

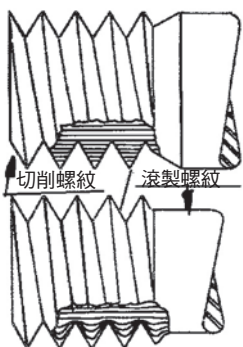
螺紋檢測 可能產生的錯誤

文 / Thomas Dopcke

上期發行的惠達雜誌中針對一些標準合格性試驗(中性鹽霧試驗與硬度)的有效性進行了檢驗。雖然這些試驗方法是每日都會用到的,但是所獲得結果並非都能符合原本的預期。今天我們要探討的是螺紋檢測。多年來,它一直是做為測試螺紋產品符合性的標準試驗法之一。但是使用這種檢測偶爾還是會發生不符合尺寸與功能性規格零件通過檢驗的情形。現在,就讓我們來檢查螺紋看看它會出什麼差錯,及其對零件量規的可接受性與功能性會產生什麼影響。

量規檢測能夠抓出變形的螺紋嗎?以正面的角度來看這個問題,大部分的製造商所生產的產品都是很棒的。螺紋很少會出現問題,但是偶爾還是會有些東西出錯。例如最近發生新進的扣件製造商出錯的問題,希望那只是因為螺紋製造商疏忽細節所造成的。當那樣的錯誤發生時,整個系統都可能因此而瓦解。

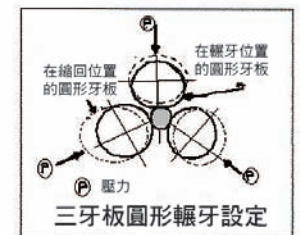
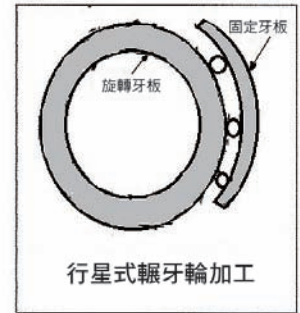
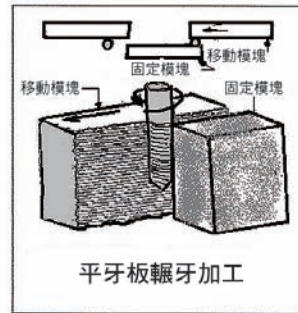
螺紋採用切削或是滾製加工,在螺絲桿上形成螺旋。切削製成的螺紋其強度較弱,因為鋼材的晶粒流被切斷,所以可能會對螺紋造成剪切性破壞。切削螺紋是在螺絲車床(花式車床)上完成,而且因為其操作流程通常比較慢,所以其用途通常受限於較低量的零件製造。直到19世紀中期,所有螺紋都是在車床上切削而成(只有少數的壓印螺紋實驗)。但是現今幾乎全部的扣件螺紋都是採用滾製加工製成,只有內部零件的螺紋必須採用切削製造(雖然已經有針對內部零件的滾製軋牙加工方式,但那是很稀有且獨特的)。



請注意,切削螺紋的外徑與螺絲桿的直徑是相等的,其加工時直接在螺絲桿直徑上切割出螺紋,所以不會產生金屬流動。而滾製螺紋是使用牙板在螺絲桿上壓印成型。現今使用的

兩種主要加工方式,就是在兩個模塊之間旋壓以及在環形旋轉模之間旋壓,也就是行星式軋牙輪加工(模仿行星繞著彼此轉動)。在加工時,螺紋就是照著牙輪上的螺紋壓印滾製而成,所以螺紋金屬就會產生上下流動的情況,因此其外徑就會大於開端的桿直徑。

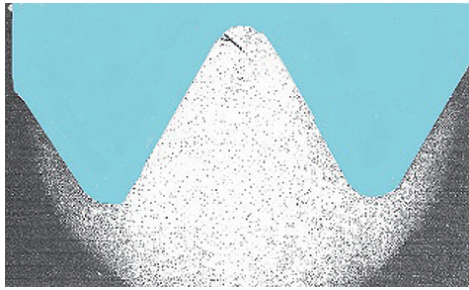
在牙板上使用行星式軋牙輪系統是基於幾個考量,而且主要是與成本有關。在絕大多數的情況下,行星式系統具有較高的生產率與較長的軋牙輪壽命。雖然行星式軋牙輪



的成本幾乎比牙板套組貴了七倍,但是使用壽命也約長了三至五倍。行星式系統的運轉速度比牙板還快。牙板螺紋滾製適用於低量與短時間的運轉。牙板系統的安裝與維護成本也較低。數年前所做的一個研究顯示,平模螺紋滾製 $\frac{1}{4}$ -20英吋螺絲的生產率大約是400-550 PPM,而行星式滾製則是1200-1500PPM。但是,因為牽涉到初期的設備成本、安裝時間以及操作員操作機器所需要的熟練度等因素,所以大部分製造商還是使用牙板系統。

雖然有極少數的螺紋錯誤/差錯可追溯至材料問題及其他狀況,但是大部分的差錯都是螺紋滾製設置不佳及不正確所造成的。快速的檢視螺紋是如何形成的,可以讓我們了解會出什麼樣的差錯。螺栓胚料(從外部零件開始討論,因為大部分的問題發生在製造與量測)送入軋牙機。然後在兩塊牙板之間旋壓,軋壓速度會在幾公分的距離內從零加速到約一百英里(誇張的說法!),然後從軋牙機的末端送出,螺紋被壓到正確的區域,正確地完成(希望是這樣)。如果您曾經用你的雙手旋壓一塊塑形黏土使其形成一捲,那樣的操作過程就類似於軋牙的過程。如果你的雙手沒有絕對的平行,就會形成一個錐形捲(常見的瑕疵)。因為螺栓胚料是在兩塊牙板(你的雙手)中間旋壓,它就會升到頂端並旋開。若是壓力太大,就會造成「波浪」形移動導致扣件「失圓」(另外一種瑕疵)。如果夾在兩個牙板中的胚料稍微偏離直角,螺線就可能偏移,這樣就幾乎不可能與內螺紋相配。當胚料的尖端穿過牙板,有時候會讓胚料瞬間旋轉到位,使成形的螺紋破裂(折疊)。雖然在某些位置出現的小折疊本身不是個特別的問題,但是

當發生疲勞裂紋、螺紋裂紋、淬火裂紋到各種各樣的問題時，都會將原因歸咎在它身上。

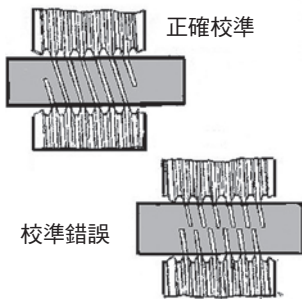


▲在螺紋頂部出現折疊的傳統螺紋

為了確保每次的軋牙操作都是正確的，需要做哪些調整呢？首先兩片牙板一定要確實保持平行，必須將它們校準才能正確壓印螺紋（兩面要嚙合到一個連續的螺旋形狀，就必須將正確的螺紋尺寸刻印在牙板上）。這聽起來應該是理所當然的，但是我卻曾經看過一個螺絲，兩面的螺紋看起來像是不連續的，就像一個螺紋側翻在另一個上面。雖然這樣的瑕疵品一定會從生產線上剔除，但是製造商卻等到生產了約3,000根，才有人發現到這個問題（我希望這些螺絲有被貼上報廢標籤）！

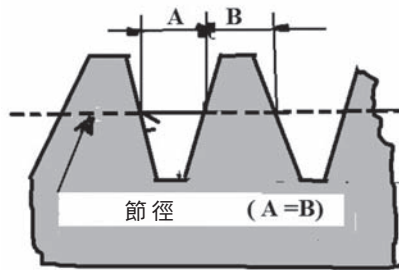
而且牙板之間的距離設定也必須正確，才能形成正確的節徑。良好的設置程序以及仔細關注固定裝置的鬆緊度，是絕對的要求。而且明顯的是，使用重建良好修復的19世紀的軋牙機是絕對必要的。牙板當然要正確且適當的完成，才能有平順的螺紋輪廓與長的使用壽命；熱處理不良的牙板在處理幾千個零件後就會嚴重磨損。

有多種材料狀況會影響到最終產品，但是可以快速的分成幾類。太硬或太軟的鋼材無法讓材料在軋牙加工期間正確的流動。如果硬度條件是一致的，只要稍微調整擠壓量與兩個牙板間



的間距就可解決此問題。材料太硬也會大大的增加牙板的磨損，在還沒發生尺寸不穩定前就減少零件的生產量。錯誤的尺寸高度是可測量的。因為軋牙是藉由在設定的直徑上，繞著胚料上下移動來形成螺紋的，所以起始直徑錯誤的材料，就會讓生產出來的螺紋與規格不符。通常這個狀況也是可以測量的。

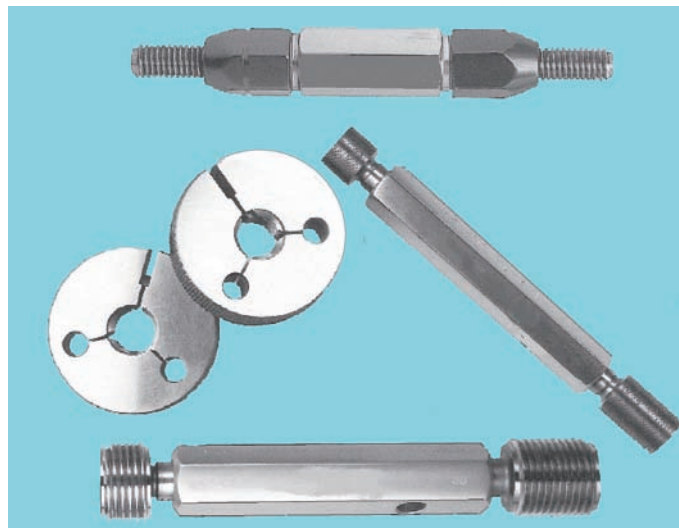
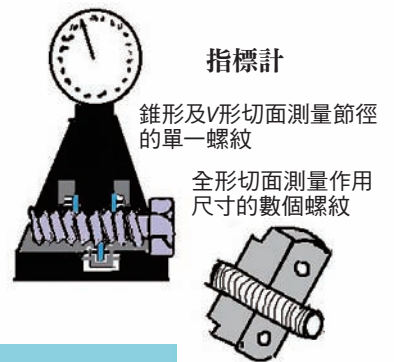
在繼續談論前，讓我們先看看普遍用於螺紋的量規。最常使用的是環規與塞規。這些量規是用來測量螺紋的節徑。節徑是一個假設的直徑，其中橫越螺紋的距離（厚度）與兩個螺紋之間的距離是一樣的。



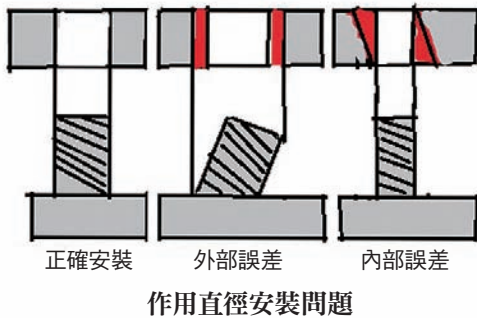
如下圖所示，外徑規（標示“GO”）的設計，是要讓最大的節徑螺紋尺寸可進入量規裡面。代表可接受螺絲的最大內螺絲孔。“NO-GO”量規則是讓節徑符合最小尺寸的螺紋無法通過。節徑低於最低標準的螺絲可以通過，所以要被拒收。環規及其配對物、用於內螺紋的塞規，依據螺紋尺寸其所能測量的螺紋有限距離通常約是4或以上。這些量規叫做有限元量規。幾乎所有的檢查以及品

質接收站都使用它們作為標準量規，所以它們也是造成誤差未被抓出來的元兇。它們是讓誤差通過的量規，而且遺憾的是，如前面所提到的，它們通常也是大部分地區用於檢查的唯一量規。

另一個全球採用的標準螺紋規系統，就是元素計(element)或指標計(indicator gage)。這些裝置是使用刻度盤來測量螺紋，能夠顯示出實際螺紋與設定尺寸的差異。它們在找出變異與誤差上的準確性比環規與塞規還高，但是操作速度卻慢了很多。通常它們有三組測量元素：測量單一螺紋（節徑）的三滾柱式螺紋量規、120°多滾柱式元素（作用直徑）以及180°全形元素，也是用來測量作用直徑。檢查站通常只能使用環規與塞規。當問題是環規檢查可查覺的或是要解決生產投訴問題時，如果有品管控制室這種部門時，就要由品管控制室使用指標計來解決。有數家公司生產指標計，所以下圖是一般的刻度盤裝置，僅供參考。



千分表在發現作用直徑問題上是特別有用的。作用直徑是實際測量整個螺栓長度的節距而不是單一螺紋的節距。因為不同情況造成的彎曲，螺栓實際穿過的孔洞可能會比簡單的螺栓直徑大很多(當然會加上間隙)。



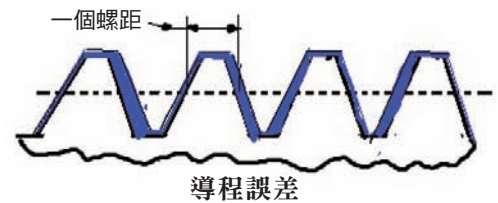
檢查中使用的外徑量規，包含一個簡單孔，其直徑與螺紋的外徑相等。通常外徑的測量都是使用卡尺。如果螺栓彎曲或是螺帽攻牙時傾斜過小/過大或是角度稍微偏差(上述的螺旋攻牙)，若只使用環規/塞規來檢查，這樣的零件可能就會被判定是合格的。如果使用全切面指標計來量測，通常可以發現這種誤差。作用直徑問題是牽涉到螺絲與螺絲孔的安裝問題。同樣的，內螺紋產品也會發生同樣的情況，但通常不是很嚴重的問題。

偶爾也會使用其他量規，但被採納的並不多。卡規可以快速檢查螺紋，但是會漏掉很多誤差，而且校正也很容易跑掉，也沒有比螺紋輪廓檢驗器(一種有螺牙的梳狀裝置)好多少。光學比測儀用於精密作業，但是因為設定與測量需要用到很多時間，所以很少用於接收檢驗。主要用來做為特定問題的調查工具。

由於已經徹底討論了螺紋，讓我們來看看發生什麼樣的誤差，以及它們是如何影響最終零件的可接受性。第一個就是牙板沒有校準，導致導程錯誤、不規則螺紋、如果未精準設定就會造成高低節徑、螺紋成型誤差、錐形以及橢圓形開端較小。

導程錯誤就是指一段螺紋距離的公差少量增加或是減少。雖然每個螺紋分開測量都符合規格，但是當公差累積增加(或減少)到一定的量，如果啮合長度太長，就會影響到外螺紋產品的安裝。使用標準環規無法發現這個誤差，但是使用切面指標計就可以發現。根據螺紋公差增加的量，長度導程誤差的影響可能很小(在短啮合應用)，也可能會使整個計畫因為長的鎖緊範圍而完全停擺。導程誤差會增加零件的有效範圍，而且可能讓零件無法插入量規，因此可讓小尺寸的節徑扣件通過NO-GO量規。

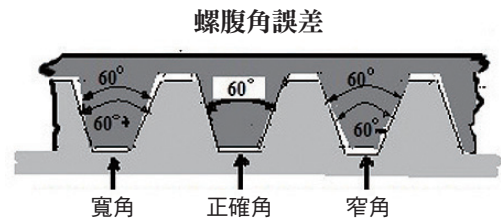
螺旋螺紋是因為胚料沒有比直進入牙輪所造成的，所以在軋牙時會超出牙輪，造成非常陡峭的螺旋角螺紋。這個問題在最終產品上很難用肉眼發現。角度誤差、變成錐形或失圓也會增加有效部位的範圍，就像上述的導程角誤差。



藍線是加上公差的螺紋，每個獨立的螺紋都符合規格，但是整體的零件卻會卡住。

不規則螺紋的最佳定義是，不規律的螺紋而不是直線的導程偏差。螺紋的螺旋路徑不平順，而是繞著圓周亂竄。如果是熟練的操作員，就可使用指標計發現此狀況，且也可以分辨不規則螺紋與失圓的狀況。

螺腹角誤差是因為牙輪誤差所造成的。從完美的60度螺紋形狀(也就是每側都是完美的30度，不是26及34度!!)



的輕微偏差，會在螺腹較小的區域造成壓力負荷。因為壓力集中在這裡，所以在施加扭力時會造成螺紋失效。有些規範，針對螺腹角差異所佔去的節徑公差量進行定義。如圖所示，寬的及窄的螺腹角會將壓力負荷從內螺紋轉到外螺紋。如果螺紋的一側失效，就會造成在配合零件上的螺腹角錯誤。

錐形及失圓的零件是因為扣件胚料的處理所造成的。一般都是假設牙輪可以將失圓的胚料打直。但是，因為軋壓零件造成的彎曲胚料會變得更加彎曲。錐形與失圓的狀況時常會因為跟正常形狀的偏差量不明顯，而無法被環規測出。但是使用指標計就可以找出許多這類型的錯誤，但是必須由熟練的操作員來使用。因為這些零件通過牙輪時，原材料就會因此位移至螺紋槽直至全部填滿。但是，當使用彎曲或是變形的胚料軋牙時只會導致材料位移，當牙輪塞滿了被位移的金屬就無法再進行任何軸向移動。這樣形成的螺紋會失效，而且一定會承受很大的應力(在組裝時可能會造成扭矩失效或扭轉失效/剪切破壞)。

內螺紋是以非常一致的內直徑公差在胚料攻牙而成。如果內直徑太小，位移的材料沒有空間可移動，就會損壞零件(以及攻牙機)。而內直徑如果太大，螺紋就無法有正確的百分比，進而造成組裝無法緊密、扭力不足、失效等問題。在外螺紋零件上所發現的一些問題，也會在內部零件中找到。

雖然環規與塞規還有更多的缺點，但是它們還是大部分檢查站用來檢查產品的唯一工具。我想其中一個原因是人們認為產品原本就是必須由製造商檢查及確認。如果你無法找到瑕疵，那就把頭埋到沙裡不要找了。千分表似乎是最佳的規測工具，但是要說明其規測結果與操作安裝是需要某種熟練度的。雖然它很準確但卻是耗時的，所以在許多高生產量的作業中是不被接受的。

下表所列是某些能夠被找到的瑕疵問題。這些並非全部，但卻足夠讓你在使用方便的環規時去思考。

瑕疵 vs 規測

瑕疵/問題	可用環規/塞規發現	可用其他工具找到	原因/顧慮/問題
導程誤差	否	指標計-切面	卡住, 緊密配合特別是長嚙合
“不規則螺紋”	否	不是使用多滾柱式。 光學可找出不規則螺紋	安裝不良 (參考下面)
螺旋螺紋	否	通常不是使用千分表。 光學可以	安裝不良, 有時候完全無法安裝
螺腹角	否	千分表	安裝不良, 螺紋失效
錐形	否	千分表	卡住, 安裝不良
失圓	否	切面千分表	卡住, 安裝不良, 扭矩喪失
外徑	否	卡尺, O.D. 規	安裝太緊/太鬆
節徑	是	千分表	安裝不良
內徑	否	光學	卡住, 安裝太緊/太鬆
變形的螺紋	否/是	光學指標計?	多種安裝/功能問題
組裝時螺栓鬆動	是	功能安裝問題	外牙徑太低/內牙徑太大 錐形螺紋
緊/緊固螺栓	是	檢查外徑 檢查功能安裝	牙徑或外徑過大。導程誤差。 錐形螺紋、螺紋形狀錯誤。
螺紋無法開始	是		螺紋損壞, 裂痕
螺紋磨損	否		導程誤差、折疊、毛邊、 螺紋外觀不佳(牙輪磨損)

* 因為要克服尺寸太緊所產生的摩擦, 這種安裝不良會使得扭矩喪失而造成夾緊力太低。另外一方面, 尺寸太小的零件會造成螺紋變形而失去接合力。任何異於“完美”的螺紋外形, 都會造成安裝不如預期。

匯達全球採購網 Banner網頁廣告

www.fastener-world.com.tw

Banner廣告專區 讓您中外客戶不漏失

一個有效Banner能夠在網路宣傳時發揮強大效果, 現在, 您的福利來了, 匯達螺絲採購網開放Banner廣告空間, 要您以既經濟又有效率的方式, 如齒輪般將您的事業觸角延伸世界各地, 準確提高曝光率, 吸引目標客戶群。

惠達雜誌 • 匯達展覽 • 匯達實業
電話: +886-6-295 4000 E-mail: sales@fastener-world.com.tw