

螺絲扣件滲碳層與脫碳層 檢測方法與注意事項

一般在螺絲廠，為了提升螺絲表面硬度，都會使用熱處理方式來增加表面硬化層的深度，那硬化層深度如何測試？相對的螺絲扣件與線材於表面亦會有脫碳層之產生，故一併討論之。

一、首先對硬化層與脫碳層做一簡介

硬化層是經過熱處理方式使材料表面增加硬度，進而提升材料表面性質，硬化層大致分為滲碳硬化層、滲碳氮化淬火硬化層及氮化層，在螺絲業，通常使用滲碳方式，來使螺絲表面產生硬化層。滲碳硬化層深度是指鋼滲碳淬火後（或經低於 200°C 之回火後）的硬化層深度，見圖 1。

滲碳硬化層有兩種定義：a. 有效硬化層深度：自硬化層表面至設定門檻硬度值之距離。b. 全硬化層深度：自硬化層表面至硬化層與心部材質之物理（硬度）或化學性質（顯微組織）之差異已無法區別之位置。

脫碳層係指鋼料經熱加工或熱處理後，表層碳含量減少之部分，如圖 2。脫碳層深度有四種定義：a. 全脫碳層深度：自脫碳層表面與心部材質之物理（硬度）或化學性質（顯微組織）之差異已無法區別之位置。b. 肥粒鐵脫碳層深度：自表面至脫碳成肥粒鐵處之區域邊緣之距離。c. 特定殘碳率脫碳層深度：由表面至特定殘碳率位置之距離。殘碳率為殘留碳含量除以原材質之碳含量。d. 實用脫碳層深度：由表面至實用上允許之硬度位置之距離。

二、滲碳硬化層與脫碳層的深度量測方法主要有兩種，有顯微鏡量測法和硬度量測法

（一）顯微鏡法量測法

顯微鏡量測法係將試樣橫切面腐蝕後，以顯微鏡觀察其組織的方法。樣品經（A）取樣、切割（B）鑲埋（C）研磨（D）拋光與（E）浸蝕等步驟後，經由（F）光學顯微鏡或立體顯微鏡量測而得。以下針對金相樣品製作逐一做一介紹。

（A）取樣、切割：

欲正確的研判金相組織，先決條件是要有正確的取樣和試片準備，而較佳的金相試片準備所要求的條件如下：試片取樣有代表性；試片經過切割、研磨、拋光時，所引起的機械變形或熱變形減少至最低；拋光處理後，試片表面無刮痕、孔洞、水斑以及拋光粉末殘留在試片上面而且試片邊緣無倒角；試片拋光面上，仍保有材料本身之介在物，不脫落、不深陷。

A1. 試件的選擇

試件的選擇是要凸顯代表性或關鍵性區域的金相組織，取樣位置如圖 3 所示。若依試件形狀來考慮則可分為縱向（縱面）或橫

圖 1 螺絲滲碳硬化層

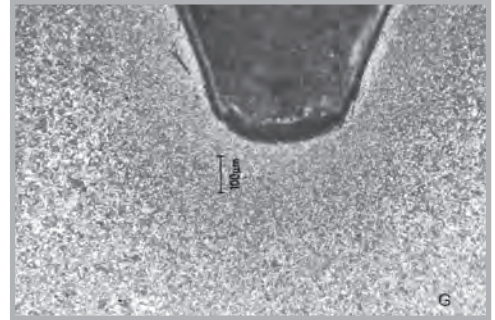
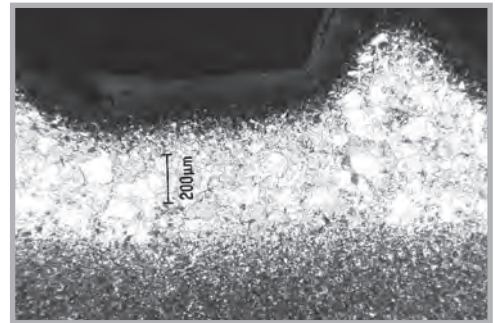


圖 2 螺絲本體脫碳嚴重，表面又經過滲碳處理



面（橫截面）。例如經過滲碳、氮、高（低、中）週波熱處理之試樣，垂直於表面的方向即為橫截面方向，利用橫截面方向才能顯示材質之心部和表面之金相組織變化情形。

A2. 樣品切割

試片取樣對金相組織觀察是非常重要的步驟。試片取樣的位置、大小和表面是否要有保護，將會決定此金相組織的正確性或是結果。切割方式致可分為四種（圖 4）：

- 火焰切割：**使用在大樣品最初之切割時使用。
- 鋼鋸切割：**切割時須加冷卻液，以減少鋸片磨耗量以及試片與鋸片之摩擦熱而改變材料本身的組織。
- 砂輪切割：**為金相實驗室最普遍使用之切割方法，使用砂輪研磨切割方式，進行樣品切割。
- 火花放電切割：**使用在超硬合金材料。此法材料表面因火花於電而產生一層熔融層（白層），組織會改變，故須研磨去除。

圖 3 取樣位置方向

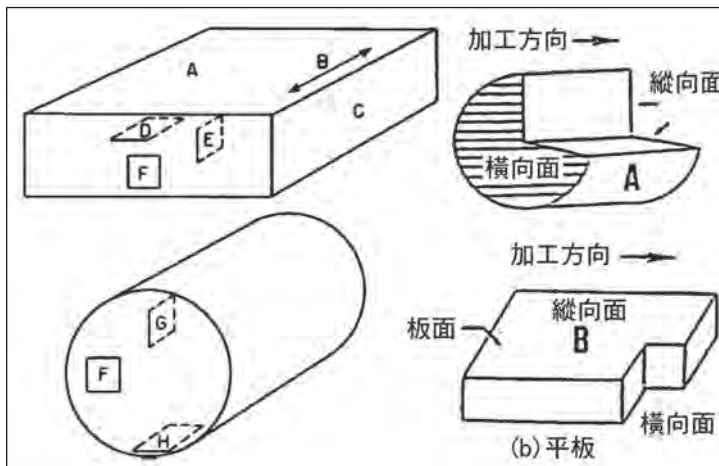
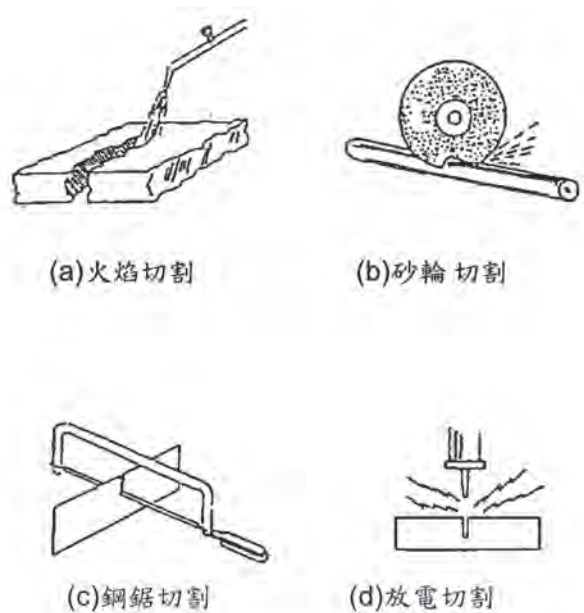


圖 4 切割方法



(B) 鑲埋：

主要目的是將不同大小及複雜形狀的試片與樹脂、電木粉等材料，經過室溫下硬化（冷鑲埋）和加壓加溫（熱鑲埋），鑲埋成固定大小形狀，以利試片準備的後處理。

B1. 鑲埋前準備：

- (a) 試件鑲埋前最好先除去表面油脂，或其它附著物，尤其是需檢驗表面金相組織之試樣，可將試件放入丙酮中在超音波清淨機中振盪洗淨。
- (b) 破斷面的鏽皮可利用 ammonium citrate 或磷酸除去。
- (c) 若要研究鍍鋅鋼材，鋅鍍層底下的組織，可先利用硝酸（比重 1.42）或稀硫酸除去鋅層。使用硝酸時要注硝酸在使用時會發熱，必須外圍加水隔離冷卻。
- (d) 薄板、片狀或細長線狀，可將數片（或數條）試件夾緊後再鑲埋。

B2. 分類：

- (a) 熱鑲埋：需要加熱加壓的鑲埋過程。
- (b) 冷鑲埋：在室溫進行不需加熱加壓的鑲埋過程。

B3. 鑲埋尺寸：依照鑲埋機模子尺寸而定，一般不超過 30mm（或 1.25"）。

B4. 熱鑲埋粉的選用原則：

一般使用的鑲埋粉為電木粉，亦有較硬的樹，又稱邊緣保護樹脂，以及導電樹脂、透明樹脂，基本上，除透明樹脂外，其它樹脂（使用溫度壓力相近）可互相混用。

(C) 研磨：

研磨的目的是要除去試片經過取樣切割所產生的變形層和熱效應層，同時獲得一個平整的表面，為下一步驟（拋光）奠下基礎。研磨通常分為兩類：

C1. 粗磨：120 號以下砂紙研磨者為粗磨。其主要目的是除去切割面受損部份以及使不規則面平整、除去氧化層、鏽皮、取得細磨和拋光面的準備工作、截去鑲埋後試件邊緣殘留之樹脂。

C2. 細磨：一般順序由 100、240、320、400、600、800、1000、1200、1500 到 2000 號砂紙。在研磨過程中每一道砂紙研磨是要能去除前一號砂紙所留下之刮痕痕跡為原則，且更換砂紙號數時，試片研磨方向與前一號數砂紙方向呈一角度（90° 為原則）。

C3. 注意事項：

- (a) 每次更換不同大小研磨粒大小之砂紙時，應先除去先前之磨粒，可用水沖洗即可；若為手動研磨，也要注意把手洗乾淨。
- (b) 手動研磨時，施力要平均，以免待測面不平整，並儘量減少研磨時間。
- (c) 研磨完成應將試件清洗乾淨再吹乾，必要時可用超音波振盪做清洗；若為手動研磨，也應將手洗乾淨。

(D) 拋光：

拋光主要的目的是將研磨時留下的刮痕或應變層去除，得到一個平坦鏡面表面。

一般拋光處理大致可分為下列幾種：

D1. 機械拋光法：此法是將絨布沾上拋光介質（如氧化鋁或鑽石顆粒）與潤滑劑（如水或油）以機械動力方式，利用手或機械式夾子固定試片，而進行拋光程序。常用的拋光研磨粉有下列幾種：(a) 氧化鋁粉 Al₂O₃，適用材質：任何材質 (b) 鑽石拋光劑，適用材質：WC、BC 材質 (c) MgO，適用材質：Mg、Al 其及合金 (d) Cr₂O₃，適用材質：鋼及鑄鐵。

D2. 電解拋光法：此法彌補機械拋光去對試片所產生變形的缺點。進行電解拋光時試片經過 600 號

(或以上)砂紙研磨後，至於電解液中之陽極，陰極通常以不鏽鋼或白金為材料，在兩極之間通電，而將試片表面溶解，達到試表面拋光的效果。

D3. 化學拋光法：試片經過 600 號砂紙研磨後，浸泡於適當溶液中，不須電流來進行拋光。過程簡單、迅速，不須儀器設備，其拋光效果和電解拋光相近。但由於其所使用之化學溶液不能重複使用，也不能久置，具有危險性，且很少有這方面的知識發表，故此法很少使用。

(E) 浸蝕：

拋光後之試片表面若未經過浸蝕，僅觀察到介在物、裂痕走向、石墨分佈形態、孔隙等，無法觀察實際顯微組織，若經過適當浸蝕液浸蝕，則可看出各種組織。由於使用原理不同，大致可分為化學浸蝕、電解浸蝕。由使用的目的不同可分為巨觀浸蝕和微觀浸蝕。

E1. 化學浸蝕：此法最大優點適用於絕大部份的金屬材料，只具備配置浸蝕液所需的藥品，在短時間內就能夠簡單迅速的完成浸蝕工作，而能在呈現顯微組織的目的。

E2. 電解浸蝕：其原理與電解拋光相同，為其電壓與電流較低。

E3. 巨觀浸蝕：此法與微觀浸蝕最大不同在於，巨觀浸蝕是在低位率下觀察分析，常用於大區域的組織改變或缺陷分佈。

E4. 微觀浸蝕：以不同方式進行浸蝕處理，通常在光學顯微鏡下，倍率 50X 至 1000X 下進行材料組織觀察。

E5. 參考規範：選擇浸蝕液與使用方法可參考 ASTM E407，腐蝕液依鋼種作適當的選擇，一般鋼材使用 2~5% 苦味酸酒精溶液或 1~5% 硝酸酒精溶液。

注意事項：配置腐蝕液的安全防護

a. 所有化學藥劑都有潛在的危險性，例如氰化物 (Cyanides) 為極毒的化學藥品，會產生 NO_2 的氣體，高濃度的氫氟酸 (HF)，對人體傷害很大，且不可用玻璃瓶裝，因為 HF 為侵蝕玻璃需用塑膠瓶裝。10% 以上的硝酸酒精溶液加熱時具有爆炸的危險性，都需格外小心。配製浸蝕液時，最好有手套，護目鏡等防護。

b. 以下是配製化學藥劑的一些基本建議。

配製化學藥劑要在抽風櫃中進行，最好戴上防蝕手套和護目鏡。使用正確的容器或器具，如含 HF 之浸蝕液，必須以耐蝕塑膠瓶裝，一般可用玻璃瓶裝。溢出容器的化學藥劑 (液)，必須用水沖洗乾淨或擦拭乾淨。不知成份的浸蝕液或藥劑 (液)，必須捨棄，不可使用。儲存和使用任何化學藥品，必須依照製造廠的要求，一般都可在瓶外印有些資料。

(F) 光學顯微鏡量測：

經過上述步驟試片製作完成，使用顯微鏡量測滲 (脫) 碳層深度，在量測時需要注意的事項有：

- 利用光學顯微鏡目鏡上之微標尺 (Eyepiece Micrometer) 來量測，量測時微標尺之刻度線要和滲 (脫) 碳層方向盡量垂直或相切。至少量測五點取平均值。使用倍率為 100X 至 500X 皆可，但以 100X 最常使用。
- 使用規範量測時，則依規範要求進行量測。滲 (脫) 碳層深度表示方式依所使用規範而定。
- 使用光學顯微鏡量測滲 (脫) 碳層時，須用微標尺 (0.01mm/ 格) 來定義目鏡微標尺每一格刻度的大小，例如在倍率 100X 下，目鏡微標尺一格大小為 0.01mm (1 條)。如果有外差式刻度尺亦可由微標尺校正之。微標尺須經由國家級實驗室或相同等級之實驗室校正。
- 量測螺絲時，量測位置須在螺絲剖面最大直徑 (D) 處，誤差不超過 $1/10D$ 。
- 使用規範量測螺絲滲 (脫) 碳層時，須注意在決定量測螺紋時，須選擇螺紋牙高最大者，且螺紋形狀最完整者。

(二) 硬度量測法

試樣準備方法及注意事項同顯微鏡量測法，最後一步驟浸蝕，視情況可有可無。

使用硬度量測法須注意的事項如下：

- 維氏硬度機 (Vickers tester 或 Micro-Vickers tester) 自被檢測面鋼材表面向心部作硬度變化曲線，必要時，在表面 1.5mm 的範圍內取 2~5 點 (圖 5)，從這些點垂直線上作硬度測定，以作出一條硬度分佈曲線 (圖 6)，測定時硬度試驗機的壓子與受檢面須保持垂直，並依測量方法、鋼種、硬度、滲 (脫) 碳層深度選擇試驗荷重。

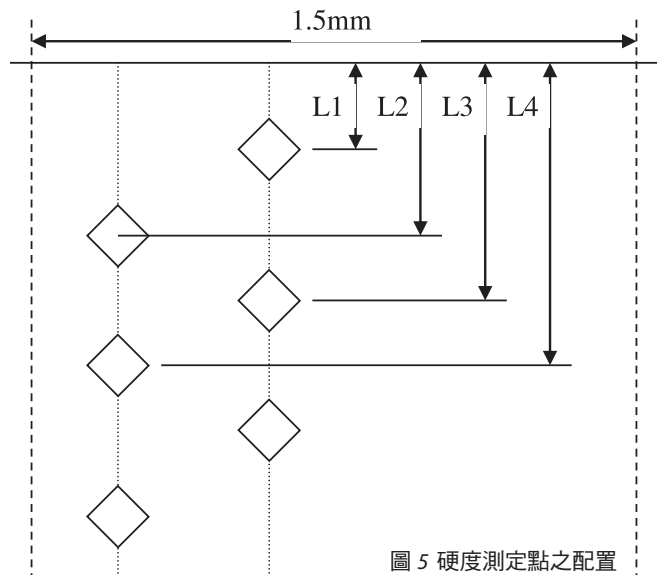


圖 5 硬度測定點之配置

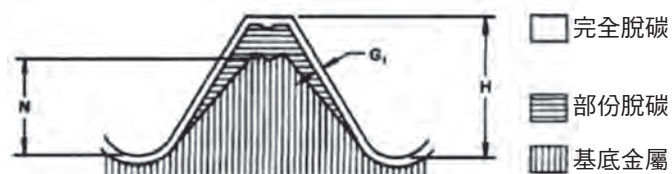
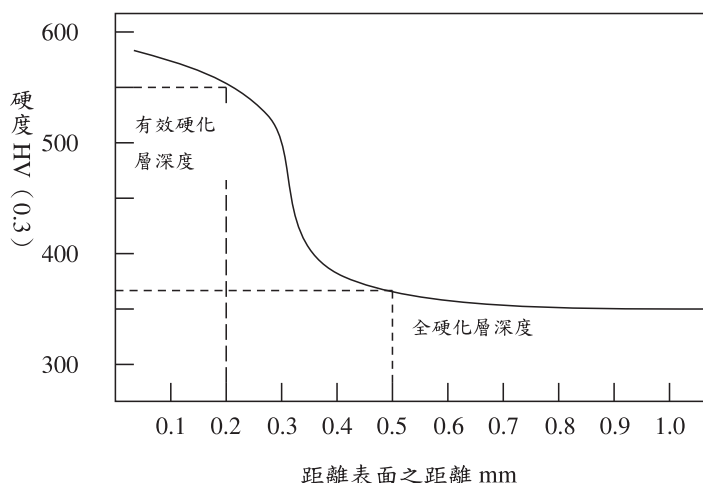


圖 7 ASTM、SAE 規範螺紋扣件脫碳層量測位置示意圖

B. 使用硬度法量測脫(滲)碳層時，微小硬度機須符合 ASTM E384 規範所要求。例如維氏硬度機之校正、硬度標準片是否符合標準以及 X、Y 移動軸(分厘卡或自動移動軸)之校正。

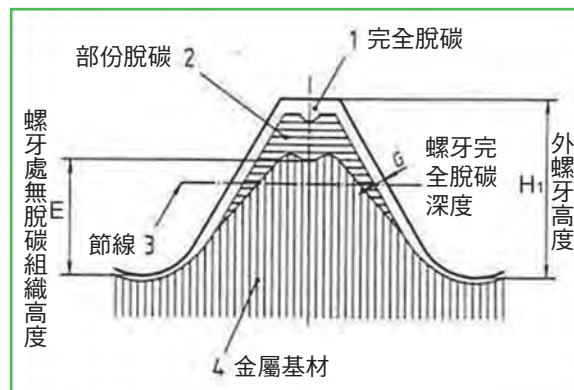


圖 8 ISO 898-1、JIS B1051、JIS B1053 螺紋扣件脫碳層量測位置示意圖

三、螺絲扣件滲碳層與脫碳層檢測方法

通常依據螺絲扣件屬於何種螺絲來決定使用何種規範，如果進行金相法進行脫碳層檢測，其量測方法如圖 7 (使用 ASTM 與 SAE 規範) 與圖 8 (使用 ISO 與 JIS 規範)；使用硬度法進行脫(滲)碳層檢測，其量測方法與位置如圖 9 (使用 ASTM 與 SAE 規範) 與圖 10 (使用 ISO 與 JIS 規範) 來判定，需要特別注意為測試位置 #2 與位置 #3 依使用不同規範，其測試位置亦有不同。以下列出最常使用之規範僅供參考。

1. CNS 10168G2168、CNS 10169 G2169、CNS 3935 B7076、CNS 3983 B7077
2. ASTM A574/A574M、ASTM E1077、ASTM F835/F835M、ASTM F912/F912M、ASTM 2328/F2328M
3. JIS G0558、JIS B1051、JIS B1053
4. SAE J78、SAE J419
5. ISO 898-1

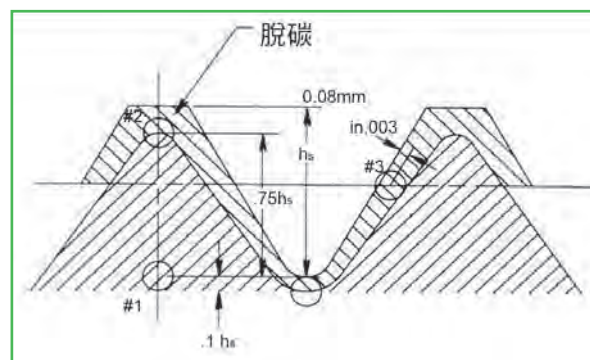


圖 9 ASTM(ASTM F2328 class 3 及 ASTM F2328M class 3 及 class 4) 螺絲扣件脫碳層/硬化層之硬度量測位置示意圖

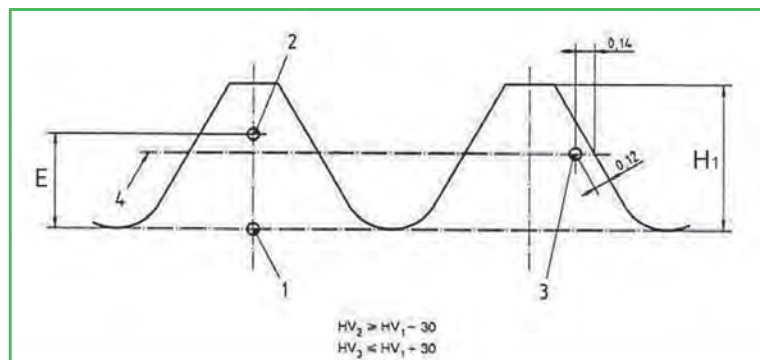


圖 10 ISO 898-1、JIS B1051、JIS B1053 螺絲扣件脫碳層/硬化層之硬度量測位置示意圖