

楔形鎖固式墊片 與容克測試

螺栓和螺帽在運作過程中的鬆動問題自其發明以來一直存在。專業人士認為楔形鎖固式墊片是目前用於鎖固螺栓接合件最可靠的產品之一，有製造商在提供，也有經銷商在銷售。它們的普及主要得益於所謂的容克振動測試，該測試用於檢查鎖固系統的可靠性。根據 DIN 65151 標準，這種振動測試被視為是對螺栓接合作業最嚴苛的考驗。本文目的是證明這種鎖固方法的完整特性，並為設計師提供幫助。需要強調的是，本文具有嚴謹的技術性質，並無意干預經銷通路。

楔形鎖固式墊片的設計與特性

楔形鎖固式墊片是一對成組使用、帶有外部齒紋和內部楔形表面的墊片（見圖 1）。楔形鎖固方式是透過拉力而非摩擦力。圖 2 展示了應用楔形鎖固式墊片的螺栓接合件典型的組裝方式。根據製造商的建議，在螺帽接合中，一對楔形墊片應安裝在螺栓頭部下方以及螺帽下方。這對墊片利用凸輪幾何結構，任何試圖使螺栓或螺帽鬆動的狀況都將被凸輪的楔形效應阻止。

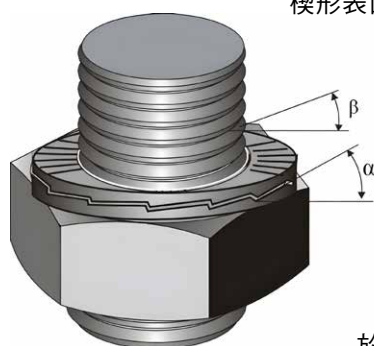


圖 1. $\alpha > \beta$ (β 為牙角)

考慮到楔形鎖固式墊片是一種鎖固效果取決於螺栓預緊力 $p_A \rightarrow f(F_M)p_A \rightarrow f(F_M)$ 的一套鎖固元件（見圖 3），擁有多達 7 個界面（見圖 2）是不理想的。此外，圖 2 還顯示，安裝兩對楔形鎖固式墊片時，接合部位的夾持長度增加了 $2xh$ 。

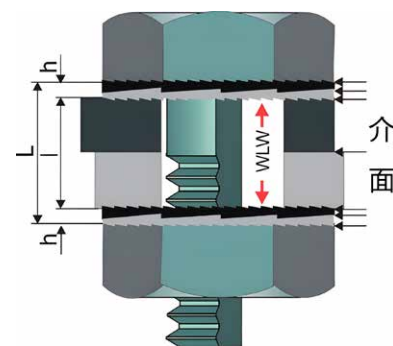


圖 2. 使用楔形鎖固式墊片的螺栓接合件組裝的方式

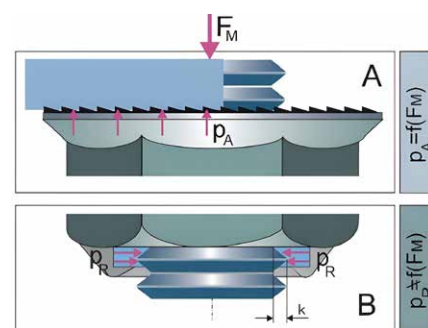
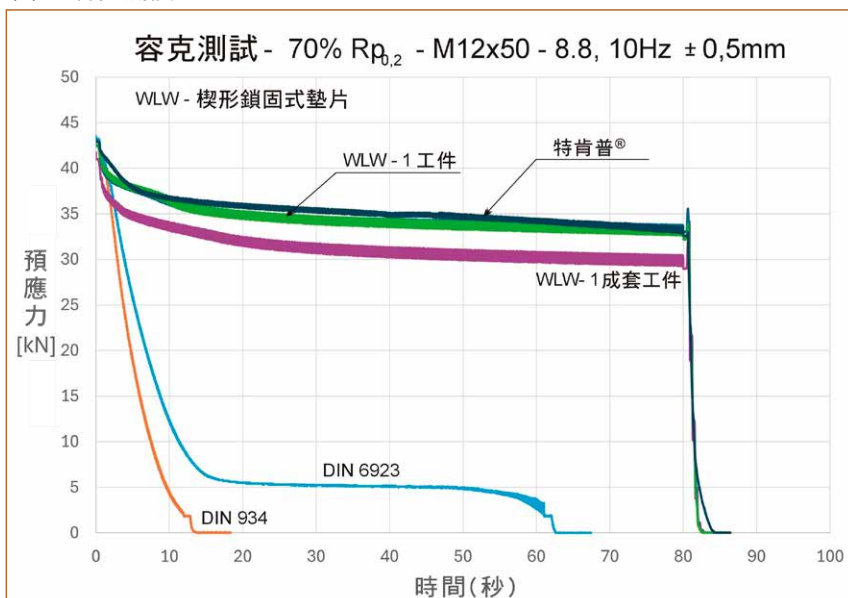


圖 3. 各種鎖固式零件

依據材料表面的粗糙度和鋼材硬度，每個界面都會出現材料沉降現象。材料表面越粗糙，界面數量越多，最終沉降值和預緊力的減少就越顯著。容克測試（見圖 4）也證實了這一點。從圖中可以看出，即使只有一片墊片（而非一對），也能降低沉降值，同時仍然保持相同的鎖固效果。然而，此事實需要進一步研究，因為它可能還取決於被接合之零件的材料強度。

圖 4. 容克測試



螺栓接合件應力分析

正如本文開頭所述，專業人士認為楔形鎖固式墊片是最可靠的螺栓接合件鎖固系統之一。這一點也透過圖 4 獲得證明，但是否在所有情況下都如此？要回答此問題則需要更詳細的分析，首先引用 C.O. Bauer (鮑爾) 所說的一句話：

「每種螺栓應力都有其相應的鎖固方式！」

此螺栓定律基於以下原則：在運作過程中，螺栓接合部位主要受到兩種不同力學效應（見圖 5、6 和 7）的影響。這事實無可爭議，必須完全尊重，同樣適用於選擇相關的螺栓接合部位鎖固方式以及其振動測試方法。

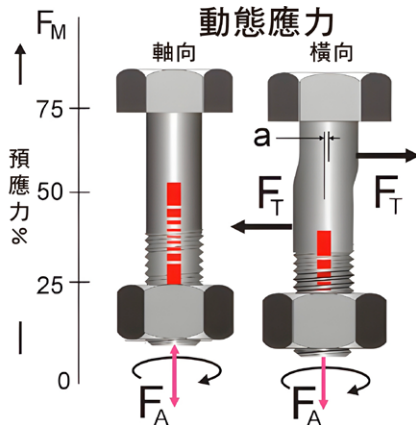


圖 5. 動態應力



圖 6. 軸向動態載荷



圖 7. 橫向動態應力

振動測試

楔形鎖固式墊片在不同應力下的不同鎖固效果清楚記錄在圖 8a 和相關的圖 8b 中。

圖 8a 和 8b 顯示楔形鎖固式墊片在抵抗橫向振動方面表現最佳，對軸向振動載荷有中等抵抗力，而根據 2007 年 Hard Lock 技術報告第 2 卷，在 NAS 3354 測試中完全失效。

圖 8a. 楔形鎖固式墊片的鎖固效果

楔形墊片	
NAS 3354	(2007年Hard Lock技術報告第2卷)
EDYZ	
Junker	未鬆脫
百萬次循環	2.5 4.0 6.0 8.0 10.0

容克振動測試（見圖 9）逐漸獲得如此大的普及，讓它得以與 DIN 65151 標準一同搭配。然而，它被錯當成適用於任何應力類型的一般標準，因為它未考慮螺栓接合件不同的應力條件。[詳見 2024 年 5 月號，第 62 期〈五金工具、零組件、螺絲季刊〉雜誌中的專文「容克試驗適用性的爭論」] 因此，需要修訂該標準，使其僅適用於橫向動態載荷。

圖 8b. 各種方式

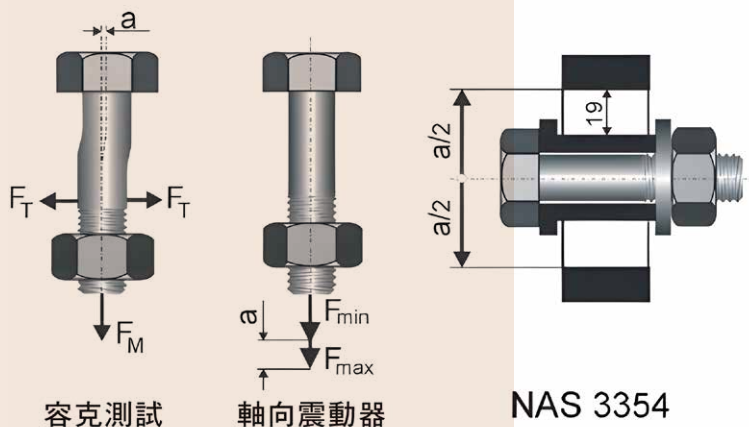
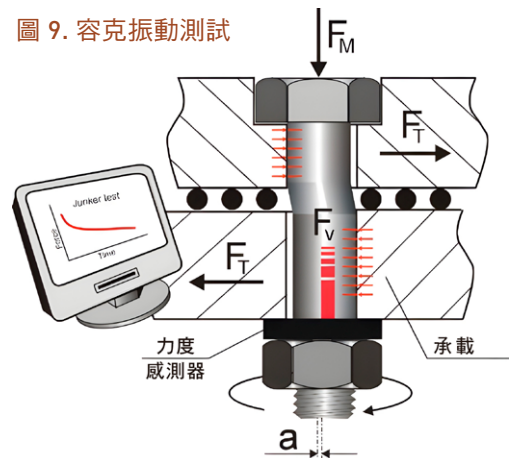


圖 9. 容克振動測試



車廂上的鉤子（圖 10）顯然會承受拉伸循環應力，因此必須使用軸向震動器來測試用來固定它的高強度螺栓（圖 11）。容克測試在這種情況下並不具客觀性。



圖 10. 車廂上的鉤子

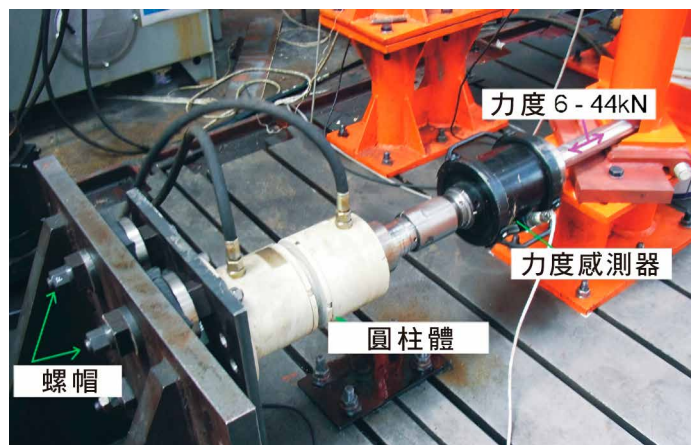


圖 11. 高強度螺栓測試

替代方案

客觀來說，對於特定類型的應力，必須認可楔形鎖固式墊片是一個不錯的選擇。然而，鎖固的效果並不是選擇它的唯一標準。以下是其他需要考慮的因素：

價格、物流（零件數量）、組裝難度、重複性、界面數量、密封能力、接觸表面的損傷

因此，不妨先記住用於鎖固螺栓接合部位的其他產品方案。目前市場提供了多種外部鎖固元件，其中，至少應提到帶肋的法蘭螺帽（圖 12）（還有結合肋法蘭頭部的類似螺帽）。這些產品的優點在於：界面更少、其物流更簡單、組裝更容易，並且從衛生角度來看，適用於食品機械。

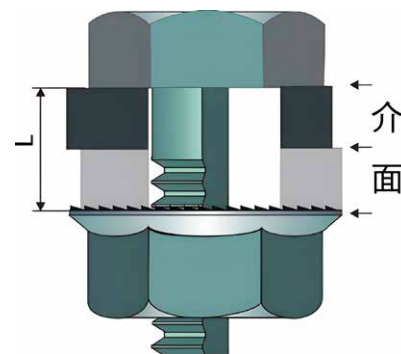


圖 12. 帶肋的法蘭螺帽

結論

本文證實了 C.O. Bauer 的觀點，即不存在對所有類型應力都同樣有效的通用螺栓接合方式。此外，也不存在通用方法來測試螺栓接合對振動的抗性。對於設計師來說，這是一個明確的信號，說明應根據具體情況選擇適合的方法來防止螺栓接合件自發鬆動。當然，這只適用於需要從外部鎖固的情況。這種情況的基本前提是對結構運作的條件（如應力類型、環境的侵蝕性等）有徹底的了解。■

FASTENER
— WORLD —

國際展會跑透透

精準對接潛力買家

