

陆世英 著

超级不锈钢和 高镍耐蚀合金

Super Stainless Steel and
High Nickel Corrosion Resistant Alloy



化学工业出版社

超级不锈钢和高镍耐蚀合金

陆世英 著



化学工业出版社

·北京·

超级不锈钢和高镍耐蚀合金都是发展比较快、应用前景比较广阔的新型材料。本书对超级不锈钢、铁镍基耐蚀合金、镍基耐蚀合金三大类型的材料，简明介绍基础知识，系统阐述各种具体材料牌号的化学成分、组织结构、耐蚀性能、力学和其他性能以及应用简况。这是读者进行材料的研究、设计、教学、生产、应用中不可多得的参考资料。

读者对象：不锈钢和高镍合金生产企业和机械设备加工制造企业的开发、生产和管理技术人员；化工、石化、火电、核电、环保等行业的设备设计和材料选用人员；高等院校和研究单位的金属材料研究、开发和教学人员。

图书在版编目 (CIP) 数据

超级不锈钢和高镍耐蚀合金/陆世英著. —北京：化学工业出版社，2012.2
ISBN 978-7-122-12676-4

I. 超… II. 陆… III. ①不锈钢-基本知识②镍合金：耐蚀合金-基本知识 IV. ①TG142.71②TG146.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 217290 号

责任编辑：段志兵

装帧设计：刘丽华

责任校对：洪雅姝

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印刷：北京永鑫印刷有限责任公司

装订：三河市万龙印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张 37 字数 744 千字 2012 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：98.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书所涉及的超级不锈钢系指超级铁素体不锈钢（高铬量、高钼量，且耐点蚀当量值 ≥ 35 ）、超级奥氏体不锈钢（高铬量、高钼量、高氮量，且耐点蚀当量值 ≥ 40 ）及超级双相不锈钢（耐点蚀当量值 ≥ 40 ）。这三类不锈钢于 20 世纪 60~90 年代先后问世，它们的耐腐蚀性能，特别是耐点蚀、耐缝隙腐蚀等局部腐蚀性能远优于原有不锈钢，并填补了长期以来不锈钢（铁基耐蚀合金）与高镍（铁镍基和镍基）耐蚀合金之间没有高耐蚀性不锈钢的空白。

本书高镍耐蚀合金中的铁镍基耐蚀合金系指 $\text{Ni} \geq 30\%$ ， $\text{Ni} + \text{Fe} \geq 60\%$ 的那些牌号。铁镍基耐蚀合金系在铬镍奥氏体不锈钢的基础上提高镍量于 1940 年开始工业生产的一些牌号。至今也已经历了半个多世纪的发展历程，牌号不断增加，应用日益广泛，已形成了完整的铁镍基系列耐蚀合金。

本书镍基耐蚀合金系指 $\text{Ni} \geq 50\%$ 的那些牌号。自 1905 年第一个牌号 Ni68Cu28（即 Monel 400）问世至今已逾百年。其中，1930 年出现的 Ni-Cr 型、Ni-Mo 型二元系和 Ni-Cr-Mo (W) 型三元系以及 1940 年出现的 Ni-Cr-Mo-Cu 型四元系耐蚀合金至今也已经历了 70~80 年的发展历程，根据需求在发展中不断改进和完善，有些牌号至今已经经历了第一代、第二代、第三代等多代且仍在改进中。

笔者将超级不锈钢和铁镍基、镍基耐蚀合金同时列入本书，并对它们的基础知识以及材料的牌号、化学成分、组织和性能特点及其应用等加以介绍，主要基于下述考虑。

第一，纵观铁基耐蚀合金即不锈钢（包括超级不锈钢）、高镍耐蚀合金（包括铁镍基和镍基耐蚀合金）近百年的发展历程，可以看出：自超级不锈钢面世，不锈钢的进一步延伸，使铁基与铁镍基和镍基耐蚀合金之间已经自然、紧密地联系在一起，形成了牌号最多、品种齐全、产量最大，性能适应性强，应用范围最为广泛、最完整的耐蚀金属材料体系。

第二，众所周知，超级奥氏体和超级双相不锈钢已属于 Fe-Cr-Ni 系合金，而超级铁素体不锈钢除个别牌号外，目前均含有 2%~4% 的镍，因此，此类不锈钢也进入了 Fe-Cr-Ni 合金系中，而铁镍基和镍基耐蚀合金中，除 Ni-Cu、Ni-Mo 两类二元系合金外，其他合金均已在 Fe-Cr-Ni（或 Ni-Cr-Fe）系之列。从图 1 中便可找到超级不锈钢以及铁镍基和镍基耐蚀合金在 Fe-Ni-Cr（或 Ni-Cr-Fe）三元系相图中所处的位置和它们的铬、镍、铁元素含量的大致范围。

第三，超级不锈钢和铁镍基及镍基耐蚀合金在发展和改进过程中，为获得最佳

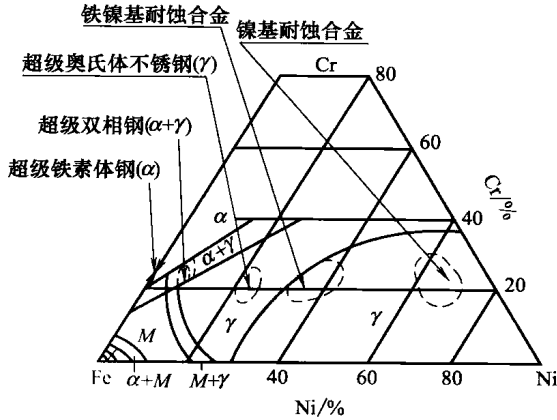


图1 Fe-Cr-Ni (或 Ni-Cr-Fe) 三元合金 1000℃ 快冷后的相图

的性能，所研究的内容都主要是材料的化学成分、组织结构和各种性能（成分-组织-性能）之间的关系以及纯净度、均匀性、表面状况等的影响（见图2）。同时目前亟待解决的课题之一也都是如何解决随材料中铬、钼量和铬、钼、氮量不断增加所引起的材料组织热稳定性的下降和焊后（或热加工、热成型后）塑性、韧性和耐蚀性的劣化问题。

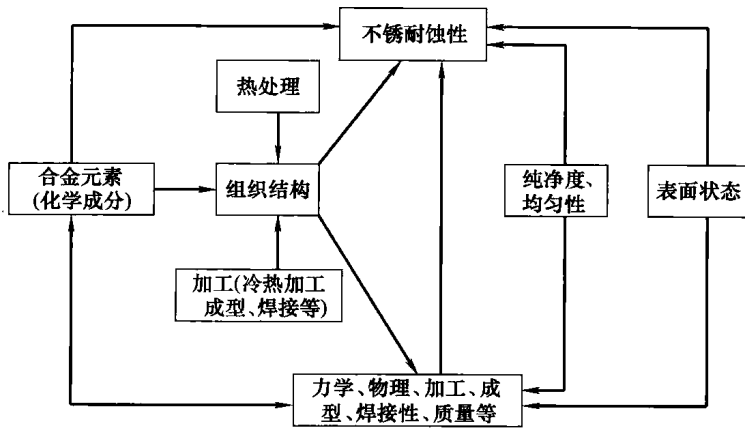


图2 影响超级不锈钢和铁镍基及镍基耐蚀合金性能和质量的主要因素（示意图）

最后，也是最重要的，目前我国已是世界上最大的不锈钢生产国和消费国。这一成就既令国人振奋，也令世界瞩目，但要建成不锈钢工业强国，则任重而道远。当前为了实现节能减排，生产和应用高性能、高质量、长寿命周期和低成本的材料已成为不锈钢和高镍耐蚀合金发展的重要方向。面对我国工业化过程中现代工业，例如石油、化工、石化、机械、能源（燃煤、燃油电厂和核电以及陆地、海洋深井和超深井油气田开发等）工业以及环保（如烟气脱硫）、海洋开发（如海水淡化、海洋工程）等领域中，大型装置和关键装备、构件等对高耐蚀性能和高质量的超级不锈钢和高镍耐蚀合金材料实现国产化并研发具有我国自主知识产权的新型超级不

锈钢和高镍耐蚀合金材料的需求，笔者认为，出版一册全面介绍超级不锈钢和高镍耐蚀合金材料基础并侧重于实用的书籍将会是有益的。

本书共分为超级不锈钢、铁镍基耐蚀合金和镍基耐蚀合金 3 篇共 13 章内容。笔者希望本书对超级不锈钢和高镍耐蚀合金生产、使用、研究、设计、教学等领域的读者了解国内外超级不锈钢和高镍耐蚀合金的发展过程、现状和最新进展，掌握超级不锈钢和高镍耐蚀合金的基础知识，熟悉各种具体材料牌号的化学成分、组织结构和各种性能特点及其影响因素，了解它们应用的简况均有所帮助。在实际工作中，也可将此书作为技术资料用于参考。当然，在考虑选用本书中所介绍的材料牌号用于工程时，还必须经过必要的试验和科学的论证等有关程序。

本书写作中参考了国内外有关的文献和资料，使此书内容更加丰富和实用。由于参考资料来源不同，本书编写过程中，涉及溶液浓度时，部分内容仍使用了 ppm 单位， $1\text{ppm}=10^{-6}=0.0001\%\approx 1\text{mg/L}$ ；另外，个别位置用元素符号代表该元素或组分的含量，特此说明。

在本书从写作到定稿的过程中，刘尔华教授不仅毫无保留地向笔者提供了所需的技术资料，还参与了全书稿的多次审校，为此付出了大量的时间、精力和心血。对于刘尔华教授所给予的真诚、热心和无私的帮助，笔者在此表示深深的谢意。

本书的完成和出版，也得益于中国特钢企业协会不锈钢分会的大力支持，《不锈钢》杂志编辑部编辑董菁、杨小俊也为此付出了辛勤劳动，国际镍协会（Nickel Institute）还提供了赞助，化学工业出版社的编辑也做了大量细致的工作，在此也一并致谢。另外，在这里还要向许多参考文献的作者和有关企业（公司）、向在不锈钢、高镍耐蚀合金、科研工作中给予笔者大力支持、帮助的老同事、老朋友表示衷心的感谢。

由于笔者水平所限，加之时间仓促，书中不妥之处，请读者给予批评指正。

陆世英
于北京

目 录

第一篇 超级不锈钢

1 超级铁素体不锈钢	1
1.1 铁素体不锈钢的发展和超级铁素体不锈钢	1
1.2 Fe-Cr 合金相图, 铁素体和超级铁素体不锈钢的析出相及其对钢性能的影响	3
1.2.1 Fe-Cr 合金相图	3
1.2.2 铁素体和超级铁素体不锈钢的析出相及其对钢性能的影响	3
1.2.2.1 碳化物和氮化物	4
1.2.2.2 $\sigma(\chi)$ 相	5
1.2.2.3 α' 相	6
1.3 合金元素对铁素体和超级铁素体不锈钢组织和性能的影响	7
1.3.1 铬和钼	7
1.3.2 镍	14
1.3.3 碳和氮	19
1.3.4 钛和铌	20
1.4 超级铁素体不锈钢的牌号、化学成分、组织和性能及应用	23
1.4.1 00Cr25Ni4Mo4 (Ti, Nb) (MONIT)	23
1.4.1.1 化学成分和组织特点	23
1.4.1.2 力学性能	24
1.4.1.3 耐腐蚀性能	26
1.4.1.4 冷、热加工性能	28
1.4.1.5 焊接性能	29
1.4.1.6 热处理工艺	29
1.4.1.7 物理性能	29
1.4.1.8 应用	30
1.4.2 00Cr28Ni4Mo2 (Nb) (Cronifer 2803)	30
1.4.2.1 化学成分和组织特点	30
1.4.2.2 力学性能	30
1.4.2.3 耐腐蚀性能	32
1.4.2.4 冷、热加工性能	35

1.4.2.5	焊接性能	35
1.4.2.6	热处理工艺	36
1.4.2.7	物理性能	36
1.4.2.8	应用	36
1.4.3	00Cr29Mo4Ni2 (AL29-4-2)	36
1.4.3.1	化学成分和组织特点	36
1.4.3.2	力学性能	37
1.4.3.3	耐腐蚀性能	38
1.4.3.4	冷、热加工性能	41
1.4.3.5	焊接性能	41
1.4.3.6	热处理工艺	42
1.4.3.7	物理性能	42
1.4.3.8	应用	42
1.4.4	高纯 Cr30Mo2 (SHOMAC) 和 00Cr30Mo2TiNb (NSS 447M1)	42
1.4.4.1	化学成分和组织特点	43
1.4.4.2	力学性能	43
1.4.4.3	耐腐蚀性能	43
1.4.4.4	冷、热加工性能	50
1.4.4.5	焊接性能	51
1.4.4.6	热处理工艺	52
1.4.4.7	物理性能	52
1.4.4.8	应用	52
1.4.5	00Cr29Mo4TiNb (AL 29-4C)	53
1.4.5.1	化学成分和组织特点	53
1.4.5.2	力学性能	53
1.4.5.3	耐腐蚀性能	54
1.4.5.4	冷、热加工性能	56
1.4.5.5	焊接性能	57
1.4.5.6	热处理工艺	57
1.4.5.7	物理性能	57
1.4.5.8	应用	58
1.4.6	00Cr27Mo3Ni2TiNb (SEA-CURE)	58
1.4.6.1	化学成分和组织特点	58
1.4.6.2	力学性能	59
1.4.6.3	耐腐蚀性能	59
1.4.6.4	冷、热加工性能	63
1.4.6.5	焊接性能	63

1.4.6.6	热处理工艺	63
1.4.6.7	物理性能	63
1.4.6.8	应用	64
	参考文献	64
2	超级奥氏体不锈钢	67
2.1	奥氏体不锈钢的发展和超级奥氏体不锈钢	67
2.2	奥氏体和超级奥氏体不锈钢的相图、析出相及其对钢性能的影响	70
2.2.1	奥氏体和超级奥氏体不锈钢的相图	70
2.2.2	奥氏体和超级奥氏体不锈钢的析出相及其对钢性能的影响	70
2.2.2.1	碳化物和氮化物	70
2.2.2.2	σ 相	72
2.2.2.3	χ 相和 η 相	73
2.3	合金元素对奥氏体和超级奥氏体不锈钢组织和性能的影响	74
2.3.1	碳的影响	74
2.3.2	铬的影响	74
2.3.3	镍的影响	77
2.3.4	钼的影响	79
2.3.5	氮的影响	83
2.3.5.1	对组织的影响	85
2.3.5.2	对性能的影响	85
2.3.6	锰的影响	92
2.3.7	铜的影响	93
2.4	超级奥氏体不锈钢的牌号、化学成分、组织、性能及应用	94
2.4.1	00Cr20Ni18Mo6CuN (254 SMO)	94
2.4.1.1	化学成分和组织特点	94
2.4.1.2	力学性能	94
2.4.1.3	耐腐蚀性能	95
2.4.1.4	冷、热加工性能	100
2.4.1.5	焊接性能	100
2.4.1.6	热处理工艺	101
2.4.1.7	物理性能	101
2.4.1.8	应用	101
2.4.2	00Cr20Ni24Mo6N (AL-6XN) 和 00Cr21Ni25Mo6CuN (AL-6XN plus)	101
2.4.2.1	化学成分和组织特点	101
2.4.2.2	力学性能	101
2.4.2.3	耐腐蚀性能	103

2.4.2.4	冷、热加工性能	109
2.4.2.5	焊接性能	110
2.4.2.6	热处理工艺	110
2.4.2.7	物理性能	110
2.4.2.8	应用	110
2.4.3	00Cr21Ni25Mo6CuN (Cronifer 1925hMo)	111
2.4.3.1	化学成分和组织特点	111
2.4.3.2	力学性能	111
2.4.3.3	耐腐蚀性能	112
2.4.3.4	冷、热加工性能	115
2.4.3.5	焊接性能	115
2.4.3.6	热处理工艺	116
2.4.3.7	物理性能	117
2.4.3.8	应用	117
2.4.4	00Cr24Ni17Mn5Mo4NNb (NIROSTA)	117
2.4.4.1	化学成分和组织特点	117
2.4.4.2	力学性能	118
2.4.4.3	耐腐蚀性能	118
2.4.4.4	冷、热加工性能	119
2.4.4.5	焊接性能	120
2.4.4.6	热处理工艺	120
2.4.4.7	物理性能	120
2.4.4.8	应用	120
2.4.5	00Cr22Ni27Mo7CuN (Incoloy 27-7Mo)	121
2.4.5.1	化学成分和组织特点	121
2.4.5.2	力学性能	121
2.4.5.3	耐腐蚀性能	122
2.4.5.4	冷、热加工性能	126
2.4.5.5	焊接性能	127
2.4.5.6	热处理工艺	128
2.4.5.7	物理性能	128
2.4.5.8	应用	128
2.4.6	00Cr24Ni22Mo7Mn3CuN (654 SMO)	128
2.4.6.1	化学成分和组织特点	129
2.4.6.2	力学性能	129
2.4.6.3	耐腐蚀性能	129
2.4.6.4	冷、热加工性能	135

2.4.6.5	焊接性能	135
2.4.6.6	热处理工艺	136
2.4.6.7	物理性能	136
2.4.6.8	应用	137
2.4.7	00Cr25Ni22Mo6W2CuN (UR B66)	137
2.4.7.1	化学成分和组织特点	137
2.4.7.2	力学性能	137
2.4.7.3	耐腐蚀性能	139
2.4.7.4	冷、热加工性能	143
2.4.7.5	焊接性能	143
2.4.7.6	热处理工艺	144
2.4.7.7	物理性能	144
2.4.7.8	应用	144
	参考文献	144
3	超级双相不锈钢	148
3.1	双相不锈钢的发展和超级及特超级双相不锈钢	148
3.2	双相和超级双相不锈钢的相图、析出相及其对钢性能的影响	152
3.2.1	双相和超级双相不锈钢的相图	152
3.2.2	双相和超级双相不锈钢中的析出相及其对钢性能的影响	155
3.2.2.1	析出相	155
3.2.2.2	析出相对钢性能的影响	156
3.3	双相和超级双相不锈钢中的合金元素对钢的组织 and 性能的影响	163
3.3.1	铬、钼、钨	163
3.3.2	镍、氮、铜	168
3.4	相比对双相和超级双相不锈钢性能的影响	173
3.4.1	相比对力学性能的影响	173
3.4.2	相比对耐蚀性的影响	175
3.4.3	相比对热塑性的影响	179
3.4.4	母材相比对焊后热影响区相比和性能的影响	180
3.5	超级双相不锈钢的牌号、化学成分、组织和性能及应用	183
3.5.1	00Cr25Ni7Mo4N (SAF 2507)	183
3.5.1.1	化学成分和组织特点	183
3.5.1.2	力学性能	184
3.5.1.3	耐腐蚀性能	185
3.5.1.4	冷、热加工性能	189
3.5.1.5	焊接性能	190
3.5.1.6	热处理工艺	191

3.5.1.7	物理性能	191
3.5.1.8	应用	191
3.5.2	00Cr25Ni6.5Mo3.5CuN (UR52N ⁺)	192
3.5.2.1	化学成分和组织特点	192
3.5.2.2	力学性能	192
3.5.2.3	耐腐蚀性能	192
3.5.2.4	冷、热加工性能	199
3.5.2.5	焊接性能	199
3.5.2.6	热处理工艺	200
3.5.2.7	物理性能	200
3.5.2.8	应用	200
3.5.3	00Cr25Ni7Mo3.5WCuN 钢 (Zeron 100)	200
3.5.3.1	化学成分和组织特点	200
3.5.3.2	力学性能	201
3.5.3.3	耐腐蚀性能	202
3.5.3.4	冷、热加工性能	207
3.5.3.5	焊接性能	207
3.5.3.6	热处理工艺	207
3.5.3.7	物理性能	208
3.5.3.8	应用	208
3.5.4	00Cr27Ni7Mo5N (SAF 2707 HD)	208
3.5.4.1	化学成分和组织特点	208
3.5.4.2	力学性能	208
3.5.4.3	耐腐蚀性能	209
3.5.4.4	冷、热加工性能	212
3.5.4.5	焊接性能	212
3.5.4.6	应用	213
3.5.5	00Cr29Ni6Mo2N (SAF 2906)	214
3.5.5.1	化学成分和组织特点	214
3.5.5.2	力学性能	214
3.5.5.3	耐腐蚀性能	215
3.5.5.4	冷成型性	217
3.5.5.5	焊接性能	217
3.5.5.6	热处理工艺	217
3.5.5.7	物理性能	218
3.5.5.8	应用	219
3.5.6	00Cr32Ni7Mo4N (SAF 3207 HD)	219

3.5.6.1	化学成分和组织特点	219
3.5.6.2	力学性能	219
3.5.6.3	耐腐蚀性能	220
3.5.6.4	应用	222
参考文献		222

第二篇 铁镍基耐蚀合金

1	铁镍基耐蚀合金的发展和现状	225
	参考文献	228
2	Ni-Fe-Cr 耐蚀合金	229
2.1	镍、铬对 Ni-Fe-Cr 合金耐蚀性能的影响	229
2.2	Ni-Fe-Cr 耐蚀合金的牌号、化学成分、组织和性能及应用	236
2.2.1	Cr20Ni32 型耐蚀合金	236
2.2.1.1	化学成分和组织特点	236
2.2.1.2	耐腐蚀性能	238
2.2.1.3	力学性能等其他性能	243
2.2.1.4	应用	252
2.2.2	新 13 号耐应力腐蚀合金	252
2.2.2.1	耐腐蚀性能	252
2.2.2.2	力学性能等其他性能	255
2.2.2.3	应用	257
参考文献		257
3	Ni-Fe-Cr-Mo 耐蚀合金	259
3.1	钼对 Ni-Fe-Cr 合金耐蚀性的影响	259
3.2	Ni-Fe-Cr-Mo 耐蚀合金的牌号、化学成分、组织和性能及应用	261
3.2.1	0Cr20Ni43Mo13 (NS 131)	261
3.2.1.1	化学成分和组织特点	261
3.2.1.2	耐腐蚀性能	261
3.2.1.3	力学性能等其他性能	261
3.2.1.4	应用	263
3.2.2	00Cr21Ni40Mo13 (Narloy 3)	263
3.2.2.1	化学成分和组织特点	263
3.2.2.2	耐腐蚀性能	264
3.2.2.3	力学性能等其他性能	265
参考文献		266
4	Ni-Fe-Cr-Mo-Cu 耐蚀合金	267
4.1	铜对 Ni-Fe-Cr-Mo 合金耐蚀性的影响	267

4.2	铬对 Ni-Fe-Mo-Cu 合金耐蚀性的影响	269
4.3	Ni-Fe-Cr-Mo-Cu 耐蚀合金的牌号、化学成分、组织和性能及应用	271
4.3.1	00Cr25Ni35Mo3CuTi	271
4.3.1.1	化学成分和组织特点	271
4.3.1.2	耐腐蚀性能	271
4.3.1.3	力学性能等其他性能	278
4.3.1.4	应用	279
4.3.2	0Cr22Ni47Mo6.5Cu2Nb2 (Hastelloy G)	280
4.3.2.1	化学成分和组织特点	280
4.3.2.2	耐腐蚀性能	281
4.3.2.3	力学性能等其他性能	290
4.3.2.4	应用	292
4.3.3	00Cr22Ni48Mo7Cu2Nb (Hastelloy G3)	292
4.3.3.1	化学成分和组织特点	292
4.3.3.2	耐腐蚀性能	292
4.3.3.3	力学性能等其他性能	295
4.3.3.4	应用	296
4.3.4	00Cr30Ni43Mo5.5W2.5Cu2Nb (Hastelloy G30)	296
4.3.4.1	化学成分和组织特点	296
4.3.4.2	耐腐蚀性能	296
4.3.4.3	力学性能等其他性能	302
4.3.4.4	应用	304
4.3.5	00Cr27Ni31Mo3Cu (Sanicro 28, Nicrofer 3127LC)	304
4.3.5.1	化学成分和组织特点	304
4.3.5.2	耐腐蚀性能	305
4.3.5.3	力学性能等其他性能	310
4.3.5.4	应用	311
4.3.6	0Cr21Ni42Mo3Cu2Ti (Incoloy 825)	311
4.3.6.1	化学成分和组织特点	311
4.3.6.2	耐腐蚀性能	312
4.3.6.3	力学性能等其他性能	320
4.3.6.4	应用	321
4.3.7	0Cr20Ni35Mo3Cu3Nb (Carpenter 20Cb-3, NS 143)	321
4.3.7.1	化学成分和组织特点	322
4.3.7.2	耐腐蚀性能	322
4.3.7.3	力学性能等其他性能	326
4.3.7.4	应用	326

4.3.8	00Cr27Ni31Mo7CuN (Nicrofer 3127hMo)	326
4.3.8.1	化学成分和组织特点	327
4.3.8.2	耐腐蚀性能	327
4.3.8.3	力学性能等其他性能	332
4.3.8.4	应用	333
4.3.9	00Cr33Ni31MoCuN0.5 (Nicrofer 33)	333
4.3.9.1	发展过程和依据	333
4.3.9.2	化学成分和组织特点	334
4.3.9.3	耐腐蚀性能	334
4.3.9.4	力学性能等其他性能	336
4.3.9.5	应用	338
4.3.10	0Cr15Ni40Mo5Cu3Ti3Al (эн543)	338
4.3.10.1	化学成分和组织特点	338
4.3.10.2	耐腐蚀性能	339
4.3.10.3	力学性能等其他性能	339
4.3.10.4	应用	340
参考文献		340

第三篇 镍基耐蚀合金

1	概述	342
1.1	镍基耐蚀合金的定义和分类	342
1.1.1	定义	342
1.1.2	分类	342
1.2	国内外镍基耐蚀合金的发展和现状	343
1.3	本书所介绍的镍基耐蚀合金牌号	346
参考文献		347
2	Ni-Cu 耐蚀合金	349
2.1	铜对镍耐蚀性的影响	349
2.2	常用 Ni-Cu 合金的牌号、化学成分、组织、性能及应用	351
2.2.1	Ni68Cu28Fe (Monel 400)	351
2.2.1.1	化学成分和组织特点	351
2.2.1.2	耐腐蚀性能	351
2.2.1.3	力学性能等其他性能	365
2.2.1.4	应用	372
2.2.2	Ni68Cu28Al	372
2.2.2.1	化学成分和组织特点	373
2.2.2.2	耐腐蚀性能	373

2.2.2.3	力学性能等其他性能	373
2.2.2.4	应用	380
参考文献	380
3	Ni-Cr 耐蚀合金	381
3.1	铬对镍耐蚀性能的影响	381
3.2	常用 Ni-Cr 耐蚀合金的牌号、化学成分、组织和性能及应用	386
3.2.1	0Cr15Ni75Fe (Inconel 600, NS 312)	386
3.2.1.1	化学成分和组织特点	386
3.2.1.2	耐腐蚀性能	386
3.2.1.3	力学性能等其他性能	390
3.2.1.4	应用	395
3.2.2	0Cr23Ni60Fe14Al (Inconel 601, NS 313)	396
3.2.2.1	化学成分和组织特点	396
3.2.2.2	耐腐蚀性能	396
3.2.2.3	力学性能等其他性能	399
3.2.2.4	应用	403
3.2.3	0Cr20Ni65Ti3AlNb (NS 411)	403
3.2.3.1	化学成分和组织特点	403
3.2.3.2	耐腐蚀性能	403
3.2.3.3	力学性能等其他性能	405
3.2.3.4	应用	406
3.2.4	0Cr15Ni70Ti3AlNb (Inconel X-750)	406
3.2.4.1	化学成分和组织特点	406
3.2.4.2	耐腐蚀性能	406
3.2.4.3	力学性能等其他性能	408
3.2.4.4	应用	410
3.2.5	00Cr30Ni60Fe10 (Inconel 690, NS 315)	411
3.2.5.1	化学成分和组织特点	411
3.2.5.2	耐腐蚀性能	412
3.2.5.3	力学性能等其他性能	420
3.2.5.4	应用	424
3.2.6	0Cr35Ni65Al (NS 314), 0Cr50Ni50	424
3.2.6.1	化学成分和组织特点	424
3.2.6.2	耐腐蚀性能	424
3.2.6.3	力学性能等其他性能	430
3.2.6.4	应用	434
参考文献	434

4 Ni-Mo 耐蚀合金	436
4.1 钼对镍耐蚀性能的影响	436
4.2 常用 Ni-Mo 耐蚀合金的牌号、化学成分、组织和性能及应用	439
4.2.1 0Mo28Ni65Fe5 (Hastelloy B, NS 321)	440
4.2.1.1 化学成分和组织特点	440
4.2.1.2 耐腐蚀性能	440
4.2.1.3 力学性能等其他性能	451
4.2.1.4 应用	453
4.2.2 00Mo28Ni68Fe2 (Hastelloy B2, NS 322)	453
4.2.2.1 化学成分和组织特点	453
4.2.2.2 耐腐蚀性能	453
4.2.2.3 力学性能等其他性能	458
4.2.2.4 应用	460
4.2.3 00Mo28Ni65Cr1.5Fe1.5, 00Mo28Ni65Fe3Cr1.3 和 00Mo28Ni60Cr8Fe6 三种合金	460
4.2.3.1 化学成分和组织特点	460
4.2.3.2 耐蚀性	461
4.2.3.3 力学性能等其他性能	467
4.2.3.4 应用	469
4.2.4 00Mo26Ni60Cr8Fe2Co2 (Haynes 242)	469
4.2.4.1 化学成分和组织特点	469
4.2.4.2 耐腐蚀性能	470
4.2.4.3 力学性能等其他性能	473
4.2.4.4 应用	476
参考文献	476
5 Ni-Cr-Mo 耐蚀合金	478
5.1 铬、钼对镍基合金(镍铬、镍钼)耐蚀性的影响	480
5.2 常用 Ni-Cr-Mo 耐蚀合金的牌号、化学成分、组织和性能及应用	482
5.2.1 0Cr16Ni60Mo16W4 (Hastelloy C)	483
5.2.1.1 化学成分和组织特点	483
5.2.1.2 耐腐蚀性能	483
5.2.1.3 力学性能等其他性能	492
5.2.1.4 应用	493
5.2.2 00Cr16Ni60Mo16W4 (Hastelloy C-276 NS 334)	493
5.2.2.1 化学成分和组织特点	494
5.2.2.2 耐腐蚀性能	494
5.2.2.3 力学性能等其他性能	498