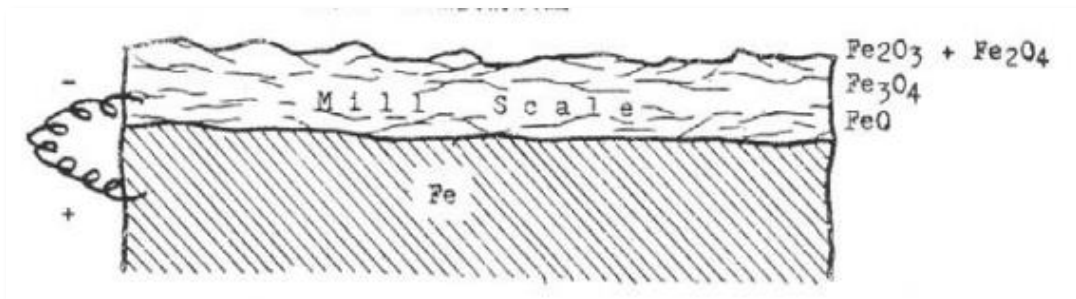


談鋼構件噴砂檢驗機制

彭武鵬技師 撰寫

一、前言

鋼結構構造建築在新建大樓及廠房中越來越受歡迎及使用，其較之鋼筋混凝土構造材料強度更高，適用於大跨徑、高樓層建築，亦可有效減少結構斷面積、抗風且耐震、縮短工期等優點。在確保鋼構件的耐久性前提下，首先必須做好保護措施，目前主要的使用方式有兩種，一是油漆，另外就是熱浸鍍鋅，但在此之前必須先完成除銹作業。通常在鋼材表面上呈現的黑鐵皮（Mill Scale）係在鋼鐵煉造或熱壓延加工時，從 900°C 以上高溫急冷下來的過程中，受到不完全的氧化作用，使鋼鐵表面形成一層由數種氧化鐵組成之黑色氧化鐵硬皮膜。



上方為黑鐵皮（Mill Scale）

這一層表面看來很結實的黑鐵皮，實際上有很多空隙之存在。大氣中之氧氣與水份很容易浸透入黑鐵皮層形成局部電池，發生電化學反應使最低層之 FeO 變成 Fe(OH)₃ 而銹蝕，同時由於 Fe(OH)₃ 之體積大過 FeO 約 5 倍，因此很容易造成防蝕失敗，造成整面漆面剝離脫落。

二、除銹作業方式

鋼構件完成組合焊接加工查驗合格後，必須先清除表面雜物及鐵銹，達到施工要求的潔淨度標準後，才能進行後續油漆或熱浸鍍鋅防銹作業。清潔方式有：

（一）機械自動噴砂

自動噴砂廠於機器兩側配備多支噴槍（不可調整方向），於輸送道上設置整排鋼製軸承，以馬達設定轉速使用鐵鍊帶動各軸承一起旋轉，進而帶動上方鋼構件前進，於噴砂機內接受一定設速的鐵砂打擊表面完成除銹作業；此法受限於機器內部高、寬尺寸限制，無法使用於超過尺寸之較大型鋼構件。



(二)人工噴砂

人工噴砂較常使用於大型桁架、梁、柱為主，通常使用之砂砂相較於機器噴砂廠使用鋼珠與鋼礫明顯硬度較差，噴砂清潔度較機器噴砂效果差，也較為業主詬病，以目視檢查外觀如有看到部分殘留黑色皮層，表示需要再次進行噴砂才能達到潔淨度之要求，這也攸關後續油漆噴塗品質！



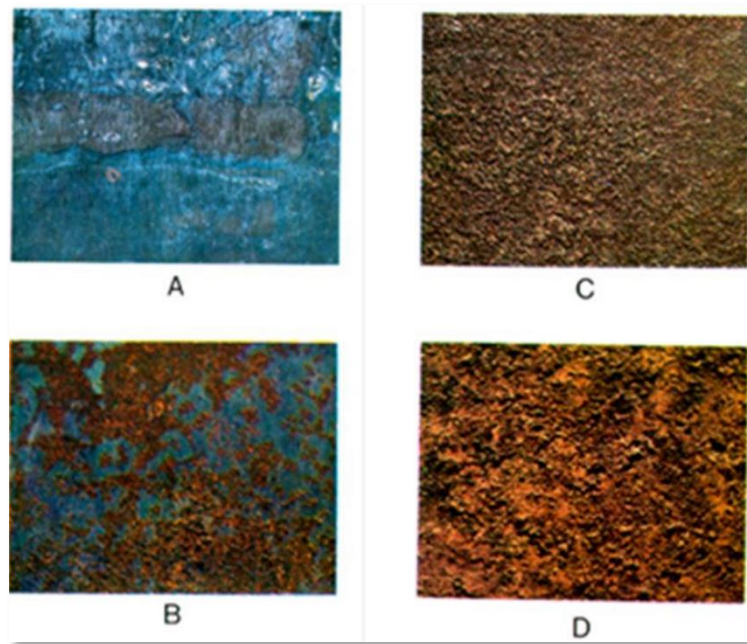
(三)其他方式有：手工或電動工具研磨、火焰、水刀、溶劑清潔等。

三、潔淨度分級標準

目前鋼材表面清潔程度分級標準規範有：

(一)瑞典 SIS 規範(ISO 8501)

根據鋼材表面鏽蝕的程度，分成 A~D 等四級(如下方照片)，而後每級依處理的程度，分成 0，1，2，2-1/2，3 等五種，以樣品照片作比對基準。亦即噴砂的級數，是依照片比較來判定的(也就是會有 A、B、C、D 四組照片)。0 代表未處理的表面，依序為輕度處理表面(1)，中度處理表面(2)，接近完整處理表面(2-1/2)，及完整之處理表面(3)。



(二)美國塗裝規範

美國塗裝規範 SSPC 之 SP-7，SP-6，SP-10，SP-5 之表面處理(如下表)。

清潔度 規範	輕度清潔 噴砂	商業性噴砂 清潔	近白噴砂 清潔	全白噴砂 清潔
SIS	1	2	2-1/2	3
SSPC	SP 7	SP 6	SP 10	SP 5

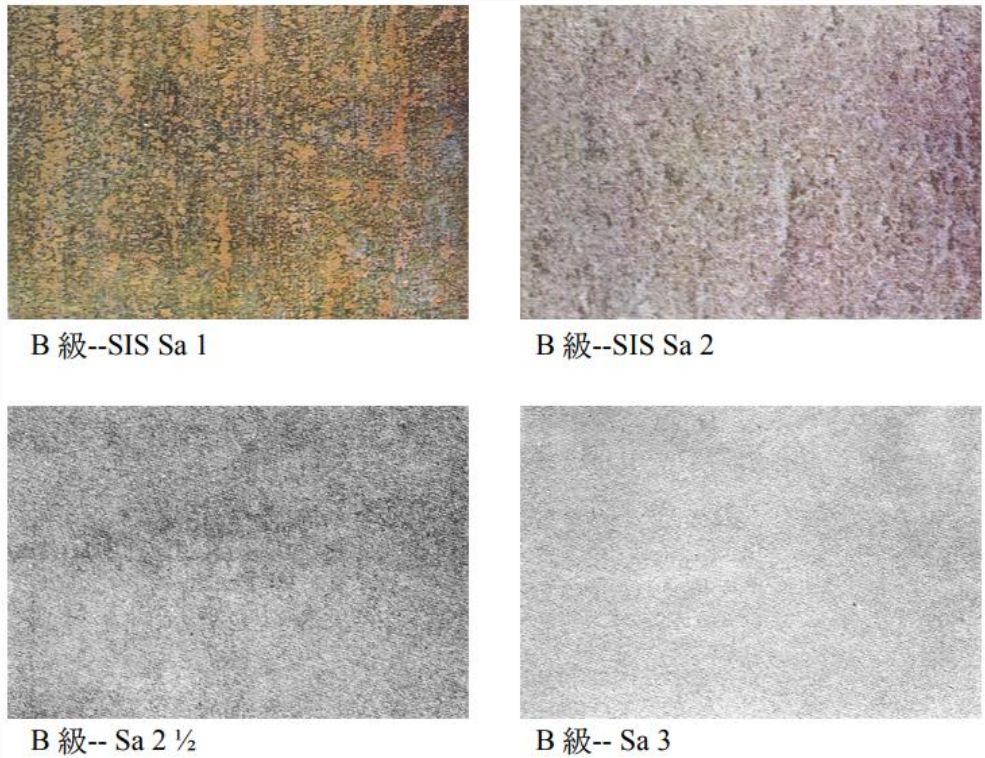
SIS 與 SSPC 噴砂等級比較

四、查驗標準機制

噴砂除銹法之除銹度分級如下：

- Sa 0- 未做除銹處理之鋼鐵表面。
- Sa 1- 輕度噴砂，除去鬆懈黑皮，浮銹以及外界異物，其表面相等於 SIS Sa 1 標準圖樣。
- Sa 2- 中度噴砂除去大部分之黑皮，鐵銹以及外界異物，並經過吸塵器或壓縮空氣，毛刷等灰塵清除，處理後表面呈金屬灰色，如同 SIS Sa 2 標準圖樣，適用於一般防銹工程之表面處理標準。
- Sa 2 ½- 徹底的噴砂，完全除去黑皮，鐵銹與外界異物，並經過吸塵器或壓縮空氣，毛刷等之灰塵清除，僅有微少之斑點異物留存，鋼鐵表面呈近似白金屬色澤 (Near White Metal)，如同 SIS Sa2 ½ 標準圖樣，為重防蝕塗裝工程要求之表面處理標準。
- Sa 3- 絕對徹底的噴砂至純白金屬狀況，所有黑皮、鐵銹、與異物徹底除去，不留任何微少異物。經過吸塵器，或壓縮空氣，毛刷等清除灰

塵後，表面呈均勻之白金屬色澤 (White Metal)，如同 SIS Sa 3 標準圖樣，為最高表面處理標準。



實際工作執行上在三方(業主、監造、承包商)會同查驗中，查驗者僅憑依據上方之色卡在現場進行**目視判斷**，非常主觀的僅憑自己的感覺來判定該批次鋼構件噴砂成果是否達標，經常有爭議發生，但查驗者說了算，鋼構業者及承包商異議無效，只能再送噴砂廠重新加強噴砂後再提複驗。反觀油漆膜厚及粗糙度之查驗均有儀器可測量，較無爭議。

(一)漆膜厚度測定儀器：

1. 濕膜計有不銹鋼製之滾輪型與梳子型二種，均刻有膜厚值刻度如圖，其用法與攜帶均非常簡便，可由塗裝工作人員帶在身上隨時測量。



2. 乾膜測定器可測量磁性金屬(鐵、鋼)上，非磁性金屬電鍍及油漆塗裝厚度。



(二)粗糙度的測定儀器：

有目視比較規塊(Visual Comparators)、測微計(Depth Micrometers)、轉貼膠帶法(Replica Tape)、及測針法(Portable Stylus Instruments)等。

五、結論

油漆膜厚度建議須為最大粗糙度(Rmax)的三倍以上，且厚度至少 125 μm ，才能發揮保護鋼材的效果。根據文獻〔3〕的建議：一、均勻的波形較不均勻的波形，能使漆膜支撐點受力平均，因此能提供最佳的防護效果。二、經測試結果，在其他條件相同情形下，SSPC 的 SP 10(SIS 的 Sa 2-1/2)的波高常常大於 SP 5(Sa 3)，也就是過度的噴砂反而會降低了漆膜表面的附著力。鋼材表面處理的好壞，是影響油漆壽命的最大因素，比例上甚至還超過油漆膜厚與種類的影響，在鋼材防蝕議題上應加以重視。

由上述說明可知，油漆膜厚及粗糙度均可藉由儀器進行科學量測，唯獨噴砂除銹度係參考瑞典 SIS 規範提供之照片色卡，再由查驗人員參考以**目視來判定合格與否**，真的很不科學。因為查驗結果是否合格，會影響後續噴塗、運輸及吊裝工作安排；依據規定鋼構件噴砂後 4 小時內必需完成噴塗底漆，再看天候條件繼續進行中塗、面塗作業，再運送至工地現場依順序進行吊裝作業，生產線上如有一環停頓勢必會影響後續整個流程。在現階段物價上漲，缺工、缺料的情形下，明顯的任何一環的延誤，均會增加承攬廠商生產成本及承擔延誤工期罰款的巨大壓力。

參考資料

1. 虹牌油漆(鋼鐵處理標準與塗裝)

<https://www.rainbowpaint.com.tw> › download

2. 簡介鋼構件油漆與表面粗糙度的關係(台灣省土木技師公會-技師報)

<http://etimes.twce.org.tw/%E7%B5%90%E6%A7%8B%E8%A8%AD%E8%A8%88/1642>

=

<http://etimes.twce.org.tw/%E7%B0%A1%E4%BB%8B%E9%8B%BC%E6%A7%8B%E4%BB%B6%E6%B2%B9%E6%BC%86%E8%88%87%E8%A1%A8%E9%9D%A2%E7%B2%97%E7%B3%99%E5%BA%A6%E7%9A%84%E9%97%9C%E4%BF%82.html>

3. 「The Effect of Peak Count of Surface Roughness on Coating Performance」 by Hugh J. Roper, et al. 2005.