

陆世英 著

# 不锈钢

## 概论



中国科学技术出版社

# 不 锈 钢 概 论

陆世英 著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

**图书在版编目(CIP)数据**

不锈钢概论/陆世英著. —北京:中国科学技术出版社,  
2007. 1

ISBN978-7-5046-4588-3

I. 不... II. 陆... III. 不锈钢 IV. TG142.71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 149596 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的为盗版图书。

**中国科学技术出版社出版**

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:010-62103210 传真:010-62183872

科学普及出版社发行部发行

北京正道印刷厂印刷

\*

开本:850 毫米×1168 毫米 1/32 印张:9.5 字数:230 千字

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月第 1 次印刷

印数:1-5500 册 定价:38.00 元

---

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、  
脱页者,本社发行部负责调换)

## 内 容 提 要

为适应我国不锈钢年产量和消费量于2006年来已先后超过美、日等国,跃居世界首位和面临国际不锈钢市场竞争日趋激烈的形势,国内不锈钢生产和使用部门希望掌握不锈钢的科学技术知识以扩大规模、提高质量、降低成本、合理使用等的需求更加迫切。

本书主要介绍了不锈钢的化学成分、组织结构和性能特点等基础知识;马氏体、铁素体、奥氏体、 $\alpha+\gamma$ 双相和沉淀硬化五大类不锈钢国内外的最新进展、性能特点、生产和应用中的难点以及解决的途径;在不锈钢生产中,如何有效地进行不锈钢的质量控制;在不锈钢的应用中,不锈钢产生腐蚀破坏的原因、常见形态和防止措施,以及如何正确选择和合理使用不锈钢等内容。

本书可供不锈钢生产企业和各种重工业、轻工业、机械工业,以及交通运输、建筑、环保、市政建设等用钢部门的工程技术人员使用,也可作为设计、科研、教学等有关方面的参考书。

责任编辑 张晓林  
封面设计 石 青  
责任校对 赵丽英  
责任印制 李春利

## 前 言

中国不锈钢的生产与应用正处在前所未有的高速发展期,在世界范围内,不锈钢的生产与应用也进入了竞争更加激烈的新阶段。

面对国内外这一新形势,为了适应国内不锈钢生产、使用、科研、设计、教学等领域对了解不锈钢的基本知识,掌握五大类不锈钢的性能特点和最新进展,有效地进行不锈钢的质量控制和在不锈钢的实际应用中,防止不锈钢产生腐蚀破坏等方面的需求,在中国特钢企业协会不锈钢分会和李成会长的大力支持下,笔者写了这本内容既涉及不锈钢的基础知识,又侧重于实用的小册子。

在写的过程中,与笔者在不锈钢科学研究领域共同工作数十年的老同事、老朋友,钢铁研究总院吴玖教授、康喜范教授和杨长强教授在百忙中对本书进行了认真的校阅并提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。中国特钢企业协会不锈钢分会刘翠珍秘书长和国际镍协会(Nickel Institute)北京办事处顾问刘尔华教授也给予了多方面的支持和热心的帮助,使此书得以顺利出版;《不锈》杂志宫桂馨副主编、董菁工程师等也鼎力相助,为本书的完成付出了辛勤的劳动,在此也一并致谢。

这本小册子的内容原拟用作不锈钢讲座讲课用稿，经修改、补充后正式出版，在此也感谢中国科学技术出版社在本书编辑、出版中所做的细致工作。

由于笔者水平所限，加之时间仓促，书中错误和不当之处尚希望读者给予批评指正。

陆世英

2006年8月于北京

# 目 录

1 不锈钢的涵义和分类 .....	(1)
1.1 什么是不锈钢,不锈钢为什么不生锈和耐腐蚀.....	(1)
1.1.1 不锈钢是不锈钢和耐酸钢的简称或统称 .....	(1)
1.1.2 不锈钢为什么不生锈和耐腐蚀 .....	(1)
(1)铁的生锈 .....	(1)
(2)不锈钢为什么不生锈和耐腐蚀 .....	(2)
(3)钝化膜 .....	(4)
1.1.3 小结 .....	(4)
1.2 不锈钢的分类 .....	(5)
1.2.1 按钢中的主要化学成分(特征元素)分类 .....	(5)
(1)铬系 .....	(5)
(2)铬镍系 .....	(5)
1.2.2 按钢的组织结构特征分类 .....	(5)
(1)铁素体不锈钢(F) .....	(5)
(2)奥氏体不锈钢(A) .....	(6)
(3)马氏体不锈钢(M) .....	(6)
(4)双相不锈钢(F+A) .....	(8)
(5)沉淀硬化不锈钢 .....	(9)
1.2.3 按钢的化学成分和组织结构相结合的方法分类 .....	(9)
1.3 不锈钢分类的简单概括和代表性牌号.....	(10)
主要参考文献 .....	(10)



2	合金元素对不锈钢组织和性能的影响	(11)
2.1	合金元素对不锈钢组织的影响	(11)
2.1.1	不锈钢中的合金元素和铬当量与镍当量	(11)
	(1)影响不锈钢组织的两大类合金元素	(11)
	(2)铬当量与镍当量	(12)
	(3)铬当量和镍当量对不锈钢基体组织的影响	(12)
2.1.2	不锈钢中的各种化合物及合金元素的作用	(15)
	(1)不锈钢中常见的化合物及合金元素的作用	(15)
	(2)碳、氮化合物和金属间化合物对不锈钢性能的影响	(15)
	(3)几种典型不锈钢牌号中,碳化物、氮化物和金属间化合物的析出行为	(18)
2.1.3	不锈钢中的各种化合物和 $\delta$ 铁素体等在基体中的分布示意图	(19)
2.2	合金元素对不锈钢性能的影响	(21)
2.2.1	铬	(21)
2.2.2	镍	(22)
2.2.3	钼	(26)
2.2.4	氮	(28)
2.2.5	铜	(31)
2.2.6	碳	(33)
2.2.7	钛和铌	(35)
2.2.8	硅	(36)
2.2.9	锰	(36)
2.3	不锈钢的化学成分、组织结构和性能等关系	

的示意图	(40)
主要参考文献	(41)
<b>3 马氏体不锈钢的发展和性能特点</b>	(43)
3.1 发展简况	(43)
3.2 性能特点	(45)
3.2.1 传统马氏体铬不锈钢的性能特点	(47)
3.2.2 马氏体铬镍不锈钢的性能特点	(50)
主要参考文献	(55)
<b>4 铁素体不锈钢的发展和性能特点</b>	(56)
4.1 发展简况	(56)
4.2 性能特点	(60)
4.2.1 传统铁素体不锈钢的性能特点, 优点与缺点和不足以及影响因素、产生原因和改进方向	(60)
(1) 优点	(60)
(2) 缺点和不足、影响因素、产生原因和改进方向	(62)
4.2.2 现代铁素体不锈钢的性能特点	(67)
(1) 高纯铁素体不锈钢	(67)
(2) 超级铁素体不锈钢	(79)
(3) 现代中铬铁素体不锈钢	(92)
(4) 现代低铬铁素体不锈钢	(98)
主要参考文献	(111)
<b>5 奥氏体不锈钢的发展和性能特点</b>	(114)
5.1 发展简况	(115)
5.2 性能特点	(118)

5.2.1	18-8 型 Cr-Ni 不锈钢 .....	(118)
	(1)1Cr17Ni7(301)和 00Cr17Ni7N(301L) .....	(118)
	(2)0Cr19Ni9(304)、0Cr19Ni9N(304N)、00Cr19Ni10 (304L)、00Cr19Ni10N(304LN)、0Cr18Ni10Ti (321)、0Cr18Ni11Nb(347) .....	(118)
	(3)1Cr18Ni9(302)、1Cr18Ni12(305)、0Cr18Ni9Cu3 和 Y 1Cr18Ni9、Y 1Cr18Ni9Se .....	(122)
5.2.2	含钼(2%~4%)的 Cr-Ni 奥氏体不锈钢 .....	(124)
5.2.3	$\delta$ 铁素体对 18-8 型和 18-12-2 型不锈钢性 能的影响 .....	(126)
5.2.4	高钼(Mo>4%)奥氏体不锈钢和超级奥 氏体不锈钢 .....	(128)
	(1)00Cr18Ni16Mo5(317LM)、00Cr18Ni16Mo5N (316LMN)和 00Cr20Ni25Mo4.5Cu(2RK65, 904L) .....	(128)
	(2)超级奥氏体不锈钢 .....	(131)
5.2.5	专用 Cr-Ni 奥氏体不锈钢 .....	(138)
	(1)硝酸级不锈钢 .....	(138)
	(2)尿素级不锈钢 .....	(139)
	(3)核级不锈钢 .....	(143)
	(4)耐强氧化性酸介质的高硅奥氏体不锈钢 .....	(149)
5.2.6	以锰、氮代镍的奥氏体不锈钢 .....	(152)
	(1)AISI 200 系铬锰奥氏体不锈钢 AISI 201 (1Cr17Mn6Ni5N)和 AISI 202 (1Cr18Mn8Ni5N) .....	(153)
	(2)AISI 205 和美国其他铬锰不锈钢 .....	(158)

(3)印度的 J1 和 J4 .....	(159)
(4)高氮铬锰奥氏体不锈钢 .....	(164)
(5)无锰节镍和无锰无镍的高氮奥氏体不锈钢 .....	(167)
主要参考文献 .....	(170)
<b>6 <math>\alpha+\gamma</math> Cr-Ni 双相不锈钢的发展和性能特点 .....</b>	<b>(173)</b>
6.1 发展简况 .....	(173)
6.2 性能特点 .....	(177)
6.2.1 力学性能 .....	(177)
6.2.2 耐腐蚀性能 .....	(180)
(1)耐应力腐蚀性能 .....	(180)
(2)耐点腐蚀性能 .....	(181)
(3)耐缝隙腐蚀性能 .....	(184)
(4)耐腐蚀疲劳性能 .....	(185)
6.2.3 热加工性和冷成型性 .....	(187)
(1)热加工性 .....	(187)
(2)冷成型性 .....	(189)
6.2.4 焊接性 .....	(190)
6.2.5 相比例对性能的影响 .....	(196)
(1)相比例对力学性能的影响 .....	(196)
(2)相比例对耐全面腐蚀和耐晶间腐蚀性能的影响 .....	(198)
(3)相比例对耐应力腐蚀性能的影响 .....	(199)
(4)相比例对耐点蚀性能的影响 .....	(201)
(5)两相所引起的选择性腐蚀 .....	(201)
主要参考文献 .....	(204)
<b>7 沉淀硬化不锈钢的发展和性能特点 .....</b>	<b>(206)</b>

7.1	发展简况	(206)
7.2	性能特点	(208)
7.2.1	马氏体沉淀硬化不锈钢	(208)
7.2.2	半奥氏体沉淀硬化不锈钢	(210)
7.2.3	奥氏体沉淀硬化不锈钢	(213)
	主要参考文献	(216)
<b>8</b>	<b>不锈钢腐蚀的现象、产生原因和防止措施</b>	<b>(217)</b>
8.1	不锈钢为什么也会生锈和腐蚀	(217)
8.1.1	不锈钢的不锈性和耐蚀性是有条件的	(217)
8.1.2	正确选择和合理使用不锈钢	(217)
8.2	腐蚀的涵义和分类	(218)
8.2.1	腐蚀的涵义	(218)
8.2.2	腐蚀的分类	(218)
	(1)按腐蚀作用的性质分类	(218)
	(2)按腐蚀的形态分类	(218)
8.3	常见的不锈钢腐蚀形态、产生原因和防止措施	(219)
8.3.1	常见的腐蚀形态	(219)
8.3.2	全面腐蚀的现象、产生原因和防止措施	(220)
	(1)现象	(220)
	(2)原因	(220)
	(3)防止措施	(220)
8.3.3	晶间腐蚀的现象、产生原因和防止措施	(223)
	(1)现象	(223)
	(2)原因	(223)
	(3)防止措施	(224)

8.3.4	点腐蚀的现象、产生原因和防止措施·····	(225)
	(1)现象 .....	(225)
	(2)原因 .....	(225)
	(3)防止措施 .....	(225)
8.3.5	缝隙腐蚀的现象、产生原因和防止措施·····	(226)
	(1)现象 .....	(226)
	(2)原因 .....	(226)
	(3)防止措施 .....	(227)
8.3.6	应力腐蚀的现象、产生原因和防止措施·····	(228)
	(1)现象 .....	(228)
	(2)原因 .....	(229)
	(3)防止措施 .....	(229)
8.3.7	腐蚀疲劳的现象、产生原因和防止措施·····	(232)
	(1)现象 .....	(232)
	(2)原因 .....	(233)
	(3)防止措施 .....	(233)
	主要参考文献·····	(233)
<b>9</b>	<b>不锈钢的质量控制</b> .....	<b>(234)</b>
9.1	不锈钢质量的确定和衡量不锈钢质量的五项判据 .....	(234)
9.1.1	不锈钢质量的确定 .....	(234)
9.1.2	不锈钢标准和技术条件中要求检验的项目 .....	(235)
9.1.3	衡量不锈钢质量的五项判据 .....	(235)
9.2	不锈钢的纯净度 .....	(238)
9.2.1	钢中的硫和磷 .....	(238)

9.2.2	钢中的氢、氧、氮 .....	(241)
9.2.3	钢中的非金属夹杂物 .....	(244)
	(1)钢中非金属夹杂物的种类 .....	(244)
	(2)钢中非金属夹杂物的来源 .....	(244)
	(3)钢中非金属夹杂物的有害作用 .....	(244)
9.2.4	钢中的有色金属杂质 .....	(248)
	(1)来源 .....	(248)
	(2)特性 .....	(249)
	(3)有害作用 .....	(249)
9.2.5	提高不锈钢纯净度的途径 .....	(250)
	(1)防止进入钢中 .....	(250)
	(2)从钢中去除 .....	(250)
9.2.6	小结 .....	(254)
9.3	不锈钢表面状况和表面加工 .....	(257)
9.3.1	国内不锈钢表面状况、质量问题实例 (7例) .....	(257)
	(1)热轧中板表面局部氧化皮处的严重锈蚀 .....	(257)
	(2)00Cr18Ni10 不锈钢工艺管道焊缝附近的 锈蚀 .....	(259)
	(3)1Cr18Ni9Ti 管材内、外表面局部过酸洗产 生的晶间腐蚀 .....	(261)
	(4)1Cr18Ni9Ti 不锈钢管材表面划伤后,经实际 使用后的应力腐蚀 .....	(261)
	(5)一种 18-8 不锈钢构件打磨处的应力腐蚀 .....	(262)
	(6)由于焊后焊缝表面高应力状态和未加维护 而引起的 0Cr18Ni9 大口径管道的应力 腐蚀 .....	(263)

(7)6Cr13Mo 不锈钢刀具的表面非金属夹杂 .....	(263)
9.3.2 不锈钢的表面加工和耐蚀性 .....	(265)
(1)不锈钢板材的表面加工 .....	(265)
(2)在大气中,表面加工对不锈钢耐蚀性的影响.....	(266)
(3)在大气、高温水和海水中,电解抛光等表面 加工对不锈钢耐蚀性的影响 .....	(268)
(4)在含氯化物的介质中,酸洗等表面加工对 不锈钢耐点蚀、耐应力腐蚀性能的影响.....	(271)
主要参考文献.....	(273)
附录 国内外相同或相近不锈钢标准牌号对照表.....	(275)



# 1 不锈钢的涵义和分类

## 1.1 什么是不锈钢, 不锈钢为什么不生锈和耐腐蚀

### 1.1.1 不锈钢是不锈钢和耐酸钢的简称或统称

不锈钢:在大气和淡水等弱腐蚀介质中不生锈的钢。

耐酸钢:在酸、碱、盐和海水等苛刻腐蚀性介质中耐腐蚀的钢。

### 1.1.2 不锈钢为什么不生锈和耐腐蚀

#### (1) 铁的生锈

众所周知,在自然界存在的金属中,除 Au(金)、Pt(铂)等贵金属系以金属状态存在外,其他金属,例如铁(Fe),在自然界则系以磁铁矿( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )和褐铁矿( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ )矿石的形式非常稳定的存在。但是,人们通过冶金,把铁矿石变成钢铁<sup>①</sup>,就是将钢铁从氧化铁(矿石)的稳定状态变成了不稳定状态。自然界的万物都有从不稳定态“回归”到稳定态的强烈倾向,这是自然规律。钢铁在大气中的生锈就是这种“回归”现象的自然反映。

生锈就是钢铁与大气中的氧作用,在表面形成了  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  没有保护性的疏松且易剥落的富铁氧化物,也就是钢铁又

① C量 $\leq 0.08\%$ 称为纯铁;  $0.08\% < \text{C量} \leq 2.0\%$ 称为钢; C量 $> 2.0\%$ 称为铸铁或生铁。