

南亞技術學院教師專題研究計畫
成果報告

機動車車行後輪圈銲接破裂影響參數分析

Analysis on Parameters Affecting Fracture of Welding of Driving Rear Rim of
Motor Vehicles

計畫編號：教專研 106P-006

計畫類別：個別型計畫

執行年度：106 年度

執行期間：106 年 1 月 1 日至 106 年 12 月 31 日

計畫主持人：王士榮

執行單位：機械工程系

研發小組審查：同意結案不同意結案 簽名：

(審查人不得與計畫主持人相同)

中華民國 106 年 8 月 20 日

車行後輪圈銲接破裂影響參數分析

Technological Innovation of Unpowered Operational Gearing

王士榮

機械系

摘要

輪圈之設計必須考慮影響輪輻剛性及相關機械性質，尤其在動態狀態下所產生迴轉彎曲及徑向迴轉強度之動態行為。本研究係探討鐵製輪圈在多點電阻銲點銲接（Multiple Resistance Spot Welding, MRSW）技術下，對輪圈進行性能測試其；主要項目有：異常品初步分析、目前量產品性能測試、產品製造工程、產品失效原因方向提出及結論。而依 JASO-T203 標準規範中訂定迴轉彎曲及徑向迴轉負荷強度試驗標準，計算輪圈不同承載負荷時及輪圈銲接臨界破裂強度應力分佈分析。銲接點銲點破裂做機械性質測試之理論分析與設計之專業技術與實務，確保輪圈熔接組生產線上品質參考，並建立完整研發模式。並使用模擬分析軟體 CFD 模擬不同參數之進行模擬分析與設計最後並利用田口方法來求得最佳的散熱製程組合測試，期能達成最佳產品穩定效果。

關鍵字：多點電阻銲點銲接、鐵製輪圈、計算流體模擬分析。

一、研究背景與動機

從 1844[1]年戴姆勒和梅巴赫透過小型汽油發動機的研究，一直到二十世紀，沒沒無聞的摩托車得到長足發展，它的價格便宜運行費用少，成了與汽車競爭的一個勁敵。五十年代以後，日本的本田、川崎、雅馬哈、和鈴木紛紛加入生產行列幾乎完全主宰了今天的市場。

汽機車用材料之中，鐵系材料是約佔 60 多% 的骨幹材料，其中鋼料（所謂條鋼）約佔 1/3，在全材料構成比則佔 20%。鋼料的用途，以引擎、驅動系組件的構成零件為主體，也用於駕駛（sterring）、懸吊（suspension）等，都廣泛用於引擎的扭矩（torque）傳達系等，在強度上苛酷的環境下所用的零件。鋼料本身的比重為 7.8g/cm^3 ，在工業材料之中屬於比較重的部類。但，不只能以低成本入手，又經熱處理可把強度提升甚高，而以比強度來看則可比得上鋁合金、鈦合金的水準。此為鋼料少被用於汽車零件，而當作骨幹材料被應用之很大理由。輕量化又具高強度的鎂、鈦合金，作為與機汽車輕量化、高性能化有關聯的材料，早就受到注目，被認為是輕量化最有利之材料[2]。鎂合金應用在汽機車輪圈不僅可大幅減輕重量而且可以改善操縱（駕駛）安定性及車輛性能。使用輕量化好處不少，不過仍有其缺點如：1. 質脆：延伸率低、允許變形能力差，所以品質不佳之青合金輪圈，容易產生斷裂危險。2. 品質一致性較差：因製造過程複雜（包

括材質成分、鑄造技術、模具設計、熱處理過程、模具設計、切削及塗裝過程等)易因人為疏忽產生問題。3. 製造成本高。因此,鑄造鎂合金不得不採用較厚之輪圈,傳統塑性加工用鎂合金之鍛造成形及機械性質尚無法充分滿足作為輪圈素材之要求[3]。因此,與鍛造或壓鑄製程之鋁合金輪圈比較,鎂合金比重密度小之輕量化優勢便不易達到。但鋁合金板材亦存在有受限於鍛造薄板件銲接後銲道美觀不足及銲接加工不便之影響,且由於在原料和零件加工費的低成本化未獲進步,致使機車零件的成本高,在量產車的應用尚未有明顯進步結果,本文認為應優先於探討適用於機車輪圈為目的素材及製程與缺陷之改良技術以降低及改善現有不良品率,提高輪圈銲接強度降低事故發生確保行駛安全,為目前最有效率且降低成本最佳方法。一般在市面上機車輪圈種類之多樣化而言機車輪圈組製過程中應以考慮其材質穩定性[4]製造方便性[5]及板材接合強度而言。依據後輪圈銲接點破裂產生失效破壞原因來分析,主要有以下四大方向 1. 環境因素:所處地區近海鹽分高腐蝕性高或行駛路面狀況不佳及下雪地區冬季雪地路面,因防止積雪灑鹽而殘留輪圈接縫處,造成腐蝕。2. 人為因素:使用強鹼性清潔劑造成藥劑殘留而腐蝕。3. 製程因素:板材材質不符設計強度或成品拉剪強度不符或低於設計強度。4. 使用因素:當載重超過限制負荷時造成撕裂破壞。

2. 理論架構

鋼材在進行銲接時,不論是以何種能量方式加熱輸入,皆會於工件上產生非常劇烈的溫度變動,銲道熔池的溫度處於整個工件最高點。而銲接能量輸入的大小不同與銲接方式與速度不同所造成的溫度差,對於工件熱漲冷縮時的變形量也不盡相同。銲後工件銲道內材料無法自由移動,銲道區域內會產生熱脹冷縮的變形量與殘留應力,此種應力我們稱為熱應力。

2.1 銲接輸入能量

銲接過程廣義來說,即輸入熱源提供能量使母材熔化,產生液狀熔池與冷卻凝固後將多個材料加工組合而成的工法。常用的輸入熱源方式有:氣體銲接、電弧銲接、電漿銲接、電子束銲接與雷射銲接等。施做人員依工件用途、工件潔淨度、施作便利性與成本考量等因素,選擇其適合的銲接施作方法。本研究採用銲接方法屬於電弧銲接類別。電弧銲接加熱過程為電銲機與母材間產生電弧加熱,鎔化母材及銲料,其電源種類分三種:直流電源、交流電源與脈衝電源,依照我們銲接板材的不同選擇適合的電源種類。其銲接部為長度熱量,可透過以下公式計算:

$$Q = \eta / IUV \dots \dots \dots (1)$$

其中: η =熱效率

Q=銲接部位線入熱量

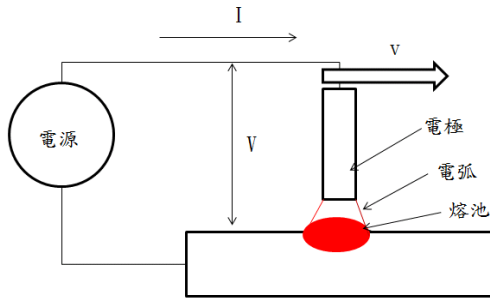
I=銲接電流

U=電極與銲接部位間的電壓

V=電極的移動速度(mm/s)

銲接過程中熱能透過熱輻射與熱對流的方式傳遞到空氣中造成損失,公式中為熱效率。熱效

率越高代表熱能損失越少，相同能量下母材吸收的熱能越多。進行點銲銲接時熱效率較高， $\eta=0.9\sim 0.99$ 之間，而本研究所使用的電點銲銲接熱效率亦有 $\eta=0.66\sim 0.85$ 之間，圖 1 為銲接過程熱源傳遞圖解。



(圖 1) 熱源傳遞圖解

3. 研究背景

機動車輛車行後輪圈銲接破裂導致事故之發生，因此使用破裂輪圈之產品，如圖 2 所示。針對其破裂原因進行調查，依正常標準程序生產之輪圈經耐久測試後均符合標準。

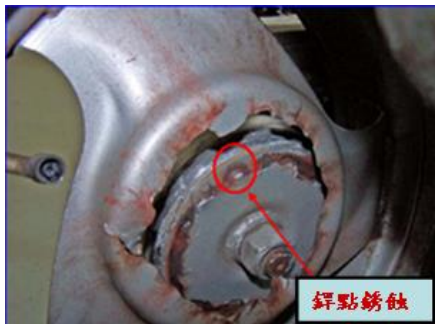


圖 2. 輪輻與輪鼓接合處因生銹造成點銲點銲蝕，而因車輛載重負載運轉下造成輪輻材料破裂，導致異常發生

3.1 機動車輛車行後輪圈銲接破裂影響參數分析

有關破裂輪圈材料試驗分析主要是針對破裂機動車輛車行後輪圈進行各項檢測包含：輪圈輪圈整體外觀、輪圈試片巨觀照片觀察金相組織、試片金相照片觀察、硬度分析、SEM觀察、EDS成分分析等各項材料試驗分析佈置圖，直接對輪圈電阻銲接銲點破裂可能性直接觀察外，並探討製造流程有無任何瑕疵，並尋求解決或替代方案另外以減少不良率避免事故發生。

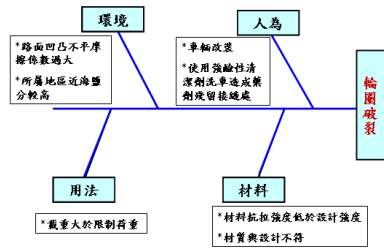
肆、結果與討論：

4.1 異常品初步分析

輪輻與輪鼓接縫處因生銹造成銲點銲蝕如圖 10 所示，而因車輛載重負載運轉下造成輪輻材料破裂，導致異常發生。

初步產品失效四大因素分別為環境因素/人為因素/用法/材料因素如表 5 所示。

(表 5)初步產品失效原因方向



4.2 輪圈輪圈整體外觀照片

如圖3低碳鋼輪圈目視外觀產生裂縫，且裂痕橫越電阻銲接銲點



圖 3. 巨觀觀察:輪圈本體生成之裂縫



圖 4. 巨觀觀察:低碳鋼輪圈整體外觀

4.3 輪圈試片巨觀照片觀察

如圖16低碳鋼輪圈整體外觀。如圖5低碳鋼輪圈進行取樣切割後之電阻銲點良好試片巨觀照片。如圖6. 低碳鋼輪圈進行取樣切割後之電阻銲點不良試片巨觀照片，其中存在電阻銲接品質不良所生成之氣孔。



圖5. 電阻銲點良好試片。

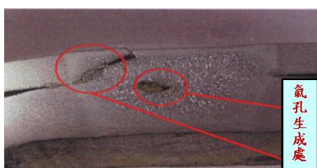


圖 6. 電阻銲點不良試片：包含上方位置所顯示低碳鋼材料產生之裂紋及中間位置電阻銲接品質不良所生成之氣孔。

4.4 試片金相照片觀察

如圖 7. 低碳鋼輪圈進行取樣切割後母材金相照片。如圖 8. 低碳鋼輪圈進行取樣切割後母材斷裂之裂痕位置金相照片。如圖 9、10. 低碳鋼輪圈進行取樣切割後之電阻銲點良好試片巨觀照片，良好銲點之低碳鋼銲接照片屬於正常，並無產生氣孔或裂痕之情況。

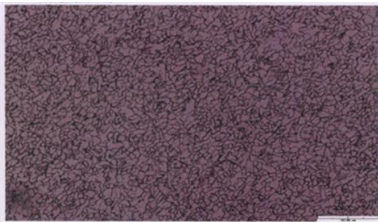


圖 7. 母材金相照片



圖 8. 母材斷裂之裂痕位置金相照片

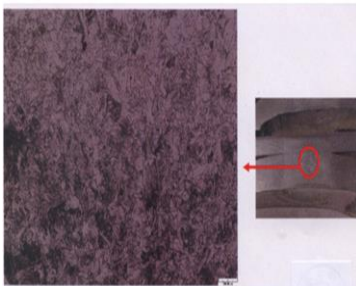


圖 9. 母材電阻銲點金相照片一

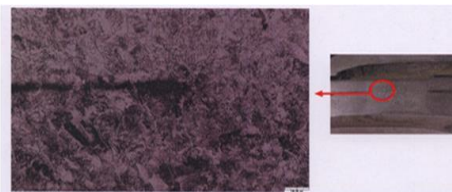


圖 10. 母材電阻銲點金相照片二

4.5 硬度曲線及數值觀察分析

1. 電阻銲接銲點不良試片硬度分析

說明：低碳鋼輪圈進行取樣切割後電阻銲接銲點不良試片硬度分析，圖 11 中虛線部分為由試片左至右每格 0.5 mm 進行硬度分析。

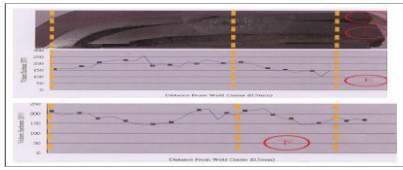


圖 11. 不良試片硬度分析

2 電阻銲接銲點良好試片硬度分析

說明：低碳鋼輪圈進行取樣切割後電阻銲接銲點良好試片硬度分析，圖 12. 中虛線部分為由試片左至右每格 0.5 mm 進行硬度分析。

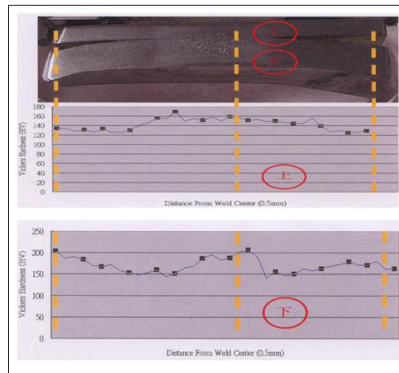


圖 12. 良好試片硬度分析

4.6 掃描式電子顯微鏡(SEM)

說明：使用SEM觀察有裂縫試片之裂縫位置如圖13，顯示裂縫始於穿晶破壞型貌如圖14。

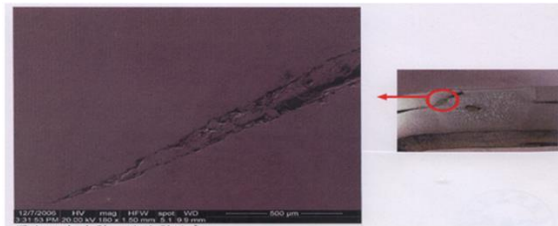


圖 13. 有破裂之試片裂縫處

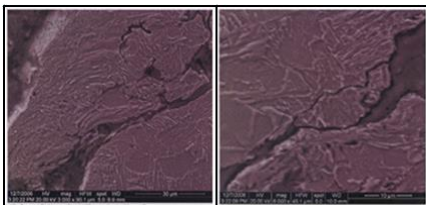


圖 14. 有破裂之試片裂縫處 SEM 局部放大圖

4.7 能量散佈光譜分析儀 (EDS) 觀察結果

說明：分析有裂縫與無裂縫試片之母材與銲道之成份光譜 (a) 至光譜 (g)，如圖 15~21 顯示母材與銲道之材質均屬於同一種材質 (低碳鋼)。

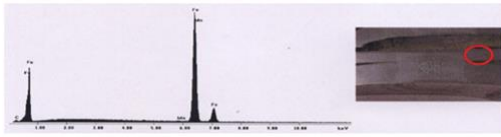
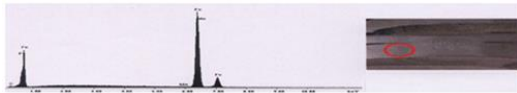


圖 15. 電阻銲接銲點試片成分分析一



電阻銲接銲點試片成分分析二

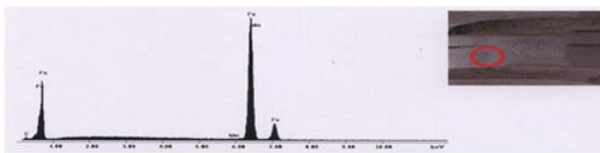


圖 17. 電阻銲接銲點試片成分分析三

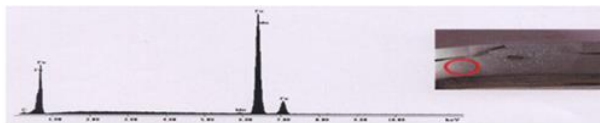


圖 18. 電阻銲接銲點試片成分分析四

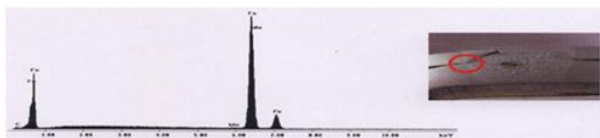


圖 19. 電阻銲接銲點試片成分分析五

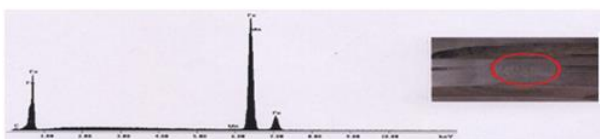


圖 20. 電阻銲接銲點試片成分分析六

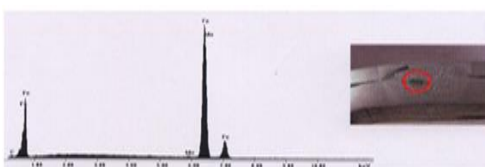


圖 21. 電阻銲接銲點試片之銲道孔洞附近位置

4.8 後輪框點銲暫態熱傳導模擬分析結果

探討低碳鋼(Steel 1018)在點銲時溫度造成材料相變化產生材料斷裂問題，本研究利用點銲暫態模擬平均溫度之分佈如圖 22，選擇減少銲點來改善此問題。實驗分成九個銲點七個銲點五個銲點，九個銲點的溫度分佈平均是最高的，七個其次五個最低，所以物件牢固性跟材料堅固性必須有所取捨，建議使用中間點七個銲點來改善。

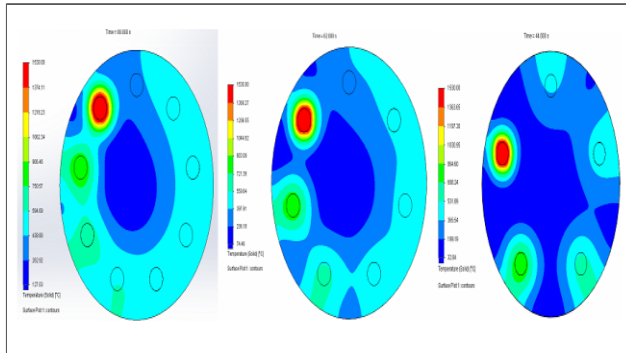


圖 22. 九點/七點/五點銲點溫度分佈平均溫度

伍. 結論

1. 機動車車行後輪圈經耐久測試後均符合公司要求標準。
2. 由於裂痕均橫越電阻銲點上，顯示銲接所造成料結晶結構變化及疲勞負荷可能是造成破裂之主因。
3. 根據掃描式電子顯微鏡(SEM)顯示，可由有裂縫試片之裂縫位置所觀察到裂縫屬於穿晶破壞型貌。
4. 依能量散佈光譜分析儀(EDS)觀察分析中，有裂縫與無裂縫試片之母材與銲道之成份由光譜如圖 15-21，顯示母材與銲道之材質均屬於同一種材質(低碳鋼)。
5. 探討低碳鋼(Steel 1018)在點銲時溫度造成材料相變化產生材料斷裂問題，本模擬分析利用減少銲點來改善此問題，模擬分析分成九個銲點七個銲點五個銲點，九個銲點的溫度分佈平均是最高的，七個其次五個最低，所以物件牢固性跟材料堅固性必須有所取捨，建議使用中間點七個銲點來改善。

陸. 參考文獻

1. 林玄良、周定、周長彬，「車身用高張力鋼板接合製程之參數研究」，第十一屆車輛光程學術研討會，彰化，民國 95。

2. 姚博，發明與發現(二)，菁品文化事業公司，民國 95 年。
3. 程金寶、呂傳盛、敦致誠，「鋁合金 6063-T5 電阻點銲接合條件及拉剪強度之可靠度分析」，中華民國銲接協會九十一年年會論文集，A14~A23 頁，民國 91 年。
4. 蘇文欽，「車身修理的不同鋼板電阻點銲最佳條件之研究」，銲接與切割，第 11 卷第 6 期，40~46 頁，民國 89 年。
5. 蘇昭墩，品質工程，中華民國品質學會，民國八十九年。