

实用工程材料焊接技术丛书

不锈钢 焊接技术

BUXIUGANG
HANJIE JISHU

张其枢 编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

实用工程材料焊接技术丛书

不锈钢焊接技术

张其枢 编



机械工业出版社

本书较系统地介绍了不锈钢的基本知识、焊接特点和不锈钢焊接用焊条、焊丝、焊剂及辅助材料,着重介绍了奥氏体型不锈钢焊接技术、其他类型不锈钢焊接技术以及不锈钢与其他(有色)金属材料的焊接技术,还介绍了不锈钢的热切割技术和不锈钢焊接产品制造过程和质量控制等,这些都是不锈钢焊接领域中会涉及的技术。本书不仅内容全面、丰富,还列举了相当数量的工程实例,供读者借鉴。

本书可供从事不锈钢焊接生产第一线的焊工、技师和从事焊接的工程技术人员使用,同时也可作为焊接专业本、专科院校及职业技术学校师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

不锈钢焊接技术/张其枢编. —北京:机械工业出版社, 2015. 4
(实用工程材料焊接技术丛书)

ISBN 978-7-111-49808-7

I. ①不… II. ①张… III. ①不锈钢—焊接 IV. ①TG457. 11

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第062689号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:侯宪国 责任编辑:侯宪国 俞逢英

版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:马精明 责任印制:刘 岚

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2015年7月第1版第1次印刷

169mm×239mm·27.5印张·610千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-49808-7

定价:59.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

前言

20 世纪末，堵耀庭先生与我应机械工业出版社之邀，编写了《不锈钢焊接》一书，并于 2000 年出版。该书出版后得到读者的肯定。但随着不锈钢在石油化工、国防工业和民用工业等领域的应用日渐普及，不锈钢焊接产品的数量、品种和规格日益增多，同时，不锈钢的新品种、新技术和新工艺也不断涌现，《不锈钢焊接》一书中的技术、标准等已过于陈旧，不能满足读者需求。为此，作者在《不锈钢焊接》的基础上，重新组织内容，将不锈钢焊接领域中一些新的、有用的知识融合进去，修编成《不锈钢焊接技术》一书。

本书较系统地介绍了不锈钢的基本知识、焊接特点和不锈钢焊接用焊条、焊丝、焊剂及辅助材料，着重介绍了奥氏体型不锈钢焊接技术、其他类型不锈钢焊接技术以及不锈钢与其他（有色）金属材料的焊接技术，还介绍了不锈钢的热切割技术和不锈钢焊接产品制造过程称质量控制等。这些都是不锈钢焊接领域中会涉及的技术。本书不仅内容全面、丰富，还列举了相当数量的工程实例。本书可供从事不锈钢焊接技术生产第一线的焊工、技师和从事焊接的工程技术人员使用，同时也可作为焊接专业大、中专及技术职业学校师生们的教学参考书。

本书由吴望周教授审稿，他为本书的编写提供了珍贵的资料、对编写大纲提出了中肯的意见。在此，向吴老师表示真诚的感激和崇高的敬意！

本书的编写得到了中国航天科工南京晨光集团正高级工程师赵妍女士及陈红先生等同仁的鼎力相助；中国航天科工南京晨光集团高级焊接技师兰来武先生（享受国务院专家津贴）也为本书提供了他多年的研究成果；堵耀庭先生在本书编写过程中也一直给予我关心和帮助，在此一并表示感谢！

堵耀庭先生因年纪的原因，无法参与编写工作。因此，此次编写的任务就由我来承担，本人才疏学浅，在编写过程中，难免有许多不足之处，请读者不吝指教，深表感谢！

编 者

目 录

前言

第一章 不锈钢的基本知识 1

第一节 不锈钢的分类及其钢板的化学成分 1

一、不锈钢的分类 1

二、不锈钢钢板的化学成分 5

三、我国国家标准中不锈钢牌号与国外不锈钢牌号的对照 5

第二节 不锈钢的物理性能、力学性能、耐热性能和用途 17

一、不锈钢的物理性能 17

二、不锈钢钢板的力学性能 17

三、不锈钢的耐热性能 18

四、不锈钢冷轧、热轧钢板和耐热钢板的特性及主要用途 18

第三节 不锈钢的耐蚀性 25

一、均匀腐蚀 25

二、点腐蚀 26

三、缝隙腐蚀 26

四、晶间腐蚀 27

五、应力腐蚀 27

第四节 各种合金元素对不锈钢组织和性能的影响 27

一、不锈钢的主要相结构和次生相的影响 27

二、合金元素的影响 29

第二章 不锈钢焊接用焊接材料及辅助器材 32

第一节 不锈钢电弧焊用焊条 32

一、对不锈钢焊条的要求 32

二、不锈钢焊条的国家型号 32

三、不锈钢焊条的牌号 43

四、各种牌号不锈钢焊条及其主要用途 43

五、我国不锈钢焊条型号、牌号与国外焊条的对照 49

第二节 不锈钢埋弧焊用焊丝和焊剂	54
一、埋弧焊用焊丝	54
二、焊剂	54
三、焊丝和焊剂的组合	59
第三节 气体保护焊用焊丝	61
一、实芯焊丝	61
二、我国实芯焊丝型号与国外实芯焊丝的对照	66
三、药芯焊丝	68
四、我国药芯焊丝型号与国外药芯焊丝对照	79
第四节 辅助器材	80
一、气体	80
二、器具	86
三、钨极	87
第三章 奥氏体型不锈钢焊接技术	90
第一节 奥氏体型不锈钢的焊接性	90
一、焊接接头的热裂纹	91
二、 σ 相导致的脆化	92
三、焊接变形与收缩	93
四、焊接接头的晶间腐蚀	93
五、焊接接头的应力腐蚀	99
第二节 奥氏体型不锈钢焊条电弧焊工艺	105
一、焊接设备	105
二、焊条电弧焊焊接工艺	106
第三节 奥氏体型不锈钢埋弧焊工艺	124
一、焊接设备	124
二、必需的辅助设备	125
三、机械操作（自动）埋弧焊工艺	129
四、手工操作（半自动）埋弧焊工艺	141
五、拼焊 18-8 型不锈钢钢板的操作步骤	141
六、焊剂自动回收	142
七、提高埋弧焊生产效率的前景	142
第四节 奥氏体型不锈钢气体保护焊焊接技术	143
一、钨极氩弧焊焊接工艺	143
二、脉冲钨极氩弧焊焊接工艺	152
三、熔化极气体保护焊焊接工艺	156
四、气体保护焊新技术的应用	163

第五节 奥氏体型不锈钢高能焊焊接技术·····	165
一、等离子弧焊焊接工艺·····	165
二、电子束焊焊接工艺·····	169
三、激光焊焊接工艺·····	171
第六节 复合焊焊接工艺·····	176
一、等离子弧 (PA) - 钨极氩弧焊 (GTA) 双面复合焊工艺·····	176
二、等离子弧 (PA) - 熔化极气体保护焊 (MIG)/熔化极混合气体 保护焊 (MAG) 复合焊焊接工艺·····	177
三、激光 - 电弧复合焊焊接工艺·····	178
四、激光 - CMT 电弧复合焊焊接工艺·····	184
第七节 不锈钢焊接工程实例·····	190
一、埋弧焊焊接不锈钢钢板·····	190
二、钨极氩弧焊焊接不锈钢管路·····	194
三、钨极氩弧焊全位置焊接不锈钢导管·····	195
四、不锈钢管路环缝内保护装置及焊接工艺·····	197
五、熔化极混合气体保护焊焊接中厚不锈钢板·····	198
六、三元混合气体保护焊焊接 06Cr18Ni11Ti 不锈钢·····	200
七、双枪互保护钨极氩弧焊焊接不锈钢稀玉米浆储罐·····	201
八、药芯焊丝焊接不锈钢钢管·····	202
九、等离子弧焊焊接不锈钢乳化工缸·····	203
十、不锈钢等离子弧自动焊工艺应用·····	204
十一、脉冲微束等离子弧焊焊接不锈钢膜盒储箱·····	208

第四章 其他类型不锈钢的焊接技术····· 212

第一节 铁素体型不锈钢的焊接工艺·····	212
一、普通纯铁素体不锈钢焊接工艺·····	212
二、高纯度铁素体不锈钢焊接工艺·····	218
三、超高纯度铁素体不锈钢焊接工艺·····	219
四、工程实例·····	222
第二节 奥氏体 - 铁素体型不锈钢的焊接技术·····	225
一、双相不锈钢的特性·····	226
二、双相不锈钢的焊接性·····	230
三、几种双相不锈钢的焊接工艺·····	232
四、不同电弧焊焊接方法对双相不锈钢焊接接头性能的影响·····	234
五、2205 双相不锈钢的激光 - MIG 复合焊焊接性能·····	237
六、工程实例·····	240
第三节 马氏体型不锈钢的焊接技术·····	251

一、马氏体型不锈钢的焊接工艺特点·····	251
二、马氏体型不锈钢的焊接方法·····	253
三、工程实例·····	256
第四节 沉淀硬化型不锈钢的焊接技术·····	263
一、半奥氏体型沉淀硬化不锈钢的焊接性·····	263
二、半奥氏体型沉淀硬化不锈钢的焊接工艺·····	264
三、沉淀硬化型马氏体不锈钢的焊接·····	265
四、沉淀硬化型奥氏体不锈钢的焊接·····	265
五、工程实例·····	265
第五节 铸造耐热不锈钢炉管的焊接工艺·····	268
一、铸造耐热不锈钢炉管的特性·····	268
二、铸造耐热不锈钢炉管的焊接性·····	269
三、焊接铸造耐热不锈钢炉管的措施·····	269
四、损伤炉管的焊接修复·····	272
五、工程实例·····	273
第五章 不锈钢同其他（有色）金属材料的焊接技术 ·····	275
第一节 异种金属焊接的特点·····	276
一、异种金属形成焊接连接的原则·····	276
二、异种金属熔焊的主要问题·····	277
三、异种金属熔焊的焊接性·····	279
四、异种金属熔焊时焊接材料的选择·····	284
第二节 奥氏体型不锈钢与钢（铁）的焊接工艺·····	284
一、奥氏体型不锈钢与珠光体钢的焊接·····	284
二、奥氏体型不锈钢与铁素体型不锈钢、马氏体型不锈钢的焊接·····	296
三、不同牌号的奥氏体型不锈钢的焊接·····	299
四、工程实例·····	300
第三节 其他类型不锈钢与钢（铁）的焊接工艺·····	307
一、铁素体型不锈钢与钢（铁）的焊接·····	307
二、马氏体型不锈钢与珠光体钢的焊接·····	309
三、工程实例·····	312
第四节 铁素体型不锈钢与马氏体型不锈钢的焊接工艺·····	314
一、焊接特点·····	314
二、焊接工艺·····	314
第五节 不锈钢复合钢板的焊接技术·····	315
一、对不锈钢复合中厚钢板的要求·····	316
二、不锈钢复合中厚钢板的焊接性·····	318

三、不锈钢复合中厚钢板的焊接工艺	319
四、焊缝金属的晶间腐蚀试验	328
五、焊后热处理	328
六、工程实例	329
第六节 在钢铁上堆焊耐酸不锈钢的焊接工艺	346
一、带极埋弧堆焊	347
二、丝极埋弧堆焊	349
三、带极电渣堆焊	351
四、工程实例	352
第七节 不锈钢与有色金属的焊接技术	359
一、不锈钢与铜及铜合金的焊接工艺	359
二、不锈钢与镍及镍合金的焊接工艺	364
三、不锈钢与钛及钛合金的焊接工艺	368
四、不锈钢（或碳钢）与钼的焊接工艺	370
五、不锈钢（或碳钢）与铌的焊接工艺	371
六、工程实例	373

第六章 不锈钢的热切割技术 381

第一节 氧燃气火焰气割技术	381
一、氧熔剂气割工艺	381
二、振动气割工艺	383
第二节 碳弧气刨技术	383
一、普通碳弧气刨工艺	383
二、喷水碳弧气刨工艺	387
第三节 喷水式熔化极电弧切割技术	389
一、切割原理	389
二、切割设备	389
三、切割工艺	390
第四节 等离子弧切割技术	390
一、一般等离子弧切割工艺	391
二、水再压缩空气等离子弧切割工艺	394
三、空气等离子弧切割工艺	397
四、几种不同气体等离子弧切割特性的比较	399
五、等离子弧切割的发展	399
第五节 激光切割技术	400
一、激光切割的特点	400
二、切割设备与工艺	401

三、激光器切割的发展·····	403
第六节 水射流切割技术·····	403
一、切割原理·····	403
二、切割特点·····	403
三、切割工艺·····	404
第七章 不锈钢焊接产品制造过程的质量控制·····	407
第一节 提高焊工的素质·····	407
一、提高焊工素质的意义·····	407
二、提高焊工素质的培训措施·····	407
三、焊工的安全教育·····	409
第二节 材料的质量控制·····	412
一、产品材料的质量控制·····	412
二、焊接材料的质量控制·····	413
第三节 加工过程中的质量控制·····	414
一、优质的焊接设备·····	414
二、符合焊接生产过程的图样和工艺·····	415
三、制造环境的控制·····	416
四、加工成形过程的质量控制·····	416
五、装配焊接质量的控制·····	416
六、表面处理的质量控制·····	417
第四节 焊后成品的质量控制·····	418
一、焊后成品检验·····	418
二、包装和运输中的质量控制·····	425
参考文献 ·····	426



不锈钢的基本知识

不锈钢是在普通碳钢的基础上，加入一组铬的质量分数大于 12% 合金元素的钢材，它在空气作用下能保持金属光泽，也就是具有不生锈的特性。这是由于在这类钢中含有一定量的铬合金元素，能使钢材表面形成一层不溶解于某些介质的坚固的氧化薄膜（钝化膜），使金属与外界介质隔离而不发生化学作用。在这类钢中，有些除含有较多的铬（Cr）外，还匹配加入较多的其他合金元素，如镍（Ni），使之在空气中、水中、蒸气中都具有很好的化学稳定性，而且在许多种酸、碱、盐的水溶液中也有足够的稳定性，甚至在高温或低温环境中，仍能保持其耐腐蚀的优点。

不锈钢有普通（一般）不锈钢和耐蚀钢两种：在空气或弱介质中能抵抗侵蚀的钢即可称为不锈钢，即普通不锈钢；在某些强腐蚀介质中能抵抗侵蚀的钢称为耐蚀钢。不锈钢不一定耐腐蚀，而耐蚀钢肯定不会生锈，当然无愧于不锈钢的称谓。不锈钢不仅具有很强的化学稳定性，同时也有足够的强度和塑性，并且在一定高温或低温下具有稳定的力学性能。这类钢的某些牌号还可作为耐热钢（包括奥氏体型、铁素体型、马氏体型和沉淀硬化型）使用；有的可用做优质的低温用钢，在使用过程中其耐蚀性仍然优良。

由于不锈钢具有上述独特的性能，不难想像它在国民经济中所占有的地位。特别是在高科技发展的今天，不锈钢被广泛使用在各个不同的领域之中。它既可作为化学工业、炼油工业、人造纤维工业、食品、医药及日用品工业的耐酸、耐碱、耐高压的压力容器装置和储存及运输槽罐的材料，也可作为电力工业、汽轮机制造行业、船舶工业、航空工业的耐高温和低温的构件，在航天工业、航空工业和核工业中又是制造人造卫星、宇宙飞船、火箭、发动机和核动力装置等方面不可缺少的材料。随着国民经济的日益发展，人民生活水准的不断提高，不锈钢日用品也已深入到千家万户。

第一节 不锈钢的分类及其钢板的化学成分

不锈钢是铬的质量分数超过 12% 的钢，因而是具有不生锈特性的一大类铁基合金钢的通称。如今国外不锈钢牌号、品种已不下百种，我国不锈钢和耐热钢的牌号和品种也近百种。

一、不锈钢的分类

不锈钢的分类方法有以下几种：

- 1) 按主要化学组成可分为铬不锈钢、铬镍不锈钢和铬锰氮不锈钢等。

2) 按性能特点可分为耐酸不锈钢和耐热不锈钢等。

3) 通常按金相组织进行分类可分为铁素体 (F) 型不锈钢、马氏体 (M) 型不锈钢、奥氏体 (A) 型不锈钢、奥氏体 - 铁素体 (A - F) 型双相不锈钢和沉淀硬化 (PH) 型不锈钢。

这几类不锈钢成分之间的关系如图 1-1 所示。

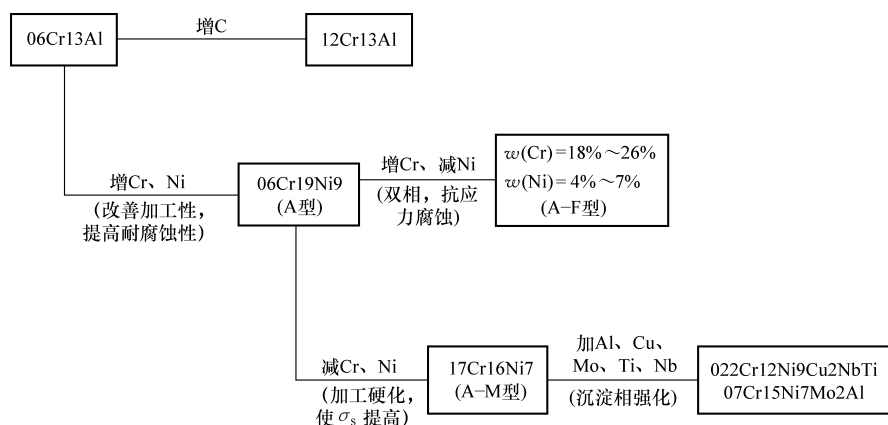


图 1-1 各类不锈钢成分之间的关系

1. 铁素体型不锈钢

它的内部显微组织为铁素体，其铬的质量分数在 11.5% ~ 32.0% 之间。随着铬含量的提高，其耐蚀性也提高，加入钼 (Mo) 后，则可提高耐还原性酸腐蚀性能和抗应力腐蚀的能力。这类不锈钢的牌号有 022Cr12、10Cr17、12Cr17Mo、008Cr30Mo2 等。该类钢用于制造硝酸化工设备的吸收塔、热交换器、储槽和运输硝酸用的槽罐以及制造不承受强烈冲击载荷的其他零部件和设备。

按照碳和氮 (C + N) 的总含量，高铬铁素体不锈钢分为普通纯度和超高纯度两个系列。

(1) 普通纯度高铬铁素体不锈钢 其碳的质量分数为 0.1% 左右并含少量氮，如 022Cr12Ni、008Cr27Mo 等。它与常用的奥氏体型不锈钢相比，缺点是材质较脆，焊接工艺性较差。这是因为：

1) 铁素体晶粒长大后，只有通过压力加工才能细化。

2) 在高温下 (如 600 ~ 820℃) 停留时间长时， $w(\text{Cr})$ 17% 的钢会生成脆性的 σ 相 (Cr_mFe_n 形式的金属间化合物)。

3) 在 400℃ ~ 526℃ 温度区间较长时间停留会出现室温下的脆性，即 475℃ 脆性。由于这类钢脆性较大，限制了它的应用。

(2) 超高纯度高铬铁素体不锈钢 铁素体型不锈钢质量的提高经历了一个过程, 首先是依靠铬作为铁素体的稳定元素, 但此时碳的含量偏高, 如 10Cr17, 其韧性偏低, 焊后若不进行热处理, 必然会产生晶间腐蚀; 然后在这类钢中增加了强烈的铁素体形成元素, 如铝 (Al), 将钢中铬和碳含量降低, 如 06Cr13Al, 它的工艺性能和耐蚀性优于前者且制造成本降低, 但韧性改善不够明显。近年用新的冶炼方法, 如通过真空或保护气氛精炼技术冶炼出超低碳和超低氮含量 ($C、N$ 总的质量分数 $\leq 0.25\% \sim 0.35\%$) 的超高纯度高铬铁素体不锈钢板, 如 019Cr19Mo2NbTi 和 008Cr27Mo 等, 它们无论在韧性、耐蚀性还是焊接性等方面均优于普通纯度铁素体不锈钢, 是一个很有前途的钢种, 并得到广泛的应用。

2. 马氏体型不锈钢

它的显微组织为马氏体。这类钢中铬的质量分数为 $11.5\% \sim 18.0\%$, 但碳的质量分数最高可达 0.6% 。碳含量的增大提高了钢的强度和硬度。在这类钢中加入少量镍可以促使生成马氏体, 同时又能提高其耐蚀性。

这类钢具有一定的耐蚀性和较好的热稳定性以及热强性, 可以作为温度 700°C 以下长期工作的耐热钢使用。它广泛用来制造对韧性和冲击韧度要求较高的零件, 如汽轮机的叶片、内燃机排气阀和医疗器械, 但这类钢的焊接性较差, 其牌号有 12Cr13、20Cr13、30Cr13、17Cr16Ni2 等。

3. 奥氏体型不锈钢

它的显微组织为奥氏体。它是在高铬不锈钢中添加适当的镍 (镍的质量分数为 $8\% \sim 25\%$) 而形成的, 具有奥氏体组织的不锈钢以 Cr18Ni9 铁基合金为基础, 在此基础上随着不同的用途, 发展成图 1-2 所示的铬镍奥氏体不锈钢系列。

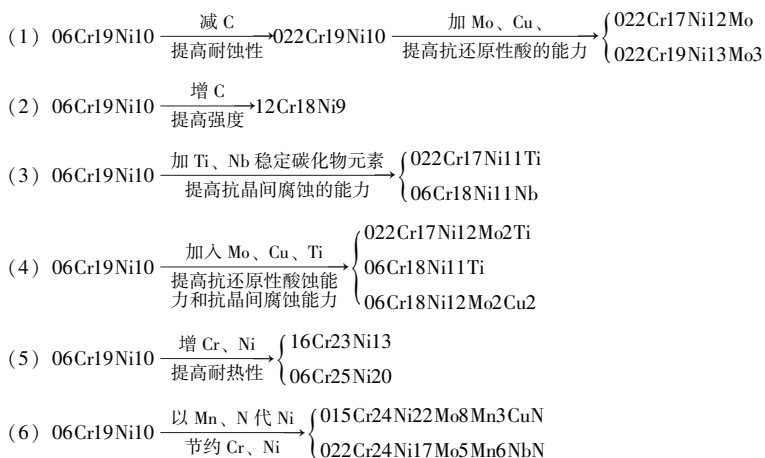


图 1-2 铬镍奥氏体不锈钢系列

奥氏体型不锈钢不能利用热处理使晶粒细化,也不能经过淬火来提高其硬度。这类钢的冷加工硬化程度高,通常没有磁性,经过冷作可在钢内析出少量铁素体或马氏体组织,也会出现少量磁性。

奥氏体型不锈钢一般属于耐蚀钢,是应用最广泛的一类钢,其中以 18-8 型不锈钢最有代表性,它是有较好的力学性能,便于进行机械加工、冲压和焊接。在氧化性环境中具有优良的耐蚀性和良好的耐热性能。但对溶液中含有氯离子 (Cl^-) 的介质特别敏感,易于发生应力腐蚀。如果在 18-8 型不锈钢中,适当减少些镍和铬的含量,可得到常温下不稳定的奥氏体组织,若再经冷加工则容易产生马氏体组织,使这种钢变得强度高、硬度大而稍脆;反之,适当增加一些镍和铬,就能获得稳定的奥氏体组织,同时也可改善冷加工性能。在这类钢中添加钛和铌时,能提高其抗晶间腐蚀能力;添加钼、铜和钽,则能提高其在还原性酸中的耐蚀性,同时也提高其抗晶间腐蚀的能力;为了改善 18-8 型不锈钢的切削性能,往往还要添加一些磷、硫及硒等元素。18-8 型不锈钢按其化学成分中碳含量的不同又分为三个等级:一般含碳量 [$w(\text{C}) \leq 0.15\%$]、低碳级 [$w(\text{C}) \leq 0.08\%$] 和超低碳级 [$w(\text{C}) \leq 0.03\%$]。

部分奥氏体型不锈钢可作为耐热钢使用,这是由于奥氏体的再结晶温度高,铁和其他元素的原子在其中的扩散系数小,故其强化稳定性比铁素体高。用于工作温度高于 650°C 的热强钢多系奥氏体材料,是以奥氏体型不锈钢为基础添加一些提高热强性的合金元素而成。它们既可作为耐蚀钢使用,也可作为耐热钢使用。列入我国国家标准牌号的有 12Cr18Ni9、06Cr18Ni11Nb、06Cr23Ni13 等。为了提高钢的热强性、抗氧化性和抗渗碳性,在 06Cr25Ni20 基础上加入钼、氮,研制出 022Cr25Ni22Mo2N 作为在更高温度下抗氧化的奥氏体型不锈钢。化工设备中的炉管,既要求具有耐蚀性又要求在高温下工作,往往选用铸造或电渣熔铸的奥氏体为基体的(同时存在多种碳化物)不锈钢耐热钢或耐热合金,如 ZG4Cr25Ni20Si2 (HK40)、ZG4Cr25Ni35Si (HP45) 和 ZG5Cr26Ni36Co15W5 (Supertherm) 等牌号(其化学成分和力学性能见表 4-45 和表 4-46)。

4. 奥氏体-铁素体型不锈钢

它的显微组织为奥氏体加铁素体。铁素体的体积分数小于 10% 的不锈钢是在奥氏体钢基础上发展的钢种。它与含相同碳量的奥氏体型不锈钢相比,具有较小的晶间腐蚀倾向和较高的力学性能,且韧性比铁素体型不锈钢好。同时,少量铁素体的存在,还有利于奥氏体型不锈钢在施焊过程中,防止焊缝热裂纹的形成。通常把这类钢纳入奥氏体型不锈钢范畴。

当铁素体的体积分数在 30% ~ 60% 之间时,该类钢具有特殊抗点蚀、抗应力腐蚀性能,从金相组织上分类,属于典型的双相不锈钢。列入我国国家标准的钢板有 022Cr19Ni5Mo3Si2N、022Cr25Ni6Mo2N 等双相或复相不锈钢,其铁素体的体积分数为 60%。这类钢的屈服强度约为一般奥氏体不锈钢的两倍。除了具有上述耐蚀性外,其耐晶间腐蚀性也较好。它已在大型化肥厂尿素 CO_2 车间冷却器、化工厂制盐蒸发设备的装

置和输油、天然气管路等方面得到推广使用。这类钢属于目前新型抗应力腐蚀的钢种，是机械加工、冷冲压和焊接性能均良好的一种有发展前途的钢种。

5. 沉淀硬化型不锈钢

它的组织形态可为三类：沉淀硬化半奥氏体型、沉淀硬化马氏体型和沉淀硬化奥氏体型。列入我国国家标准牌号的有 07Cr15Ni7Mo2Al、09Cr17Ni5Mo3N 和 06Cr17Ni7AlTi 三种，是属于沉淀硬化半奥氏体型不锈钢。该钢的组织特点是在固溶或退火状态时具有奥氏体加体积分数为 5% ~ 20% 的铁素体组织。这种钢经过一系列的热处理或机械变形处理后，奥氏体转变为马氏体，再通过时效析出硬化达到所需要的高强度。这种钢具有很好的成形性能和良好的焊接性，可作为超高强度的材料在核工业、航空航天工业中得到应用。

二、不锈钢钢板的化学成分

我国国家标准中有不锈钢钢板和耐热钢钢板。不锈钢钢板又分冷轧（GB/T 3280—2007）钢板和热轧（GB/T 4237—2007）钢板，其牌号和化学成分相同。按金相组织可分为奥氏体型钢、奥氏体—铁素体型钢、铁素体型钢、马氏体型钢和沉淀硬化型钢等五种，其化学成分分别见表 1-1、表 1-2、表 1-3、表 1-4 和表 1-5。耐热钢板（GB/T 4238—2007）按金相组织可分为奥氏体型钢、铁素体型钢、马氏体型钢和沉淀硬化型等四种，其化学成分分别见表 1-6、表 1-7、表 1-8 和表 1-9。从上述表中进行比较，可以看到奥氏体型耐热钢板共有 15 种牌号，其中 10 种牌号与奥氏体型不锈钢板相同；铁素体型耐热钢板共有 5 种牌号，其中有 4 种与铁素体型不锈钢板相同；马氏体型耐热钢板共有 3 种牌号，全部在马氏体型不锈钢板中；而沉淀硬化型耐热钢与沉淀硬化型不锈钢一样。综上所述，不锈钢和耐热钢相互之间的许多牌号是相同的，这些牌号既可作为不锈钢使用，同时也可作为耐热钢使用。本书着重介绍这类牌号的不锈钢板熔焊方面的知识。

三、我国国家标准中不锈钢牌号与国外不锈钢牌号的对照

由于我国矿产资源比较丰富，又随着冶炼技术不断提高，我国国家标准中不锈钢的种类繁多，与国外部分不锈钢牌号对照见表 1-10。

表 1-1 不锈钢冷轧和热轧钢板中的奥氏体型钢的化学成分 (GB/T 3280—2007, GB/T 4237—2007)

GB/T 20878—2007 中序号	新牌号	旧牌号	化学成分 (质量分数, %)										
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N	其他元素
9	12Cr17Ni7	1Cr17Ni7	0.15	1.00	2.00	0.045	0.030	6.00 ~ 8.00	16.00 ~ 18.00	—	—	0.10	—
10	022Cr17Ni7 ^①	—	0.030	1.00	2.00	0.045	0.030	6.00 ~ 8.00	16.00 ~ 18.00	—	—	0.20	—
11	022Cr17Ni7N ^①	—	0.030	1.00	2.00	0.045	0.030	6.00 ~ 8.00	16.00 ~ 18.00	—	—	0.07 ~ 0.20	—
13	12Cr18Ni9	1Cr18Ni9	0.15	0.75	2.00	0.045	0.030	8.00 ~ 10.00	17.00 ~ 19.00	—	—	0.10	—
14	12Cr18Ni9Si3	1Cr18Ni9Si3	0.15	2.00 ~ 3.00	2.00	0.045	0.030	8.00 ~ 10.00	17.00 ~ 19.00	—	—	0.10	—
17	06Cr19Ni10 ^①	0Cr18Ni9	0.08	0.75	2.00	0.045	0.030	8.00 ~ 10.500	18.00 ~ 20.00	—	—	0.10	—
18	022Cr19Ni10 ^①	00Cr19Ni10	0.030	0.75	2.00	0.045	0.030	8.00 ~ 12.00	18.00 ~ 20.00	—	—	0.10	—
19	07Cr19Ni10 ^①	—	0.04 ~ 0.10	0.75	2.00	0.45	0.030	8.00 ~ 10.50	18.00 ~ 20.00	—	—	—	—
20	05Cr19Ni10Si2N	—	0.04 ~ 0.06	1.00 ~ 2.00	0.80	0.045	0.030	9.00 ~ 10.00	18.00 ~ 19.00	—	—	0.12 ~ 0.18	Ce: 0.03 ~ 0.08
23	06Cr19Ni10N ^①	0Cr19Ni10N	0.08	0.75	2.00	0.045	0.030	8.00 ~ 10.50	18.00 ~ 20.00	—	—	0.10 ~ 0.16	—
24	06Cr19Ni9NbN ^①	0Cr19Ni10NbN	0.08	1.00	2.50	0.045	0.030	7.50 ~ 10.50	18.00 ~ 20.00	—	—	0.15 ~ 0.30	Nb: 0.15