

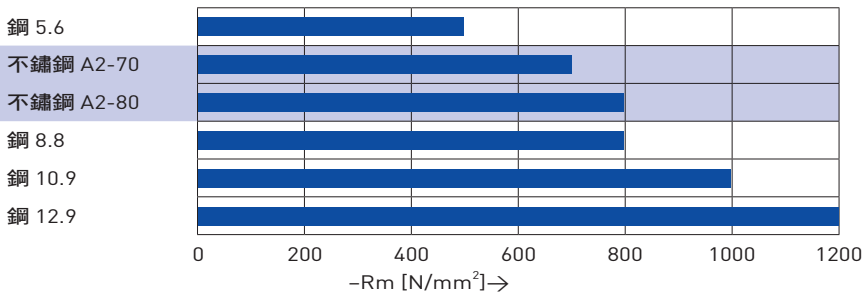
什麼情況下 會使用不銹鋼材螺絲

文 / Jozef Dominik

簡介

不銹鋼材在機械緊固理論和實際應用中扮演重要角色。由於不銹鋼是螺絲生產製造不可忽略的材料，其使用範圍不斷增加。

使用不銹鋼生產螺絲的設計考量，在於螺絲的使用環境條件。當氣候極端，腐蝕風險持續增加。從強度觀點而論，這些不銹鋼在許多實例使用中雖然無法取代，但都未達到硬化鋼材的品質（圖一）。



圖一 各種鋼材的強度 [Rm]

根據微結構的主要成份，不銹鋼鋼材可分類為沃斯田鐵、麻田散鐵和肥粒鐵，如表一所示。

表一 用於生產螺絲和螺帽的不銹鋼材

沃斯田鐵 A1 - A2 - A3 - A4 - A5	麻田散鐵 C1 - C3 - C4
<p>成分約含 18% 鉻 [Cr] 和 8% 鎳 [Ni]。若要提高抗銹蝕性則添加鉬 [Mo] (上述 A4 鋼材群組)。這種鋼材無法硬化，只能以機械硬化方式達到較高強度。這類鋼材具有順磁性。</p>	<p>麻田散鐵不銹鋼是唯一可硬化的不銹鋼材，具有鐵磁性。成分約含 12% 鉻 [Cr]、0.12% 碳 [C]，其餘為鐵 [Fe]。典型的例子如 Marutex® 自攻螺絲。</p>
<p>肥粒鐵不銹鋼 成分約含 17% 鉻 [Cr]、0.02% 碳 [C]。因為韌性低，無法硬化，實際用例非常少。</p>	

沃斯田鐵鋼

這種鋼材是使用最廣泛的一種不銹鋼。基本合金系統組成是鉻 (Cr)、鎳 (Ni) 或鉬 (Mo)。由於鎳 (Ni) 能夠使相變 $\gamma \rightarrow \alpha$ 開始溫度移到冰點以下，這些鋼體在一般溫度下仍處於沃斯田鐵狀態，因而無法以一般熱處理方式硬化。機械冷強化加工可提升強度值到 800 N/mm²，自然狀態下的商業值 500 N/mm²，輕度機械強化 700 N/mm²。沃斯田鐵因其立方體狀方心元素晶格結構，在一般情況下具有順磁性。冷成型後可以達到特定的磁性，以磁導率 μ_r 表示（表二）。

表二 沃斯田鐵不銹鋼的磁導率

鋼材類型	A2	A4	F1
磁導率 μ_r	~1.8	~1.05	~3.5

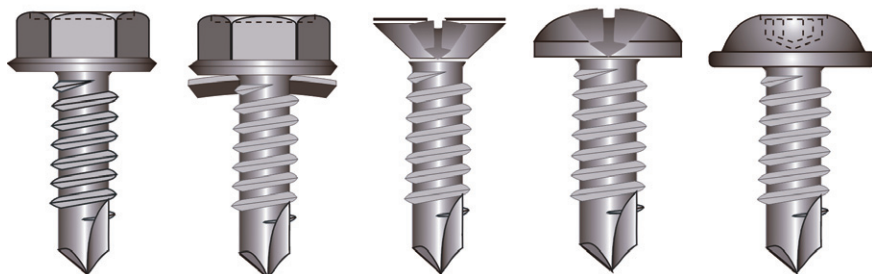
注意：鋼在零磁性時 $\mu_r = 1$

沃斯田鐵不銹鋼區分為下列 A1-A5 次群組：

A1	防銹蝕鋼材，含有 S 成分，可改善加工性。
A2	鉻鎳鋼，具有優良的耐腐蝕性能，並且適用於製造食品加工的機械產品。可耐低溫。
A4	鉻鎳鉬鋼，具耐蝕和抗酸性。使用在製造經常暴露海水鹽霧水汽作用的零組件，同樣也適用於食品加工以及低溫用途。
A3 A5	沃斯田鐵，硬化方式是利用鈦、鉍或鉍來抑制晶間腐蝕發生。
除了 A1 群組之外，其餘的沃斯田鐵不銹鋼都相當容易 / 適宜焊接。	

B. 麻田散鐵不銹鋼

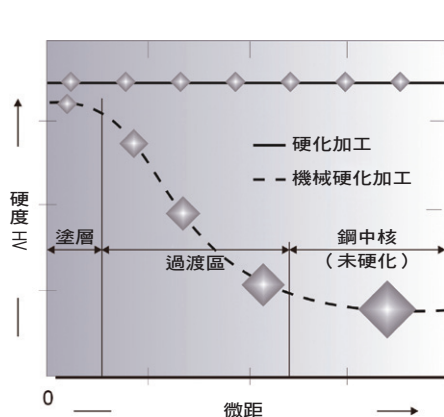
這種鋼材是唯一能夠被硬化的不銹鋼類型，也就是在沃斯田鐵處理後施以淬火和回火處理。最終微結構成分是麻田散鐵，即呈立方體狀空間中心元素晶格 α 相結構。這種鋼材具有鐵磁性；著名的 Marutex[®] 不銹鋼自攻螺釘就是以這種鋼材製造（圖二）。



圖二 由麻田散鐵不銹鋼製成的自攻螺釘

C. 肥粒鐵不銹鋼

最終微結構成分是肥粒鐵，呈立方體狀，空間中心元素呈現晶格結構。碳含量低，因此，這些鋼材無法硬化，機械強化方式可以提昇強度。這種鋼材具有鐵磁性，因為不具顯著功能，所以這種鋼材實用例很少。



圖三 微距與硬度分佈

所有不銹鋼類型的一般強度是自然狀態下的強度（介於 500 到 600 N/mm² 之間）。麻田散鐵鋼的強度提升（從 700 到 800 N/mm²），可藉由硬化加工以及機械冷強化加工沃斯田鐵和肥粒鐵鋼。硬化加工時，整個成分結構內部會產生同質而無硬度梯度的微結構，機械強化後，硬度增加的部位僅限於表層，而所謂的核心仍然維持原始自然狀態（圖三）。這種方法的優點是螺紋表面可順勢受到適當的應力。

使用和風險

緊固件不銹鋼的使用依據 ISO 3506 標準規範。通常合金元素為鉻，以其高親氧性；因此，與空氣接觸時可迅速在鋼材表面形成一層透明的氧化薄膜。這個氧化薄層促成塗層的鈍化和抗蝕性能。換句話說，沒有氧氣，不銹鋼就不具抗蝕性。若要提高抗蝕性，可添加鎳 (Ni) 和鉬 (Mo)。形成鈍化塗層，可以藉由人工使用 20~40℃ 硝酸 (HNO₃) 浸漬 10~20 分鐘誘發的方式達成。

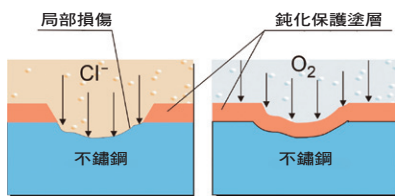
不銹鋼或其他鋼材雖然不是抗蝕的萬靈丹，但在大多數情況，上述鈍化塗層可提供鋼製部件足夠的抗蝕性。特定條件下，腐蝕可能導致災難性的後果。

如表三所示，不銹的鉻鎳 (Cr-Ni) 鋼幾乎完全無法抵抗氯離子 (Cl⁻) 的侵入。室內游泳池是典型例子，鉻鎳鋼製部件飽含具有侵蝕性的氯離子水汽，因為游泳池添加漂白粉消毒水質。這些水汽沖刷鋼製部件表面，阻礙鈍化保護塗層的形成。

空氣條件若是充足，不銹鋼表面局部的機械損傷（如圖四）可以迅速再生自動修補受損部位，持續抗蝕防護功能。

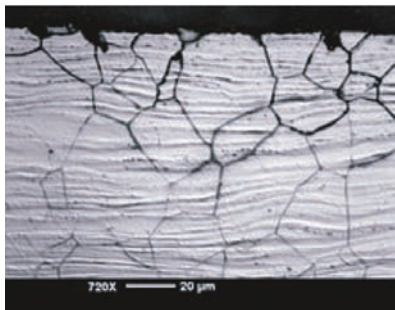
表三 材料的抵抗性

環境	材料	鋅 (Zn)	Ms 63	銅 (Cu)	合金鋼	鉻鎳不銹鋼 [Cr-Ni] 18/9
	材料減損 [μm/年]					
室內		1 ÷ 3	4	2	60	< 2
戶外		6	4	2	70	< 2
工業大氣層		6 ÷ 19	8	4	170	< 2
海濱空氣		2 ÷ 15	6	3	170	< 2
海水		90	15 ÷ 100	15 ÷ 30	170	< 2
鹽酸 (HCl)		無抗性	無抗性	30	無抗性	2100
二氧化硫 (H ₂ SO ₄)		無抗性	15 ÷ 150	8	無抗性	< 2
氫氧化鈉 (NaOH)		無抗性	75	8	相對抗性	~ 5

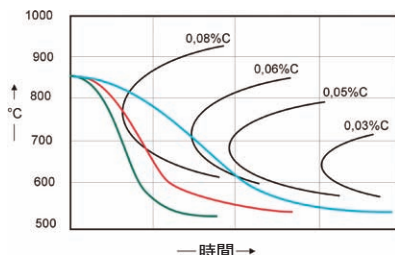


圖四 不銹鋼表面自動再生

不銹鋼腐蝕的另一例子有關晶格結構，如圖五所示。問題發生主要的在晶粒部位，由於鉻與碳化物的排出，加上鍛造或焊接後降溫冷卻速率緩慢，或是鋼材的碳含量過高，造成鋼固溶體（基體）鉻遞降至臨界值以下（圖六）。鋼材的碳含量越高，越容易產生晶間腐蝕。



圖五 不銹鋼晶間腐蝕（維基百科）



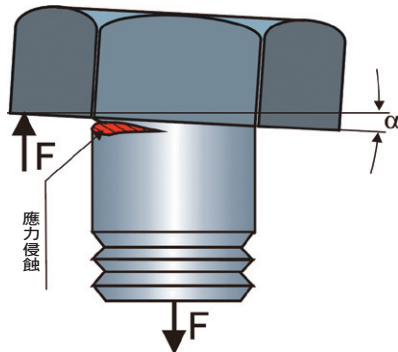
圖六 不銹鋼的轉換

安全措施：

1. 採用浸入液體方式加速鍛造或焊接後的冷卻。冷卻速率不能太快，以免產生龜裂。
2. 鋼材的穩定化依賴鉭、鉍或鈦金屬的合金（A3，A5 鋼材）
3. 熱鍛鋼的碳含量不應超過 0.05% 含量值。

當然，發生在同步進行的拉伸荷載加工過程的腐蝕也不能忽視。這種情況可能發生，例如閥

座表面與螺旋軸不垂直（圖七），結果頭部下方產生的龜裂很容易成為周圍環境侵蝕的部位。這是非常危險的情況，因為這個部位的龜裂無法以肉眼看見，通常最後結果是螺絲頭部斷裂。



圖七，螺絲頭部下方龜裂

我們討論不銹鋼材使用的風險，不可忽略材料組合不正確可能導致螺絲和螺帽所謂「冷焊接」的不良（圖八）。這樣的接合，實際上不可能以一般工具拆卸。有效的預防措施是在裝配前在螺紋上塗上特殊接合劑。



圖八 A2 鋼製螺帽「冷焊接」不良情形

結論

不銹鋼具有不需爭議的實用性，在機械接合技術領域，許多應用情況下也具有不可替代的地位。緊固件生產比例上不斷上升就是一個明顯的證據。但是，不銹鋼無論如何也不能看作是防蝕萬靈丹。正如上文所示，不銹鋼性能各異，有必要隨其不同性能作正確使用；唯有如此，不銹鋼才能夠完成原先開發設計所賦予應有的功能。

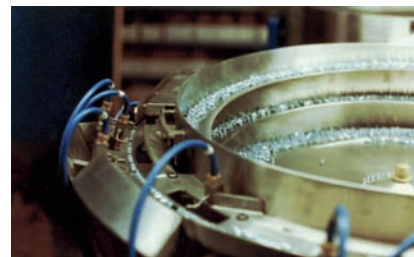
抽芯鉚釘組裝機

文 / Anthony Di Maio

我 設計了這個抽芯鉚釘組裝機，目前已在業界中使用。

組裝機結構簡介

此組裝機包含兩個送料盤，圖一所示為半徑 1/8 (3.2mm) 的鉚釘本體。兩個送料盤送料速率是每分鐘 1,000 個鉚釘本體和芯軸。另外，此組裝機還配置有鉚釘本體和芯軸的補料斗（圖片未顯示），以確保送料盤內鉚釘本體和芯軸的數量維持穩定。若要送料盤內的重量維持穩定，必須保持 1,000 個工件的送料速率。鉚釘本體從送料盤進料的方向是筒管朝下。下行軌道因為有 180 度的轉彎弧度，所以鉚釘本體送到組裝機台的方向是筒管朝上。鉚釘本體的送料盤將鉚釘本體從組裝機送出，進入弧度 180 度的轉彎軌道，然後將鉚釘本體以筒管朝上的方式運送到組裝機台。180 度轉彎軌道讓鉚釘本體筒管朝下進入，筒管朝上送出。



▲ 圖一 送料盤

芯軸轉盤在機身左邊（圖二），以順時針方向轉動。鉚釘本體轉盤在右邊，以順時針方向轉動。共有 4 個芯軸推桿，其沖程為 0.625 (15.87mm)。每個推桿依不