

# 滾牙機械概論

文/Laurence Claus

我

在大學的第三第四年之間開啟了我的扣件產業職涯。雖然這也已經是34年前的事了，但我第一次走進扣件製造工廠的經驗仍如同昨日一般歷歷在目。當然我們從參觀打頭部門開始，看到了令人興奮的打頭機切斷線材並掉出零件的過程，但軋牙才是讓我留下最後深刻印象的部分。我猜應該是因為過程跟我所想的有很大不同的緣故吧！在當時我唯一知道能在零件上產生螺紋的方式就是使用模具組來切出每一條螺紋。之後我才知道這樣的方式不適用很多日常生產的螺紋樣式和數量，但因為沒有足夠的扣件經驗，當時我也不知道有哪些更好的方式。基於此理由，我深深地為可以在所有樣式、尺寸和形狀的零件高速軋出螺紋的過程深深著迷。

這些日子以來，當我在講授「扣件基礎課程」並講到製造的部份時，我喜歡以這樣簡單的字句形容滾牙過程，那就是「一切都跟你可以轉動零件多少次」有關。換句話說，軋紋是一種讓材料產生位移而不是把材料移除或切割開的過程。如同前面的冷鍛頭過程，多數材料都是在室溫下完成，且必須以遞增式的步驟來進行。用以產出扣件的材料也必須慢慢地被移動，因為過大的塑性拉力可能導致過度負荷，而讓成型中的螺紋斷裂。因此，單次只能移動很少量的原料。為了達到這個目標，螺絲每轉一圈，就會產生一些螺紋，因此在轉幾圈後，螺紋就完成了。

在外螺紋零件部分，滾軋螺紋在很多理由層面比螺紋切割是佔優勢。

- ◆ 滾軋螺紋比切割螺紋還要快。本文將探討許多不同的螺紋成型方法，但它們很明顯都會比用切割的快。

- ◆ 一般來說不會有廢料產生。如同冷鍛頭，螺紋滾軋過程是讓材料位移。因此不會有廢料。不過有一些有名的例外，像是在滾軋過程中把尖端向下擠壓時所產生的螺絲錐角或刺入點。這些都會產生從尖端被「切斷」分離出的碎料。
- ◆ 不會有碎屑。相同的情況，由於沒有會產生尖端的設計，因此不會產生廢料，所以也不會有廢料會被分離出來或需要被處理。

- ◆ 螺紋更強韌。滾軋出的螺紋比切割出的螺紋還要強韌，因為金屬的位移形成了「彎曲」的晶粒排列而不是像切割出的螺紋那種不受干擾的「直線式」排列（見圖1）。這種晶粒排列讓螺紋更強韌。

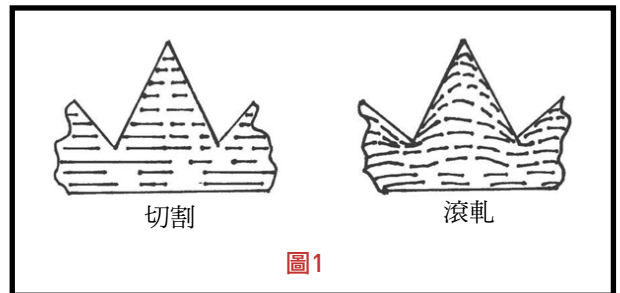


圖1

在正確的設備和方法被使用下，滾軋外螺紋對大部分扣件來說是可行的。對於直徑1mm或更小的扣件甚或是到約25mm(1公吋)的扣件來說，都佔有優勢地位。不過，一旦零件尺寸開始超過25mm(1公吋)以上，機械的尺寸和形成螺紋所需的力道就會開始呈指數增加，效果也會越來越差，這時候切割螺紋就會變得比較實際。不過，因為全球大部分產出的扣件都比這個轉換點還要小，所以可以保險地說多數外螺紋扣件都具有滾軋螺紋。

**有三種不同的螺紋滾軋法：牙板軋紋、滾牙輪和行星式滾牙輪。** 每種方法都有自己的優缺點，因此製造商若有設備就可以客製化他們的製程，並在每一個生產部分使用最好的方法。當然，雖然製造商有這三種方法可以使用，但製造商普遍都僅使用單一或兩種方法。

## 牙板軋紋

在三種方法中，牙板軋紋是最普遍的。這個方法對於很小以及大到直徑約20mm(3/4公吋)的零件非常好用。相較於其他方式，其設定和保養相對容易。模具相對便宜，且如果設定得宜，模具可以撐很長一段時間。此外，模具通常買來會有兩面。這稱作「兩面模」，而且一面磨損完畢後還可以翻面繼續使用，是一般軋模壽命的兩倍。

牙板軋紋機的運作是非常直截了當的。模具組合是其中一片會比另一片長一些。牙板之所以會稱作牙板主要是因為它們為鋼鐵或碳鋼製的平面板，上頭有平行內凹溝槽，且稍稍往模具長的那一邊傾斜（見圖2）。這個傾斜是螺





圖2

紋的螺旋角，可以讓螺紋往前或往後。機器中較短的模具是放置於固定不動的放置槽內，較長的模具則放置於移動撞錘上的放置槽內。尚未軋紋的胚料被送進可以逐漸把零件送入軌道的送料機。零件滑下軌道直至抵達棘輪裝置。整個循環從撞錘一路伸出直至回來為止。當撞錘往前時，棘輪裝置會打開，然後推進棒會把一支胚料推入固定牙板和往前移動牙板前沿的間隙(見圖3)。如果被妥善置入和設定，胚料就會承受到兩片牙板表面施加的力道，胚料開始旋轉。在兩片牙板之間施加的壓力讓材料慢慢地流入模具溝槽並開始產生螺紋。隨著每一次的旋轉，會產生更多螺紋，直到完成，然後零件從模具的尾端掉出為止。

牙板滾軋一次只能滾軋一支零件，但因為機器高速循環，所以可以一分鐘生產數百支零件。這個方法可以被用在很多種零件和幾何配置上，而且，這也是標準螺絲和螺栓最常用的方法。雖然可以進行特殊的進料設定來讓這種類型的機器可以處理沒有頭部或頸部的產品，正常來說這個方法會要求零件上要有頭部或頸部設計，好讓進料方便和送至模具。



圖3

雖然可以手動送至定位，這種設備大多時候是自動進料並送至定位。當然，手動送至定位會大幅減慢生產的循環時間，導致生產率下降。雖然零件通常在熱處理前進行軋紋，這個流程對硬化過和熱處理過的胚料也行得通。模具的壽命會自然地減少，但熱處理後才軋紋會產出可抵抗螺紋裂口和疲乏強度大幅提升的零件。

再次重申，螺紋滾軋或滾軋成型是一種可達成旋轉圈數的線性函數。所以，旋轉的圈數決定了模具的長度和最終的機械尺寸。牙板滾軋機一般是用10的倍數來分類。數字越高，機械越大，因此小很多尺寸的零件通常會使用10號的軋紋機而非30號軋紋機。理論上，我們可以持續放大尺寸來容納更大的螺紋線徑，不過，實際上很少機器會超過60號。這很可能是因為實際認知到一旦機器變得比這還大台就會變得很笨重，佔據大量空間，因此其他方法就變得更具優勢了。

## 滾牙輪

有兩種不同樣式的滾牙輪。一種方法使用了三塊模具(見圖4)，另一種方法使用了兩塊模具(見圖5)。三塊模的方式通常使用在較小線徑的零件，兩塊模的方式則是使用在較大線徑的零件。考量到軋紋是一種零件旋轉作用，理論上使用滾牙輪的好處是整個過程可以設計成無限制的旋轉圈數。很明顯地這樣做是有點不切實際，但很清楚的一點是使用這個方法就不需要倚賴更大型的機器來進行更多旋轉圈數，只要讓滾牙輪多旋轉幾次就能做到。

滾牙輪通常是手動操作進料，但也可以被改造成自動進料。不論是手動或自動進料，這個方法仍是三種方式中最慢的。這個方法的優勢有：

- ◆ 較小的機械所佔空間和尺寸- 模具可以被旋轉到跟所需一樣多的圈數，而不會耗盡模具，這在軋製大線徑扣件時特別具優勢，因為這個方法可以在不需消耗更多機器空間的情況下容納更大的尺寸。

- ◆ 當同心度或模具消耗是所關注的重點- 三塊模的版本可以在零件上施加非常平均的壓力，所以對於需要保持「筆直」的零件，使用此方法是可以獲得好處的。

- ◆ 軋製空心零件的能力- 像是有中空中心和外部表面有螺紋的管狀螺帽等零件都可以因這個方法受惠，因為滾軋壓力施加平均，但更重要的



圖4



圖5



是，可以被施加更輕柔(更慢)，所以這些有中空特色的零件就不會被壓至變形。

## 行星式滾牙輪

最後一種軋紋方法，或許也是最不常見的一種就是行星式滾牙輪。在這個方法中，會有一個固定式半圓模圍繞著一個全圓式會移動的中心模(見圖6)。零件從前沿進入並穿越半圓模旋轉，直至從尾端邊緣掉出。跟前述第二種的滾牙輪類似，固定模半圓形的形狀提供更長的模具長度來取得更多旋轉數。這些機器需要最多的專業知識來進行設定，但一旦設定好就可以不須花太多心力去顧就能運作很久。

## 行星式滾牙輪有這些優勢

- ◆ 生產率- 跟牙板或滾牙輪一次衝程只能產出一支零件不同，行星式滾牙輪的設計可以同時在模具內有很多支零件。這些機器通常每分鐘可跑1000支至2000支之間。因此，生產率高，非常適合用於需要大量生產的零件或類似產品。
- ◆ 壓力設定- 大多數牙板在前沿和尾端通常在壓力設定上有限制。行星式滾牙輪的壓力設定可以沿著整個半圓模長度平均分配。這提供設定操作員在壓力要如何或何時施加



圖6

有更大的彈性。例如，這個特性讓這些滾牙機制更加適合可以用來處理更複雜的零件螺牙和溝槽滾軋，像是張力控制螺栓。

軋紋真的是一個很講究的過程。不只能以高速完成，生產出的產品強度也比切割螺紋好。雖然多數扣件製造商因為本身的產品需要偏重使用一個或兩個方法，每一種方法都有各自的優勢，也都可以被用來成功滿足製造商需求。製造商只需要習得這些技術來決定哪一種才是對他們製造過程最好的選擇。 ■

