

5種常見的生產缺陷

其發生原因及改善方法

在2017年2月，一名福特員工在檢查他的2015年版林肯MKC休旅車時，發現第二排的安全帶錨固螺栓斷裂。他將此情況告知品質部的同事，並開始進行調查。中央實驗室進一步檢查後發現，螺栓的表面硬度超過了規範，導致了螺絲脆化。他們還確定了故障源自於螺紋的疊合。

對故障的源頭有了頭緒，他們開始深入追查生產的歷程，得知次級熱處理廠商在處理部分製造批次時遇到停電。停電導致了不當的回火，因此產生了脆性零件。

由於這些缺陷，況且此錨固螺栓是攸關安全性的部件，福特決定召回所有包含該批螺絲的車輛。雖然在這一具體案例中採取的行動很極端，但為了確保這些車主的安全，扣件製造商和使用者每天都面臨有關生產缺陷選擇。事實上，所有製造過程都會受到變異和偶爾的外部因素影響，可能導致生產缺陷。雖然存在許多不同的缺陷，但本文將探討五種常見的扣件生產缺陷，以及如何識別、篩選掉可能有問題的生產批次並解決問題，以防止再次發生。

頭部裂紋

頭部裂紋有幾種不同類型，每種來源各異。其中最常見的一種是沿部件的軸線出現的裂紋或爆裂。這類缺陷的定義是因為在成型過程中出現的缺陷或表面不連續性而造成金屬內與部件軸線對齊的開口破裂。

這類裂紋通常具有以下幾個共同特徵：

1. 它們最常出現在頭部邊緣或沿部件軸向出現。它們大多可能是閉合的裂紋，其中不合格之處明顯，但深度未知（見圖1），或完全爆裂，清楚地暴露出裂紋的深度（見圖2）。

2. 這種裂紋幾乎都是由原材料中預先存在的軸向缺陷所引起，這會產生局部應力集中。在成型過程中，這些缺陷會在高冷加工程度暴露的部件區域（如頭部或頭圈）上產生易受過載條件影響的位置。原材料中的典型預存在之缺陷包括接縫、疊層和劃痕。接縫是由於在鋼胚製成棒材的熱軋過程中“拉出”的空隙而產生的，通常是這三種情況中最極端的一種，因此最有可能導致最嚴重的裂紋。由接縫引起的裂紋通



圖1：頭部“閉合”的裂紋

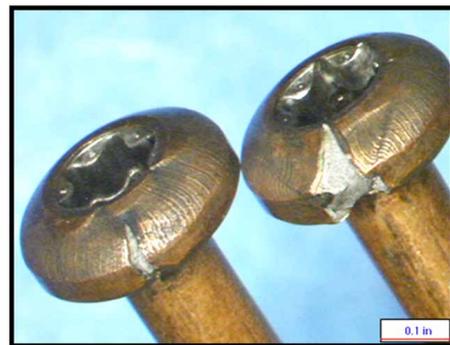


圖2：頭部“開放”的裂紋

常很明顯，因為可以輕易沿著整個部件的縱長來追蹤出接縫的路徑（見圖3）。雖然疊層和劃痕在部件的縱長上顯現的外觀可能相似，但由於它們不如接縫深，因此其程度往往不易區分。接縫和疊層只會出現在熱軋棒材的鋼廠製程。劃痕可能在任何時候產生，只要線材滑過能夠將其劃傷的物體時就會發生。劃傷可能會出現在鋼廠將鋼材加工成棒材的階段，也可能是在製造過程中將線材送入冷打頭機時，或零件在冷打頭機中與治具接觸時。



圖3：線材接縫造成的頭部裂紋示例（注意看接縫已穿過了螺紋）

除了預先存在的線材缺陷外，還有其他潛在原因會產生此類頭部裂紋。任何互動，只要與治具之間產生高度摩擦和磨損，或接近促使表面應力增加的來源，都可能觸發此類裂紋的形成。對於這些種類的裂痕，一些常見起因包括：

- 線材接縫
- 線材疊層
- （治具導致的）劃痕和刻痕
- 已磨損的治具（尤其是用於成型頭部的沖頭）
- 表面附近的大型夾雜物
- 頭部標記
- 任何會產生局部應力集中現象的瑕疵、缺陷或表面不連續性



一些能減少或消除此種問題的方法包括：

1. **使用無接縫線材**。在許多情況下，這會被視為很極端的解決方案，因為生產無接縫線材的成本遠高於正常線材加工方法。

2. **更換線材**。如果發現線材有接縫或缺陷，替換掉可疑的線材通常更具成本效益。更換或報廢一卷線材，總體上比使用可疑零件並在事後仔細全檢更具成本效益。

3. **更換治具**。如果用來成形出頭部的治具磨損，或治具間歇性地生產出裂紋頭，可以透過更換治具或調整機器設置來解決問題。

4. **檢查拉模、任何輓輪和執行切割的裝置**，以確保它們沒有劃傷線材。如果有劃傷或懷疑可能會劃傷，可以將治具或組件拋光或替換它。

透過簡單的目視檢查，已足以容易識別出頭部裂紋。然而，在大量生產批次中，需要對數千個零件進行目視檢查是很麻煩的。因此，自動化做法更受青睞。十年前，特別是閉合式裂紋，在自動分揀設備上很難篩選出來。而如今**光學分揀技術已經取得了巨大的進步，即使是難以識別的頭部裂紋也可以以高精度準確識別並從可疑批次中剔除**（見圖 4）。



圖 4：高清光學分揀相機

剪切爆裂

另一種常見破裂是剪切爆裂。由於其具有特徵的**45°角裂口界面**（見圖 5），**剪切爆裂與其他裂紋相比較容易辨識出來**。剪切爆裂是一種位於與產品軸線呈約 45° 角處的開放性破損，由於材料無法承受施加於其上的應力或應變力而導致。剪切爆裂幾乎僅發生在頭部、凸緣或頸圈的冷加工作業中。



圖 5：剪切爆裂示例

這類裂紋具有以下共同特徵：

1. 發生在頭部、凸緣或頸圈邊緣。

2. 也可能出現在六角形零件的一側（見圖 6）。

3. 始終呈現 45° 角破碎面。

4. 可以是開放或閉合，但大多數為部分開放或完全開放。

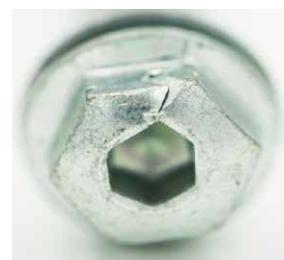


圖 6：六角平頭上的剪切爆裂示例

剪切爆裂根本上是源自於材料超載。不幸的是，這可能牽涉許多根本原因，也意味著此類裂紋不能隨意歸因於材料缺陷。事實上，遇過剪切爆裂的企業應首先審視自己的操作，而不是抱怨材料有問題。剪切爆裂的一些潛在成因包括：

- 治具設計不良，尤其是在第一次擊打時
- 在擊打前對材料進行過度加工
- 由於“線材材質硬”或顆粒粗，導致韌性較差
- 潤滑不足或不良
- 線材表面粗糙
- 以過陡角度冷拉線材（拉模的靠近角度越陡峭，冷加工集中於線材表面的程度越高）
- 表面缺陷和瑕疵

一些防止此類缺陷的方法包括：

- 這通常是治具設計的問題，因此重新設計擊打以移動較少材料或以不同方式重新分配材料可能可以解決問題。
- 在成型前減少線材拉伸百分比。
- 如果檢測到明顯表面缺陷或局部硬點，就更換線材。
- 增加或重新導入潤滑劑。
- 檢查拉模以確保進角度正確，如有劃傷跡象則重新拋光模具。

剪切爆裂通常比許多軸向頭部裂紋更明顯。現今用高清相機篩選它們是有效的做法。

皺褶

皺褶是金屬在成型過程中因特徵不匹配或局部起伏而造成的重疊、折疊或雙層現象。皺褶通常出現在兩個特徵交界處，常見於凸緣和頸部之上或之下的表面。有時皺褶在電鍍之前幾乎不可見，而且許多皺褶對零件不構成任何安全風險，但如果



鍍層突顯了皺褶的存在，皺褶可能被認為不雅觀且無法被接受。皺褶最常見於六角法蘭頭和具有相似幾何形狀的零件（見圖7）。通常，其成因是成型擊打時的小錯位。在圖7所示例子中，第一擊打所用治具中心線與提供最終擊打的治具中心線，彼此僅稍微偏離。因此最後一次擊打會從第一次擊打中剪切出一小部分材料，並將其壓入工具底部表面，在此情況下指的是法蘭。冷鍛會施加極大的壓力以提供必要能量使材料流動，因此多餘材料被壓入零件表面。在許多情況下，表面看起來有連續性且未被中斷，但實際上那片材料僅僅是層壓到法蘭頂面的表面上。皺褶是可以預防的，一旦檢測到，可以透過修理治具或重新調整設置來修正。

螺紋疊層

所有製程中最常見缺陷之一就是螺紋疊層。螺紋疊層類似於褶皺，但卻是發生在螺紋上。大多數螺紋是透過滾壓生成，是一種冷加工工藝，其中材料透過在兩個相對模具之間滾壓和夾緊製成螺紋。有幾種不同的加工方法，但大多數螺紋都是使用平模滾壓生成。在平模滾壓中，透過將未滾牙的毛坯經過一組平模滾壓而生成螺紋。模具表面本身具有螺紋輪廓和特徵，毛坯在模具之間旋轉會增加壓力使材料被擠入凹槽並形成所需的螺紋輪廓。在平模滾壓中特別需要注意，由於零件是在兩個平行板之間滾壓，因此模具必須在設置期間仔細對齊。如果模具稍微不對齊，一側形成的牙底尖端將無法與另一側形成的牙底尖端完美對齊。在下次滾壓通過時，零件將被進一步推入模具開口，使螺紋打開並突破第一滾壓通過中的任何網狀物質。這些網狀材料就像皺褶一樣，因此隨後會層壓到附近螺紋側邊上。如同皺褶一樣，疊層通常肉眼不可見，但在橫切面檢查或蝕刻時會顯現出來（見圖8）。螺紋疊層對承受疲勞載荷的零件來說特別危險，因為形成了斷裂的成因。

造成螺紋疊層最普遍原因是設置不良導致上述的不對齊。然而，也有其他造成疊層原因，包括：

- 毛坯品質差
- 模具設計不當
- 毛坯傾斜
- 毛坯滑動
- 模具的初始特徵（尤其是在模具內垂直置放於螺紋溝槽的交叉刻痕）
- 機器狀況差



圖7：六角法蘭頭中的皺褶示例



圖8：牙根上的螺紋疊層示例



圖9：蝕刻零件後暴露出的螺紋疊層示例

螺紋疊層通常不易透過目視檢查辨別，但可以透過在溫的酸液中蝕刻零件而輕鬆檢測到（見圖9）。因此，客戶對螺紋疊層沒有要求的話，製造商通常會備有酸蝕站，以便螺紋滾壓工人快速驗證是否存在螺紋疊層。另外一種檢測螺紋疊層的方法是將零件安裝在酚醛圓盤中進行磨削、拋光，再用放大鏡觀察它們。儘管此方法結論明確，但很耗時且通常僅用於最終檢查或需要仲裁的場合。



圖10：“滑塊”示例

“滑塊”

使用滾壓工藝生成螺紋時，毛坯必須能夠自由旋轉於模具之間。不論使用哪種滾壓工藝（包括平模、圓柱形還是行星式）都需要轉動毛坯。但困難之處是要在模具一開始時鬆弛地抓住毛坯時完成。因此，滾壓模製造商通常會噴砂處理螺絲的起始端，使其表面稍微粗糙，以促進零件旋轉。

如果零件未能旋轉而開始滑動通過模具，那麼它就無法正確形成螺紋。事實上，它會產生扁平、變形的螺紋。此外，那些滑動通過模具的零件往往沒有足夠動量退出模具，而被拉回去，使損害更嚴重。圖10是一個滑塊，其J狀外型顯示該零件已在退出模具時被拉回模具內。

滑塊主要原因是在開始時未獲得足夠牽引力而滑動，而非旋轉。然而，也有其他一些原因可能引發此缺陷。其中包括毛坯在開始時就傾斜、因不正確設置而施加不足壓力的模具，以及潤滑劑使用過多等因素。

雖然圖10是一個極端例子，但滑塊總是會變形且某種程度上無法使用。如果在許多零件中發現滑塊，就必須完全報廢或者100%篩選掉。幸運的是，如今搭載高清相機的分揀機器能夠輕易識別並移除這些零件。

總結

製造扣件與其他製造流程都有一共同點，就是始終存在變異影響。不論預期還是不預期變異，有時都會導致缺陷。在扣件上偶爾會出現許多潛在缺陷。本文針對五種較常見者進行了探討，其普遍存在於扣件製造商的冷鍛和滾壓製程中，而聰明的人能從錯誤中學習並防止未來類似事件發生。■