

不鏽鋼種類與材質磁性的關係

國立清華大學奈微與材料科技中心 陳瑞凱

國立清華大學材料科學工程學系 詹益愷

不鏽鋼為最大宗的特殊鋼產品。在最近數十年間，台灣已成為世界不鏽鋼平板類產品第七大生產國，有超過 30 % 的不鏽鋼，銷往全球各地，成為世界不鏽鋼主要輸出國之一。不鏽鋼不僅在工業上，提供足夠的機械性質及抵抗日常環境下的腐蝕外，因為易於清洗，且有抗蝕效果，在家用廚具及食品藥物用具上也特別適用。因此，不鏽鋼優異的抗蝕性質與機械性質，使其在工業上及生活上，佔有舉足輕重的地位。

「不鏽鋼」並非完全不鏽。英文 stainless steel，意指，相對於碳鋼等其他鋼材而言，較不易生鏽。不鏽鋼以鐵為基底，並添加鉻、鎳與其他合金元素。不鏽鋼中，最主要的添加元素鉻，含量需要在 12 % 重量比以上，才能稱為不鏽鋼。鋼材中的鉻一旦超過 12 %，在其表面上，易與氧形成一層完整且緻密的抗蝕與耐熱氧化鉻保護膜，故可有效隔絕腐蝕向內進行，甚至有自行修復氧化鉻保護膜的能力。因此，不鏽鋼相較於一般鋼材，更具有抗腐蝕與耐熱能力，並常保有金屬光澤，所以民間俗稱它為「白鐵」。

不鏽鋼可依照其添加鎳與鉻合金元素，分成五種不同微結構(相)

的型式，即奧斯田鐵型、肥粒鐵型、麻田散鐵型、析出硬化型及雙相型不鏽鋼。圖一為五種不鏽鋼的鎳與鉻重量百分比(wt%)關係圖。

一、奧斯田鐵型不鏽鋼

在主要元素為鐵之基材中，加入鉻（含量約 16 至 25 wt%）及鎳（含量約 7 至 20 wt%）而成。鎳使合金保持在奧斯田鐵相，具有較佳之高溫性質、低溫韌性、耐蝕性及成形性。奧斯田鐵型不鏽鋼，有最佳的抗蝕能力，因此佔了不鏽鋼全部使用量的 70 %。在一般情況下，無磁性，只有少數較不穩定的鋼種，經冷加工(Cold work)後具有磁性。此鋼種在國際上常以 300 系稱之，基本型為 302 與含較低碳的 304 不鏽鋼，鉻與鎳的含量分別為 18 wt% 及 8 wt%，此即一般俗稱的 18-8 不鏽鋼。奧斯田鐵型不鏽鋼，容易在含氯離子的環境，如海水與鹽水中，產生孔蝕現象，因此，316 不鏽鋼便是利用 304 不鏽鋼加入 2.5 wt % 的鉬，來抑制孔蝕現象。200 系不鏽鋼從 300 系不鏽鋼發展而來，以較鎳廉價的錳，取代鎳，雖成本較低，耐蝕性也相對較差。

二、肥粒鐵型不鏽鋼

主要元素僅有鐵及鉻，鉻含量約 12 至 30 wt%，此鋼種在不同溫度下均為肥粒鐵相，即不會因溫度的變化而發生相變化，國際上常以 400 系不鏽鋼稱之。由於合金元素少了鎳，故為較廉價

的不鏽鋼，耐蝕性相對奧斯田鐵型不鏽鋼也較差，其中代表鋼種為 430 不鏽鋼，鉻含量約 17 wt%，雖然耐蝕性較差，但有成本低廉的優勢，因此，在一般工業與日常生活上，低腐蝕環境下，仍廣泛使用。常見的肥粒鐵型不鏽鋼，依照鉻含量範圍及熱處理後形成的麻田散鐵量分成兩類：

(一) 鉻含量約 15 至 18 wt% 以及碳含量約 0.06 wt%，例: 430 不鏽鋼(鉻含量 17 wt% 與碳含量 0.06 wt%)。

(二) 鉻含量約 25 至 30 wt% 以及碳含量約 0.08 wt%，例: 446 不鏽鋼(鉻含量 25 wt% 與碳含量 0.08 wt%)。

三、麻田散鐵型不鏽鋼

此型不鏽鋼，含鉻量約 12 至 17 wt%，含碳量約 0.15 至 1.2 wt%，為 400 系及 500 系不鏽鋼，基本型是 410，其鉻含量約 13 wt%，在高溫時，此鋼種為沃斯田鐵相結構，經快速冷卻後，轉變成麻田散鐵相，具鐵磁性。麻田散鐵系不鏽鋼，具有高硬度、高強度及低價格之優點，但其延展性、耐蝕性較差，有回火脆性，因此，常用在需高硬度、高強度、耐磨耗，但為輕度腐蝕的環境中，如家庭用刀、剪及醫療用具等。

四、析出硬化型不鏽鋼

此鋼種以 17-7 奧斯田鐵型不鏽鋼為基礎，添加少量合金元素，

如鋁與銅，藉由熱處理促使析出物析出，而達到增進強度的效果，具有優良的強度、耐蝕性和切削性，適合製作航太工業等用途的高精度元件。國際上以 600 系不鏽鋼稱之；因使用量不多，故大多採用商標名稱。依照金相組織的不同，分成兩類：

(一) 半奧斯田鐵析出硬化型不鏽鋼：

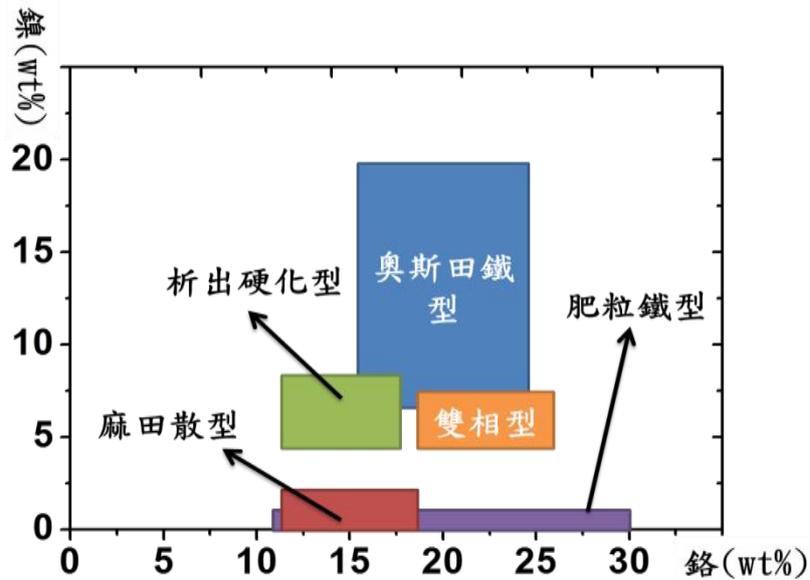
需先將奧斯田鐵相熱處理，使轉變成為麻田散鐵相，才能獲得析出硬化，常見如 17-7 PH。其中 PH 即為析出硬化的意思。

(二) 麻田散析出硬化型不鏽鋼：

析出硬化元素以銅為主，將合金施以單純時效處理，即可獲得析出硬化的效果，因具有較高的硬度，故為較常使用的析出硬化型不鏽鋼，如 17-4 PH 與 Custom 450 等。

五、雙相型不鏽鋼

雙相型不鏽鋼為近年開始發展的不鏽鋼，其目的是為了克服沃斯田鐵型不鏽鋼容易在含氯環境下，產生應力腐蝕的缺點。在常溫下，為奧斯田鐵相與肥粒鐵相雙相共存，且二相比例幾乎相等。此鋼種將鉻含量調整至 24 wt%；鎳含量調整至 7 wt% 以上，使其在常溫下呈雙相狀態，故其強度、韌性、與應力腐蝕耐受性，可介於奧斯田鐵型不鏽鋼及肥粒鐵型不鏽鋼之間。



圖一、不鏽鋼種類與鎳鉻含量關係圖。

不鏽鋼亦可以添加元素來分類。表一即為以不同的鎳鉻合金元素含量變化分類的列表，可分成鉻系、鉻鎳系、鉻鎳錳系與低鉻系四種不鏽鋼系。

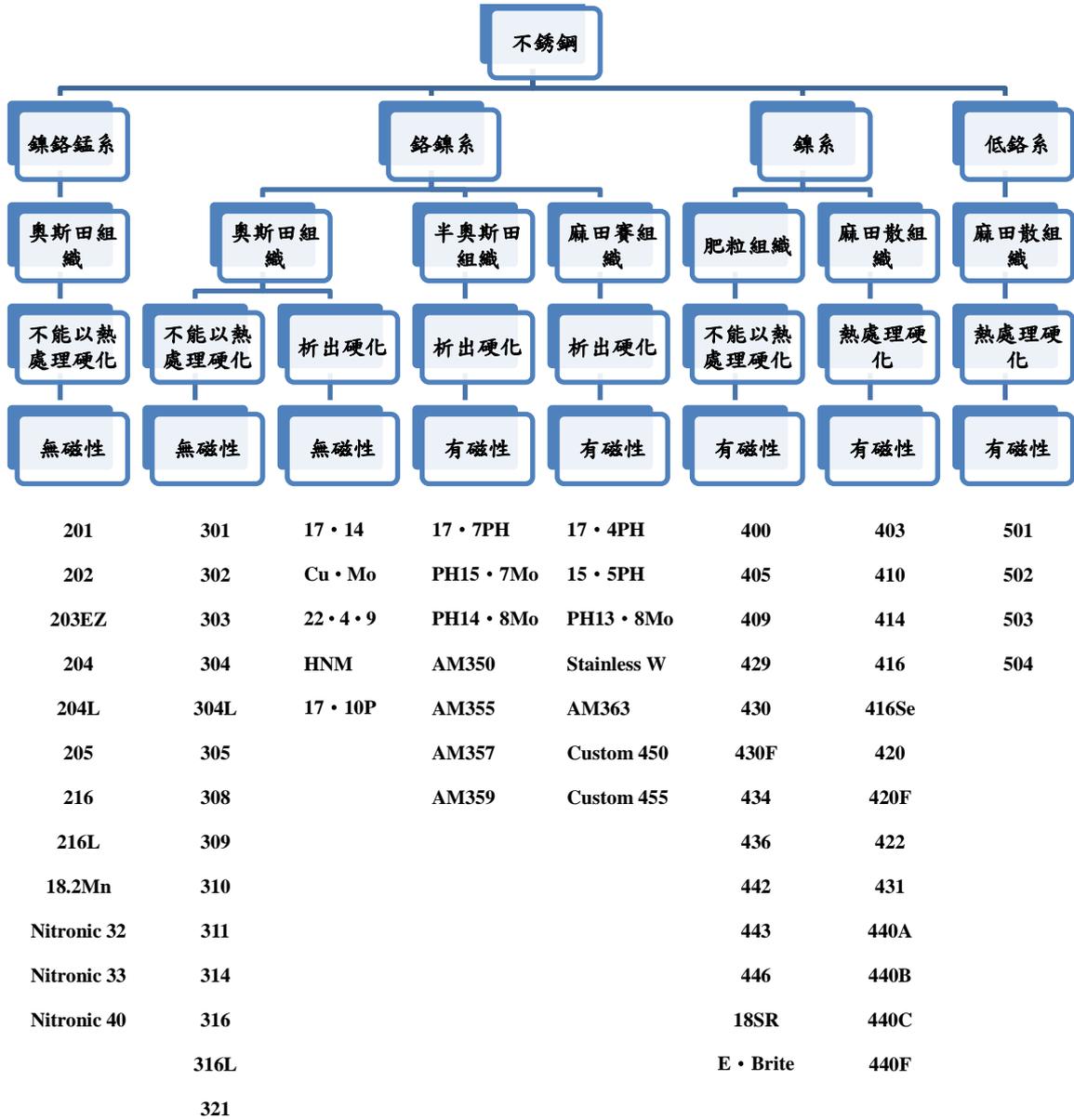
一、鉻系：400 系為主，不含鎳或含鎳量小於 2.5 wt%，包括麻田散鐵型不鏽鋼和肥粒鐵型不鏽鋼等。

二、鉻鎳系：300 系奧斯田鐵型不鏽鋼與 600 系析出硬化型不鏽鋼為主，利用加入鎳保持穩定的奧斯田鐵組織，是市面上最常見的不鏽鋼。

三、鉻鎳錳系：200 系為主，主要是把 300 系列中鎳改用廉價的錳來取代，為另一種廉價的奧斯田鐵型不鏽鋼。

四、低鉻系：500 系為主，鉻含量只有 4 至 6 wt%，實際上不能稱為不鏽鋼，其價格低廉，主要用於石化業。

表一、以不同鎳鉻合金元素的含量變化的不銹鋼分類表。



不鏽鋼的合金含量，依不同種類，會有不同的配比，使其耐蝕性質與機械性質有所差異，所以釐清不鏽鋼中所添加合金元素，對於性能的影響很重要，例如添加鉻與鎳，能增加耐蝕性；添加鈮與鈦，能減少粒間腐蝕現象；添加鋁，增進機械性質等。

表二、不鏽鋼中添加合金元素對性能上的影響簡表。

性質	增加強度	增加耐蝕性	增加切削性	增加硬度	增加韌性
合金元素	C, Mo, Ti, Al, Cu, N	Cr, Ni, Mo	S, P, Se	C, Mn	Ni

市面上家用不鏽鋼，大多是以 304、316、430 為主，其中 304 更是佔了所有不鏽鋼的 70%。316 價格較為昂貴，通常用在醫療器材或鹽水環境下，430 則較為廉價且硬度足夠，適合用在刀叉、剪刀上，表三為常見不鏽鋼的各類比較。不鏽鋼合金元素中的鉻和鎳，其價格高，且容易受國際期貨波動影響，因此，在抗蝕能力與成本之間，取得平衡是很重要的。近來市面上部分產品，打著 304 不鏽鋼的名稱，卻使用成本較低廉的 200 系列不鏽鋼，利用錳代替鎳，不僅抗蝕強度降低，亦涉及虛偽不實的問題。

表三、常見不鏽鋼型號比較。

型號	316 系	304 系	201、202 系	430 系
不鏽鋼種	奧斯田鐵型	奧斯田鐵型	奧斯田鐵型	肥粒鐵型
化學成分	18%鉻 10%鎳 2%鉬	18%鉻 8%鎳	17%鉻 4%鎳 7%錳	18%鉻 0%鎳
優點	適用於應力腐蝕與鹽水環境	耐蝕性好	成本低	成本低 加工性佳
缺點	價格高	價格高	抗蝕性較差	耐蝕性、焊接性、延性皆差
用途	高級用具、醫療用具	食品用具、建材、機械工具	304 販售	工業結構、刀、剪

不鏽鋼到底會不會帶有磁性？這是近來媒體與民間爭相討論的議題。在討論這問題前，首先要瞭解不鏽鋼種類與微結構的關係。從金相微結構來看，不鏽鋼分成三大類，包括肥粒鐵相、奧斯田鐵相及麻田散鐵相三大類，其中肥粒鐵相與麻田散鐵相皆有磁性；奧斯田鐵相則無磁性。因此，奧斯田鐵型不鏽鋼為沒有磁性的不鏽鋼種，如：200 系、300 系不鏽鋼。相對地，肥粒鐵型不鏽鋼、麻田散鐵型不鏽鋼、析出硬化型不鏽鋼及雙相型不鏽鋼，皆帶有磁性，如：400 系、500 系及 600 系不鏽鋼等。表四為不鏽鋼鋼種與磁性的關係表。

表四、不鏽鋼種與磁性的關係表。

磁性	不鏽鋼種	不鏽鋼代號
有磁性	肥粒鐵型不鏽鋼、麻田散鐵型不鏽鋼、析出硬化型不鏽鋼、雙相型不鏽鋼	400 系、500 系、600 系
無磁性	奧斯田鐵型不鏽鋼	200 系、300 系

然而光是這樣簡單的利用微結構組織，分類磁性，還不是怎麼精確；因為即使是奧斯田鐵型不鏽鋼，也會因許多其他因素，造成弱磁性，包括冶煉過程中化學成分偏析、加工狀態不同，造成少量肥粒鐵相或麻田散鐵相的生成，以及受加工變形後，組織轉變為麻田散鐵相等，這些都將會使得原本的奧斯田鐵相，產生相變化，進而帶有弱磁性，但反觀肥粒鐵型不鏽鋼，如 430 不鏽鋼，則是一直帶有強磁性，易受磁鐵吸附。

由以上的討論可知，光是利用磁性並不足以判別不鏽鋼種類，例如同樣是奧斯田鐵系且無磁性的 200 系與 300 系不鏽鋼，就無法透過具有磁性與否而區分。因此利用磁性檢驗不鏽鋼的好壞，是一個不精確且不完全的方式，如果廠商製作時，並非使用標準 304 等不含磁性的材料，我們還是無法單憑磁性加以確認是否為 304 不鏽鋼。除了磁性外，包括不鏽鋼的表面呈色與重量等，皆無法單純用來判別不鏽鋼的好壞，因此應盡量選用標示清楚成分的不鏽鋼種類。

由於近來傳出不鏽鋼用具使用 200 系列的不鏽鋼魚目混珠的風波，國人開始重視分辨不鏽鋼種類。在常見不鏽鋼中，磁鐵能否吸附僅能粗淺地分辨 430 及 304 或 316 不鏽鋼的差別，實際上還是要經由專業實驗室檢驗，才能真正確認不鏽鋼成分。除了不鏽鋼的選購外，對於不鏽鋼的使用方式，也需注意，就能依照需求，選用適合的不鏽鋼材

料，在適當的環境下，發揮其耐蝕的效用。

參考文獻:

- [1] William F. Smith, Structure and Properties of Engineering Alloys, (McGraw-Hill, New York, 1993.).
- [2]王繼敏, 不鏽鋼與金屬腐蝕(科技圖書股份有限公司, 台北市, 1997.)
- [3]國家環境毒物研究中心 2013 年 10 月 15 日新聞稿, 錳對健康的影響.
- [4]親子天下雜誌 2013 年 9 月第 49 期, 爸媽別擔心! 不鏽鋼餐具錳超標「毒」害微乎其微。
- [5] WHO Environmental Health Criteria 228: Principles and methods for the assessment of risk from essential trace elements, World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2002.
- [6] Suzuki, Y., Environmental contamination by manganese, Jap. J. Ind. Health, 12, pp. 529-533, 1970.
- [7] U.S. EPA, 1997, Manganese Integrated Risk Information System (IRIS), U.S. Environmental Protection Agency. Last revised April 1, 1997. Available on the Internet at: <http://www.epa.gov/iris/subst/0373.ht>
- [8] Ejima, A., T. Imamura, S. Nakamura, H. Saito, K. Matsumoto and S. Momono, Manganese intoxication during total parenteral nutrition, Lancet, 339, p. 426, 1992.