

螺紋的凹陷

文：Guy Avellon
著作權：惠達所有

不論製造商有多麼小心避免問題發生，顧客在把螺帽裝到螺栓上的過程中，有時總會遇到問題。比起MRO用戶，用於製造業組裝的扣件因為螺紋的凹陷而被退貨的機率比較低。其原因不僅涉及扣件的製造方式，還包括市場期望這些扣件要容易組裝。

製造業的組裝只需透過螺栓或螺帽牙的起始面就能讓動力扳手繼續鎖固作業。維修技師則會用手把螺帽旋到工件表面上，然後用手動式扳手來完成安裝作業。這兩種狀況都不是很實用，但有幾項因素會在組裝或拆卸過程中影響使用的簡易性，包括「螺紋的凹陷」和「塗佈的厚度」。

依據製程與搬運方式的不同，扣件的螺紋在製造、裝卸、運輸過程中產生凹痕的機會，算一算少則有12次，多則有超過20次。其他追加的因素包括扣件的尺寸與重量。當然，大直徑扣件產品的細螺紋，其牙頂最容易產生凹陷或扁平化。包裝和出貨的環節也有機會發生螺紋的凹陷。

許多扣件製造商會在集裝箱下方使用搭載彈簧的平台，縮短螺栓從滾牙機中彈出落地的距離。其他製造商則會使用淺的集裝箱。不論哪種方式，尚未經過硬化的軟質螺栓都會從螺栓製造機械的容器落進其他容器，以運送到熱處理爐。

熱處理有兩種常見類別，包括分批熱處理和輸送帶式熱處理，兩者都有優缺點。我在同時使用這兩類熱處理的設施進行研究，發現強度等級為5的螺栓透過分批式烤箱處理時螺紋的凹陷較少。扣件被放進單一的大容器內，然後穿過長長的熱處理爐進行分批式處理，扣件彼此之間不會交錯位移。透過輸送帶的熱處理方式會把軟質的扣件落在輸送帶上，這時零件會再度彼此撞擊。

重型設備製造商通常會使用黑色無塗佈的扣件，因為成品被漆上企業代表以因應防腐蝕的需求。由於一般螺紋有公差，所以在組裝過程中會沒注意到大多數些微的螺紋凹痕。

然而未經過電鍍的螺栓儲存不易，除非有大量上油。上了太多油會使扣件不易裝卸，但在製程中使用的螺栓不會很長時間靜置不動。

磷酸鹽塗佈可用來上漆，在潮濕環境中提供適中的防腐效果。其設置很精簡，螺紋之間產生的干擾可以忽略。塗層的潤滑效果會協助組裝作業，降低熱處理產生的銹皮所造成的磨傷。

比起電鍍，汽車業已指定使用更有機的浸旋塗佈法。基本上所有的MRO用扣件都有鍍鋅。不論採用何種塗佈，多出來的厚度可與適配的零件之間產生壓入緊配的效果。這會產生不一致的組裝扭力，導致夾持荷載變低。

對螺帽額外加大擴孔攻牙，以及其他適配零件的設計，增加了有機塗佈的使用率。塗佈層的柔韌度足夠，螺紋的凹陷就不會是個問題。電鍍沉積物有可能使些微的凹陷現象變嚴重，因為牙頂很靠近電極，比起牙底吸取了更多金屬沉積物。落入電鍍桶的扣件數量，以及電鍍桶是否會旋轉或搖動，也都會決定牙頂外形是否會變圓或因磨損而被截平。

品管人員會使用量規檢查電鍍的厚度或螺紋公差，只能在面積大的表面量測厚度，例如螺帽的六角形平面、螺栓的頭部或螺栓的桿部。這樣並不會提示是否能鎖進去另一個適配零件。

在此情況下，使用環規和塞規比較有效。三滾輪式量規可提供更多有用的數據，並標示出任何螺紋的異常。然而，石蕊試驗要由使用者來做。



很少有製造商或經銷商採用任何測試扭力的方式，但這是使用扣件的條件。所有汽車製造商以及美國工業扣件協會都已建立一套接受或拒絕的標準，來判定克服螺紋凹陷問題所需的扭力。

製造商以及做大量組裝的廠商採用各種自動化工具來加速組裝。最常見的是採用低扭力快速扳手，不同於高速且高扭力的衝擊式扳手。若螺紋凹陷或螺紋干涉的現象夠大，就會使小型的扳手停住。若超過了某個允收品質水準，整批貨會被退收。

多數技師會發現，不可能透過查閱美國工業扣件協會的指引或車用指引而光靠手就能克服螺紋的凹陷。主要的區別是感知力、可用性和過量的螺紋凹陷，或是以動力工具組裝對比手動組裝。

◆◆ 顧客的期望 ◆◆

供應商必須知道，雖然有些客訴的顧客很挑剔，但他們大多有著我們必須要去解決的疑慮。許多有附加價值的經銷商發現，顧客期望能用手把螺帽鎖入扣件，鎖進去的距離至少要等同螺帽的厚度再加上一兩條牙。

舉個例子。假如顧客在高處或在惡劣的環境中工作，他會期望零件能快速組裝起來，才能盡快完工，不需再拿著滿手的扣件回來。例如把螺帽鎖進一整條螺絲的長度，讓客戶期望這種事是不合理的。螺帽絕不該那麼靠近螺紋尾部。期望完全咬合住螺帽所有的牙，這種想法才是合理的。

但使用者會感到挫折的是，某些螺帽會咬合住扣件，但也有些螺帽不會如此，主因大多是電鍍。螺帽的第一條牙是不完整的牙，會比內側吸取到較多的電鍍量，原因就在於電鍍化學物質的「伸入力」，它取決於電流密度和零件的外型。

多數情況下，如果螺帽被倒置過來再鎖到扣件上，就會比較容易鎖上去。

螺紋凹陷和無法容易將螺帽鎖入螺絲的現象會持續困擾著經銷商，因為螺帽和螺絲是由不同製造商製造和電鍍的。然後，顧客會持續從使用不同塗佈厚度的批料中回補新產品，同樣的問題又會發生。

買賣雙方必須在這個層面溝通與協議，好好理解他們對產品的期望以及現實情境下的需求。



美國工業扣件協會在1968年發布了「IFI-105建議作法」。

第4.10項提到：「只要牙規透過施加不超過12乘以D的扭力（D = 螺栓或螺絲的公稱尺寸，以英吋為單位），那麼螺紋部位的凹陷和孔洞是一種可被允許的不連續現象。出現在其他位置的凹陷和孔洞都是可被允許的不連續現象。製造商在生產和搬運螺栓與螺絲時應履行應盡的注意義務，盡力減少凹陷和孔洞的數量和大小。」



國際汽車工程學會在1973年發布了SAE J1061和J123「建議作法」。這兩份該學會的文件中有一個關於螺紋凹陷的段落，內容基本上與IFI-105的相同。

事實上，業界一直無法遵循那套12 x D的扭力值標準。會被拒收的扭力值標準實在太低，以致於就連非常輕微且顯然根本不重要的螺紋凹陷，也會造成一支完全可以使用的螺絲也可能被拒收。

有測試證實，假如製造商的大尺寸帶帽螺絲走完了滾牙、熱處理和電鍍流程後產生的凹陷不超過12 x D，等到出貨到顧客手上時就不是那樣了，除非每一支扣件的每條螺紋都有做保護。



ASTM INTERNATIONAL

美國材料與試驗協會在1982年發布了「F788標準做法」。內文提到：「凹陷、孔洞、坑和刮傷都是可允許的，前提是不損害到產品功能性。」

這項敘述跨出了一大步偏向於產品允收的可能性，因為認定使用者有能力透過手或動力工具讓螺帽咬住夠多的牙，足以轉動並定住螺帽直到達到適當的預加荷載以及完成組裝。

1988年，美國工業扣件協會在第六版【扣件標準手冊】中把「IFI-105建議作法」撤掉了。取而代之的是國際汽車工程學會的J123和J1061，以及美國材料與試驗協會的F788作法。

