

伍千思 主编

钢铁材料手册

第5卷

不锈钢 (第2版)



 中国标准出版社

钢铁材料手册

第5卷

不 锈 钢

(第2版)

伍千思 主编

中国标准出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

钢铁材料手册. 第5卷, 不锈钢/伍千思主编. —2版.
北京: 中国标准出版社, 2009

ISBN 978-7-5066-5099-1

I. 钢… II. 伍… III. ①钢-金属材料-技术手册②铁-金属材料-手册③不锈钢-金属材料-技术手册
IV. TG14-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 050736 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/32 印张 25.875 字数 768 千字

2009年6月第二版 2009年6月第二次印刷

*

定价 60.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533

钢铁材料手册 第5卷 不锈钢(第2版)

编辑委员会

主 编	伍千思			
副主编	张少棠	滕长岭	刘翠珍	王丽敏
编 委	栾 燕	高建平	孙 伟	
	孟伟民	魏 绵	胡国萃	
	柳泽燕	彭敬云	薛 楠	
	孔 伟	仇金辉	戴石锋	
	张进莺	林红亚	安 平	
	梁 刚	田素玉	龙 隆	
	梁惠珍	伍 洲	凌 慧	

再 版 前 言

《钢铁材料手册》(共 10 卷)自 2001 年陆续出版发行以来,为钢铁生产、使用、科研、设计及国内外贸易等部门的读者提供了一套内容丰富、信息量大、实用性强的参考资料,已成为有关人员查阅方便、必备的工具书。随着近年来钢铁工业的快速发展,制、修订了大量钢铁行业的标准,手册第 1 版中收录的很多国内外标准均已修订,手册第 1 版已不能完全满足读者的需要,有必要进行修订、再版。

本书是《钢铁材料手册》的第 5 卷——不锈钢分册。此次再版,仍然秉承第 1 版(以下称“原版”)的编著宗旨,以不锈钢的基本技术特性为基础,以现行不锈钢标准(包括我国和国际国外标准)的主要技术要求为重点,两方面结合,综合成书,便于读者更好地认识和了解不锈钢的基本技术特性,更好地掌握和理解不锈钢标准的技术要求。

为使本手册在内容上更好地契合上述宗旨,这次再版,对原版的内容作了较大的

改编和调整。主要突出两个方面：一是扩充不锈钢基本技术特性的内容，增加其深度和实用性，以题为“不锈钢概述”作为本版第1部分；二是扩充不锈钢国际国外标准的介绍篇幅，除我国标准外，将国际 ISO、欧洲 EN、美国 ASTM、日本 JIS 等不锈钢主要产品标准的重点技术要求分为四部分编入，使标准数量比原版大有增加。例如，美国 ASTM 标准，原版中介绍 10 个标准，本版则介绍了 22 个标准。

经过上述改编调整，上一版中的“总论”（主要介绍不锈钢的发展历史及国内外生产状况）、“牌号表示方法”、“生产工艺简介”等内容已基本删除。

由于编者水平所限，书中错漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2009.2

第1版前言

钢铁工业是国民经济发展的重要基础,钢铁是国民经济各部门的重要原材料。随着我国改革开放的进一步深化、社会主义市场经济的不断完善和科学技术的日益进步与发展,国民经济各部门对钢铁产品的品种和质量有了更高的要求。同时,钢铁生产企业也在不断地进行结构优化,调整产品结构,降低成本,提高产品质量,以适应市场的需要,从而更好地为国民经济的发展服务。

为帮助钢材使用部门和钢铁企业更好地掌握和理解钢材标准中的技术要求,冶金工业信息标准研究院组织编写了这套手册。本手册按照钢类分为10卷,分别为碳素结构钢、低合金高强度钢、优质碳素结构钢、合金结构钢、不锈钢、耐热钢、工具钢、弹簧钢、轴承钢、精密合金类材料。各卷以所述钢类的基本技术特性为基础,以现行的我国全部标准和国外部分标准的主要技术要求为重点,将基本技术特性与标准技术要求相结合进行综合论述。在使读者掌

握和理解标准技术要求的同时,也能对各钢类的基本技术特性和生产情况有较深入的了解。其内容包括总论、定义、分类、生产工艺、主要生产品种和用途、金相组织、物理性能、化学性能、力学性能、工艺性能以及标准主要技术要求,国内外生产发展状况等。附录部分还收入了主要国外和国际(ISO)不锈钢标准目录以及国内外钢的牌号对照等。

本手册内容丰富、信息量大、实用性强,是钢铁生产、使用部门以及科研院所和大专院校有关人员必备的工具书和参考资料。

本手册在编写过程中参阅了国内外有关文献资料和标准,在此对有关单位和作者表示衷心的感谢。由于我们水平有限,错误和不当之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见。

本手册中的国内和国外(国际)标准主要技术要求摘录并非保证依据,仅供参考,在任何情况下都应以现行原文版本为准。选编的美国 ASTM 和英国 BS 标准中有个别标准采用英制单位,为了更准确地表明其规定,本手册未进行国际单位换算。

本书为第 5 卷 不锈钢。

编委会

目 录

1	不锈钢概述	1
1.1	什么是不锈钢	1
1.2	不锈钢的分类	2
1.3	不锈钢的化学成分及合金 元素的作用	3
1.4	不锈钢的优异性能	5
1.5	各类不锈钢的基本特性及 典型牌号的主要用途	20
1.6	不锈钢是实现社会可持 续发展的绿色材料	28
2	中国不锈钢产品标准主要 技术要求	31
2.1	GB/T 1220—2007 不锈 钢棒	31
2.2	GB/T 4226—1984 不锈 钢冷加工钢棒	58
2.3	GB 4234—2003 外科植 入物用不锈钢	62
2.4	GB/T 3280—2007 不锈 钢冷轧钢板和钢带	66
2.5	GB/T 4237—2007 不锈 钢热轧钢板和钢带	101

2.6	YB/T 5310—2006	弹簧用不锈钢冷轧钢带	129
2.7	GB/T 8165—2008	不锈钢复合钢板和钢带	133
2.8	GB/T 21074—2007	针管用不锈钢精密冷轧 钢带	142
2.9	YB/T 085—2007	磁头用不锈钢冷轧钢带	145
2.10	YB/T 5133—2007	手表用不锈钢冷轧钢带	148
2.11	GB/T 12770—2002	机械结构用不锈钢焊接 钢管	151
2.12	GB/T 12771—2008	流体输送用不锈钢焊接 钢管	161
2.13	GB 13296—2007	锅炉、热交换器用不锈钢无 缝钢管	183
2.14	GB/T 14975—2002	结构用不锈钢无缝钢管	200
2.15	GB/T 14976—2002	流体输送用不锈钢无缝 钢管	207
2.16	GB/T 3089—2008	不锈钢板薄壁无缝钢管	215
2.17	YB/T 5037—2006	S型钎焊不锈钢金属软管	219
2.18	GB/T 3090—2000	不锈钢小直径无缝钢管	221
2.19	GB/T 18704—2008	结构用不锈钢复合管	225
2.20	YB/T 5363—2006	装饰用焊接不锈钢管	234
2.21	GB/T 4356—2002	不锈钢盘条	241
2.22	GB/T 4241—2006	焊接用不锈钢盘条	246
2.23	GB/T 4240—1993	不锈钢丝	255
2.24	GB/T 4232—1993	冷顶锻用不锈钢丝	261
2.25	YB/T 5092—2005	焊接用不锈钢丝	263
2.26	YB/T 5091—1993	惰性气体保护焊接用不锈 钢棒及钢丝	270
2.27	YB(T) 11—1983	弹簧用不锈钢丝	272
2.28	GB/T 9944—2002	不锈钢丝绳	275
2.29	YB/T 5309—2006	不锈钢热轧等边角钢	284

3	国际标准化组织(ISO)重要不锈钢标准主要技术要求	290
3.1	ISO 16143-1:2004 一般用不锈钢——第1部分: 扁平产品	290
3.2	ISO 16143-2:2004 一般用不锈钢——第2部分: 半成品、棒材、盘条和型钢	307
3.3	ISO 16143-3:2005 一般用不锈钢——第3部分: 钢丝	324
4	欧洲标准化委员会(EN)重要不锈钢标准主要技术要求	336
4.1	EN 10088-2:2005 不锈钢——第2部分:一般用 不锈钢薄板、厚板和钢带	336
4.2	EN 10088-3:2005 不锈钢——第3部分:一般用 不锈钢半成品、棒材、线材、钢丝和型钢	376
4.3	EN 10028-7:2000 承压用不锈钢扁平产品	440
4.4	EN 10216-5:2004 在室温、低温或高温下供承压和 耐腐蚀用奥氏体、奥氏体-铁素体不锈钢(包括抗蠕 变钢)圆形无缝钢管	490
4.5	EN 10297-2:2005 机械结构和一般工程用不锈 钢圆形无缝钢管	512
5	美国材料与试验协会(ASTM)重要不锈钢标准主要 技术要求	522
5.1	ASTM A484/A484M-05a 不锈钢棒材、型材、 钢坯和锻件的一般要求	522
5.2	ASTM A276-05a 不锈钢棒材和型材	530
5.3	ASTM A479/A479M-05a 锅炉和其他压力容器 用不锈钢棒材和型材	543
5.4	ASTM A564/A564M-04 热轧和冷加工时效硬 化不锈钢棒材和型材	553

5.5	ASTM A565/A565M-05a 高温用马氏体不锈钢棒材	565
5.6	ASTM A582/A582M-05 易切削不锈钢棒材	568
5.7	ASTM A480/A480M-05 扁平轧制不锈钢和耐热钢厚板、薄板和钢带的一般要求	570
5.8	ASTM A240/A240M-05a 承压和一般用铬和铬-镍不锈钢厚板、薄板和钢带	587
5.9	ASTM A666-96b 退火或冷加工奥氏体不锈钢薄板、钢带、厚板和扁钢	608
5.10	ASTM A693-03 沉淀硬化不锈钢和耐热钢厚板、薄板和钢带	618
5.11	ASTM A895-89(2004) 易切削不锈钢厚板、薄板和钢带	625
5.12	ASTM A1010/A1010M-01 较高强度的马氏体不锈钢厚板、薄板和钢带	627
5.13	ASTM A249/A249M-04a 锅炉、过热器、热交换器及冷凝器用奥氏体不锈钢焊接钢管	628
5.14	ASTM A268/A268M-05a 一般用无缝和焊接铁素体和马氏体不锈钢管	635
5.15	ASTM A269-04 一般用奥氏体不锈钢无缝钢管和焊接钢管	643
5.16	ASTM A511-04 机械工程用不锈钢无缝钢管	649
5.17	ASTM A789/A789M-05b 一般用无缝和焊接铁素体/奥氏体不锈钢管	657
5.18	ASTM A555/A555M-05 不锈钢丝和盘条的一般要求	662
5.19	ASTM A580/A580M-98(2004) 不锈钢丝	665
5.20	ASTM A313/A313M-03 不锈钢弹簧钢丝	671
5.21	ASTM A492-95(2000) 钢丝绳用不锈钢丝	679
5.22	ASTM A493-95(2004) 冷锻和冷锻用不锈钢盘条及钢丝	680

6	日本工业标准调查会(JIS)重要不锈钢标准主要技术要求	684
6.1	JIS G4303—2005 不锈钢棒	684
6.2	JIS G4304—2005 不锈钢热轧厚板、薄板和钢带 ...	698
6.3	JIS G4305—2005 不锈钢冷轧厚板、薄板和钢带 ...	714
6.4	JIS G3446—2004 机械和结构用不锈钢管	730
6.5	JIS G3463—1994 锅炉和热交换器用不锈钢管	735
6.6	JIS G4309—1999 不锈钢丝	751
附录 A	部分不锈钢和耐热钢牌号的物理性能参数 ...	758
附录 B	各国不锈钢和耐热钢牌号对照表	776
附录 C	不锈钢的特性和用途	796

1 不锈钢概述

1.1 什么是不锈钢

不锈钢是指在空气、水、蒸汽等弱腐蚀介质中不生锈和在酸、碱、盐溶液等强腐蚀介质中耐腐蚀的钢。其中一些在弱腐蚀介质中不生锈的钢，不一定在强腐蚀介质中耐腐蚀，而在强腐蚀介质中耐腐蚀的钢，一般都具有良好的不锈性。

不锈钢是在碳素钢的基础上添加一定含量的铬元素冶炼制成。它为什么不生锈-耐腐蚀呢？主要原因就在于钢中含有铬。由于铬的影响，在腐蚀介质的作用下，钢件表面生成一层坚固致密的氧化物膜，称作“钝化膜”。这层膜极薄而透明，肉眼几乎看不到，看到的依然是银亮光泽的金属表面。这层膜使金属与外界介质隔离，阻止金属被进一步腐蚀；并且还具有自我修复的能力，如果一旦遭到破坏，钢中的铬会与介质中的氧重新生成钝化膜，继续起保护作用。

碳素钢与这就不一样。在腐蚀介质的作用下，碳素钢表面会很快生成松散的氧化铁层，就是常说的锈，它不能阻止金属与介质隔离，外界的氧原子不断往内扩散而使钢件继续生锈、腐蚀，以致完全破坏。

不锈钢能够不生锈、耐腐蚀，所需要的最低铬含量是多少呢？美国、欧洲标准中规定为不小于 10.5%（质量分数，后同），日本工业标准规定一般不小于约 11%，我国一般认为不小于 12%。实际上，不锈钢的耐腐蚀性能，对铬元素的含量要求，取决于腐蚀介质的种类、浓度、温度、压力、流动速度，以及钢中除铬以外的其他合金元素等许多因素。

为了使不锈钢既具有良好的耐腐蚀性能，又具有良好的力学和物理等其他性能，根据不同要求，钢中除添加较高含量的合金元素铬以外，还匹配添加镍、钼、锰、氮等其他合金元素。这样，不仅可以改变钝化膜的化学组成，强化它在苛刻介质中的耐腐蚀能力，而且使钢材还能获得足够的强度、塑性和韧性，以及良好的工艺性能，如可焊接性、加工

成型性等。

1.2 不锈钢的分类

不锈钢的种类很多,可以按钢的化学成分分类,也可按钢的使用特性分类,但我国和国际上通用的分类方法是按钢的金属组织进行分类。按钢的金属组织不锈钢分为五大类,即奥氏体不锈钢、铁素体不锈钢、马氏体不锈钢、奥氏体-铁素体双相不锈钢、沉淀硬化不锈钢。

(1) 奥氏体不锈钢。在常温下具有面心立方晶体结构的奥氏体组织。钢的成分特点是含有足够高的铬元素以保证钢的耐腐蚀性能,并和镍或其他奥氏体形成元素一起使钢在室温或更低的温度下保证钢具有稳定的奥氏体组织。这类钢包括最具代表性且享有盛名的 18-8 钢(相当于美国的 304),以及以它为基础增加铬、镍含量并添加钼、硅、铜、铌、钛等元素发展起来的高铬-镍系奥氏体不锈钢和用锰、氮代镍的铬-锰-镍-氮及铬-锰-氮系奥氏体不锈钢。

铬-镍奥氏体不锈钢是应用最广泛的不锈钢。这类钢包括具有独特性能的各种专用不锈钢,如抗晶间腐蚀的超低碳(碳含量 $\leq 0.03\%$)和加铌、钛稳定化型不锈钢;低磷、硅的尿素级不锈钢;耐强氧化性浓硝酸和高温浓硫酸腐蚀的高硅不锈钢;耐点蚀的高钼不锈钢;耐晶间腐蚀并具有较高强度的控氮不锈钢;含铜的深冲用不锈钢以及加硫、钙、硒、碲的易切削不锈钢等。

铬-锰-镍-氮和铬-锰-氮奥氏体不锈钢较铬-镍奥氏体不锈钢的强度高,在一定条件下可以代替铬-镍奥氏体不锈钢,但工艺性能较差。

奥氏体不锈钢不能通过热处理的方法改变它的力学性能,只能采用冷变形的方式进行强化。

(2) 铁素体不锈钢。在一般使用状态下具有体心立方晶体结构的铁素体组织。钢中主要合金元素是铬,其含量范围在 $10.5\% \sim 32.0\%$;碳含量较低,一般不高于 0.25% 。根据钢中碳+氮(C+N)含量的不同,这类钢分为普通铁素体不锈钢和高纯铁素体不锈钢。为了提高某些性能,有些铁素体钢牌号还添加钼、钛等元素。由于这类钢是单相铁素体组织,不能通过热处理进行强化。

(3) 马氏体不锈钢。金属组织为通过淬火处理后得到的具有变形

体心立方晶体结构的马氏体。钢中铬的含量范围一般为 11.5%~18.0%。按钢的化学成分,马氏体不锈钢可区分为马氏体铬不锈钢和马氏体铬镍不锈钢。马氏体铬不锈钢随铬含量的增加耐腐蚀性提高,随碳含量的增加,钢的强度、硬度和耐磨性提高,钢中最高碳含量可达 1.2%。马氏体铬镍不锈钢是在马氏体铬不锈钢的基础上添加大约小于 4%的镍制成,它的含碳量较低,约小于 0.2%。加镍改善了钢的韧性、耐腐蚀性和可焊接等性能。

(4) 奥氏体-铁素体双相不锈钢。双相不锈钢为奥氏体和铁素体的混合组织,其中一相组织的含量一般不少于 30%。这类钢兼有奥氏体和铁素体不锈钢的特性。目前使用较多的双相不锈钢含碳量较低,含铬量为 18%~28%,含镍量为 3%~10%。为提高性能有些牌号还添加钼、铜、钨、硅、钛、铌、氮等元素。

(5) 沉淀硬化不锈钢。按其金属组织可区分为半奥氏体沉淀硬化不锈钢、奥氏体沉淀硬化不锈钢、马氏体沉淀硬化不锈钢、马氏体时效不锈钢等。这类钢可借助于热处理工艺对其性能进行调整。

1.3 不锈钢的化学成分及合金元素的作用

1.3.1 不锈钢的化学成分

不锈钢是以铁碳合金为基体添加其他合金元素冶炼制成的合金钢。合金元素中最重要的元素是铬,可以说没有铬就没有不锈钢。为了使不锈钢在各种各样的腐蚀介质中都具有优异的耐腐蚀性能,并同时满足使用条件对力学、工艺等其他性能的要求,除调整钢中的铬含量外,还匹配加入各种含量的镍、钼、铜、铌、硅、铝、氮等合金元素,从而研制成各种各样的不锈钢牌号。至今,不锈钢的牌号大约有两百多个,但各国列入技术标准的牌号一般是 90 个左右,只有美国材料试验协会(ASTM)列入标准的牌号达 201 个。牌号虽然很多,但实际生产使用的并不多。表 3-1 是常用典型牌号的化学成分。

1.3.2 合金元素的作用

不锈钢的性能取决于它的金属组织,而不锈钢的金属组织主要由

它的化学成分决定。因此,了解不锈钢化学成分中各种合金元素在钢中的作用十分重要。

(1) 铬。铬是铁素体形成元素,是不锈钢获得耐腐蚀性能的最基本的元素,因而不锈钢中都含有一定数量的铬。铬不锈钢在氧化性介质中很快生成一层氧化膜,阻止金属基体继续腐蚀破坏。铬不锈钢在氧化性介质中的耐腐蚀能力随铬含量的增加而提高,铬含量达 13%左右时,耐腐蚀能力发生跃进式突变。因此,不锈钢中的铬含量一般都在 13%以上。含铬量 13%以下的不锈钢,只有在腐蚀不强烈的情况下使用。

在非氧化性介质(如硫酸、盐酸等)中,单靠铬是不行的,还必须添加在这种介质中能够起钝化作用的镍、钼、铜等元素。

(2) 镍。镍是奥氏体形成元素。通常在不锈钢中加镍来形成并稳定奥氏体组织,提高钢在非氧化性介质中耐腐蚀的能力。除非在受浓苛性碱溶液腐蚀的条件下使用,镍很少单独用做不锈钢的合金元素。如果镍单独用做不锈钢的合金元素,其含量要高达 24%才能得到全奥氏体组织。这不仅是极不经济的,而且它对稀硝酸的耐腐蚀能力也较铬不锈钢或铬镍不锈钢差。因此,一般在低碳铬不锈钢(铬约为 18%)中添加约 9%的镍,即可获得良好的耐腐蚀性能、力学性能和工艺性能。这就是 18-8 型奥氏体不锈钢获得广泛应用的原因。

(3) 钼。钼是铁素体形成元素。加入钼能使不锈钢在某些还原性介质中易于钝化,提高钢在非氧化性介质(如热的亚硫酸溶液、沸腾的硝酸及磷酸、亚硫酸废液、氯化铵、草酸、蚁酸等)中的耐腐蚀性,特别是提高了对于含有氯离子溶液的耐腐蚀能力。在一些情况下,钼还能提高铬镍奥氏体不锈钢抗晶间腐蚀的能力,并且还能改善力学性能。

为了获得单一的奥氏体组织,在加钼的钢中,应相应增加镍、锰等奥氏体形成元素。

(4) 铜。在奥氏体不锈钢中添加 2%~4%的铜,可以显著提高其在硫酸中的耐腐蚀能力。铜在马氏体时效硬化钢中能提高时效硬化性能。

(5) 锰。锰能有效地稳定奥氏体组织,常用来代替贵重的镍生产铬锰系奥氏体不锈钢。锰的加入会略微降低铬量较低的不锈钢的腐蚀