

不鏽鋼材料基本概要

文/Laurence Claus

前言

1913 年的時候，英國冶金學家 Harry Brearley 正致力於一個研發槍管所採用的改良型鋼材計畫，那是一種比當時鋼材更耐蝕的材質。他使用鉻合金鋼做試驗並剛好試到 12.8% 鉻與 0.24% 碳的成分。一如常見的情形，心中原本想要達成的目標產出完全不同的成果。在此情形中，Brearley 先生的耐蝕試驗產生了防蝕性遠勝一般鋼材的鋼。不鏽鋼因此誕生了。

現在不鏽鋼是日常生活的一部分，並廣泛應用於家電外蓋、鍋盤、船用零部件、車輛零部件甚至是扣件。雖然外觀與強度也是選擇時的決定性因素，但當設計的主要目標是防蝕的時候，選擇不鏽鋼是個合理的選擇。有超過 300 種最低含 11.5% 鉻的各式鐵基合金，這些材質都被視為是不鏽鋼。

不鏽鋼透過富含鉻的氧化 (Cr₂O₃) 薄膜達成其防蝕特性。此氧化物於有氧氣之處自然形成並在受到刮擦或磨損時有自行修復功能。這表示氧化物在因為刮擦、刻痕或磕碰而受損時會再次形成並修復自身。

不鏽鋼可分成五種不同分類。這些因定義其特性的結晶結構不同而彼此有所不同，並決定了特定的功能性作用，像是磁性與熱處理性。五種不同的不鏽鋼分類為奧氏體、鐵素體、馬氏體、沉澱硬化和雙相不鏽鋼。本文將說明這五類不鏽鋼的特性與比較還有彼此的對比。

奧氏體不鏽鋼

人們提到不鏽鋼時，最常提到的就是奧氏體不鏽鋼。奧氏體不鏽鋼通常含有 18% 鉻與 8% 鎳。為此緣故，這些通常被稱為 18-8 不鏽鋼。不幸的是，此說明不夠具體，無法真實劃定精確的成分，且不應於採購或設計用途中使用。在北美標記法中，這些不鏽鋼被認定為 200 與 300 系列合金。最常當作扣件使用的奧氏體不鏽鋼種類是 304、302HQ (HQ 代表頂鍛質量)、204-Cu、316 與 321。在國際上，常見標示為 A2 代表 304 同級而 A4 代表 316 同級。

奧氏體不鏽鋼在不鏽鋼分類中是防蝕性最佳的。它們通常不具磁性，並有吸引人的外觀與光澤。此類不鏽鋼無法熱處理但可在冷加工中迅速的速度中加工硬化。為此緣故，這些材質對於冷鍛是極度的挑戰，特別是有複雜幾何圖形的零件、重型擠壓與大型鍛粗件。雖然這些材質無法透過熱處理強化，但它們可以於執行顯著冷加工的範例中進行退火以恢復延展性。

奧氏體不鏽鋼其中一個為人所共有的特性是它們不具磁性。然而，使用者常會被具中度磁性的奧氏體不鏽鋼混淆，為什麼會這樣？

磁性指的是材料的磁導率或是可於本身中形成的磁場來估計。磁導率，就像許多的材質特性，是金屬內部結構的一種功能。在奧氏體不鏽鋼的情形中，原子以面心立方結構組成，不具磁性。另一種不鏽鋼中的總體結構是帶有磁性、體心正方之原子結晶結構的馬氏體。在正常條件下，奧氏體不鏽鋼應該不含或是僅有相當微量的馬氏體。然而，在極端的冷加工環境中，或是從高溫中緩慢冷卻的情形下，奧氏體不鏽鋼會面臨一種稱為馬氏體相變應力 (MSIT) 的情形，或是形成一些馬氏體。馬氏體形成的程度將決定零件是否會展現特定中度的磁性。合金含量 (鎳、碳、氮) 越低，它們對於馬氏體相變應力就越敏感。因此，304 不鏽鋼在冷加工之後會比 316 不鏽鋼對於 MSIT 更為敏感。無磁性的樣態可透過簡單的熱應力消除程序來維持。

鐵素體不鏽鋼

鐵素體不鏽鋼與奧氏體不鏽鋼不

同的一個原因是其缺乏鎳，且量高於微量濃度。在北美，這些鋼材被命名為 400 系。然而，使用時需極度小心，因為馬氏體不鏽鋼也採用 400 系列號碼描述。因此，為了取得正確的分類，知道鉻與碳的成分相當重要，因為這是判別這兩類不鏽鋼的決定性因素。

鐵素體不鏽鋼提供中度的防蝕保護、具磁性、且無法進行熱處理。與奧氏等級的不鏽鋼不同，這些材質在冷加工時僅有中度的加工硬化率。為此緣故，它們的成形相當好但導致零件強度相對較低。相對於其他不鏽鋼選擇，這些材質成本低。因此，對於想獲得高於平均的防蝕保護但不想為了成效較彰的奧氏體不鏽鋼付出相應價錢的使用者來說，會特別喜愛它們。常見的鐵素體不鏽鋼扣件等級包含 409Cb 與 430 不鏽鋼。

馬氏體不鏽鋼

如先前所述，談到鐵素體不鏽鋼，馬氏體不鏽鋼也使用相同的 400 系列號碼，在含量中僅有少量或是無鎳。同樣的，如同鐵素體的品

項，鉻與碳含量是它們屬於哪一類的決定因素。馬氏體不鏽鋼不論如何在重量上都含有約 12% 到 17% 的鉻。

在此處考慮的三個種類中，它們的防蝕性最低。它們具磁性、有中度加工硬化率，並可使用輝面硬化進行熱處理。輝面硬化是在真空爐中完成並可提升表面到光亮、閃耀的光澤。除了出色的外觀，這些零件在熱處理過後可展現出相當高的強度。扣件常採用的馬氏體不鏽鋼等級包含 410、431 與 420。

沉澱硬化不鏽鋼

這些材質提供所有品項中最佳的強度與防蝕性結合。一般而言，它們的防蝕性略低於奧氏體不鏽鋼，但考慮到可達成的強度與防蝕性比率時，則屬較佳。它們具有磁性。

沉澱硬化不鏽鋼採用的是與淬火與回火處理鋼材完全不同強度的機制。它們透過溶體熱處理與時效的機制硬化。在此程序中，材質被充分加熱好讓所有構成物進入溶液，就像在熱茶中融化的糖。接著材質會經淬火好讓所有成分都“固定”在溶液中。隨著時間過去，構成物開始形成沉澱物，沉澱物是溶解於溶液中之構成物化學反應形成硬度更硬的結構。這些新形成的沉澱物結構比熱處理前的構成物更硬也更堅固。提供時間沉澱這些新結構的程序就稱為時效處理。這個硬化程序可以得到中到高強度的零件，並因為執行程序的方法而導致僅有最低大小的變化或變形。

沉澱硬化不鏽鋼難以成形加工。通常其有高降伏點以及拉伸強度，且

不似奧氏體不鏽鋼的延展性。因為這些原因，通常僅有使用過這些材質的扣件製造商會被選為供應商。常用的沉澱硬化扣件等級包含 17-4PH、15-7PH、以及 PH13-8Mo®。

雙相不鏽鋼

雙相不鏽鋼是市場上相當新的材質。它們尋求結合奧氏體與鐵素體不鏽鋼最優良的屬性，通常是以兩者 50/50 比例的結合。它們比奧氏體或是鐵素體不鏽鋼更為堅固。它們也展現出可抵抗局部性腐蝕的防蝕性提升，特別是點蝕與裂縫，它們也增加了對於應力腐蝕裂痕的耐受性。

雙相不鏽鋼的鉻與鉬含量高，但鎳含量低。它們具磁性。此材質無法進行熱處理，但可透過冷加工強化。常見的雙相不鏽鋼扣件包含合金 2205 與合金 255。

鈍化處理

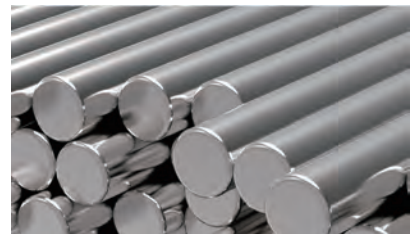
使用者在不鏽鋼零件表面發現生鏽的小點時常會感到驚訝。這會導致使用者認為供應商沒有提供正確的材質。這不是常見的狀況，因為零件在加工處理期間暴露在碳鋼或是鐵的來源中，通常是在鋼盤或鋼盆上完成的零件集中期間。接觸這些鋼盤或鋼盆會轉移微量的鐵到零件表面上。這些鐵的粒子，接著氧化讓它看起來像是零件正在生鏽，事實上並不是生鏽。

為了避免此情形，不鏽鋼零件通常會進行鈍化處理。鈍化處理是將零件浸泡在高溫酸性溶液，通常是檸檬酸或硝酸。此可做為清潔任何鐵污染零件的程序，清除任何鋼線塗料上仍有的銅，並讓零件更加鈍化。

選擇適當的不鏽鋼

在許多要素中正確選擇是很關鍵的，但主要還是在於需要何種效能與特質的功能。最常見的選擇影響因子有：

- 所需的防蝕性
- 使用零件的環境（容易受到縫隙腐蝕攻擊、應力腐蝕碎裂、氫脆和硫化物應力碎裂的應用中須特別注意）。
- 所需強度，特別是溫度升高或降低時
- 成形性
- 焊接性
- 切削加工性
- 成本



現存有可協助設計師選擇正確材質的優秀的資源資料。這些資源會顯示出所有因子的關聯，像是與防蝕有關的銹粗性或是冷加工百分比造成的拉伸強度影響。總體而言，設計師應有能力縮小最符合其需求的不鏽鋼選擇。

結論

對於須在嚴酷環境中使用的扣件而言，不鏽鋼可以是優良的材質，例如食品加工用途以及有氯化物的用途，像是造紙廠、油墨生產、紡織品和橡膠。除了此類嚴峻的用途，不鏽鋼扣件在日常生活的多種用途中使用，只要設計師不希望零件腐蝕，或是想要有特定外觀或模樣時，就會使用不鏽鋼。雖然很多用途中可能不需要不鏽鋼扣件，但 Harry Brearley 在一百多年前的意外發現在現代仍因它的特性而受到歡迎。