



鑽尾螺絲的經濟性

文 / Thomas Doppke

一個產品的起源與合理化，經過一段時間之後，常常被遺失或弄不清楚。鑽尾螺絲就是其中一項。為何被發明，為何使用它，以及什麼經濟法則引導了它的使用與普及？這些是很少人能回答的問題。我在扣件業幾乎60年了，我想我可以回答其中一些。

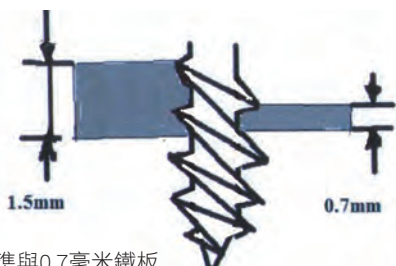
自攻螺絲用以固定小物件於鈹金或其他組件上。工程師不會冒然地將它安裝於任何可利用空間，他們必須小心地畫出要用於何處。然後找出一導引孔。在金屬板上，該孔可以在沖壓過程中用打孔方式做(最低成本的方法)，或是沖壓後再打孔，或者鑽孔(較高成本的方法)。最貴的方法是在組裝線上直接鑽孔。這會花費許多時間，而且作業員常常無法觸及該地方，因為會與其他裝配組件互相干涉。如果這個孔是位於不易接觸到的地方，用“模內”打孔的成本可能非常高，甚至根本不可能。例

如，在模子裡，所有的成型，包括孔洞與切料，都在同方向成型，即沖床沖壓的時候。另一方向的孔，就需在另一個「離線」作業中來沖壓打孔。

有個問題是，對於不是始終都需要的工程選配項目，要如何處理？今天不像以前的年代，東西都是手工做，都是該類獨特的，現在金屬鈹金上的孔洞都是打孔做出來供所有選配用的。如果該選配用品不需要，例如裝飾燈的控制箱或巡航模組，可能被訂購或不被選訂，那些孔洞就留著空在那裡。安全法則規定車體上不能有開口(汽油、液體等的侵入是絕對不行的)。當選購品未被訂購時，螺絲的孔洞是必須處理的。有些裝配線會裝上一支螺絲把洞塞住。有時候會用許多其它不同的解決方法，所有這些都會增加組裝過程的勞力與成本。最明顯的解決方法是發明一種螺絲，可以自己鑽自己的孔，然後在金屬

上刻上螺紋。而後這螺絲(與它的孔)若需要就有，且做出這孔的費用(通常是一項高的成本)也就省下來了。

如果這鈹金夠薄，一支尖的螺絲用夠力量，就可以穿透這鈹金。這般安裝的螺絲很少可以鎖固得牢。這問題的一部份是，該薄鈹金並不適合安裝自攻螺絲。鈹金較厚時(1970年代前)，其厚度容許該螺絲成型出一個螺紋的大部分，或者更多。然而，要將螺絲尖端驅進穿透鈹金也是幾乎不可能的。常常是穿不透，且摩擦後變得非常熱，導致該螺絲變黑而軟化。一支螺絲至少也須能鎖住一個螺紋節徑的厚度。如圖表所示，一支標準的8-18(4.2x1.41毫米)的自攻螺絲需要1.41毫米的金屬厚度。今天許多鈹金的厚度則是在0.71毫米(0.028英寸)的範圍內。



標準與0.7毫米鈹板
1節徑相對於1/2節徑的啮合



標準的凸出是標準自攻螺絲切削出來的，留下不到1/2節徑的啮合

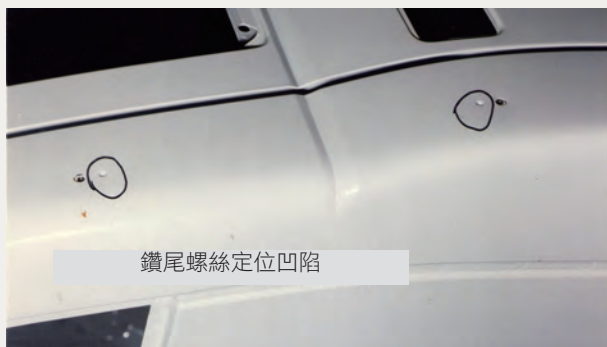


自攻螺絲切入薄鈹金的其它解決方法，包括利用所謂的“小鏟”沖具。小鏟沖具很類似一支鐵釘。將它旋入薄鈹金中，它會形成一個圓錐形的凸出。人們以為一個圓錐形的凸出會增加螺絲可進入的總厚度，而此增加的總鈹金厚度將可解決一個節徑的問題。然而這個凸出常常會被撕裂到基底，使得成型的孔比根本沒有孔還糟。這是一個比較低成本的方法，做一個凸出而使用成本不高的沖具。一個適當利用沖具做出的凸出會具有較好的圓錐型，可增加鈹金的厚度以獲得較大量的螺紋成型。可惜的是，

在薄鈹金上的凸出，常常是壁體太薄，自攻螺絲會把它切斷，留下一個比之前更薄的斷面。如此看來鑽尾螺絲是最好的鎖固組件到薄鈹金的方法，即使鑽尾螺絲的成本是標準自攻螺絲的兩倍。

鑽尾螺絲是鑽尖接在自攻螺絲的尾端的一種組合。這種螺絲會鑽出自己的孔，而後在同一作業裡在金屬上切出螺紋，它可用在操作員希望的任何地

方。為了準確定位，這螺絲有時候要在鈹金上做個凹陷，這定位處也可做為起始點，防止滑脫與震移，造成螺絲的移位。

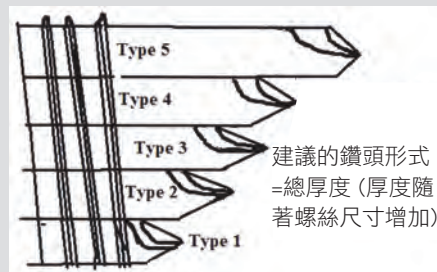


鑽尾螺絲定位凹陷

每個解決方法似乎都會產生另外的問題。鑽尾螺絲穿透鈹金的速度是每轉0.10毫米(0.004英吋)。當自攻螺絲的螺紋開始安裝時，其螺紋是以每轉1.41毫米(0.056英吋)的速度來穿透，(以一支4.2x1.41的8.18螺絲來說)。若鈹金夠厚，鑽頭部分在攻牙開始時，沒有排清切屑，該螺絲便可能卡死。



這衍生的問題已可用加長鑽頭部分來解決(見圖示)。選擇具備適合鈹金厚度鑽頭長度之螺絲，對設計師而言是必要的。這問題會導致零件增加，因為每支螺絲都要特意設計來配合不同鈹金厚度。增加的長度當然會增加成本，需要更多背面空間，而且可能干涉到其它組件，可能切到電線，可能對人體四肢有危險。



依鑽頭形式建議的厚度

形式	厚度範圍
1	< 0.89毫米 [0.035英吋]
2	0.89 - 2.54毫米 [0.035-0.10英吋]
3	2.54 - 3.56 毫米 [0.10-0.14英吋]
4	3.56 - 6.35毫米 [0.14-0.25英吋]
5	到12.7毫米 [0.50英吋]

沖壓業者與成本分析人員剛開始是反對鑽尾螺絲的，理由各不同。沖壓業者要他們的小鑄，這是業界最低成本製造孔洞的方法。這個孔洞類似用鐵釘打過鈹金而產生的，被認為是可接受的，因其凸出的高度使螺絲欲鎖入的厚度變加倍了。不幸的是，事實並非如此。該凸出會被切掉，如前所述，會被螺絲的螺紋切掉這個圓錐形，因為如此延伸而產生的凸出的壁體是比其平坦斷面的還要薄。而且靠如此產出的圓錐形常常會裂到底部，攻牙螺絲無法攻牙，會將該圓錐形撐開如開花狀。從尺寸上來說，該圓錐形確實有較少的攻牙螺紋接觸，因該圓錐形是被撐開成鐘形。量測被撐開的圓錐形入口處，其壁體是削薄的，且事實上利用鑄出而不是一致成型的沖出的圓錐形，顯現出只有原來厚度的1/3是可以用的。

另一個解決方法，創意一個接一個，是製造出一支鑽尾螺絲，在標準攻牙螺絲的螺紋部份，用細螺紋取代之。整系列的螺絲是0.7毫米的節徑，就製造出來，發表出去了。這些螺絲可以有一個完整的節徑吻合，可是驅動的力量增大了，且在高速安裝中螺紋剝離的情況更常發生。

使用這些螺絲在暴露的地方，會要求某種外加的抗腐蝕飾層。這經常是有厚度的被覆，也就是鑽頭的溝，覆蓋著這厚厚的鍍層，無法有效地鑽動。要開始鑽動，需要更大的端部力量。有一家公司在電鍍時，在尖端部被覆了塑膠類與臘，來蓋住被覆層，結果臘被甩脫，在夏天的熱氣下熔掉了，造成可怕的亂相，且很快就生鏽了。有一家公司則在鑽頭溝槽邊緣設計了一個“屑料”，在安裝時會斷掉，呈現一個明顯銳利的切邊。可是這個“屑料”在螺絲的製程中，還未完工就掉落了。對於每天一堆的問題，解決方案則繼續提出，而成本也繼續上升！

對於鑽尾螺絲的基本概念的持續改正，增加了成本，已經到了這些費用不再能忍受的地步。因為鑽頭的成本，比沒有鑽頭的，每支多大約0.002美金或更多(每輛汽車平均使用約200-250支攻牙螺絲)。結果是每輛車增加4.00至4.50美金。既然鑽尾螺絲的優點使它們變成「必須有」的項目，那麼就要在其它地方探索可能節省成本之道。



一個慎重的考慮點是溝槽設計。既然該螺絲是二次加工時銑出鑽頭的尖端(溝槽)，那麼製造溝槽的方法就可能大大地節省成本。

很明顯地，在鍛頭製程中做出尖端是合理的解決方法。具有鍛造出來的鑽頭溝槽之鑽尾螺絲，也稱為「夾出的尖端」，被當作標準鑽尾螺絲在銷售。這造成一些抱怨，說新鍛造的尖端鑽動不夠快速，且需要更大的端部動力來執行該鑽動。有研究針對這些想法做了檢驗。雖然該研究尚在整理之中，我們已經發現鑽頭溝槽的製造還有其它不同方法。在夾出與銑出的版本中都可見鍛出的尖端。銑出的版本首先用鍛出(在鍛頭中做出)，然後在二次加工銑出。他們解釋說這可降低銑出作業，可多少省些成本。一項所謂「改善後」的銑出尖端也宣稱如此，且包括在此評估研究中。

這研究使用8-18(4.2x1.41)螺絲，鑽入1.62毫米厚的冷軋鋼板(硬度HRB68-70)，利用先進的實驗室設備，在某一測試實驗室進行。測試規模選用25支。經與使用者和製造商檢討後，表列出一些被認為可能是關鍵性的條件。

這些是：零件事先清洗的效果、電鍍的效果、尾端施力的效果。雖然業界並沒有鑽動時間的規定，許多公司則要求最多為2秒。以下是一系列的總合表格。對一位不擅長數學的人，這些數據是事後大略的摘要。



銑出尖端數據表

尖端形式	電鍍	前處理	施力(磅)	鑽動時間(平均)	標準差*	平均孔徑(毫米)
銑的	未電鍍	依現狀	40	1.743	0.101	3.28
			45	1.764	0.190	3.25
			50	1.696	0.356	3.22
	未電鍍	化學清洗	40	2.079	0.529	3.29
			45	1.889	0.216	3.28
			50	1.825	0.440	3.24
	未電鍍	砂輪磨過	40	2.122	0.270	3.26
			45	1.824	0.281	3.27
			50	1.646	0.242	3.21
	電鍍#	化學清洗	40	2.093	0.439	3.30
			45	1.770	0.327	3.31
			50	1.629	0.369	3.26
	電鍍	砂輪磨過	40	2.418	0.354	3.27
			45	2.243	0.384	3.25
			50	1.950	0.609	3.25

註：*標準差是平均值，用來判定是否數值有任何巨大的差異，偏離了平均值。

#電鍍採用工業標準，外表是多層金屬被覆，加上有機頂層，設計成五年抗腐。

鍛出/夾出尖端數據表

尖端形式	電鍍	前處理	施力(磅)	鑽動時間(平均)	標準差	平均孔徑(毫米)
鍛出/夾出	未電鍍	依現狀	40	1.936	0.761	3.05
			45	1.420	0.581	3.04
			50	1.290	0.761	3.05
	未電鍍	化學清洗	40	1.886	0.920	3.05
			45	1.346	0.403	3.04
			50	1.251	0.466	3.04
	未電鍍	砂輪磨過	40	2.004	0.744	3.05
			45	1.405	0.537	3.05
			50	1.260	0.537	3.04
	電鍍	化學清洗	40	2.802	0.909	3.06
			45	1.902	0.946	3.06
			50	1.424	0.598	3.05
	電鍍	砂輪磨過	40	2.686	1.215	3.05
			45	1.816	0.593	3.06
			50	1.425	0.461	3.05

鍛出/銑出尖端數據表

尖端形式	電鍍	前處理	施力(磅)	鑽動時間(平均)	標準差	平均孔徑(毫米)
鍛出/銑出	未電鍍	依現狀	40	1.710	0.406	3.22
			45	1.532	0.232	3.20
			50	1.508	0.495	3.17
	未電鍍	化學清洗	40	1.716	0.212	3.24
			45	1.888	0.425	3.20
			50	1.750	0.528	3.18
	未電鍍	砂輪磨過	40	1.702	0.299	3.20
			45	1.417	0.287	3.21
			50	1.574	0.392	3.17
	電鍍	化學清洗	40	1.726	0.249	3.22
			45	1.458	1.190	3.23
			50	1.167	0.151	3.18
	電鍍	砂輪磨過	40	1.893	0.499	3.20
			45	1.547	0.230	3.22
			50	1.296	0.193	3.18

改善後的銑出尖端*

尖端形式	電鍍	前處理	施力(磅)	鑽動時間(平均)	標準差	平均孔徑(毫米)
改善後的	未電鍍	依現狀	40	2.207	0.590	3.22
			45	1.671	0.358	3.21
			50	1.707	0.613	3.23
	未電鍍	化學清洗	40	2.107	0.489	3.23
			45	1.779	0.388	3.21
			50	1.947	0.908	3.24
	未電鍍	砂輪磨過	40	1.958	0.365	3.23
			45	1.691	0.508	3.22
			50	1.758	0.767	3.24
	電鍍	化學清洗	40	2.166	0.573	3.24
			45	1.695	0.614	3.23
			50	1.565	0.453	3.24
	電鍍	砂輪磨過	40	2.049	0.514	3.24
			45	1.836	0.387	3.23
			50	1.656	0.325	3.25

註：改善後的尖端已經以BSSD形式在市場銷售

這意味著什麼呢？雖然有注意到一些趨勢，但未發現有重大變異。這些只是一般性質觀察：1.端部施力越大，鑽動時間愈快2.電鍍產品會增加螺紋外徑，會稍微增加鑽動時間3.砂輪清潔過的可使鑽頭溝槽表面粗糙得足以稍稍降低時間4.鑽頭晃動(常見的鑽頭因素)會造成稍大的孔，因此較窄的凸出尖端會造成較小的孔。鑽動時間也會稍微快一點(由於較小的孔徑?)5.改善後的鑽頭形式並不比其他的好多少，除了價格提高之外。總而言之，夾出的尖端較差之說法，並沒有太多真實性。此外，任何其他想像的錯誤都未被證實。利用砂輪來清潔的方法是唯一有影響的因素，但相對地小。

使用鑽尾螺絲，相較於標準攻牙螺絲，有什麼經濟性呢？鑽尾螺絲不需要導引孔，可省下定位該孔的成本、勞力與時

間，且不須再填塞不需要的孔。鑽尾螺絲成本較高，但當考慮到安裝攻牙螺絲於導孔的其他作業成本，兩者的差別幾乎相等。攻牙螺絲較容易開始，且容易取得，它可裝在所需要之處，而鑽尾螺絲則可能會偏移，除非有利用某種的模型(如：欲安裝的組件或預先成型的鍍金上的凹陷)。鑽尾螺絲比標準攻牙螺絲需要較大的背面空隙，且鑽頭部分必須沒有積存金屬屑(如上述)。它的鑽頭尖端比一般的螺絲，對深入其區域的手是比較危險的。最後，一支標準攻牙螺絲時常只須用工具的重量就可將它安裝入孔內，而鑽尾螺絲至少需要40磅(18.8公斤)的推力。由於今天對人體工學的要求，以及作業員的疲勞與螺絲偏移的可能性，這變成一項須考慮的重點。 ■