

420 不銹鋼硬面耐磨潛弧銲接之分析研究

*林海梁、范志銘¹ 張家銘² 陳偉豪、黃文星³

¹廣泰金屬工業股份有限公司 ²中興大學材料科學與工程學系 ³成功大學材料科學與工程學系

近年來，鋼鐵冶煉成本隨著原料的價格上升而提高，許多鋼鐵廠致力於如何降低製造成本的研究上。目前使用之連鑄軋輪損壞品常施以表面堆銲，以降低維修成本，而國內外常用連鑄軋輪之硬面銲線以麻田散鐵系之 420 包藥銲線為主，而較少採用 420 實心銲線。為了解其差異性，本研究先針對實心銲線及包藥銲線之進行銲接態化學成分、硬度及熔填效率試驗，進一步使用再生銲粉來瞭解再生銲粉對硬度值的影響。實驗結果發現實心銲線較包藥銲線具有略高之硬度。實心銲線的熔填效率達 97.8% 高於包藥銲線的 91.4%。且實心銲線具有良好熔金耐磨耗性優於包藥銲線，而使用再生銲粉的硬度值相當接近傳統銲粉，可利用再生銲粉來替代傳統銲粉進行銲接，以降低銲接製造成本。

關鍵字：硬面耐磨、420 不銹鋼、再生銲粉、銲接性

(1) 前言

近年來，鋼鐵冶煉成本隨著原物料的價格上升而提高，許多鋼鐵廠開始致力於降低製造成本的研究上。熱軋軋在鋼鐵連續鑄造製程中扮演重要角色，因為軋軋因熱應力作用而容易逐漸損傷，而損壞的軋軋會直接影響鋼坯的品質好壞、軋製產品的產量和品質、軋軋的消耗及材料成本。因此，提高軋軋的使用壽命是軋鋼生產中提高生產率、降低消耗的措施之一。

磨損是軋軋常見的失效形式，最常見的軋軋損傷是由於冷熱交替而產生的龜裂，還有由於擠壓作用產生的粘著磨損和磨粒磨損。根據熱軋軋的實際工作條件，熱軋軋常工作在 700~800 °C 的高溫環境，與灼熱的鋼胚相接觸，承受強大的軋製力，表面承受軋材的強力磨損，反復被熱軋材加熱及冷卻水冷卻，經受溫度變化幅度較大的熱疲勞作用。鋼坯每次咬入也使軋軋受到很大衝擊且氧化腐蝕嚴重。磨損是軋軋常見的失效形式。最常見的軋軋損傷是由於冷熱交替而產生的龜裂，還有由於擠壓作用產生的粘著磨損和磨粒磨損[1]。

損傷嚴重的軋軋可以透過潛弧銲接製程來進行修補，對熱軋軋所用材料的要求如下[2]：

- 材質均勻，表面硬度均勻。
- 高的淬透性。
- 低的热膨脹係數；低的热膨脹係數，意味著較小的體積膨脹，亦即較低的热應力積累。
- 高的熱傳導性能，高的熱傳導性能降低了熱溫差，從而降低了熱應力。
- 高的高溫屈服強度；高的高溫屈服強度有利於對抗龜裂。
- 優良的抗回火能力；如果鋼材最初具有的高溫屈服強度，會在高溫狀態長時間使用而降低，則意味著熱龜裂破壞會加速形成，故軋軋材料具有良好的長時間高溫抗軟化性能顯得非常重要。
- 高的抗氧化性。
- 高的高溫蠕變強度；蠕變強度是指金屬在某一溫度下，經過一定時間後，蠕變數不超過一定限度時的最大允許應力。

損傷嚴重的軋軋可以透過潛弧銲接製程來進行修補，也是目前修補效率最高的製程。潛弧銲接製程如圖 1 所示，銲接是透過在修補處表面先以銲藥覆蓋，再插入含有硬化合金的實心銲線進行高溫電弧銲接，修補處表面的銲道上遺留高

溫熔融後並逐漸冷卻凝固的玻璃質銲渣，可以隔絕空氣以防止氧化與氣孔的產生[3]。

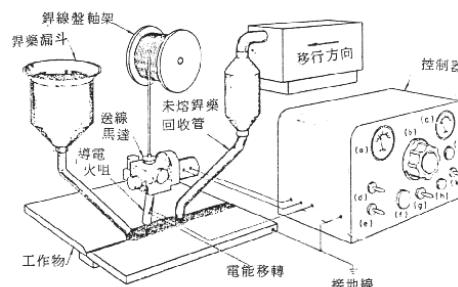


圖 1 潛弧銲接製程示意圖

潛弧銲接製程所使用的銲藥是以粉碎之天然礦物混合燒結而成，然而這些使用後之銲渣往往被當成固體廢棄物，再透過掩埋法予以處理。近年來歐洲與日本開始興起環保製程，銲渣回收再利用也開始有文獻探討其可靠度與再利用次數的銲接性[4]。然而目前罕有針對熱軋軋硬面銲接修補用的潛弧銲渣回收再利用方面的文獻，因此，值得投入研發來近一步分析與研究。

國內外常用連鑄軋輪之硬面銲線多以麻田散鐵系之 420 包藥銲線為主，而較少採用 420 實心銲線，加上近年來銲接用天然礦物(原物料)價格皆已逐漸上揚。因此本研究中將先針對評估包藥銲線與實心銲線進行潛弧銲接之操作差異性分析。再進一步利用廢銲渣回收技術來製作環保再生銲粉，並探討環保再生銲粉的銲接性，來瞭解再生銲粉對硬度值的影響，以達到綠色環保與降低生產成本的目的。

(2) 實驗方法

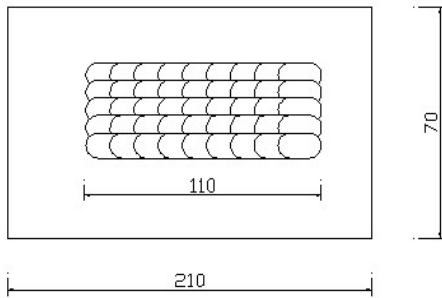
2.1 銲接態試片製作

本研究首先針對包藥銲線與實心銲線的銲道熔金成分、母材稀釋與熔填效率之現象作分析並作硬度測試，其次分析不同之銲後退火溫度對熔金硬度的影響，第三針對使用再生銲粉進行銲接的熔金硬度比較使用傳統銲粉的熔金硬度。

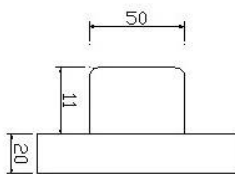
本研究所使用的母材為厚度 20 mm 的母材，銲接設備為 ESAB LAE-1250 型潛弧銲機，利用表 1 之潛弧銲接參數製作銲接態試片，每一銲接銲條件各製作試片三片，銲接態試片尺寸如圖 2 所示。

表 1：潛弧銲接條件參數

銲接條件	參數
銲接方法	SAW DC+
電流	450A
電壓	30V
移行速度	100cm/min



(a) 試片上視圖



(b) 試片側視圖

圖 2：銲接態試片尺寸

2.2 化學、硬度與磨耗性質分析

以潛弧銲接方式在母材上銲接 4 層銲道，如圖 2 示意圖所示。銲接後以水冷式銑床銑去 2mm 厚度，並以 #400 砂帶研磨試片表面。試片研磨後以分光儀 (Spark Spectrometer) 分析其化學成分。分析成分後，並以精密銑床削平試片表面，以硬度試驗機分析硬度值。

金屬磨耗環對盤粘著磨耗試片前處理先以砂紙研磨至 1500 號，並利用丙酮將磨耗試片表面所沾附的雜質清洗乾淨，磨耗測試條件如下：

- 懸吊荷重為 20 kg，
- 磨耗轉數每分鐘 382 轉，
- 設計間隔時間為 5 分鐘，共七次，
- 對磨材料為 SKD61 模具鋼。

環對盤粘著磨耗設備圖如圖 3 所示。



圖 3：環對盤粘著磨耗設備圖

2.3 銲渣回收製程

在本研究中，擬開發使用廢銲渣再生製程，圖 4 顯示廢銲渣回收製程示意圖。由潛弧銲接製程之廢銲渣進行回收再生，可製造再生銲粉。這些廢銲渣經壓碎、研磨與過篩過程而製成 10~40 mesh 的再生銲粉，並進一步使用再生銲粉進行銲接，並分析銲道態的銲接硬度性質。

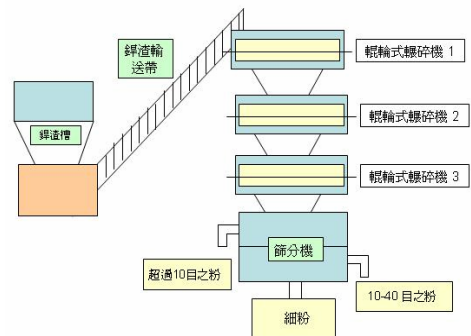


圖 4：廢銲渣回收製程示意圖

(3) 結果與討論

3.1 銲接熔填率

銲接熔填率為銲線經電弧熔化後融入銲道之重量與銲線原重量的比值，圖 5 顯示銲接熔填率試驗結果，可以發現使用實心銲線來進行銲接，可得 97.8% 的熔填率，比較包藥銲線 91.4%，相對具有較高的熔填率，使用實心銲線可有效提高銲接產能。

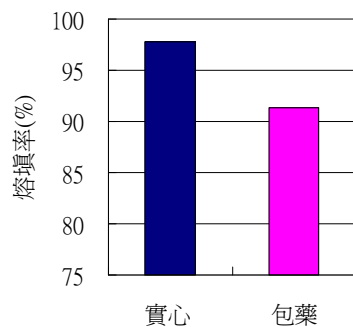
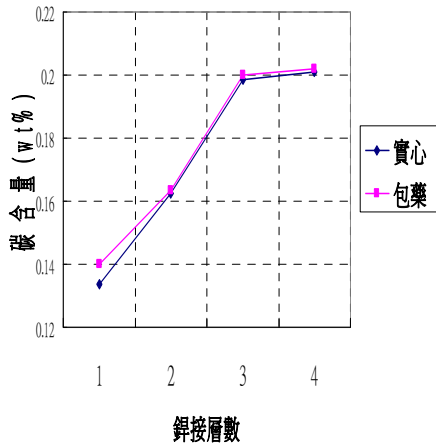


圖 5：銲接熔填率

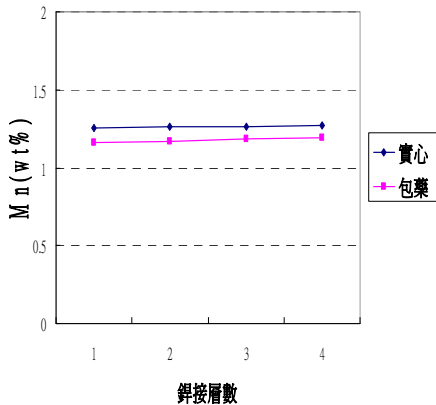
3.2 熔金成分變化

每銲接一層銲道即分析熔金化學成分，從圖 6 可知碳、錳、矽與鉻等指標元素明顯受母材稀釋之影響，使化學成分偏低，當銲接至第三層後母材稀釋之影響明顯降低，開始呈現穩定之熔金成分。

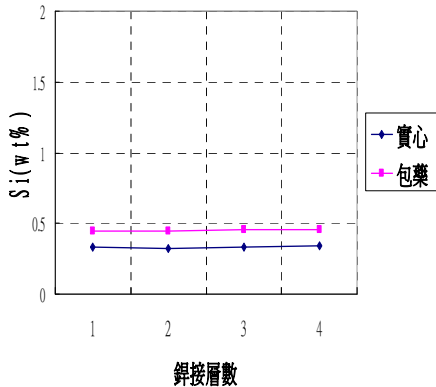
比較實心銲線比傳統包藥銲線的化學成分，實心銲線具有較高的錳含量與較低的矽含量，碳與鉻都相當接近。



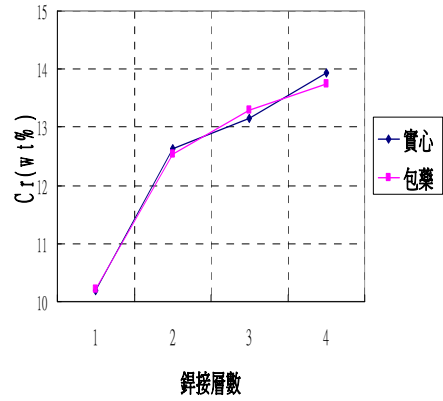
(a) 銲道中碳元素變化



(b) 銲道中錳元素變化



(c) 銲道中矽元素變化



(d) 銲道中鉻元素變化

圖 6：銲道層數對化學成分的變化

3.3 熔金硬度變化

從圖 7 可知，熔金硬度直也明顯受母材稀釋之影響，除使化學成分偏低外，熔金硬度值也偏低，因為母材與銲材間化學成分的混合稀釋，會直接影響熔金之成分與組織型態。當銲接至第三層後，母材稀釋之影響開始明顯降低，逐漸呈現穩定之熔金硬度值。而實心銲線比傳統包藥銲線具有略高的硬度值。

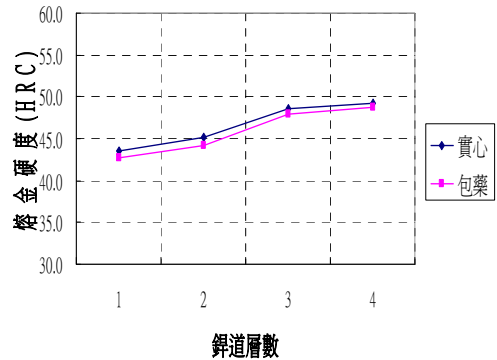


圖 7：銲道層數對硬度的變化

本研究進一步進行退火試驗，從圖 8 與圖 9 顯示，退火溫度在 600~625°C 時可以大幅降低熔金硬度，並獲得較粗之麻田散鐵組織，來有效釋放銲接熱循環所累積的銲接熱應力。

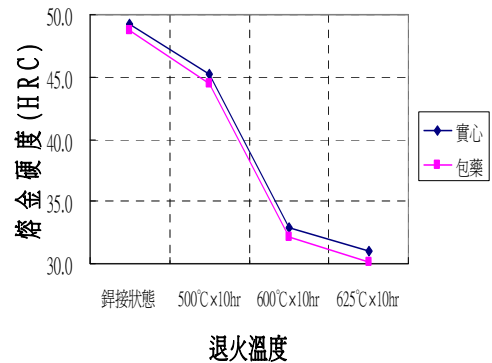


圖 8：退火溫度對銲道硬度的變化

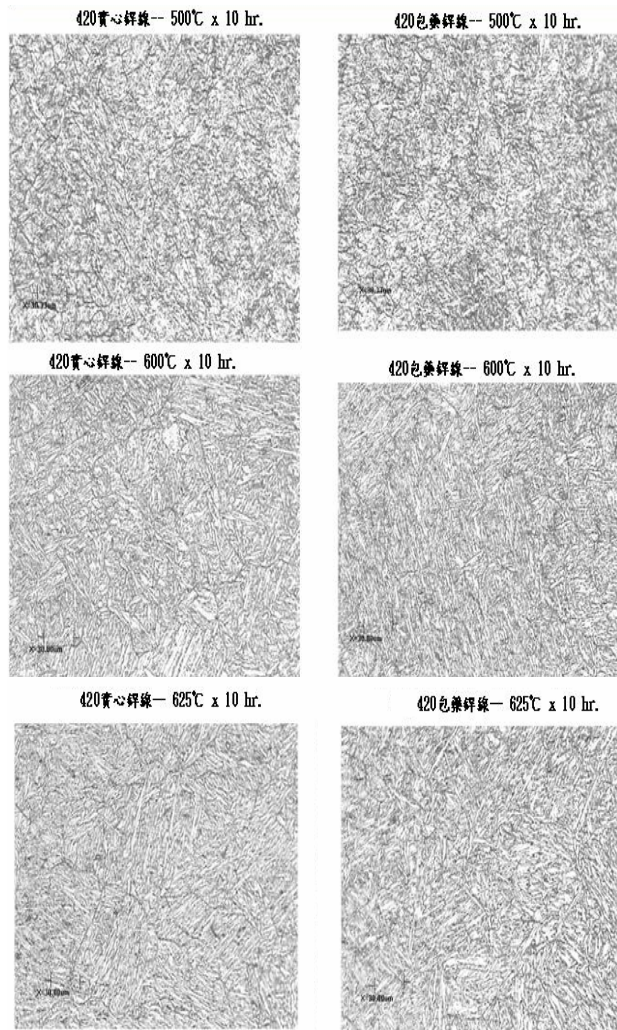


圖 9：鐳道經退火處理之金相組織

3.4 熔金磨耗試驗

退火後試片製成磨耗試片後，進行磨耗實驗並量測與計算其磨耗後重量差，實驗結果如圖 10 所示，實心鐳線具有較少的磨耗損失，比較傳統包藥鐳線而言，實心鐳線具有較良好耐磨耗性質。

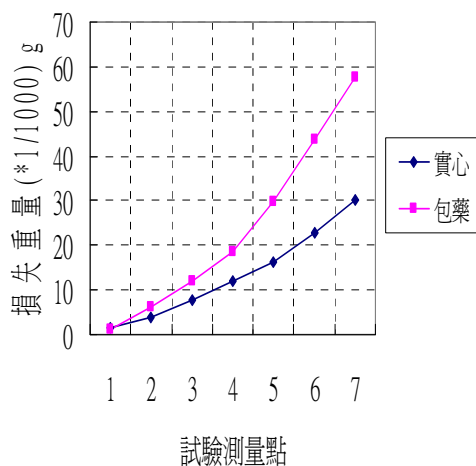


圖 10：金屬磨耗試驗的重量損失變化

3.5 環保再生鐳粉鐳接試驗

圖 11 顯示使用實心鐳線配合使用不同鐳粉的鐳接態硬度值結果，使用傳統鐳粉的硬度值為 49.3HRC，另一使用廢鐳渣經破碎與過篩的再生鐳粉，鐳接態之硬度值為 48.9 HRC，兩者硬度值相當接近。結果表示可利用再生鐳粉來替代傳統鐳粉進行鐳接，以降低鐳接製造成本。

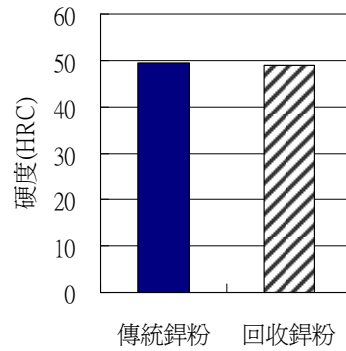


圖 11：使用不同鐳粉的鐳接態硬度值

(4) 結論

- (1) 鐳道熔金於第一層及第二層受母材稀釋影響，到第三層則逐漸接近原線成分，而於第四層達到穩定狀態。
- (2) 在熔金硬度方面，實心鐳線較包藥鐳線所得各鐳層硬度略高。
- (3) 在熔填效率方面，實心鐳線達 97.8% 高於包藥鐳線的 91.4%，可有效提高鐳接產能。
- (4) 在耐磨耗方面，實心鐳線優於包藥鐳線，具有較良好耐磨耗性質。
- (5) 使用再生鐳粉的硬度值相當接近傳統鐳粉，可利用再生鐳粉來替代傳統鐳粉進行鐳接，以降低鐳接製造成本。

(5) 參考文獻

1. 伍珠良, 雷方鈞, 馮立軍, “用藥芯鐳絲堆鐳修復熱軋輥”, 鐳接技術, 1997, 第三期, p.12.
2. 熊運昌, 梁秀山, 楊凌平, “熱軋輥的選材與熱處理”, 機械研究與應用, 第15卷, 第1期, 2003, p.6~7.
3. 陳永蛙, 鐳接學, 文京圖書有限公司, 1992, p.120.
4. H. P. Beck and A. R. Jackson, Recycling SAW Slag Proves Reliable and Repeatable, Welding Journal, 1996, p.51~54.