具尺寸相同但其長方向呈 90°，以利拉伸夾具固定用，將不同材質和尺寸拉釘利用拉伸試驗機，和拉力試驗夾具測試拉釘結合後之抗拉強度（ISO 15498：2000），如圖四所示。

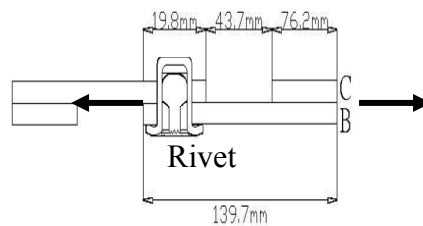


圖四 拉力試驗夾具測試拉釘結合後之抗拉強度



三、剪力試驗

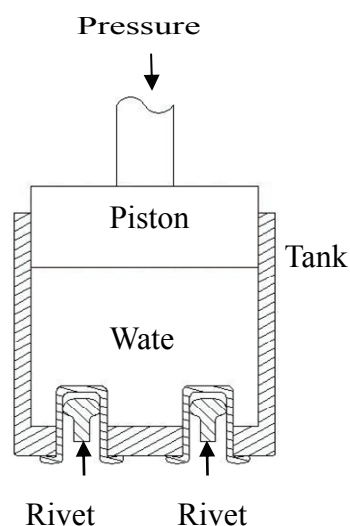
拉釘結合板材使用 4 mm 厚鋼板搭接，並加上輔助板以避免扭力產生，利用拉伸試驗機來測試拉釘結合後之抗剪強度，因拉釘為堅固扣件，抗剪至為重要。如圖五所示。



圖五 利用拉伸試驗機來測試拉釘結合後之抗剪強度

四、防水洩漏試驗

利用拉伸試驗機和夾具，將拉釘緊固結合於杯狀之盛水鋼管容器底部，加上一活塞固定於拉身試驗機上，加壓來測試洩漏之壓力大小，分 1 支、2 支、3 支拉釘結合狀況。如圖六所示



圖六 拉釘緊固結合加壓來測試洩漏之壓力

五、環境測試

結合板材使用 4 mm 厚鋼板搭接，並加上輔助板以避免扭力產生，將 2 件於拉釘結合後，置於 -40°C 室溫至 300°C 等不同溫度、濕度、壓力環境一段時間後，再重覆機械性質與動態測試。

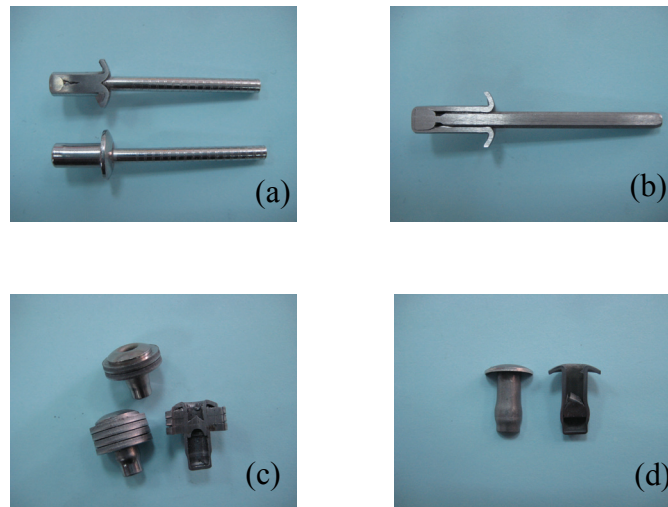
六、拉釘破斷面觀察

將拉釘於拉伸試驗等破壞試驗後之破斷面，利用掃描式電子顯微鏡 (Scanning Electronic Microscope, SEM) 觀察材料破斷面，來了解材料破斷型態與受力曲線關係。

參、結果與討論

一、拉釘帽與拉釘組裝及安裝

圖七 (a) (b) (c) (d) 照片顯示拉釘帽與心軸組合後照片，其中圖 (a) 顯示拉釘與心軸組合後，心軸頭部與拉釘帽仍存在部分間隙，以利拉釘與鈹件結合時具緊固作用。圖 (b) 顯示拉釘與心軸組合後，心軸頭部與拉釘帽拉緊固時之斷裂作用，使拉釘與鈹件結合時具緊固作用。圖 (c) 顯示拉釘與鈹件緊固時，心軸頭部斷裂後與拉釘帽拉緊固鈹件作用，使拉釘與鈹件結合時具緊固作用。圖 (d) 顯示拉釘組合後無鈹件空拉時，心軸頭部斷裂後與拉釘帽擴張作用情形，使拉釘與鈹件結合時具緊固作用。

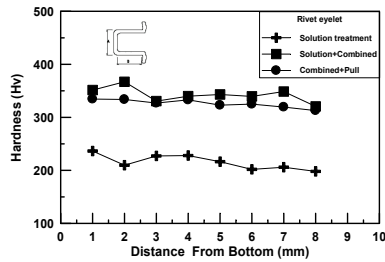


圖七 (a) (b) (c) (d) 照片顯示拉釘帽與心軸組合後照片

圖八顯示拉釘帽與心軸結合狀況之硬度變化；拉釘帽固溶處理後組合拉釘心軸，此製程使硬度變化升高，當拉釘帽固溶處理後之為硬度約為 220Hv，但固溶後拉釘帽加心軸結合後之硬度則上升至 360~370Hv，而拉釘拉緊鈹件而心軸斷裂後 Hv 降為 330~340 Hv，這是因拉釘心軸



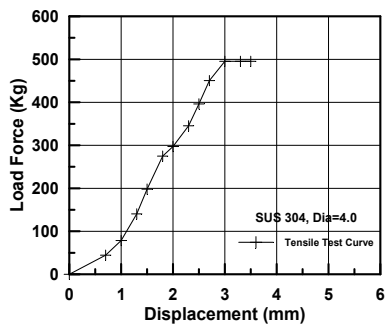
對拉釘帽有緊迫之擠壓應力使膨脹變形，故應力會使硬度上升，影響拉釘結合鈹件情形之堅固。



圖八 拉釘帽與心軸結合狀況之硬度變化

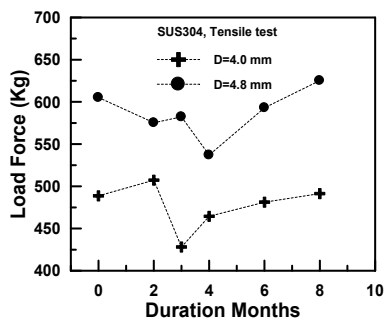
二、拉釘拉伸及變形

圖九顯示將 SUS304 直徑 4 mm 拉釘裝置於治具上做拉力測試之曲線圖，圖中顯示最大拉力為 495 Kg 大於規範標準值 430 Kg，表示此拉釘製程合於規範。



圖九 將SUS304直徑4 mm拉釘裝置於治具上做拉力測試之曲線圖

圖十顯示將 SUS304 直徑 4 mm 拉釘裝置於治具在不同時間日期做拉力測試之曲線圖，圖中顯示隨時間最大拉力為變化趨勢，明顯地，因 strain aging and induce martensite 作用，隨拉釘緊固時間增加其緊固利明顯降低，但此拉釘製程仍合於規範。



圖十 將SUS304直徑4 mm、8 mm拉釘裝置於治具在不同時間日期做拉力測試之曲線

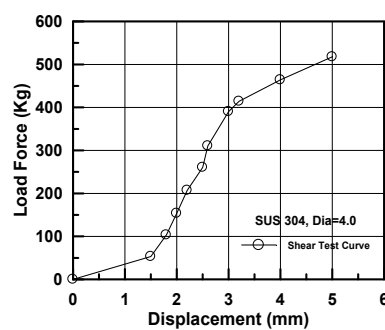
圖十一 (a) (b) 分別顯示 SUS304 直徑 4 mm 和 4.8 mm 拉釘隨時間日期拉力斷裂後照片，圖中顯示拉釘緊固力良好拉釘於測試時斷裂，但部分因鑽孔、拉釘尺寸差異使緊固力較弱而無法拉斷，再因 strain aging and induce martensite 作用，隨拉釘緊固時間增加其緊固利明顯降低，但此拉釘製程仍合於規範。



圖十一 (a) (b) SUS304直徑4 mm和4.8 mm拉釘隨時間日期拉力斷裂後照片

三、拉釘剪力及變形

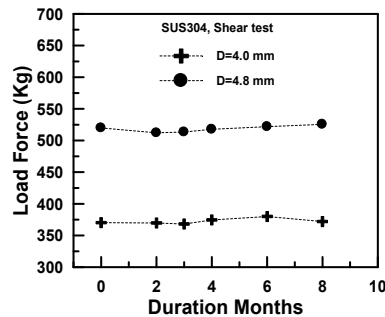
圖十二顯示將 SUS304 直徑 4 mm 拉釘裝置於治具上做剪力測試之曲線圖，圖中顯示最大剪力為 525 Kg 大於規範標準值 430 Kg，表示此拉釘製程合於規範。



圖十二 顯示將SUS304直徑4mm拉釘裝置於治具上做剪力測試之曲線圖

圖十三顯示將 SUS304 直徑 4 mm 拉釘裝置於治具在不同時間日期做剪力測試之曲線圖，圖中顯示隨時間最大剪力為變化趨勢，明顯地，因 strain aging and induce martensite 作用，隨拉釘緊固時間增加其緊固力明顯降地，但此拉釘製程仍合於規範。剪力受拉釘斷面積大小影響較大。





圖十三 將SUS304直徑4 mm、8 mm拉釘裝置於治具在不同時間日期做剪力測試之曲線

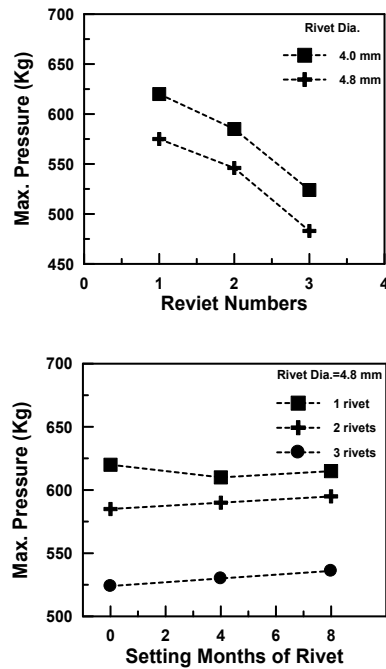
圖十四 (a) (b) 分別顯示 SUS304 直徑 4 mm 和 4.8 mm 拉釘隨時間日期剪力斷裂後照片，圖中顯示拉釘緊固力良好拉釘於測試時斷裂，但部分因鑽孔、拉釘尺寸差異使緊固力較弱而無法拉斷，再因 strain aging and induce martensite 作用，隨拉釘緊固時間增加其緊固利明顯降低，但此拉釘製程仍合於規範。剪力測試皆會斷裂，但變型大小不一。



圖十四 (a) (b) 分別顯示SUS304直徑4 mm和4.8 mm拉釘隨時間日期剪力斷裂後照片

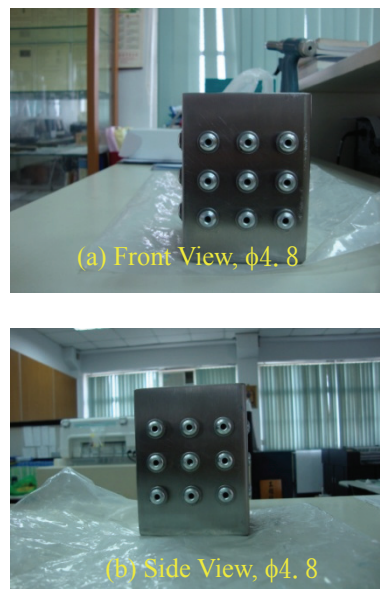
四、防水洩漏壓力試驗

圖十五顯示將 SUS304 4 mm 和 4.8 mm 拉釘裝置於容器壁面時，將容器注滿液壓油，作抗壓力測試，其中裝置一支 4 mm 釘於壁面中央時，抗壓力較強為 645Kg，裝置二支時約為 580Kg，裝置三支時約為 525Kg。音裝置較多支拉釘使城後壓力之洩漏面積增加雇壓力降低。



圖十五 將SUS304 4 mm和4.8 mm拉釘裝置於容器壁面時，將容器注滿液壓油，作抗壓力測試

圖十六 (a) (b) 顯示 SUS304 4.8 mm 拉釘裝置後之境壓力下漏水或腐蝕現象，拉釘裝置位置隨時間變化均無漏水現象。



圖十六 (a) (b) SUS304 4.8 mm拉釘裝置後之漏水測試



圖十八 (a) (b) 顯示 SUS304 4.0mm 拉釘裝置後之漏水測試，圖中顯示隨時間變化容器均無漏水現象。



圖十八 (a) (b) SUS304 4.0mm拉釘裝置後之漏水測試

肆、結 論

1. 拉釘與拉釘帽結合後+拉釘拉斷之各部位金相 SEM 照片顯示劇烈變形故有裂紋，因底部拉釘頭擠壓變形較嚴重，結合後拉斷之金相顯示晶粒變形和應力腐蝕紋路。
2. SUS304 拉釘應力腐蝕缺陷區之成份分析，顯示 Cr 約 20%，Ni8%與前段 SUS304 成份相同，證明該缺陷非雜質引起，而是因應力變形引起之金相變相而腐蝕，產生較明顯且較深之紋路和孔洞。

伍、參考文獻

1. G. Di Lorenzo, R. Landolfo, Shear experimental response of new connecting systems for cold-formed structures, Journal of Constructional Steel Research, 60 (2004) 561–579
2. Billy Kelly, Colm Costello, FEA modelling of setting and mechanical testing of aluminum blind rivets, Journal of Materials Processing Technology 153–154 (2004) 74–79
3. Min-Hwan Song, Jin-Hwe Kweon, Sang-Kuk Kim, Cheol Kim, Tae-Joo Lee, Sang-Min Choi, Myeong-Su Seong, An experimental study on the failure of carbon/epoxy single lap riveted joints after thermal exposure, Composite Structures, 213 (2008) 234–241
4. Xin Sun, Mohammad A. Khaleel, Dynamic strength evaluations for self-piercing rivets and resistance spot welds joining similar and dissimilar metals, International Journal of Impact Engineering, 34 (2007) 1668–1682

A Study of Blind Rivet Assembly and its Strength Testing

Un-Chin Chai¹ Lih-Ren Hwang²

^{1,2}Chung Chou University of Science and Technology, Dept.of Mechanical and
Automation Engineering

Abstract

Precision sealed fasteners of stainless steel are fasteners which are applied from one side of a pair of workpieces, limit clearance, proof water and dust pollution, such as an aircraft frame, ship, automobile, 3C apparatus, construction members, or the like. It's anti-corrosive and dust-free for endurance and high quality with industry fasteners. Typically, the sealed fastener is inserted from an access side of such workpieces, and, by means of a manual or power operated setting tool, is caused to be secured firmly in place. Sealed fasteners have been very useful in the manufacture of various different articles and machines, such that today millions of such devices are manufactured and used. The present invention provides such a fastener of sealed rivets of stainless steel, as will herein be developed, which tests all of the structural and mechanical properties desired, but which also investigates the amount of material and, thus, the properties of the fastener of this rivet. Including fasten force, tensile test, water-proof, and dynamic test were measured. Other features and advantages of the present invention will prompt apparent upon a trading of the competition in international with a quality of the sealed rivets.

Keywords: stainless steel, sealed rivet, performance

