

扣件用 CHQ 線材概要

我現在服務的公司經常教導扣件技術和工程。平均而言，我們多數學員從事該行業的時間都不長，通常不到一年。由於我們許多客戶都是扣件製造商，我通常會在課程中加入使用正確原材料的重要性這一環節。

為了正確解釋這部分，我幾乎都會要求他們用幾句話向我描述什麼是冷鍛頭。如果他們是一群工程師，我經常會得到非常複雜的回答，比如「冷鍛頭是一種高速絕熱成形工藝，其中……」。我通常會當場打斷他們，然後說：「不用想太複雜，你能用更簡單的方式解釋嗎？最終我會聽到有人這樣描述：「我們把原料放進機器一側使勁砸碎，然後另一側會跑出一個看起來很像螺絲或螺栓的零件。」這樣的描述雖簡單，但實際上非常準確。為了成型零件，冷鍛頭確實會對原料施加非常大的壓力。

在美國，我們有一種叫橡皮泥的玩具。橡皮泥套裝玩具裡有一罐色彩鮮豔的硬質漿糊（稠度類似於餅乾麵團）和各種「工具」，孩子們可以用它們來塑造和把玩橡皮泥。我猜想，這種玩具在其他國家也有銷售，也許換了個名字。現在想像一下孩子玩這種玩具的情況。通常，他們可能想用它來做「煎餅」，把麵團搓成一個球，然後壓扁。他們越用力，麵團就越平，也就越平展。然而，仔細觀察就會發現，邊緣開始出現裂縫和爆裂。越是壓平，這些瑕疵就越明顯。

我之所以分享這個例子是因為它很適合用來說明冷鍛原理，只是當我們在冷鍛頭機中推壓零件時，出現裂紋的代價是很大的。事實上，我們對用來製造扣件的原料會有幾種期望，包括：

- 零件必須能夠輕易成型而不會出現開裂、劈裂、成型空洞或其他可歸因於高負荷成型工藝的問題。
- 零件必須能夠按照嚴格的尺寸要求成型。
- 成型後，零件必須能夠從模具中取出，而不會損壞零件或模具。
- 材料必須具有最大的成型性，以便能夠輕鬆成型為複雜形狀，而不會迅速磨損或損壞模具。

因此要實現這些目標，我們必須擁有具備某些特質的原料。特別是，在生產過程中必須最大限度提高延展性和可塑性，必須具有均勻的微觀結構，表面必須清潔、潤滑，並具有較窄的尺寸公差帶。簡短來說，扣件使用的原料是特殊的，具有高品質水準，使用者可以確信其性能是可以預測的。這種材料被視為「優質」產品，稱為適合冷鍛頭的品質（CHQ）。



製程：

儘管加工法可能會因為 CHQ 材料生產區域的不同有所差異，但北美和許多其他地區生產的所有 CHQ 材料都採用非常近似的加工法。該工藝包括在電弧爐 (EAF) 中熔化廢鋼和鐵等價物，在連鑄機上澆鑄鋼坯，將鋼坯熱軋成圓坯，然後冷軋加工成線材，準備用於製造零件。讓我們來詳細分析一下這些步驟。

熔化：

熔化是指加熱廢鋼和鐵水的混合物，直至整批材料液化的過程。每個熔化物(或爐料)都被稱為「熱量」。分配給每個「熱量」的編號是唯一的識別字，並記錄了該批材料的生產過程。廢料裝入熔爐(稱為「爐料」)後，石墨電極被放入熔爐並開始產生電弧。這些電弧產生強大的熱能，迅速將爐內的固態鋼和鐵水還原成液態。一旦所有廢鋼和鐵都被加入熔爐並熔化成液態，軋機就可以開始精煉。這主要是透過向熔液中注入氧氣(O₂)來實現的。有幾種金屬對氧氣的親和力大於碳。因此，它們會首先與氧氣發生反應，生成金屬氧化物，這些氧化物會漂浮到爐頂的保護渣層中並被其截留。氧氣還會與碳反應生成一氧化碳。這不僅會在爐內產生額外的熱量，而且在工藝結束時，也是將碳的比例降低到清空爐子(出鐵)前所需水準的關鍵。

在充分精煉並達到所需的熔池溫度後，電弧爐會被導入鋼包進行進一步精煉。在這一階段，會添加鐵合金，可能會添加去氧劑以降低氧氣含量，在北美，鋼包會進入真空脫氣過程，進一步去除對鋼材有害的氣體和化合物。

線材加工：

雖然上述熱軋產品棒材看起來像冷鍛頭機的原材料，但在大多數情況下並非如此。棒材的問題在於，它的尺寸變化很大，表面不完美，而且其微觀結構可能不太適合鍛造。這些問題必須在冷鍛頭之前解決。為此，我們對棒材進行冷抽、退火和塗層等進一步加工。加工後的產品，即現在的線材，尺寸更加緊湊，微觀結構均勻且非常適合加工，並且經過清潔和塗層處理。

棒材剛進入線材加工過程時，要進行清洗和鍍層處理。清潔工作一般透過酸洗來完成，酸洗是去除熱軋過程中可能存在的頑固水垢。清洗後，再塗上一層磷酸鹽。磷酸鹽和表面塗層可為抽線過程提供潤滑。然後對棒材進行冷抽。冷抽工藝大大提高了尺寸公差和圓度公差。根據直徑大小，尺寸公差從 +/-0.012" 變為 +/- 0.001" 到 0.002"。同樣，它也將最大誤差 0.018" 轉換為 0.001" 和 0.002"。這種尺寸改進在鍛造過程中非常有益，因為原料的尺寸波動過大會對冷鍛部件的最終品質造成嚴重影響。

經過第一道抽線工序後，材料已經受到了足夠的應變，因此必須盡可能恢復可加工性。此外，熱軋後的微觀結構可能不夠均勻。為了恢復均勻的微觀結構和可加工性，需要對線材進行退火處理。事實上，線材需要經過一種非常特殊的退火工藝，即球化退火。在這一過程中，線捲會停留很長時間，可能是 24 到 36 小時。在這段時間內，通常呈片狀的珠光體會膨脹成球狀。這種球狀結構具有最佳的可加工性，因此非常適合冷鍛頭。此時，線材可再次拉伸，或進行簡單的塗佈並準備裝運。

鑄造：

鋼包精煉和真空脫氣完成後，鋼包被卸下並放置在連鑄機上。鋼包被倒入一個稱為鋼液分配器的盆中。連鑄機的底部有多個埠，可將液態金屬分散到模具中，形成長而連續的鋼絞線。鋼液分配器的每個開口都有一條單獨的鋼絞線，大多數鑄造生產線都有四到六條鋼絞線。鋼絞線垂直離開模具，沿著緩緩彎曲的路徑下降，然後沿著輸送線水平前進。每家軋鋼廠的做法略有不同，但都會將這些連續的鋼絞線切割成規定的長度。由此產生的產品就是所謂的鋼坯。每次加熱鋼材都會產生許多鋼坯，供以後加工使用。這些鋼坯會被冷卻，檢查表面是否有缺陷，最後儲存起來，直到需要拉製成棒材。

熱抽：

需要生產扣件所需的圓形捲繞產品時，就會從倉庫中取出一個或多個鋼坯，開始熱軋過程。鋼坯首先在大型加熱爐中重新加熱。溫度被提高到鋼的臨界溫度以上，以優化其重塑能力。但是，在這種溫度下，軋機必須小心加工，以避免脫碳。鋼坯離開再加熱爐後，將迅速經過除鏽工序，然後立即進入一系列分解台。這些神奇的設備將這些通常為正方形或長方形的鋼坯垂直或水平擠壓，使鋼坯迅速縮小成直徑約為 1.5 英寸的圓形。然後透過其他軋製機架，進一步將直徑縮小到大約 1/4 英寸到 3/4 英寸之間，最後透過高速軋製頭，將棒材軋製成線圈，並將其放置在冷卻輸送機上。卷好的棒材被收集、壓縮並捆紮成一個連續的線圈，以便進一步加工。



塗層是線材系統中極其重要的一部分。如果潤滑不足，就會導致工件成型問題或模具加速損壞。如今，塗層已有多種不同的形式。即便如此，根據我的經驗，冷鍛頭公司對塗層的偏好由來已久，並且非常頑固地堅持使用。對於鋼製零件來說，最常見的塗層是磷酸鹽和潤滑油、磷酸鹽和聚合物以及磷酸鹽和石灰。在加工不銹鋼或鎳合金等更特殊的材料時，塗層就必須更好，這也解釋了為什麼這些材料最常見的是銅塗層。

線材樣式：

雖然製造商有多種不同的選擇，但北美使用的 CHQ 線材中，有三種非常常見。這三種類型是

- 成品尺寸球化退火 (SAFS)
- 加工中球化退火 (SAIP)
- 從球化退火棒線進行拉抽 (DFSAR)

成品尺寸球化退火 (SAFS):

球化退火線材可能是北美使用量最大的 CHQ 線材品項。成品尺寸球化退火線材是按照以下工藝從棒材轉化為金屬線的：

- 清潔和塗層
- 拉抽
- 球化退火
- 清潔、塗層、裝運

冷鍛頭機使用成品尺寸球化退火線材時，必須進行一些加工。成品尺寸球化退火線材必須再次拉抽。這一次的拉抽量要比第一次拉抽時的量少得多，因此不需要進行第二次退火。冷鍛頭機必須配備適當的線上拉抽機才能使用這種材料。雖然線上拉抽機在世界上許多進行冷鍛頭的地區都很常見，但在其他地區卻明顯缺乏。簡而言之，這種工藝的優勢在於一個尺寸的線圈可以生產兩種甚至三種成品尺寸。對於那些關注效率和盈虧的人來說，這是一個很大的優勢，因為它減少了必須庫存的線捲數量。線上拉抽在美國很普遍，因為那裡的工廠規模大，占地面積多，但在其他地區卻很少見，因為那裡的工廠規模小，「地產」有限或昂貴。

加工中球化退火 (SAIP):

加工中球化退火線材在製程中與成品尺寸球化退火一樣。線材經過清潔和塗層、拉抽、球化退火、清潔和塗層。與成品尺寸球化退火不同的是，這種材料需要進行第二次輕拉抽。就所有實際目的而言，它的加工過程與成品尺寸球化退火相同，只是第二次拉抽由線材加工商而非冷鍛頭製造商完成。加工中球化退火線材則是直接進入冷鍛頭機。

從球化退火棒線進行拉抽：

從球化退火棒線中拉抽是將棒材進行球化退火，然後再運送給客戶之前進行輕拉抽。它跳過了成品尺寸球化退火和加工中球化退火線材開始時的大抽。這種選擇在使用大直徑原料的用戶中很常見，因為第一次拉抽無需將直徑大幅縮小至小得多的成品尺寸。小拉抽的作用是提供比棒材更好的尺寸公差，而不會明顯減損材料的成型性。

雖然冷鍛頭優質線材和盤元看起來與一般購物車中會看到的線材或盤元沒有什麼區別，但性能卻截然不同。我們投入了大量的精力和資源，以確保 CHQ 線材和棒材發揮其應有的作用。它是真正的優質產品，也是扣件生產不可或缺的一部分。製造商和扣件供應商都應瞭解這些材料為最終產品帶來的價值和好處。 ■

撰文 Laurence Claus
著作權所有：惠達雜誌

