

2.10 鐵軌接合板專用螺栓的失效

在鐵軌的接合處會有幾毫米的間隙讓軌道可以熱漲冷縮。接合板是用來強化軌道的接合處，會被4或6支軌道螺栓(M24，長度約180mm)夾住。輪子在軌道上滾時，衝擊力會施加在軌道的接合處，所以會在螺栓內產生張力和剪切力。圖2.21是軌道螺栓(材

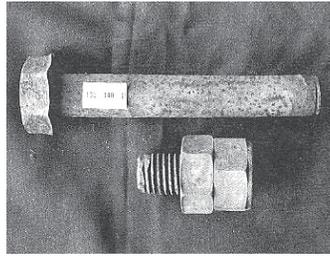


圖2.21 鐵軌接合板專用螺栓(失效現象發生在不完整的螺紋上)

質SS400)的失效案例。失效的現象是在不完整的螺紋上發生，屬於疲勞失效。一般來說，螺栓的失效發生在三個位置，也就是與內螺紋耦合處的尾端、不完整的螺紋上，以及頭部下方的圓角。螺栓在這三處斷裂的機率分別是65%、20%和15%⁽⁵⁻⁷⁾。但以夾緊式螺栓的疲勞失效來說，八九成的失效發生在與內螺紋耦合處的尾端，除非有採用特殊手段強化疲勞強度。失效之所以會發生在軌道螺栓的不完整螺紋上，可能是因為單軸張力和剪切力都施加到了螺栓上。

總結緊固用螺絲的疲勞失效

緊固用螺絲是機械很重要的一環，但大眾不完全了解其重要性，而是把它認知為一種簡單的消費零件。實務上，單一支螺栓的失效依其用途可能會有巨大的影響。前面幾個章節描述了螺栓的失效案例。應注意緊固用螺絲的機能和安全性設計之重要。茲總結如下：

(1) 在螺栓公稱直徑與螺紋的張力疲勞極限(標示為應力幅度)的關係中，與一般的疲勞特性相較之下，尺寸的影響是很明顯的，其原因有待我在未來的投稿中說明。

(2) 即使只有施加少量的反復荷載在螺栓上，螺栓仍可能斷裂，因為螺栓會因為鬆脫或機械零件的壽命老化而隨著震動的來源發生震動。

(3) 避免緊固用螺絲鬆脫是很重要的。採用(尤其是內螺紋)軟材質的緊固用螺絲，或是規律變換與內螺紋耦合的位置，都是延長疲勞壽命的有效方式。

參考文獻：

- (1) M. Yamana, Last 30 Seconds-Investigation and Study of All Nippon Airways' Plane Crash off Haneda, [1972], pp.144, Asahi Newspaper Co. Ltd., Tokyo
- (2) Y. Kitunai, Safety Engineering, Vol. 9, [1970], pp.249, Tokyo
- (3) Y. Kitunai, Metallic Materials, Vol.13, [1973], pp.32, Nikkan Kogyo News Paper Co. Ltd., Tokyo
- (4) Y. Kitunai, Safety Engineering, Vol.13, [1974], pp.235, Tokyo
- (5) S. Nishida, Failure Analysis of Machine Parts & Equipment, [1993], pp.85 and 122, Nikkan Kogyo News Paper Co. Ltd, (in Japanese)
- (6) S. Nishida, Failure Analysis in Engineering Applications, [1993], pp.71 and 103, Butterworth Heinemann Co. Ltd. UK
- (7) S. Nishida, Failure Analysis of Machines & Components, [1995], pp.85 and 122, Kinkado Co. Ltd, (in Japanese)
- (8) A. Yamamoto, Theory and Calculation of Screw Fastening, [1975], pp.68 and 102, Yokendo, Tokyo.

測試實驗室選擇須知

有時我們會需要把樣品帶去給測試單位檢驗產品的力學特性，或是做產品的失效分析。有一些測試單位可能是一般的力學測試實驗室或冶金測試單位。即使實驗人員了解鋼製產品的測試方法，也不一定代表他們會知道如何妥當地測試扣件，或者會知道扣件的產製方式。

目前市場上已有許多化學實驗室和冶金測試實驗室將業務擴展到扣件測試的領域，只是這並非他們主攻的專業。同樣地，有很多新出來的測試實驗室正要開始擴展到扣件領域。

為什麼這個現象值得注意？

就是因為一般的測試實驗室可能認不出問題的根源或用錯了測試的程序。鋼鐵的ASTM A370標準一直是最首屈一指的金屬測試標準。當然在A370出現的一百多年前，ASTM首次出版的鋼鐵測試程序與規格也有記載過比較不精細的鋼鐵測試方法。

A370的記載是出現在1953年，當時由於沒有全尺寸測試的相關規格，所以樣品必須被加工成測試用的

文/ Guy Avellon

圓棒。自那時起，實驗室就把F606/606M測試程序的摘要納入書中的附件A3.2。ASTM F606/606M在1979年首度出版，是專為扣件而編寫的標準。

以下列舉幾項真實案例，顯示為何對扣件產製和程序的知識匱乏，會使得扣件失效的真正原因被忽略。

案例1：

下圖(圖1)展示一支頭部失效的#10-24內六角螺絲。此案例中有出現幾支失效的內六角螺絲，都位在類似的位置上。起初實驗室基於該產品已經被電鍍過，所以評估起因是氫脆化，判斷該產品的硬度超過38Rc且組裝後馬上就失效了。



圖1

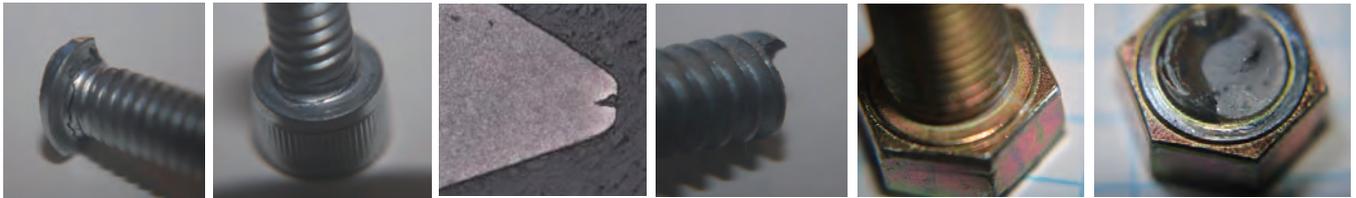


圖2



圖3

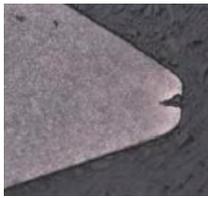


圖4

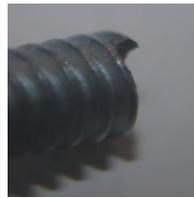


圖5



圖6



圖7

實驗室的報告說當時沒有出現冶金方面的異常，並點出失效的起因是彎折和氫脆化。但報告中也提出令人好奇的說法，說他們因為不懂扣件所以無法釐清。他們的說法是：「螺絲頭下方有一道裂痕，但裂痕是位在失效發生處的對面側。」如圖2所示。

圖1是內六角螺絲頭部下方的內圓角區域上出現的主要破裂面。

圖2清楚展示頭部下方和整個內圓角區域出現的鋸齒裂痕，這道裂痕一路延伸到此圖位於12點鐘方向的破裂區。

圖3拍攝的是位於底面和整個內圓角區域上的裂痕。這是其中一支沒有破裂的螺絲。

由於不熟悉含頭部的螺紋扣件的產製過程，所以冶金測試實驗室疏忽了診斷主因：淬裂。

淬裂是發生在熱處理的過程中，此時的晶體結構會從奧氏體結構轉變成完全的馬氏體。此轉變包括了體積的增加，此時快速的淬火會引發淬裂。以水而非以油來淬火也會導致高硬度的產品淬裂，尤其是那些幾何尺寸小的產品。

氫脆化失效常會看起來很像另一種失效類型，當然它也很像淬裂。但在此案例中，淬裂加劇了氫化的損害。某些明明有裂痕卻沒有失效的扣件，若遇到工作載荷早就馬上會失效了。

顯然地，這就是會導致整批貨被退件的製程缺陷。

案例2：

圖4取自某間實驗室上呈的另一份冶金報告，這張圖檢視一支破裂的螺絲。報告敘述道：「但螺紋的頂面可看到裂痕。這些缺陷不會導致受罰，因為它們在使用中承受壓縮力，失效的狀況是發生在底部的螺紋。」

但一方面來說，這種缺陷確實會有某種後果。它會產生一種稱為螺紋失效的缺陷。螺紋失效是一種製程的缺陷。此種缺陷的外觀就如同圖5拍攝的樣品牙側。

螺紋失效的深度會有很大的影響，因為這會讓原子態的氫被吸收。螺峰上輕微的蝕刻痕(以3%的硝酸酒精溶液來蝕刻)也是一種脫碳過的跡象。這些條件都會使螺紋疲弱並在螺紋上形成過多的應力。

因為螺紋的破裂而可能出現的小裂痕會位於牙側的位置，而這種裂痕是會有後果的。實驗室人員若不懂扣件，又怎麼可能會知道這一點？若無法妥適地診斷問題，就會讓問題持續下去。

案例3：

「接縫」是另一個會產生問題的物質缺陷。圖6中的隙縫看起來似乎無害，但清洗作業所用的酸劑和電鍍用的化學物質已在螺栓頭部上溶出一條顯而易見的軌跡。

圖7在六點鐘的方位上清楚呈現出一道裂痕，裂痕從內圓角一路穿過孔穴並延伸到對向側。

在左側破裂處的半月形區域上可以看到生鏽的現象。這就代表裂縫處產生了空隙，使生鏽的現象在破裂之前就先發生了。

另一個須注意的是墊片表面的漩渦狀痕路。這代表有人用過高速工具來組裝，這可能導致了破裂的現象很早發生。

再提一次，這些案例都是會導致被退件的製程缺陷，但因為實驗室不懂扣件所以就被忽略了。

除了分析扣件的失效之外，測試實驗室也必須妥適地做物理測試。某些最常見的錯誤則牽涉到張力測試、實驗荷載的測試和硬度。

若為了節省時間而變動張力機的十字頭速度，可能會使某些材料在實際的測試開始之前就硬化。穩定的速度會帶來一致的結果。

若一支扣件已達到所述的拉伸荷載，那麼一般認為就不需要把它測試到斷裂為止。但這並不能夠反映出該扣件在應用時或在被緊固的當下會有什麼表現。把扣件測試到斷裂也就能確認頭部成型的完整性和熱處理是否周全。這在F606/F606M標準當中是有規範要做到的。

實驗荷載的測試可能很冗長無趣，尤其是當要嘗試讓量測用的尖狀鐵砧在兩側之間打出一個中心點的時候。但鐵砧若是太尖，就可能埋入扣件並導致誤判。

硬度的讀數也可能會在校正和更換鏡臺之後沒多久就馬上造成問題。ASTM E18有概述一套方法，但F606/F606M則沒提到。這套方法說可以棄置校正後或更換鏡臺後的一批讀數，因為鏡臺需要放置妥當。尤其在測試圓桿部的硬度時更是如此。

此外，必須確定是要在扣件的塗層完全去除之後才能做硬度的測試。沒錯，就是有人會忘記這一點。

別自以為您配合的實驗室會懂得怎麼測試扣件，您必須事前確認他們夠了解扣件的測試。

