

党 剛 主 編

治 金 譯 集

不 銹 鋼

目 录

一、国外不銹鋼目前概况和发展动向.....	1
二、И. Газушко 班冶炼不銹鋼的經驗.....	(23)
三、論燒結不銹鋼的工艺.....	(31)
四、澆注不銹鋼应用鎂合金切屑.....	(40)
五、应用涂石蜡油的鋼錠模澆鑄 1X18H9T 鋼.....	(43)
六、关于不銹鋼的鑄造.....	(49)
七、含鈦、鈮和鉬的鉻錳鎳氮不銹鋼.....	(79)
八、建造核反应堆用的含硼鉻鎳奧氏体不銹鋼的特性.....	(89)
九、不銹鋼包层金属的一些性能和用途.....	(108)
十、新不銹鋼种 1X18H2AT5.....	(109)
十一、不銹鋼 1X18H2AT5(ЭП26)的组织与性能.....	(116)
十二、1X18H2AT5(ЭП26)的质量问题.....	(122)
十三、用鈦和氮代替不銹鋼中的鎳.....	(125)
十四、347 型不銹鋼經“敏感性”热处理后的耐腐蝕性.....	(134)
十五、304 型和 316 型不銹鋼的 TTS 图.....	(144)
十六、1X18H9T 型鋼在蒸餾水中的晶間腐蝕.....	(153)
十七、提高鉻不銹鋼的冲击韌性.....	(155)
十八、冷拉不銹鋼的再結晶.....	(161)
十九、奧氏体鋼的脆性.....	(165)
二十、1X18H9T 不銹鋼热机械加工的特点.....	(167)
二十一、降低含鎳量的新牌号不銹和耐酸鋼的焊接材料.....	(188)
二十二、碳和鎳对于不銹鑄鋼低温机械性能的影响.....	(190)
二十三、不銹鋼薄片的保护.....	(202)
二十四、焊接 347 型不銹鋼用的电焊条.....	(203)
二十五、制造和压制鑄模用的 Ni-Be 合金.....	(153)

一、国外不銹鋼目前概况和发展动向

一、目前发展情况及分类

不銹鋼是世界各国冶金生产者和冶金学家进行精心研究的結果。这项研究起始于十九世紀后期,直至 1910 年才有高铬合金的首批大量生产。自不銹鋼发展初期迄今,据美国鋼鐵研究所认为目前已有四十多种标准类型,并且还有更多的非标准或专门等级的不銹鋼鋼种。

在不銹鋼发展过程中,铬级和镍铬级不銹鋼的研究是不銹鋼发展过程中的里程碑。在研究铬对于冲击韧性的影响时,曾发现将含铬量自 14% 提高到 18%,室温时的冲击强度有很大的损失,并因有切口容易引起脆性破损,則 442 和 446 等型含铬量极高的合金便不适合应用在焊接结构中(参阅表 1)。1945 年,镍铬不銹鋼有了一个极重要的发展,那时熔炼工艺和技术已很完善,能使含碳量降低到 0.03% 以下,这样低的含碳量便足以有效地防止焊接期间碳化物的沉淀。同时在奥氏体不銹鋼的应用中,另一很重要的冶金因素即在高温时显示的特高强度。如果添加鉬和鈮則更加强了这一性能。

在不銹鋼的研究史中,更重要的一頁是将沉淀硬化合金发展成为一种材料,既使之具有象可以热处理的铬合金那样的高强度,又使之具有近乎奥氏体镍铬类型的耐腐蝕性。这种不銹鋼还发展成为能进行低温热处理,以克服锈皮和变形等问题。

标准级不銹鋼可根据其结构分为三类:(1)奥氏体的,(2)铁素体的和(3)马氏体的。

(1)奥氏体的——即铬镍和铬镍锰等级的。只能用冷加工使之硬化;热处理只能使其软化。在退火状态中是无磁性的,在冷加工后,有时会稍带磁性。

302 型的基本成份即众所熟知的 18-8,是具有一般用途的奥氏体等级。根据这一等级而稍加改变的有 22 种(包括铬镍锰类系的)。在这些改变中,

表 1 标准级不锈钢的特性

結構可淬硬性	磁的性質	組別	美國鋼号	成 分 %					其 他
				鉻	鎳	碳	錳	硅	
奧氏體	可以冷加工使之硬化	無磁性 (加工後可略帶磁性)	201	16-18	3.5-5.5	0.15	5.5-7.5	1	N 0.25
			202	17-19	4-6	0.15	7.5-10	—	N 0.25
			301	16-18	6-8	0.15	2	1	—
			302	17-19	8-10	0.15	2	1	—
			302B	17-19	8-10	0.15	2	2.3	—
			303	17-19	8-10	0.15	2	1	—
			303Se	17-19	8-10	0.15	2	1	S 0.15 ^b , Mo 0.6, Zn, 0.6
			304	18-20	8-12	0.08	2	1	Se 0.15 ^b
			304L	18-20	8-12	0.03	2	1	—
			305	17-19	10-13	0.12	2	1	—
鐵素體	—	—	308	19-21	10-12	0.08	2	1	—
			309	22-24	12-15	0.20	2	1	—
			309S	22-24	12-15	0.08	2	1	—
			310	24-26	19-22	0.25	2	1.5	—
			310S	24-26	19-22	0.08	2	1.5	—
			314	23-26	19-22	0.25	2	1.5-3	—
			316	16-18	10-14	0.08	2	1	Mo 2-3
			316L	16-18	10-14	0.03	2	1	Mo 2-3
			317	18-20	11-15	0.08	2	1	Mo 3-4

续

結構	可淬硬性	磁的性質	組別	美國鋼号	成分 %				
					錳	鎳	碳	錳	其 他
鐵素體的	冷加工可使之略有硬化	磁	鐵-鐵	321	17-19	9-12	0.08	2	1 Ti 5×Cb
				347	17-19	9-13	0.08	2	1 Cb-Ta 10×Cb
				348	17-19	9-13	0.08	2	1 Cb-Ta 10×Cb
				405	11.5-14.5	—	0.08	1	1 但 Ta 0.1
				430	14-18	—	0.12	1	1 Al 0.1-0.3
				430F	14-18	—	0.12	1.25	1 S 0.15b, Mo 0.6, Zn 0.6
				430FSe	14-18	—	0.12	1.25	1 Se 0.15b
				446	23-27	—	0.20	1.5	1 N 0.25
				403	11.5-13	—	0.15	1	0.5 —
				410	11.5-13	—	0.15	1	1 —
馬氏體的	熱處理可使之硬化	性的	鐵-鐵	414	11.5-13	1.25-2.5	0.15	1	1 —
				416	12-14	—	0.15	1.25	1 S 0.15b, Mo 0.6, Zn 0.6
				416Se	12-14	—	0.15	1.25	1 Se 0.15b
				420	12-14	—	0.15b	1	1 —
				431	15-17	1.25-2.5	0.20	1	1 —
				440A	16-18	—	0.6-0.75	1	1 Mo 0.75
				440B	16-18	—	0.75-0.95	1	1 Mo 0.75
				440C	16-18	—	0.95-1.2	1	1 Mo 0.75

1)改变铬镍之比,以改变成形性质,2)降低含碳量以防止晶间腐蚀,3)加添钼或钛,使结构稳定,4)加添钼,或提高铬和镍的含量,以改进耐腐蚀性或抗氧化力。

(2)铁素体的——即含铬而不含镍的不锈钢等级。冷加工能使之硬化到某种程度,热处理则不能。这类钢总是带磁性的。

430 型代表其基本成分,公称 17% 铬。在这一类中,有两种成分稍加改变后属于容易切削级,还有两种等级的含铬量较高,可改进抗氧化力。铁素体等级中还包括一种 12% 铬钢(马氏体等级的基本成分),其中含有铝,以防止硬化。

(3)马氏体的——这类不锈钢含有铬,除了两种情况之外,其余都不含镍。同上述两类不同之处是能用热处理使之硬化。这类钢总是带有磁性的。

410 型代表其基本成分,公称 12% 铬。在这一类中有十种标准的成分。有一些等级的成分有时为改进切削性而有所改变,以及略加一些镍,以改进机械性能。还有一些是大大地提高含碳量;440 A、B、C 的含碳量是在工具钢范围内的,在所有不锈钢中具有最高的可硬性。这同所有含碳量低的等级(420 型除外)不一样,只有在完全硬化的情况下,才有最大的耐腐蚀性。

特殊不锈钢包括为改进抗氧化力的高镍钢,为改进耐腐蚀性的含铜奥氏体钢以及沉淀硬化的不锈钢。

沉淀硬化钢的性质是由其结构所决定的。一种在固溶退火和时效状态是马氏体;这种钢的屈服强度约为 180,000 磅/平方吋。另一种沉淀硬化钢固溶退火状态是奥氏体,时效后是马氏体;在奥氏体情况下具有良好的成形性,而在热处理后,其屈服强度在 160,000~200,000 磅/平方吋范围内,这种钢宜用于高速航空飞机。固溶退火和时效是奥氏体的一种,它可能同时兼具高的屈服强度和低的透磁性。第四种沉淀硬化不锈钢呈现出奥氏体和铁素体双重结构,特别用于铸态的,以提高耐腐蚀性。

添加铜和钼能大大改进奥氏体钢的耐腐蚀性,它在硫酸中的腐蚀率比没有铜的要低得多。

之外,尚有某些特殊钢是为了改进高温时的抗氧化力而发展的。其中有一种 15% 铬-35% 镍钢,结构中沒有 δ 相,能用于 1,800°F 的高温中。

总起来說，不銹鋼是应用范围极广的合金，其性能可以調整和改变，从而适应多种多样的用途。这种广泛性正是过去廿五年中其用途大为增长的主要原因。完全有理由可预料，在未来的年月中还会继续迅速增长。

二、熔炼方法的重要发展

熔炼不銹鋼的最重要发展之一也許就是在电弧炉中应用吹氧方法。借助氧气，使有可能从富铬的金属熔池中脱碳。这样就有可能熔炼不銹鋼回炉废料，并采用高碳铬铁作为添加的合金。从高铬熔液中脱碳，与熔池的温度有密切关系；即当熔池温度上升时，形成 Cr_2O_3 的自由能减低，而 CO 的自由能却有所增加，意即在 $1,800^\circ\text{C}$ 温度范围内时，碳比铬优先氧化。既然氧和非金属之间的反应是放热性的，熔池温度则自 $1,600^\circ\text{C}$ 的始温迅速上升。这种迅速的温升形成了 Cr_2O_3 和 CO 二者自由能的差别，CO 变得愈益稳定，因此碳比铬优先脱去。在吹氧以后，用硅铁或硅铬合金使炉渣脱氧，便能使进入炉渣的任何 Cr_2O_3 还原。

大部分铬又回到熔池之中，便可能回收 85% 的铬。其余的 15% 可用相当低廉的高碳铬铁形式和炉料一同加入，或用低碳铬铁加在还原渣下面，以避免任何铬的进一步氧化。

在采用吹氧办法以前，不銹鋼废料没有什么商品价值，因为是采用加矿脱碳，氧化铁和碳之间的反应是吸热的，因而熔池温度很低，很多铬都损失在炉渣中。为了这一原因，只能用低碳铬铁作为添加的合金，但它比高碳铬铁贵得多。

吹氧返回法冶炼程序的一般情况简介如下：

不銹鋼回炉废料(430 型)和高碳铬铁加入炉内熔化。在熔化期间假定炉料中约 0.5% 的硅量将被炉料中的空气和锈皮等氧化。这时氧化硅将与炉衬中相等分量的氧化镁结成炉渣。炉料熔化后将氧气喷入钢液中，首先将钢液中残留的硅氧化，随即进行脱碳，降低钢液中的含碳量到 0.05%。这时不可能避免地要氧化金属。

紧随着氧化阶段，加入含硅合金(硅铁或硅铬合金)将炉渣中的金属最大限度地还原入钢液中，随即加入石灰调整渣的碱度，并加入清洁的回炉废料作降低钢水温度用。取样化验后，低碳铬铁可以在这时加入以调整含铬

成分。电压調整到可以获得适合流动性的炉渣和温度。

还原渣扒去后，加入硅铁和石灰重做新渣。经过取样化验后再加入些低碳铬铁作为调整出钢钢水的成分。

三、如何选用和加工不銹鋼

使用不銹鋼者应考虑以下五个重要问题：

- (1) 需要有什么样的耐腐蝕性或耐热性
- (2) 需要有什么样的物理性質和机械性能
- (3) 零部件应如何加工
- (4) 需要什么样的形状和尺寸
- (5) 成本因素及其他。

注意到对于环境的抵抗力是选择不銹鋼的基本考虑点。其他四种因素限制了能用于一种特殊用途的种数，但为了获得最适宜的品种，往往需要在几种因素之間进行协调。在作最后选择之前，最好同不銹鋼的生产者商量一下。

(1) 需要有什么样的耐腐蝕性或耐热性

既然腐蝕问题中包含有很多因素，就不能仅根据一本手册来选择一种适当等级的不銹鋼。同鋼的生产者商量很重要。除非问题牵涉到共同的腐蝕条件，否則应在使用条件下进行试验，以决定适当的等级。

首先应考虑到所能容許有的腐蝕程度。假如需要有良好的外表，而且不褪色，或是所处理的产品不得有油污，則所选择的鋼必須是确实不会受腐蝕影响的。但若能容許一定的腐蝕速率时，則可从較多等级中进行选择。

不銹鋼之所以具有耐腐蝕性，乃由于一种表面氧化膜之故。因此，强烈氧化的状态会增进耐腐蝕性。反之，还原状态(尤其是持续了长时间的)就会使鋼不形成氧化膜，而导致金属的腐蝕。不銹鋼可能遇到的最重要的腐蝕有以下五种类別：

1) 一般腐蝕

奥氏体鋼中除 316 及 317 型外，所有 18-8 类型的都表现出良好的耐腐蝕性；200 号类系的在大部分环境中均有較好的性能。309 及 310 型同 18-8 类型的一样能抵抗同样的溶液，但合金含量較高，可以經受較高的浓度和温

度。含鉬的 18-8 类型由于其对于点腐蝕的阻力，在标准的不銹鋼中最能耐腐蝕。

在室温时，奥氏体鋼对于硝酸等强烈氧化的酸类具有高度抗蝕力。对于較稀的酸的抗蝕力是有变化的。在大部分酸中，如有氧化剂存在，則一般地能防止腐蝕。硫酸是否能对这种鋼起腐蝕作用，需視其浓度、温度以及是否有氧化剂而定。冷的液縮硫酸并不对奥氏体等级的起腐蝕作用，热的液縮硫酸則起腐蝕作用。由于鉬增进了 18-8 类型的耐腐蝕性，故在无鉬合金所不能处理的硫酸溶液中是用 316 型来处理的。为了处理硫酸，发展出了“Carpenter 20”，这是一种专用的奥氏体合金，它同时含有鉬和銅。

包括 316 型在內的不銹鋼不适于处理盐酸、卤化物酸和酸性卤化物盐类。这些化学药品有破坏表面惰性并减弱耐腐蝕性的傾向。

有机酸一般可用 304、316、317 和 347 型来处理，对于热而液縮的溶液，含鉬等级的肯定是优越的。

奥氏体等级的一般对于碱以及除卤化物外的有机和无机盐溶液是有抗力的。

铁素体鋼中 430 型在許多情形下和奥氏体的 18-8 类型是通用的，特别是在强烈氧化状态下的应用。不过一般來說，铁素体等级的腐蝕条件范围較之奥氏体等级的要小。

马氏体鋼中应用于温和环境中如大气、淡水、蒸汽和淡酸等是优良的，但不能耐腐蝕性强的溶液。410、414、416 和 431 型在退火和硬化状态中均有相似的耐腐蝕性。在这一类中，431 型的是可硬等级中耐腐蝕性最强的，其不銹性接近于 430 型的。420 型以及根据 440 型作了各种改善的应当加以硬化，以取得最大的耐腐蝕性，而不宜用于退火状态中。

其他因素——除金属和腐蝕溶液的成分外，尚有其他一些因素影响腐蝕，此包括杂质、腐蝕剂的温度以及通风情况等。

工业上一般很少用純的化学药剂品或溶液，故应当仔细考虑到杂质的存在。有些杂质制止了溶液起腐蝕作用，而另些杂质却使腐蝕作用加速。因此，通常根据用純化学药剂品取得的实验室数据而发表的图表，只在用以剔除显著不合适的不銹鋼等级时有其价值。

温度是很重要的因素，因为作用是随温度而增强的。能令人滿意地處

理冷溶液的不銹鋼，也許並不適于處理溫度升高了的同一溶液。

通風的程度也是重要的。置不銹鋼于空氣中或通有空氣的液體中，其對於腐蝕的阻力，比置于封閉容器中或排除空氣的液體中要大得多。

2) 晶間腐蝕

這種腐蝕只出現在奧氏體鉻鎳等級的不銹鋼中。舉例來說，若將 301 或 302 型在 $800 \sim 1,450^{\circ}\text{F}$ 溫度範圍內長時間加熱或慢慢冷卻，則碳化鉻會在晶粒界上沉澱，並使鄰近區內喪失了鉻，同時使這些區的腐蝕阻力比金屬基體部分的差。鋼在此情況下露于腐蝕環境中，會造成晶間破損。這種破損在焊件附近往往會加深。

避免晶間腐蝕的方法有二：(1) 在 $1,800 \sim 2,050^{\circ}\text{F}$ 溫度範圍內加熱并淬火，能使形成的碳化物再溶解；(2) 用改善的不銹等級可以避免沉澱。304 L 和 316 L 含碳量特低的等級、或是 347 和 321 穩定的等級是合適的。前者減少了碳化鉻的沉澱，后者則避免了這種沉澱，所有這四種鋼均能用于焊接狀態。不過，用鉍或鈦使之穩定的 347 和 321 型必須在 $800 \sim 1,650^{\circ}\text{F}$ 溫度範圍內連續使用，更可防止晶間腐蝕。

3) 電化腐蝕

這種腐蝕出現于兩種金屬在一種液體中相接觸時，這種液體能帶有電流（這一情況實際上在所有水溶液中均有發生）。在此情況下，電流通過溶液，必然會加速一種金屬的腐蝕，而保護了另一種金屬。

金屬可按其在任何一種溶液中腐蝕的相對次序列表，稱流電順序表。假如任何兩種金屬相接觸，在表內列得較前的就是要腐蝕的金屬。在此表中，不銹鋼是按“活性”和“惰性”列出的，其位置——例如與銅的相對位置——視環境而定。在有防止氧化膜形成的還原性化學品時，不銹鋼是活性的；在氧化的情況下則是惰性的。

整個組合採用成分相同的金屬，就能防止電化腐蝕。如果此法行不通，也許可以在接觸區內用絕緣材料將兩種金屬隔開。

4) 麻點腐蝕

雖然明顯地不受某些溶液腐蝕的不銹鋼，但它的某些斑點會在這些溶液中受到嚴重腐蝕的破損，稱為麻點腐蝕。這種損壞的原因雖未完全了解，却知道了某些加速腐蝕的因素。這些因裝包括刻痕、凹痕、粗糙點和灰塵

等。假定形成了点腐蚀,那就成为浓差电池(意即一处的腐蚀条件程度与别一处的不同),电流通过,加速了腐蚀。

一般克服此情况的最好方法就是选择适宜的不锈钢等级,其对于特定溶液的阻力,比会发生点腐蚀的等级的高。316和317奥氏体含钼等级的比其他等级的不易于发生麻点腐蚀。

5) 大气腐蚀

普通温度——选择露于大气中的不锈钢等级时,外表是一项复杂的因素。410型和其他12%铬等级的不锈钢在工业气氛中外露数星期后会表面生锈。这层膜虽对进一步腐蚀起有阻挠作用,但并不美观。使用时外表并非重要因素的话,可用如下一些等级:410等级的曾用于屋顶,用了25年,使用情况令人满意。430型能防锈,但万一失去了它的漂亮外表,就需要加以清洁,这用于汽车的线条装饰(镶边),清洁就能保持光亮的外表。铬镍等级是永远不会象这样生锈的,302和304型用于建筑修饰中。因为不加以清洁也能保持光亮。

在沿海气氛中,空气中有盐分,结果在钢表面上有沉积。在这种气氛中,302和304型只要保持清洁,就能令人满意,若无法清洁,则应当用316和317型。

高温——氧化率随温度的升高而提高,而在使用温度提高时,每种不锈钢对于大气腐蚀抗力的差别也就变得更加显著。高温时的氧化抗力与含铬量成正比,虽然镍也是有益的。

一定等级的不锈钢在高温下的适用度是受使用情况的影响的。300号类系的铬镍钢有较高的膨胀系数。若在使用中包含有很大的周期性温度变化,则会因保护层的剥落而加强了氧化作用。因而连续使用这种钢时,所用温度可以比间歇使用的高。相反,铬钢的膨胀系数较低,氧化层并不剥落,这种钢比铬镍类的更适于间歇使用。

在氧化情况下,含硫的气体不论对于铬一级或是铬镍级的不锈钢都没有什么腐蚀效应。在还原情况下,硫大大加速了对金属的腐蚀,尤其是含镍的合金。高温时也可能是由于飞尘或油灰对于稳定的氧化皮的助熔作用而加速腐蚀。446型是对于这种助熔作用具有最强抗力的合金。

※ (2)需要有什么样的物理性质和机械性能

不銹鋼在退火或硬化情況下的物理性質和機械性能有相當寬的幅度。本文對個別等級的性質不作詳述，而是根據個別性質的比較，從而指出各等級之間的差別。

1) 普通溫度

抗拉強度是自 410 型的 65,000 磅/平方吋到 210 型的 115,000 磅/平方吋。屈服強度是自 35,000 磅/平方吋到 55,000 磅/平方吋。屈服強度和抗拉強度的差數，比個別數值更為重要，因為這指明了加工性。例如差數為 30,000 磅/平方吋的 410 型就不如差數為 70,000 磅/平方吋的 301 型易于加工。

以伸長來表示的延展性，隨結構而起重要變化。奧氏體不銹等級的延展性比鐵素體或馬氏體等級的要大得多。退火的奧氏體等級的伸長為鐵素體和馬氏體等級的 2 至 3 倍，表示出奧氏體等級的比其他的更易于加工。

在決定如何提高這些材料的強度和硬度時，結構也有其重要意義。奧氏體的或鐵素體的合金均不能用熱處理使之硬化，都只能用冷加工使之硬化。奧氏體等級的抗拉強度的提高，能比鐵素體等級的大得多。附表 2 中兩種奧氏體等級的冷加工效應數據，表明 301 型比 302 型硬化的程度大得多。

表 2 冷加工或熱處理對不銹鋼的影響

等 級	處 理	屈服強度 (有 0.2% 的殘余變形) 1,000 磅/平方吋	抗 拉 強 度 1,000 磅/平方吋	伸 長 (2 吋) %	洛氏硬度
奧氏體等級的					
301	退火的	33	118	68	B 85
	冷軋 45%	200	225	7	C 46
302	退火的	36	94	61	B 80
	冷軋 50%	151	177	6	C 38

等 級	处 理	屈服强度 (有 0.2% 的残余 变形) 1,000 磅 /平方吋	抗 拉 强 度 1,000 磅 /平方吋	伸 長 (2 吋) %	洛氏硬度
-----	-----	--	-------------------------------	-------------------	------

馬氏体等級的*

410	退火	35	70	30	B 82
	淬火, 回火 600°F	140	180	15	C 39
420	退火	50	95	25	B 92
	淬火, 回火 600°F	195	230	8	C 50
431	退火	95	125	20	C 24
	淬火, 回火 600°F	150	195	15	C 41
440A	退火	60	105	20	B 95
	淬火, 回火 600°F	240	260	5	C 51
440B	退火	62	107	18	B 96
	淬火, 回火 600°F	270	280	3	C 55
440C	退火	65	110	14	B 97
	淬火, 回火 600°F	275	285	2	C 57

专用等級的

不銹W	退火	95	135	7	C 25
	950°F 中定性 1/2 小时	195	210	7	C 43
17-7PH	退火 1,950°F	40	130	35	B 85
	退火 1,750°F; -100°F 中 8小时; 950°F 中 1小时	200	235	6	C 48
PH15-7 Mo	退火 1,950°F	55	130	30	B 90
	退火 1,750°F; -100°F 中 8小时; 950°F 中 1小时	215	240	6	C 48
AM 350	退火	52	186	22	B 94
	退火 1,710°F; 冷却至 -100°F; 回火 950°F	163	189	15	C 41
HNM	退火 2,100°F; 1,300°F 定 性	141	180	16	C 36

* 热处理后的性质随回火温度而变。选择所示的处理, 只是为了比較。

馬氏體等級的可用普通的淬火和回火使之硬化。附表 2 提供了屬於這等級的一些不銹鋼在 600°F 淬火和回火後的性質。同其他可硬鋼一樣，其性質隨回火溫度而變。在各種不銹鋼中，440C 型的可硬性最大；這種鋼在 600°F 回火後，其洛氏硬度為 Rc57，抗拉強度為 285,000 磅/平方吋。

附表 2 還提供了一些專用的不銹鋼的性質。其中有些是馬氏體等級的，能用淬火和回火使之硬化；其他主要是奧氏體的，可用沉淀硬化。將這些合金列入表內，是可提出一些較新的可硬合金所能達到的數值的範圍。

2) 高溫

奧氏體等級的快速、斷裂和蠕變強度，通常比其他等級的強，特別是在 1,200°F 以上溫度時。316 型是奧氏體等級中最強的，在用於高達 1,200°F 溫度時也許是最有用的不銹鋼；超過此溫度時，其抗銹皮力不如 309 和 310 型。提供最高使用溫度的根據為銹皮抗力，並不是強度。例如：446 型會迅速失去強度，而在 2,000°F 時只適宜於低應力的應用。為了用於 1,200°F 以上，會發展出不少專用的不銹鋼等級，恕不一一詳述。

在選擇用於高溫的不銹鋼時，強度並非唯一的標準，尚須視銹皮抗力穩定性。

穩定性確是一個問題，因為大部分鉻鋼和鉻鎳鋼在 1,200°~1,700°F 的溫度範圍內長久外露期間會引起相的變化，而且鉻鋼在近 1,000°F 溫度中長久外露的話，還會脆化（即所謂 475°C 脆化）。結果是降低了合金在室溫時的延展性，儘管其高溫性能並未受到損害。由於這種脆化效應，合金在上述溫度範圍內長久外露後，不應再在普通溫度下經受震動。如加熱到 1,700°F 以上並迅速冷卻，能恢復其延展性。

鉻等級的不銹鋼除了相的變化外，還會有晶粒長大。這種傾向只對於 446 型是重要的，因為在鉻等級中，這是唯一的用於 1,900°F 以上時仍有足夠氧化抗力的，而在該溫度時會有過度的晶粒長大，普通的热處理無法改變晶粒長大的情況。

碳化物的晶間沉淀（如前述）只出現於曝露在 500~1,450°F 溫度範圍內的奧氏體等級中。這種沉淀使鋼在某些介質中易于腐蝕。假如鋼要露在腐蝕性的介質中，則可採用 321 和 347 穩定等級的不銹鋼。

3) 低溫性質

所有不銹鋼等級的強度均隨溫度的下降而增強；因此低溫強度并非一個問題。

但延展性却因結構而有所變化。根據伸長測量，奧氏體等級的有降到 -320°F 還保持着大部分的延展性。沖擊試驗証實了這種持續的延展性，當溫度下降到 -320°F ，這種等級的沖擊數值並未降低。因此任何奧氏體等級的不銹鋼均可用於低溫，並具有優良的效果。

鐵素體和馬氏體等級的並不如此。這些等級在稍低溫度時就從延伸轉為脆化。儘管410型在室溫 $5\sim-40^{\circ}\text{F}$ 之間的伸長有所加大，但在同一溫度範圍內，其沖擊強度卻顯著下降，但其沖擊值仍高於15呎磅。另一方面，430型雖在 -40°F 時仍保持着其大部分的室溫伸長，但在溫度降至 -40°F 時就不再適應沖擊強度的最低要求，即15呎磅。這些數字表明了鉻鋼在低溫時的應用是受限制的。

4) 物理性質

不銹鋼的某些物理性質幾乎是相同的，與成分無關。實際上所有標準等級的密度均為0.28磅/立方吋，比熱為0.12英熱單位/磅 $^{\circ}\text{F}$ ，拉力彈性模數為28,500,000磅/平方吋。

電阻受結構的影響。在奧氏體等級中，電阻在72~78微歐姆-厘米；在鐵素體等級中為60~67；馬氏體等級中為55~60。

鉻級和鉻鎳級之間的热膨脹差別很大，鉻鎳級的膨脹系數幾乎是鉻級的一倍。

(3) 零部件應如何加工

概言之，所有軋軋的不銹鋼材可用適用於碳素鋼的方法來加工。不過加工難易乃取決於成分，並在某種程度上取決於物理條件。

有的鋼(指不銹鋼)比其他的更易于加工(熱加工或冷加工)；有的切削性較佳；有的適合於需要焊接的應用。這就是根據各類的基本等級而有所改善的原因。

由於結構的不同，也可以歸納出一些規律。奧氏體鋼比鐵素體和馬氏體鋼更富於延展性。延展性的差別可用下列的比較加以說明。

Cr	Ni	C	抗拉强度 (1,000 磅/平方吋)	屈服强度 (1,000 磅/平方吋)	伸长(%)
----	----	---	-----------------------	-----------------------	-------

17	—	0.10	60	35	25
17	7	0.10	100	35	60

显然加镍是使伸长加了一倍以上。奥氏体钢特别适宜于冷成形操作，但也易于热成形及接合。

铁素体钢很软，并能延展，实际上所有的标准技术均可用其制作或加工，比马氏体钢更易于进行热加工，而且更易于焊接，虽然还需要加以小心。

假如已考虑到马氏体等级的延展性较低，则其制作或加工不会有什么困难；但还不象奥氏体和铁素体等级的那样易于加工。

1) 热加工

尽管所有等级均可用热加工进行某种程度的制作，但有的比其余的更合适些。200 和 300 号类系的钢均易于进行热锻或热成形。这些钢可在锻造后进行空气冷却，并无裂纹危险。但若在 1,450~800°F 范围内冷却期间出现碳化物沉淀，则耐腐蚀性有所减弱。因此经过空气冷却的零件必须再加热至 2,000°F，并在水中淬火，使碳化物再溶解。用 347 和 321 稳定等级或含碳量特低的等级，能减少或防止碳化物沉淀。

在铁素体等级中，430 型更易于热加工，虽然比碳素钢有较大刚性，但还有足够的韧性，能锻成复杂形状。根据 430 型作了易切削成分修改的不如 430 型那么易于成形。446 型较难锻造，因其含铬量较高，韧性不及 430 型。

在马氏体等级中，410 型易于进行热锻，尽管在锻造温度时其变形抗力比碳钢为强，需要较多或较重的锤击。420 型比 410 型难于锻造，应当只在要求有更大强度时才使用它。由锻造温度冷却必须是缓慢的，以防止因空气硬化而造成断裂。在 440 A、B、C 三种类型中是后一种比前一种更难于锻造，并且也应缓慢冷却，以防断裂。

2) 冷加工

尽管奥氏体等级的很易于冷成形，其加工硬化的不同，使得没有中间退火而能进行的冷加工量有所不同。302 和 304 型易于进行拉制、成型、弯曲和锻造。301 型能迅速加工硬化，一般在需要高强度时采用它。305 型有特殊均衡的成分，以取得低速率的加工硬化。这用于旋压和单道拉深操作。

309 和 310 型能进行冷加工并无困难,虽因合金含量较高,其变形抗力较 18~8 型的大。

在铁素体等级中,430 型特别适用于旋压、冲制和成形等冷成形操作。这种合金具有和软钢相似的拉深性质,但控制时必须较缓慢地施加压力。446 型的延展性较低,而且不那么容易进行冷成形。

在马氏体等级中,410 型所进行的冷锻粗、冲制、成形和拉制。414 型在退火情况下能进行锻粗、冲击和成形。退火的 420 型能进行适度的冷成形。而 440 型则能进行简单的成形操作。易切削等级的不易于进行极度的冷成形。

3) 焊接

除锻焊或锻接以外的任何用以焊接碳素钢的方法,均可用以焊接不锈钢。电弧熔化焊接是容易的,而且在许多工作中都是令人满意的,有惰性气体掩护的电弧焊接,使能有较平滑的焊缝。电阻点焊和缝焊接是可靠而经济的,尤其是在轻结构中。

在奥氏体等级中,耐腐蚀性受到焊接热的影响,如上所述,这种钢会发生碳化物的沉淀。如果焊接 302 型或含碳量较高的相似等级,除非在焊接后淬火,否则需要再加热将碳化物溶解,以恢复其耐腐蚀性。如果制造的零部件不能再加热,而腐蚀情况又很严重,则应采用含碳量特低的等级或稳定等级的不锈钢。焊接 309 和 310 型不会有困难,但由于其高合金含量,必须有严密的程序控制。303 和 303 Se 型易切削等级的不锈钢不应用于需要焊接加工制作的零部件。

在铁素体等级中,特地发展了 405 型,用于在焊接后不能进行退火的焊接零部件。430 型有良好的焊接性能。446 型的延展性低,引起了焊接问题,但是焊件在高温时是有延展性的。易切削等级的不宜于焊接。

马氏体合金应在焊接前预热。410 型通常在焊接后退火,以恢复延展性。420 和 440 型由于有空气硬化的倾向,很少进行焊接,但可用奥氏体焊条焊接。修改为易切削用的 414 型不应进行焊接。

4) 切削

奥氏体等级的由于有工作硬化的倾向,比铁素体或马氏体等级的难于切削,除 303 型外,所有奥氏体等级的切削性为 AISI-B-1112 的 35~50%