

可在軟鋼形成螺紋的軋紋螺絲

文 / Laurence Claus

很多年前有個潛在客戶來找我提供有預置黏著劑簡易盤頭機械螺絲的大宗報價。接著我們很快進入關於他們遇到的一些緊固挑戰的對話，我從對話中知道很多有價值的資訊。我得知因為攻牙的問題他們在使用了這些機械螺絲的各種軟鋼零件中產生很高的碎屑發生率。我也得知他們遇到了機械螺絲掉出的問題，這導致他們之後在機械螺絲螺紋上需增加昂貴的黏著劑。

我詢問是否他們曾經考慮使用軋紋螺絲，然後很驚訝地他們甚至不知道甚麼是軋紋螺絲或者為什麼這可能是他們狀況下可以令人信服的選擇。因此我藉這機會教育他們有軋紋螺絲並解釋這種螺絲可能對他們的情況有所幫助。

軋紋螺絲已經存在我們周遭多年。它們是某種樣式的自攻螺絲或是可以自行產生內螺紋的螺絲。自攻螺絲的功能就像是螺絲攻並根據它們的結構切割出或形成螺紋。軋紋螺絲就屬於這種成形類別。這項創新發明每年為製造商和組裝廠商省下數百萬美元，因為它們免除了以前常常困擾大家和昂貴的攻牙步驟。此外，很多軋紋螺絲設計提供小量但可注意到的預置扭力(或是維持在接合處提供一些防止自我鬆脫抗力的扭力)。

自攻螺絲使用在很多不同的應用領域，包括木頭、混凝土、塑膠、鉛、鎂、軟鋼甚至是人體骨骼。每種材料都展現出不同的性能特性，因此這裡只探討了所有市場上自攻螺絲的一個子分類。換句話說，並沒有一種單一通用的自攻螺絲設計可以通用於所有材料上。對於軟鋼來說(HRB 70-100的類別)，可使用的自攻螺絲落在軋紋螺絲類別。接下來本文將探討這種螺絲在軟鋼應用中的設計工程原理和優勢。

什麼是螺紋成形?

自攻螺絲有兩種，一種可切割內螺紋，另一種可形成內螺紋。雖然有些應用存在螺紋切割螺絲表現比其他選擇好的現象且也是首選的設計，在當今仍是較少見，且螺紋成形螺絲還是佔了較大的市場佔比。有別於將材料移除的切割螺絲，螺紋成形螺絲的螺紋會繞著材料走。軋紋螺絲只會像螺紋成形螺絲一樣作用變化。

圖1顯示典型螺紋成形螺絲安裝與該螺絲進一步使用時所產生扭力的對應關係。該圖顯示螺絲進一步應用時相較於時間或旋轉角度(X軸)所量測出的扭力(Y軸)增加量。若我們把這張圖與其中一支機械螺絲做比較，我們可以看到除了在圖面上一開始的部分外，其他看起來都很類似。在圖1中我們看到在一開始的狀態下扭力出現短期瞬間拉高的趨勢(實際上，螺絲只轉動一圈)。這個最初的扭力驟增代表用以形成導引螺紋的所需扭力。因為軋紋螺絲屬於成形螺絲類別，螺絲的螺紋形成部分必須在圓柱狀導孔中推動、位移和重新配置材料來形成完整的內螺紋。機械螺絲不會出現這種起始扭力驟增，因為內部螺紋已經藉由攻牙成形。

回到圖1，在起始扭力驟增後，扭力的上升趨勢變得較為平緩。圖的這個部分表示每一條螺絲的接續螺紋進入剛剛才形成螺紋所產生的

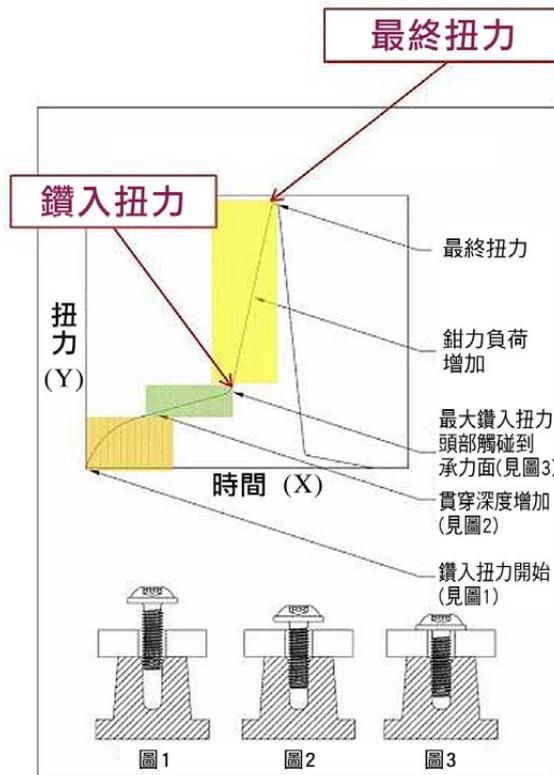


圖1: 扭力變化- 螺紋成形螺絲

摩擦力。因此圖的這個部分代表螺紋摩擦扭力。這個上升趨勢會持續到頭部接觸到受鉗住的材料且所有接合零件都緊貼住時。圖上這一個點代表鑽入扭力。

在這一個點接合處是緊密貼合，且唯一額外的移動是來自於接合處擠壓或螺絲伸長。這可以解釋為什麼扭力在接合零件之一過度負載和接合失效時會以非常陡峭的斜度增加。這個點被稱作最終扭力，雖然很多人稱之為剝離扭力，因為這是多數自攻螺絲最可能的失效模式。我之所以認為最終扭力是最佳的表示術語(至少軋紋螺絲是這樣)的理由是其他像是扭力螺絲斷裂和受鉗住材料的過度負載的失效問題可能會發生。

一般來說，鑽入扭力和最終扭力之間的關係是設計螺紋成形應用時常被探討的部分。這是因為這種關係很容易可以用正確的

實驗工具做量化，但可能更常被探討，因為這種關係決定了接合的品質，且在一些案例中決定了是否接合設計參數可以讓組裝成功。在驗證接合是否妥當時，這通常是最常被測試的參數，雖然可能還有其他測試會進行，像是優化導孔線徑、安裝速度、拉出抗力、預置扭力或了解接合鬆脫變化。

螺紋成形需要考量的事：

鑽入和最終扭力：

因為上述部分只介紹了軋紋螺絲接合使用者和設計師最關心的考量是鑽入和最終扭力的變化和影響。前面的部分很清楚地說明這兩種數值差異越大越好是很重要的。這很重要，因為這些數值差異越大，使用者必須確保螺絲保持定位且絕不會剝離的安全空間更大。如果兩值太接近，安裝設備可能會不夠精準來確保安裝者不會發生這兩種其中一種不希望發生的狀況。

雖然兩種數值的差異很重要，鑽入扭力的強度也很關鍵。末端用戶希望這項數值越低越好因為這會決定螺絲好不好安裝。它也會影響緊固扭力大小。如果緊固扭力太高，就必須在安裝設備上安裝保護設備來確保安裝者不會受高扭力的反作用力影響。

緊固扭力：

我們必須了解接合處所發生的狀況來決定最適當的緊固扭力。緊固扭力可以依據統計出最低的最終扭力和統計出最高的鑽入扭力來決定。一旦這扇「疑問之窗」被清楚了解，製造工程師就可以檢查安裝設備的精確度和做出多少緊固扭力才算合適的決定。應該了解的是有別於高度倚賴伸長螺絲以產生和維持鉗力負載的標準螺絲接合，大多軋紋螺絲是有其限制的，因為過多接合張力會導致內螺紋受到剪切(剝離)。

拔出力：

一些應用可能會產生會試著去把零件彼此拉開的負荷或功能。在這些例子中，接合設計師必須考量拔出負荷。如同我們將會在接下來段落看到的，軋紋螺絲有很多不同的設計和配置。透過它們特殊的形狀設計，有些可能會比其他設計更容易受到較低拔出負荷的影響。若這是一種考量那麼就會需要進行拔出測試來決定螺絲可以承受的平均拔出負荷。

自行鬆脫：

有一些軋紋螺絲的設計不是圓形而是多瓣式設計。這些螺絲在瓣狀尖端創造出局部集中應力。在這些集中應力區的材料透過鬆脫或持續地回流至瓣部的方式做出反

應。這種效應是因為螺絲接收到一些全圓形式或機械螺絲上看不到的自然防鬆或預置扭力。因此通常毋須添加任何樣式的防鬆性能至軋紋螺絲上。

螺紋強度：

如同使用任何自攻螺絲一樣，軋紋螺絲必須比它們要進行成形的材料還要強韌。因為大多數軋紋螺絲都被用於軟鋼，所以它們必須透過熱處理強化來從它們要成形的軟鋼材料上達到足夠的強度差異。基於這樣的目標，多數的軋紋螺絲都要經過滲碳(硬化)。硬化處理可以形成很強和堅硬的外殼。不幸的是，因為它們很硬所以在特定的應力或環境條件下本質上也會較脆性容易斷裂。基於此理由，一些軋紋螺絲必須維持冶金韌性的應用，像是座椅安全帶錨栓必須採中性硬化(非滲碳硬化)，且螺絲軋紋的部分被感應硬化至明顯較高的強度。在這樣的情形下，螺絲的軋紋部分達到所需的硬度和強度，同時做為應用中功能性零件的螺絲本體維持住韌性和對脆化失效的抵抗能力。

人體工學：

最近幾年關於軋紋螺絲使用最重要的考量之一就是人體工學。人體工學是一種藉由改善人類與製程間效率和安全性整合的研究領域。重視人體工學的企業已經知道螺絲鑽入難度越高，一整天重複相同動作的工人就會更累。因此，很多廠商非常和極度重視把鑽入扭力降更低。換句話說，鑽入扭力更低，操作者就可以完成更長時間和更舒適的緊固作業。

另一項同樣受矚目的人體工學設計是當達到所要的緊固扭力時安裝設備會做出反應。這種反應是當達到緊固扭力值時安裝工具會產生震動或扭轉。各位絕大部分在使用電動鑽頭時應該都有經歷過這種令人不快的動作。假設你在鋼板上鑽孔一樣。就像鑽頭要鑽穿鐵板背面時會卡住，讓鑽頭停頓，然後扭轉你手中的鑽具。若你沒有做好心理準備，這個力道很有可能強到可以扭傷手腕或把鑽具手把從你抓住的地方扭掉。若是遇到扣件較大的情況，安裝者可能必須在每次安裝扣件時對抗這種反作用力。若每天都要面臨這種情況，這就變得不安全和費力。為了避免這種問題，安裝設備通常會裝有反作用棒來抵抗反作用力，讓安裝更具人體工學和方便操作。

軋紋螺絲設計：

現今第一支以及或許是最有名之一的軋紋螺絲是Taptite®以及其分支變形。Taptite®和很多其他分支變形款式都有部分或全面性的三瓣設計。這種創新的螺紋形式已經獲得全世界的認可，也或許是全球在軟鋼中最常被使用的軋紋螺絲。有別於全圓式的橫斷面，其斷面為為三角形且在每個端點都有不同的瓣部。這種設計提供像是可以幫助預防自我鬆脫之較小鑽入扭力和自然預置扭力的優勢。時至今日已經出現很多以這種設計為延伸的變形款式，從整支長度形狀都是三瓣，到只在尾端保留這種形狀的款式都有。

當然有很多軋紋螺絲的設計和品牌。這些很多也不是全圓式，而是五或七瓣的橫斷面。

除了軋紋螺絲的品牌或樣式，重要的是是否它的設計貼合特定應用需要。就像許多應用工程作業，重要的是去評估應用的特定要求並挑出最適合該項任務的扣件。例如，若拔出力是相對於人體工學第一位的考量，某人可能會選出不同的軋紋螺絲種類或形式。

結論：

軋紋螺絲在很多軟鋼應用中是創新和優秀的選擇。單單可以省下預先攻出導孔的步驟就足以成為考慮使用這種樣式螺絲的理由。不過，光靠一種尺寸是鐵定行不通的，且末端用戶和設計師勢必要知道一些自攻扣件的工程設計以確保在作業時能夠選擇出正確的螺絲並將其使用潛能發揮到極致。■

