



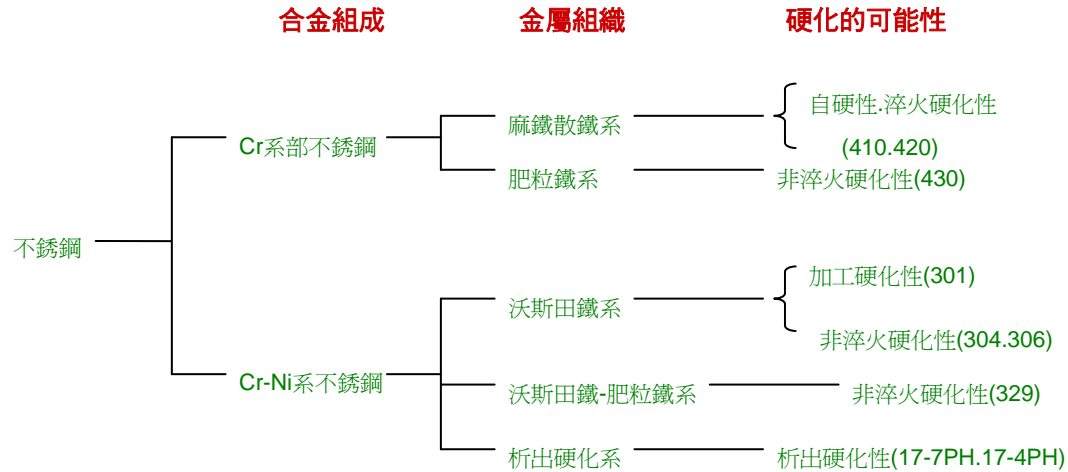
# 不銹鋼

## 定義

在鋼中含鉻量大於 12%以上，具有較高的抵抗外界介質（酸、堿鹽）腐蝕的鋼，稱為不銹鋼，不銹鋼因表面生成 Cr 的氧化皮膜，又含有 Ni 使氧化膜的密著性提高，故具有相當好的耐蝕性。但不銹鋼並不是對所有的酸類均耐蝕，對硝酸的耐蝕性強，但對硫酸、鹽酸等較弱。

## 1.不銹鋼的種類

不銹鋼是含 Cr12%以上的具有耐蝕性的鋼，依成分分類有 Cr 系和 Cr-Ni 系兩種，若再依組織細分則此兩種不銹鋼又有麻田散鐵系、肥粒鐵系、沃斯田鐵系及析出硬化系四類，如下所示：



### (1) 肥粒鐵系不銹鋼之特性應用

此類鋼種都屬於 Cr 系不銹鋼，其主要化學成分為 17%Cr、0.1%C。表 6.1 示這種鋼的化學成分、機械性質和用途例。

這種鋼會因冷間加工而稍硬化，在一般熱處理中，肥粒鐵不因急冷而淬硬，故僅以退火狀態使用。其含 Cr 量較麻田散鐵系者高，具有代表性的有 SUS 430、SUS 429，其耐熱性及對硝酸之耐蝕性，均優於有淬火硬化性之麻田散鐵。SUS 430F 與 AISI 430Fse 含有改善切削性的元素 S 和 Se。而 SUS 434 與 SUS 436 是在 SUS 430 中添加 Mo 或 Mo、Nb 而成的改良鋼種，有優良的耐大氣腐蝕性。SUS 446 含 Cr 量相當高，故高溫耐氧化性佳。

SUS 430 比沃斯田鐵系不銹鋼便宜，廣用於廚房、汽車外殼、硝酸工業等，是 Cr 系不銹鋼中產量最大的鋼種。



表 6-1 肥粒鐵系不銹鋼的鋼種、化學成分及代表性機械性質

鋼種組成	鋼種記號		化學成分 (%)			機械性質 (退火)						用途
	JIS	AISI	C	Cr	其他	02% 應變降伏強度 Kg/mm <sup>2</sup>	02% 抗拉強度 Kg/mm <sup>2</sup>	伸長率 (%)	斷面縮率 (%)	Izod 衝擊值 (ft-Lb)	硬度 (H <sub>B</sub> )	
13Cr-A1	SUS405	405	≤0.08	11.5~14.5	A10.10~0.30	28	49	30	60	-	150	改良銲接性
18Cr	SUS429	429	≤0.12	14~16	-	32	53	30	65	-	155	非硬化型，耐蝕性良，銲接性良，硝酸設備
18Cr	SUS430	430	≤0.12	16-18	-	32	53	30	65	-	155	一般用非硬化型，耐蝕性良，改善流動
18Cr-S	SUS430 F	430F	≤0.12	14-18	Mo≤0.60 任意 S≥0.15	39	56	25	60	-	170	切削性，螺絲，扣件
18Cr-Se	-	430F Se	≤0.12	14-18	Se≤0.15	39	56	25	60	-	170	同 430F，鍛造性良
18Cr-Mo	SUS434	434	≤0.12	16-18	Mo0.75≤1.25	36	55	23	-	-	160	汽車修整用，耐大氣腐蝕性
18Cr-Mo.Nb	SUS436	436	≤0.12	16-18	Mo0.75≤1.25 Nb≥C×5	36	55	23	-	-	160	434 成形性良
25Cr	SUS446	446	≤0.20	23~27	N≤0.25	35	56	25	45	2	170	非氧化性，用於含 S 氣氛

**(2) 麻田散鐵系不銹鋼之特性應用**

亦屬 Cr 系不銹鋼，由含 Cr 量不同而分為 12%Cr 和 17%Cr 兩大類。因含碳量較肥粒鐵系者高，故具有淬火硬化性，可藉熱處理提高硬度。表 6.2 示 JIS 這類鋼種的化學成分和用途例。SUS440A~C 為含鉻量為 18%含碳量大於 0.6%的淬火硬化型不銹鋼，淬火後可得高硬度。常用於刀具與耐磨零件，其熱處理強度會因 C、Cr 量而異，含碳量愈高者硬度與強度愈高，但相對 Cr 量降低，耐蝕性變差。

SUS 431 含 Ni 故硬化能提高，可改善在非氧化性氣氛下的耐蝕性，也可抵抗泥土、銹、有機物等對不銹鋼表面的腐蝕，故在耐蝕方面，此鋼種用得很多。



表 6-2 麻田散鐵系不銹鋼的鋼種、化學成分及代表性機械性質

鋼種組成	鋼種記號		化學成分 (%)			用途
	JIS	AISI	C	Cr	其他	
13 Cr 低 C	SUS410	410	≤0.12	11.5~13.5	-	可行一般用熱處理，廉價改良機械性質，輪機葉及其他受高應力的零件
13 Cr 中 C	SUS403 SUS420J 1	403	0.12~0.18	11.5~13.5	-	
13 Cr 高 C	SUS420J 2	420	0.16~0.25	12~14	-	可經熱處理而獲得高硬度、刀具、外科用器具。
13 Cr 高 C-Mo	SUS420 F	420F	0.25~0.40	12~14	Mo≤0.60	420 的削用，刀刃。
13 Cr-Mo	SUS410J 1	—	0.08~0.18	12~14	Mo0.3~0.6	
13 Cr-2Ni	—	414	≤0.15	11.5~14	Ni1.25~2.5	高壓、高溫用輪機葉
13 Cr-S	SUS416	416	≤0.15	11.5~13.5	S≥0.15 Mo≤0.60	切削用，機械加工性良好，螺栓螺帽，螺絲。
13 Cr-Se	—	416S e	≤0.15	12~14	Se≥1.25	切削用，橫方向性質，加工比 416 良好，但機械加工性差。
16 Cr-2Ni	SUS431	431	≤0.2	12~14	Ni1.25~2.5	特殊目的用硬化型，航空機備品、螺栓、刮刷器臂、彈簧、軸承。
18Cr-Mo-07 C	SUS440 A	440A	0.6~0.75	15~17	Mo≥0.75	韌性最大的高鉻鋼刀具，外科用器刀具。
18Cr-Mo-08 C	SUS440 B	440B	0.75~0.95	16~18	Mo≥0.75	刀具用，同 440A
18Cr-Mo-1.0 C	SUS440 C	440C	0.95~1.2	16~18	Mo≥0.75	強度最高的硬化不銹鋼，滾珠軸承、軸襯、刀具。



### (3) 沃斯田鐵系不銹鋼之特性應用

此鋼種之標準組成爲 18%Cr、8%Ni，一般稱爲 18-8 不鏽鋼，不具磁性。SUS304 鋼種爲最具代表性者，該鋼對具有氧化性之硝酸具耐蝕性，對非氧化性之鹽酸及稀硫酸具抗侵蝕性。但一般言，其耐蝕性非 Cr 系不銹鋼可比。

在常溫時 18-8 不銹鋼爲沃斯田鐵組織，無法藉熱處理改變其機械性質（無淬火硬化性），但具有優良的延性及韌性，常施以低溫加工，使其加工硬化增加強度和硬度。

沃斯田鐵系不銹鋼對一般性腐蝕(General Corrosion)抵抗大，但有粒間腐蝕(Inter-granular Corrosion)的缺點，其原因爲 600~800°C 支溫度加熱，使鉻的碳化物再結晶粒界析出所致。

### (4) 沃斯田鐵-肥粒鐵系不銹鋼之特性應用

屬此系之鋼種僅 SUS329J1 (AUSU 329)一種，亦屬 Cr-Ni 系不銹鋼，其化學成分爲 C<0.08%，Si<1.0%，Mn<1.5%，Ni3~6%，Cr23~28%，Mo1~3%。其 Cr 量較沃斯田鐵系高，所以呈沃斯田鐵和肥粒鐵的混合組織。這種鋼的常溫強度比沃斯田鐵系者高，並且耐孔蝕性，耐應力腐蝕性較佳。

### (5) 析出硬化系不銹鋼

析出硬化 (Precipitation Hardening)不銹鋼簡稱 PH 不銹鋼，亦屬 Cr-Ni 系，可藉熱處理使之發生析出硬化，以提高強度。具有沃斯田鐵系不銹鋼的優良耐蝕性、耐酸性、耐熱性。均是在 Fe-Ni-Cr 三元素合金中加一種或兩種以上有助於析出硬化的微量元素 Cu、Al、Mo、Ti 和 Nb 等而成者。

表中第 I 類的 JIS SUS630 (17-4PH)是麻田散鐵系不銹鋼 SUS431 的改良型，組織爲麻田散鐵及 Cu-Ni 合金析出物，這些鋼種的冷間壓延很困難，主要用作鍛造材，棒材中的齒輪、軸、螺絲或襯套、閘等。SUS631 (17-7PH)是沃斯田鐵系不銹鋼 SUS301 的改良型，組織爲沃斯田鐵和 Ni-Al 合金之析出物，在常溫的成形加工性良好，可坐板材、帶材、線材和飛機構造材料或精密機械的彈簧。熱處理後強度在 95~150kg/m<sup>2</sup>的範圍，故亦可做高強度不銹鋼和耐熱鋼之用。屬第二類之 17-10-P 的組織爲沃斯田鐵和碳化物、磷化物析出物，應用於非磁性方面，因碳、磷量高，其熱間加工性不好。第 III 類鋼種爲沃斯田鐵和肥粒鐵組織，析初務部固溶於肥粒鐵，有 V2B，PH55A~C 等。因具有兩種不同組織，不易熱間加工，一般用在閘、旋塞等鑄材。

## 2.不銹鋼的熱處理

### 1、肥粒鐵系不銹鋼

肥粒鐵系不銹鋼只行退火熱處理以消除加工硬化，使材質變軟切削容易；又結晶粒因退火而微細化，可改善強度、衝擊韌性及彎曲能力。表 6.5 示退火溫度與硬度的關係。退火溫度依鋼種不同，普通在 700~900°C，厚度或直徑美 25 mm 保持 1~2 小時，然後空冷或徐冷。圖 6-3 示 18%Cr 鋼在不同退火溫度保持 30 分後，施以空冷所得之機械性質。其中退火於 800°C 附近者最軟，加熱至 900°C 以上時部分肥粒鐵變態爲沃斯田鐵，並發生晶粒粗大、碳化物分佈不均等不良組織型態，故常溫具脆性。

含 18~50%Cr 之不銹鋼加熱於 300~1100°C 各種溫度 100 小時冷卻後，由圖可知 35%Cr 以下之鋼，在 475°C 附近有一硬度尖峯，50%Cr 鋼並在 550~900°C 出現第二個硬度尖峯。475°C 處之硬度尖峯又稱之爲 475°C 脆化，其組織無甚變化但常溫韌性大減，耐蝕性變差。若經 600°C 以上溫度加熱 1 小時後急冷，可消除脆化，恢復其原有性質。

第二個硬度尖峯係因 sigma 相之析出所致，sigma 相爲一種含 20~75%Cr 之 Fe-Cr 非磁性脆質合金，不銹鋼在高溫長期使用後，極易析出此相，使耐蝕性與韌性降低。



## 2、麻田散鐵系不銹鋼

### (一)退火

本系不銹鋼在切削或冷間加工前，須先退火使之軟化。退火的方法有低溫退火、完全退火、恆溫變態退火等三種，如圖 6-5 所示。表 6.6 各種剛種的退火條件和所得硬度。

低溫退火的加熱溫度約 750°C，厚度每 25 mm 保持時間約為 1 小時以上，然後空冷或徐冷。是為使切削加工容易，所做的軟化處理，所費時間較完全退火短，故硬度略高，但不影響被切削性。SUS431 含 Ni 量為 1.25~2.5%，變態點會下降，所以須做二次退火才容易軟化。

完全退火是加熱到變態點以上 50~100°C，亦即 800~900°C 處，保持一段時間，使溫度均勻後徐冷，使沃斯田鐵變態為肥粒鐵和碳化物，獲得最軟狀態。因冷卻速度為 20°C/hr 以下，故所需時間很長，當溫度降到約 500°C 以下時可以採急冷。SUS431 因含 Ni 使變態速率減慢，故不宜採用完全退火使其軟化。

恆溫變態退火是將完全退火溫度冷到變態速度最大的 700°C 溫度，保持一段時間使完成變態後，在空氣中冷卻的方法。其所費時間較完全退火者短，可提高作業效率，且退火後性質與一般退火者相近，故此法漸受重視。

### (二)淬火和回火

與調質鋼的淬火一樣，麻田散鐵系不銹鋼因 Cr 含量高，使缸中的碳擴散速率變慢，必須加熱到變態點上方適當溫度，每 25 mm 須保溫 1 小時以上，使碳充分固溶於沃斯田鐵中，然後急冷使發生麻田散鐵變態。淬火溫度過高時，沃斯田鐵晶粒粗大化會造成脆性，且表面有氧化與脫碳的可能，須特別注意。

麻田散鐵不銹鋼的導熱度較碳鋼及構造用合金鋼者小，迅速昇溫時易產生內部應力導致彎裂，故淬火加熱階段必須預熱。此系不銹鋼之典型淬火作業方法。對小形件言，行一段預熱至 700~800°C。大形或後斷面物件宜先預熱 500~600°C，在預熱至 800~900°C，亦即行二段預熱。

淬火後鋼中存有殘留應力，且在組織中有沃斯田鐵殘留。在常溫下沃斯田鐵會變態為麻田散鐵，使體積膨脹，在加上殘留應力的影響，很容易造成破裂。所以淬火後須立刻實施回火或零下處理。視鋼種及用途而異，但須避免 400~565°C 間易起脆化之溫度範圍內回火。

SUS410 在各種溫度淬火後，回火於 625°C 溫度 4 小時所得的各種機械性質。淬火溫度愈高，回火後的硬度愈大韌性愈低。因此對構造物而言，需要回火後距最大韌性，其淬火溫度要低，宜選擇 920~1000°C 溫度。然而對需要高硬度的刀具言，淬火溫度要高，選擇 1000~1070°C 溫度。對高碳不銹鋼來說，淬火溫度不宜過高，因易生殘留沃斯田鐵。對低碳不銹鋼，高淬火溫度亦有不良影響，容易生成肥粒鐵，致使硬度降低。麻田散鐵不銹鋼之硬化頗大，其中含高 Cr 者具有自硬性，油冷即可硬化。



### 3、沃斯田鐵系不銹鋼

#### (一) 固溶化處理

固溶化處理 (Solution Treatment) 是本系不銹鋼最基本之熱處理，其目的為了除去冷間加工或銲接時所生的內應力，使組織因再結晶而軟化，恢復其延展性。並可使間加工或銲接時析出並具有脆性的碳化鉻或 Sigma 相固溶在基地內，增大其耐蝕性。表 6.8 示沃斯田鐵系不銹鋼的固溶化處理條件。加熱溫度因鋼種而異，加熱時間厚斷面者 1~2 小時，薄斷面者以每 2.5mm 厚度 3~5 分鐘為宜。

表 6.8 沃斯田鐵不銹鋼固溶化之加熱溫度與冷卻方法

JIS 記號	溫度範圍 °C	冷卻方法
SUS301, 302, 302B, 303, 303Se, 304, 304L, 305	1010~1120	空氣冷卻或水冷
SUS309S	1038~1120	空氣冷卻或水冷
SUS310, 310S	1038~1120	空氣冷卻或水冷
SUS316, 316L, 361J1, 316J1L, 317	1010~1120	空氣冷卻或水冷
SUS317	1040~1095	空氣冷卻或水冷
SUS321	955~1120	空氣冷卻或水冷
SUS347	1010~1120	空氣冷卻或水冷

標準的 18Cr-8Ni 不銹鋼，其含碳量約在 0.15% 以下。若加熱溫度低於 900°C，會有碳化物  $(Cr,Fe)_{23}C_6$  析出，為了避免析出脆化，必須加熱至 1050°C 溫度固溶化處理，使碳化物溶於沃斯田鐵基地中，再行冷卻。

添加 Ti 以增加粒界耐腐蝕的 SUS321 及加 Nb 的 SUS347 等不銹鋼，為不讓安定的 Ti 或 Nb 碳化物在高溫分解，要在 950~1050°C 進行固溶化熱處理。不過任何一種鋼的加熱溫度不宜超過固溶化溫度太多，否則以後在 650°C 附近使用時，會發生粒界腐蝕，尤以 SUS321 有此傾向。加熱速度對材料有很大的影響，若急速加熱會導致變形，太慢又有析出碳化化合物的可能，同時須慎防材料表面受到滲碳，使耐蝕性變小，尤其對含碳低的 SUS304L, 316L, 317L 等的固溶化處理，須特注意不良之表面附著物及爐氣控制。

冷卻方法因被處理件的形狀、尺寸而異，小而薄者空冷即可，大而厚者就須油冷或水冷，使碳來不及擴散至粒界形成碳化物，造成腐蝕敏感。SUS309S 與 SUS310 鋼必須採水中急冷方式，若不允許較大之變形，採水冷則不宜，可改採強風冷卻。



## （二）安定化熱處理

安定化熱處理（Stabilizing Treatment）是對添加 Ti 的 SUS321 或加 Nb 的 SUS347 實施的熱處理。因 870~885°C 之加熱溫度高於碳化鉻析出的溫度（~650°C），持溫一段時間，會先析出 Ti 或 Nb 的安定碳化物，因而防止碳化鉻之析出所造成之粒界腐蝕。冷卻方法隨物件尺寸或形狀而定，薄斷面者採空冷，厚斷面（8mm 以）者採油冷或水冷。

安定化熱理也具有應力消除退火的功能，在此加熱溫度空冷或爐冷，可除去加工所生的殘留應力。

## （三）應力消除退火

經冷間加工或銲接的沃斯田鐵系不銹鋼，在含有氯化物的高溫水溶淬中使用時，會發生應力腐蝕破裂，其中最常見者為鍋爐。因此在此使用環境，必須實施應力消除退火。

沃斯田鐵不銹鋼的應力消除退火溫度，通常 800~900°C，若因物件形狀特殊而無法在此高溫下進行時，則會殘留一部份應力。因此對使用條件不苛刻，允許少量殘留應力者，實施通常的固溶化處理即可。反之，則必須針對使用的環境而選擇適當的熱處理。



#### 4、析出硬化係不銹鋼

析出硬化係不銹鋼的熱處理，是先施以固溶化處理後，再施以一次或兩次的析出硬化熱處理，使麻田散鐵基地內產生析出物而硬化。這些鋼，在固溶化處理狀態時，其成形性大致和沃斯田鐵系不銹鋼相同，而析出硬化處理後硬度增加，強度與無析出物之麻田散略同。

沃斯田鐵系不銹鋼不銹鋼的應力消除用熱處理條件

鋼種 使用條件及 需要熱處理的 理	適用的熱處理		
	304L, 316L 等低 碳鋼種	321, 347, 318 等 安定型鋼種	304, 316 等標 準型鋼種
苛刻的應力腐蝕破裂環境 中程度的 弱的 除去局部的應力集中 不必擔心應力腐蝕破裂時 粒界腐蝕環境 苛刻加工後的應力消除 加工途中的應力消除 苛刻加工所致的殘留應力，厚肉品 以及熔接後 忌諱尺寸變化	A, B A, B, C A, B, C, E, F F 不必要 A, C (b) A, C A, B, C A, C, B  G	B, A B, A, C B, A, C, E, F F 不必要 A, C, B (b) A, C B, A, C A, C, B  G	(a) C (a) C, F F 不必要 C C C (c) C  G

A：完全退火            1065~1120°C徐冷  
D：應力消除退火        900°C水冷或急冷  
G：應力消除退火        200~480°C徐冷

B：應力消除退火        900°C徐冷  
E：應力消除退火        480~650°C徐冷

C：完全退火            1065~1120°C水或急冷  
F：應力消除退火        480°C以下徐冷





保持時間是肉厚每 25mm 為 24hr

(a)：為進行最適當的應力消除熱處理，可用安定型或低碳型鋼。

(b)：大都不需要熱處理，但在加工工程中使不銹鋼敏感化時，應行註明的熱處理。(c)：加工完了後，進行 C 熱處理時，可 A，B，D 熱處理