

扣件製造商有很多種方式可能會產製出品質不夠高的零件。若試著分類這些不同的失效模式和品質問題的來源，可分出三個或四個大類。其中一大類，也是導致成品發生品質問題的最大單一肇因，就是每一支扣件的起源——原物料品質。

本文將探究最常見的原物料相關品質問題，並簡易描述每一項問題如何對最終的零件品質造成衝擊。

為順利探究最常見的原物料相關品質問題，我們必須基本認識扣件製造商使用的原物料以及原物料的產製方式。

當然，實際的採購和原物料的規格很大的程度都是企業私人的選擇，取決於他們多年來精進製程與供應各式機械設備適當原料的經驗。顯然，這意味著某些扣件可能是出自於非常不同的原物料種類，例如盤線、盤條、定尺剪切棒或胚料。為達到本文之目的，我們會把探究的製程縮減到只剩冷打頭這一環，藉此專注在盤狀的原料線材與棒材。

如果你有一個朋友好奇問你的公司怎麼生產扣件，你可能會很簡單地回答：「冷打頭」。雖然你和你的同業懂這個詞的意義，尚未有初步知識的這位朋友可能就搞不懂了。因此你可能會被追問那個字的意思是什麼。你會怎麼做才能用簡單的方式讓這位朋友能確實理解？或許你可以說類似這樣的句子來描述製程：「我們取出原物料（通常是鋼材），把它送料到其中一台機械中，用巨大的力道擊打它，讓金屬散開變成我們想要的形狀，然後收集新成形的零件，透過接續的其他作業來完成製程。」你可能會選用稍微不同的用詞，但我相對確定的是你所描述的製程會與我所分享的例子類似。如果我們分析這句簡單的描述所要傳達的意思，它傳達了什麼有關原物料的訊息？基本上它說的意思是我們手邊必須有可靠的原物料，可以在承受巨力擊打時一致地再延展成複雜的形狀而不會爆開、裂開或斷裂。換句話說，我們需要的是可以在極端條件下保持一致性能的原物料。並非所有的原物料都能有這種期望的性能表現，因此扣件製造商必須仰賴品質優異的原料，一般我們稱之為符合冷打頭品質（CHQ）的盤元。

這種原料是從哪裡來的？簡單的答案就是來自有能力生產這種性能等級原料的鋼廠。北美大約只有8到10家鋼廠能夠勝任。

不論CHQ原料來自世界的何處或哪個供應商，製程都是類似的——把融化、鑄打、熱抽線然後製成。這個製程的起點是將原料融化或從原料的某個形式中製造出一批原料。以鋼材來說，通常會用電弧式火爐融化CHQ品質的鋼材，但也可以採用其他製鋼的程序。製程週期中生產鋼鐵的部分是幾個步驟反覆重複的過程。火爐會被填入一些鐵塊，這些鐵塊是由鋼屑和更精練的鐵匯聚而成的。這些鐵塊會被融化，接著會開始基本的精煉作業。此製程階段的產物是成品之前的過渡性產物。試著想像我們在製作冰炫牛奶糖冰淇淋。我們會先製作香草冰淇淋，然後把所有的特殊配料加進去，讓冰淇淋增添我們想要的變化。打個比方，從電弧式烤爐出來的產品就像香草冰淇淋，它肯定是個鋼製的產品，但還不是我們確切想要的那種變化形式。因此在開始鋼材的融化與精煉之後，它會被轉送到鋼包精煉爐。在此階段，會添加最後的調整，然後鋼材最終就會成為我們想要的變化形式。此階段大多包括真空排氣的程序，其中會把鋼包精煉爐放入一個艙室然後啟動真空。這會去除掉不想要的氣體和其他雜質。有一點很重要的是，要注意不是所有的鋼廠都會採用真空排氣這個步驟。當然採用此製程的鋼廠會生產出較高品質的鋼材，所以在了解你必須處理的事項時，擁有你的供應商製程的知識是很重要的。

鋼包精煉爐處理完後，鋼材成品會被轉送到連鑄機生成出一條條的條狀鋼，這些條鋼會被剪切，變成我們所知的鋼坯。各家鋼廠的鋼胚都有不同的形狀與尺寸，但其中一種鋼胚會被置入熱滾軋機並產出一條很長的連續盤材。

疑難排解線材原物料 常見的品質問題

文 / Laurence Claus

熱滾軋程序包括加熱原料至超過臨界溫度。接下來會進入裁切鋼條的程序，逐步重新形塑並縮小鋼胚的尺寸直至完工的熱滾軋尺寸。最終結果一種稱為「熱軋盤條」的連續盤材。

在此階段，我們可能會看到盤材就下結論認為它已可拿來製成扣件。事實上，我們很難去指責別人下此結論，因為熱軋盤條外觀看起來非常像完成品的盤線，但下此結論仍是錯誤的。「熱軋盤條」有一些缺陷。在此階段，表面可能會附著大量的垢或其他碎屑，會對治具造成大幅的傷害。整條盤材的顯微結構都會不一致，使盤材兩端的性能表現會出現很大的差異。最終在此階段，雖然原料看起來外觀是圓的且尺寸看起來一致，但事實上它的尺寸和真圓度有明顯的差異。

由於多數製造商無法在此條件下成功製造零件，因此必須採用一道最終的完工程序。有關這一點會有很多選項，所以我們把它簡單歸類成熱軋盤條轉變成成品線材的一道最終步驟。此步驟常採用的做法包括清潔表面、退火直到產生一致的顯微結構、執行伸線作業改善線材的尺寸特性和真圓度。

上述程序的結晶就是成品的CHQ線材。

不幸的是，此程序有些地方會出現一些導致品質問題的小阻礙。現在我們對CHQ盤線有了大致的理解，接下來我們來看看有些環節可能會出錯。



接縫：

根據我的經驗，製造商只要遇到了零件出問題，他們就會以為元凶是原料，怪罪說是接縫所造成的。這是很遺憾的事，因為即使接縫可能是最常見的原料問題，但接縫並非唯一的問題。此外，事實上還有其他差異在本質上看起來很類似，或者會使成品的零件出現類似的問題。那麼，所謂的接縫又是什麼？接縫就是鑄造和滾軋作業下的產物。當鋼胚最後出現了小小的表面缺陷，或許是滾軋作業之前沒有處理掉的一個小孔洞或凹陷，它在滾軋作業中並不會閉合，反而會擴張。擴張的深度和長度大多將取決於產生隙縫的表面缺陷本身的大小以及棒材最終的直徑。如果這樣解釋還不夠清楚，那麼想像一下把筆尖或其他鈍頭工具戳入一塊太妃糖表面的小洞。接著，如果你用兩手抓住這塊糖開始拉伸它，剛才你用尖物戳的圓孔會發生什麼事？你會看到圓孔在你拉伸太妃糖的同時開始伸長。如果你把太妃糖拉伸得夠長，圓孔的形狀就會看不出來是一個孔洞了，甚至看不出是一個圓形的凹陷，反而看起來像延續性的一條長線。如果你對著太妃糖的那條線交叉切下去，你會發現這塊被拉伸的糖有某個部分已經沒有合在一起，看起來像有個裂縫。這正是把表面缺陷的鋼胚切分成直徑小很多的棒材時會發生的狀況。

接縫特別難以捉摸，因為它們可能會在盤材的任何一處出現，且常常只會在長度短的盤材出現。這代表就算不是不可能，也會很難辨識出它們，或很難在使用前把它們從盤材中去除掉。多年來軋鋼機操作員已做出許多努力來改善程序，但就連最好的供應商也無法完全保證盤材可以免除前述的這其中一個問題。

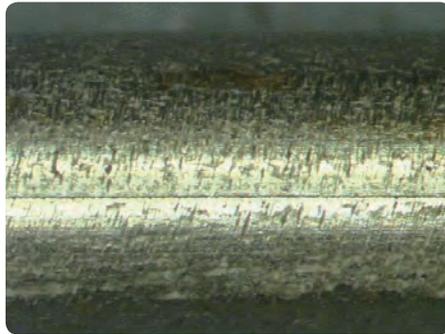


圖1：線材的接縫

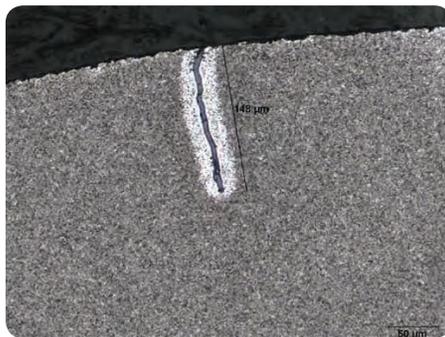


圖2：線材的接縫橫切面

圖1是線材的某一段表面上的接縫。接縫肯定是會沿著軸向以直線或螺旋狀的方式形成（例如某些非鐵原料的加工步驟包括一邊加工一邊扭轉棒材時）。圖2是線材樣品的橫切面。要得知它是一條接縫的其中一個方式，就是裂縫（接縫）一定會指向中心。



圖5：線材的接縫導致的頭部龜裂

摺層裂縫：

線材和棒材的摺層裂縫通常會出現在外部，這跟接縫的情況很類似。有時摺層裂縫出現的方式會和接縫不同，因為摺層裂縫很不規則，可能會沿著表面形成，或呈現兩條平行的裂縫。辨別摺層裂縫和接縫的確切方式就是透過橫切面圖來看它（見圖3）。接縫一定會指向中心，而摺層裂縫卻可能會指向任何方向。

摺層裂縫是在熱滾軋的過程中形成的。當用來縮減線材直徑的軋軋有些微的不對齊，就可能壓過原料的一小塊。由於是透過接下來的軋鋼機架來滾軋，所以這道摺層裂縫會被翻摺並被壓入表面。這與接縫不同，因為摺層裂縫一般而言是工具沒對齊所造成的產物，所以你會比較長的區段或甚至是整條盤材上看出接縫和摺層裂縫之間的差異。



圖3：摺層裂縫的橫切面

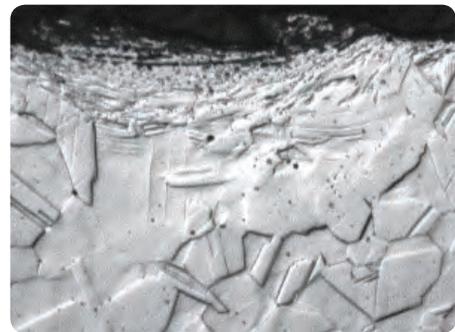


圖4：刮痕的橫切面

刮痕：

刮痕是滾軋或伸線過程中機械性損傷的結果。如果滾軋或伸線工具有碎片或表面缺陷，結果就可能刮傷表面。同樣地，刮痕可能看起來很像接縫或摺層裂縫。但若從橫切面來看，就不會看到接縫或摺層裂縫那種的縫隙。圖4是刮痕的橫切面。顯然它的材料受到壓縮，但在這刮痕範圍內，它呈現的不是一個「開放性傷口」。

接縫、摺層裂縫、刮痕造成的後果：

在許多案例中，接縫、摺層裂縫和刮痕不會對零件成品造成明顯有害的衝擊。但這三種不同的縫隙遇到成形過程中過度施加的外力時卻很脆弱，可能導致零件成品裂開或爆裂。這三種縫隙時常足以弱化成形中的零件並導致頭部或凸緣部位的龜裂。圖5是接縫導致的頭部龜裂。

內含物:

若有人提到鋼材(或其他金屬)很「髒」,他們所說的就是內含物。內含物是一種被包埋或內含在鋼材(或其他金屬)內的化學化合物或非金屬物質。雖然在一些案例中某些非金屬化合物可能會帶來好處,但以通則來說,內含物的存在是有害的。甚至非常少量的某些內含物都可能對鋼材(或其他金屬)的性能帶來急遽的衝擊。

內含物通常分為兩類:外因的內含物與固有的內含物。固有的內含物一般尺寸都很小,且都是因化學作用而生成,會在金屬內有殘留或游移的元素。外因的內含物是來自於外部的來源,會在融化或鑄造的過程中被包埋。它們往往會是熔渣層或模具耐火材料的殘留物。外因的內含物尺寸可能會有很大的差異,而表面附近大型的外因內含物會造成真正的危險,因為它會變成使應力增加的因素或失效開始發生的位置。

塗佈不足:

冷成形過程中的其中一項必要環節是對原物料和零件成形專用工具做足夠且有效的介面潤滑。若潤滑層分解掉了,摩擦力就會非常高,零件會開始卡住或自己「熔接」到工具的作用表面上。後果就是最先面臨到此狀況的零件透過工具生產出來時會顯現受損或成形不完全的跡象。很快地,工具就會容易崩壞且完全失效。

我在前面的製程敘述中強調過,從軋鋼廠出來的熱軋盤條會有粗糙與結垢的表面。在原物料的加工中,垢和表面碎屑的移除是很關鍵的。通常這要透過氯化氫酸和硫酸清潔盤條來達成,但也可以運用機械性的移除方式。但一旦清潔乾淨了,就必須把它上塗層以避免後續發生任何表面退化,並對它施加必要的潤滑來用於成形作業。塗佈的選項有很多,針對不同的金屬有不同的款式。例如對鋼材有效的塗佈可能不足以用在不鏽鋼上,因此普通的不鏽鋼專用塗佈與其他買來用在泰崗和合金鋼上的塗佈不同。一般來說,多數製造商會找出幾個偏好的塗佈款式,多年來他們使用得很順利且一直固定使用。不論他們使用的是什麼,重要的是他們要用得對,因為塗佈的比例和覆蓋率不夠的話就很快會引發品質問題和工具失效。

不適當的顯微結構:

所謂的顯微結構是指金屬內部發生的狀況。有一系列複雜的要素都必須到齊才能提供原物料的最佳性能。因此,鋼廠和熱軋廠雇用專家並採用許多保護措施來確保最終的顯微結構正確。尤其要關注的是晶粒的尺寸、(鋼材退火程序後的)球化,以及內含物的含量和尺寸。雖然重要的因素不只這些,但他們是更多主要因素當中會決定線材冷成形作業是否成功。

結論:

雖然多數製造商可能會把他們使用的原物料視為理所當然的東西,但原物料是生產正確成品的一個重要關鍵元件。換句話說,當原物料顯現出問題,它接下來必定會在成品上演變成更大的問題。因此製造商必須很熟悉所有的原物料供應商,包括他們生產原物料所使用的程序、他們的品質紀錄和能力。製造商應該積極尋求與供應商合作的方式以持續改善原物料,並藉此改善自身的品質性能。 ■

沃斯田體系不銹鋼耐蝕性無損表面硬化技術

文/黃家宏、鍾育霖

沃斯田體系不銹鋼其硬度低(Hv 190),且無法像麻田散體系不銹鋼利用熱處理相變態硬化,現行滲氮製程,利用固溶強化能有效提高沃斯田體系不銹鋼表面硬度,但因氮化鉻析出物產生,使不銹鋼耐蝕性下降。以金屬中心自行建置之不銹鋼耐蝕性無損表面硬化處理系統,對沃斯田體系不銹鋼進行氣體式表面去鈍化與滲氮製程功能測試,沃斯田體系不銹鋼獲致表面硬度Hv0.1 1213~1291,滲氮深度達13~14 μ m之氮化結果,也顯示本系統已可將沃斯田鐵系不銹鋼耐蝕性無損表面硬化處理技術應用於沃斯田體系不銹鋼產品上。

沃斯田鐵不銹鋼具有良好的耐蝕性、韌性和成形加工性,廣泛應用於化工、民生、冶金、石油、航太、醫療、核能工業等領域。但沃斯田鐵不銹鋼的硬度低,耐摩擦磨損性能差、抗疲勞性能低,嚴重影響了沃斯田鐵不銹鋼零件的使用壽命。而傳統滲氮、滲碳技術雖然提高了沃斯田鐵不銹鋼零件表面硬度、耐磨性和疲勞強度,但由於滲氮、滲

碳溫度高,形成了氮化物和碳化物的沉澱相,犧牲了沃斯田鐵不銹鋼的耐蝕性。此外,由於沃斯田鐵不銹鋼表面存在一層緻密的氧化膜以及大量的合金元素,阻礙了氮、碳原子的滲入擴散,降低了其擴散速率。以上因素嚴重地限制了傳統氣體氮化、滲碳等表面處理技術在沃斯田鐵不銹鋼上的應用發展^[1,2]。

1985年Zhang和Bell等人發表了沃斯田鐵不銹鋼低溫離子滲氮技術,獲得含氮膨脹沃斯田鐵的硬化層^[3]。日本關西大學Ichii等也得到類似的研究結果^[4]。此相的晶格常數與 γ' 和 γ 相不同,因而被稱為S-phase。由於氮原子固溶於沃斯田鐵晶格內部,抑制了氮化鉻的析出,因此提高了沃斯田鐵不銹鋼的表面硬度,其耐蝕性亦能維持與原材料相同。

沃斯田鐵不銹鋼表面S相改質技術是沃斯田鐵不銹鋼表面處理應用與理論研究的里程碑,引起了廣泛的研究和探討。經過近20多年應用研究,該技術在歐美日等國家已經成功地應用於工業化生產。但目前國內對低溫滲氮研究報導甚少,台灣大學、高雄科技大學都曾以氣體滲碳製程研究沃斯田鐵不銹鋼的S相,但離產業化技術的發展總有一段差距。而今包括中國也已展開對不銹鋼S相處理技術的研究,例如大連理工大學和青島科技大學的離子滲氮、成都工具研究所的鹽浴滲氮、山東科技大學的氣體低溫滲氮等。由於歐美日技術成熟標準廠皆不願技術移轉此項技術,形成國內產業鏈的技術缺口。

國內的沃斯田鐵不銹鋼工業產品製造業,從上游的材料冶煉、軋延素材到下游的成形、機械加工、熱處理、表面處理等二次加工,已具備完整的產業鏈。但因附加價值偏低,近年面對中國紅色供應鏈的強力競爭,促進產業升級以競爭化工領域等高階產品市場已成業者唯一出路,如化工、生醫製藥、食品加工等用途的流體機械產品,如不銹鋼閥件、不銹鋼泵浦、不銹鋼噴嘴及需要耐蝕又耐磨的沃斯田鐵不銹