



扣件用球化材網狀斑紋改善與應用

文/白光

前言

扣件用6150鋼種之 8 ϕ mm小尺寸的球化退火後盤元，於酸洗及磷酸鹽被覆後，經扣件加工業者抽成六角棒線後，表面殘留網狀斑紋而影響成品外觀，必須增加研磨加工成本才能消除。

雖然磷酸鹽皮膜的生成有助於扣件加工業者抽製六角棒線，但是在磷酸鹽皮膜反應生成下，酸蝕(Etching)為磷酸鹽皮膜生成之必要條件，有酸蝕就有可能產生蝕孔。故本次以實驗研究降低磷酸鹽處理液之全酸度，及縮短酸蝕底材之時間，在滿足皮膜重量之前提下，以降低底材酸蝕之程度，進一步改善蝕孔問題，即可大幅改善該網狀斑紋缺陷。

本文可供球化退火處理或鋼材酸洗業者，於酸洗及磷酸鹽被覆作業時參考，期使該類添加鉻(Cr)合金鋼種的球化退火後盤元，於酸洗及磷酸鹽被覆後的表面品質更精進，以節省後續扣件產品(例如：六角扳手)的研磨加工成本，期能滿足扣件業者之需求。

6150鋼種網狀斑紋缺陷成因探討

6150鋼種成分如表1所示，為添加鉻(Cr)合金的鋼材。

表1 6150鋼種之化學成分 單位:wt%

鋼種	C	Mn	Si	Ni	Cr	V
6150	0.54	0.89	0.23	0.02	1.03	0.173

由於Cr元素的氧化性極強，在空氣中易於生成緻密的氧化層(Cr₂O₃)，而其生成的氧化層在腐蝕環境中會左右其保護能力。

此外，由於6150鋼種最終產品的用途主要為六角扳手，表面品質要求十分嚴格，因此線材盤元球化退火後之酸洗及磷酸鹽被覆製程必須特別留意，故將球化線材盤元酸洗及磷酸鹽被覆製程與網狀斑紋的成因進一步說明如下：

1. 線材盤元酸洗及球化退火製程

扣件用線材盤元的酸洗及球化退火與磷酸鹽被覆製程，

說明如下：

熱軋(As-rolled)線材盤元→鹽酸洗(含硼砂被覆)→球化退火→鹽酸洗→磷酸鹽被覆。

8 ϕ mm 6150鋼種之線材盤元，經上述製程，在與一般合鋼材同樣的製程條件下，於最後的酸洗及磷酸鹽被後，先以細砂紙研磨除去鋼材表面的磷酸鹽皮膜後，再以放大鏡肉眼觀察鋼材表面呈現網狀斑紋，如圖1，金相觀察該缺陷深度0.03mm，如圖2。

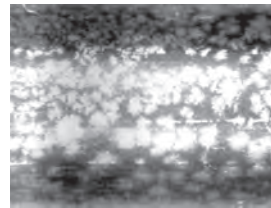


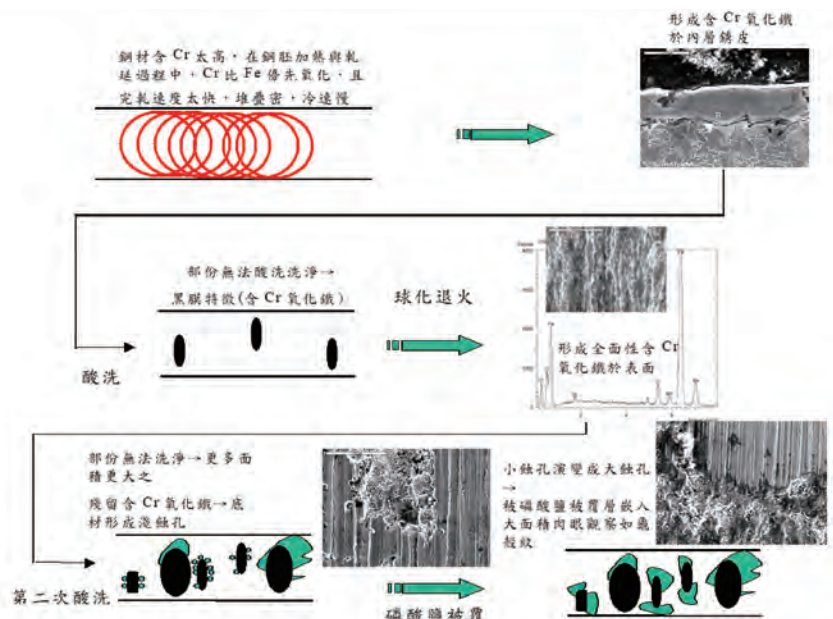
圖1. 8 ϕ mm 6150鋼種網狀斑紋外觀 圖2. 金相觀察缺陷深0.03mm

2. 網狀斑紋的形成原因

將此一網狀斑紋的6150鋼種之磷酸鹽被覆線材以鉻酸(5%，75 $^{\circ}$ C)洗淨後，外表面的SEM/EDS分析結果，原來的白色部位及黑色部位，不論是殘留磷酸鹽或含Cr氧化鐵，都可被酸洗去除，而形成凹下之蝕孔。再經磷酸鹽被覆後，小蝕孔面積擴大，砂紙無法將蝕孔內的磷酸鹽及含Cr氧化鐵磨除，以致肉眼觀察如網狀斑紋。

綜合上述，歸納網狀斑紋的形成機構如圖3所示，說明如右：

圖3. 球化盤元經酸洗及磷酸鹽被覆後網狀斑紋成因示意圖





因6150鋼材中的鉻(Cr)含量太高，在鋼材軋成線圈形狀，並於輸送帶上堆疊及緩慢冷卻的過程中生成含Cr氧化鐵(FeCr_2O_4)於內層銹皮。因此，盤元於酸洗時，很難完全洗乾淨，導致表面無法洗乾淨的部分很容易形成Smut(黑膜)殘留，後續的硼砂處理也無法去除此一Smut。

後續製程為盤元經球化退火後，於表面形成全面性的含Cr氧化鐵。再經第二次酸洗後，更多面積及更大之含Cr氧化鐵殘留，有的在含Cr氧化鐵與底材界面附近之底材生成小蝕孔，有的在含Cr氧化鐵正下方之底材生成大面積之淺蝕孔。

再經磷酸鹽被覆後，小蝕孔演變成大蝕孔，被磷酸鹽被覆層嵌入，6150鋼種之蝕孔雖然不深，但面積很大，最終形成網狀斑(龜殼)紋。

6150鋼種網狀斑紋改善實驗

1. 鹽酸洗(含硼砂被覆)及球化退火後外觀

熱軋(As-rolled)6150鋼種之線材盤元，經鹽酸洗(含硼砂被覆)及球化退火後，再以放大鏡肉眼觀察盤元表面呈現灰色，表面有局部銹皮未洗乾淨，但無網狀斑紋，如圖4。

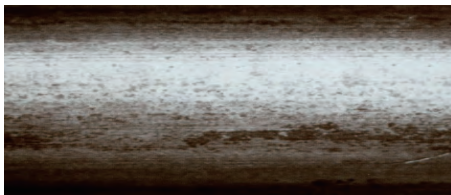


圖4. 球化退火及鹽酸洗(含硼砂被覆)後外觀

2. 改善前的酸洗及磷酸鹽被覆試驗

將8 ϕ mm 6150鋼種的球化退火後盤元，經酸洗後進行磷酸鹽被覆試驗，製程條件為全酸度:38pt、磷酸鹽被覆10分鐘後，先以細砂紙研磨除去磷酸鹽皮膜後，再以放大鏡肉眼觀察鋼材表面形成網狀斑紋，如圖5。

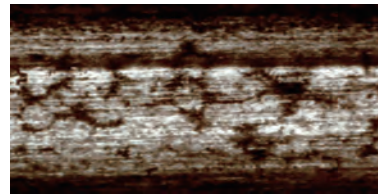


圖5. 改善前的磷酸鹽被覆後外觀

3. 改善後的酸洗及磷酸鹽被覆試驗

將8 ϕ mm 6150鋼種的球化退火盤元，經酸洗後進行磷酸鹽被覆試驗，其全酸度降至22pt，磷酸鹽被時間縮短為6分鐘進行試驗，先以細砂紙研磨除去磷酸鹽皮膜後，再以放大鏡肉眼觀察鋼材表面外觀良好，如圖6。

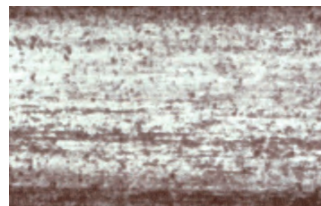


圖6. 改善後的磷酸鹽被覆外觀

扣件用6150鋼種網狀斑紋改善與應用

8 ϕ mm 6150鋼種之球化退火後盤元，以改善後試驗方法進行處理，亦即降低全酸度及縮短磷酸鹽被時間，先以細砂紙研磨除去磷酸鹽皮膜後，再以放大鏡肉眼觀察鋼材表面外觀良好。

經業者抽六角棒線及製造六角扳手，表面外觀與使用皆良好，因此可節省扣件加工業者之研磨加工成本。

結論

8 ϕ mm 6150鋼種之球化退火後盤元，於酸洗後再經磷酸鹽被覆10分鐘後，因鋼材中添加鉻(Cr)合金，故形成表面較大面積的淺蝕孔，先以細砂紙研磨除去鋼材表面的磷酸鹽皮膜後，再以放大鏡肉眼觀察鋼材表面形狀有如網狀斑紋。

6150鋼種的球化退火線材盤元，其最終產品的主要用途為六角扳手，表面要求十分嚴格。因此，於酸洗及磷酸鹽被覆後的表面品質須更精進，才能節省後續扣件產品的研磨加工成本，並滿足業者需求。

本次磷酸鹽被覆實驗，主要是藉由調整磷酸鹽被覆的全酸度及時間加以改善，亦即將8 ϕ mm 6150球化盤元，於酸洗後再經磷酸鹽被覆時，包括：(1)將全酸度由38pt降至22pt；(2)磷酸鹽被覆時間由10分鐘縮短為6分鐘，並以細砂紙研磨盤元表面除去磷酸鹽皮膜後，肉眼觀察鋼材表面良好。經業者抽六角棒線及製造六角扳手，表面外觀與使用皆良好，可滿足扣件業者之需求。