

# 不锈钢 表面处理技术

第二版

陈天玉 编著



化学工业出版社

# 不锈钢 表面处理技术

第二版

陈天玉 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

《不锈钢表面处理技术》全面地介绍了不锈钢处理的各种技术,包括除油、除氧化皮、抛光技术、电镀、化学镀技术、钝化技术以及化学着色、电化学着色技术、腐蚀刻蚀技术,第二版中还增加了钢铁材料上镀不锈钢镀层的技术。书中既有原理介绍,又有大量的实用配方和应用实例,还有许多最新的研究成果。

本书可供不锈钢制品的生产管理人员、产品开发技术人员参考,又可供表面处理技术人员阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

不锈钢表面处理技术/陈天玉编著. —2版. —北京:化学工业出版社, 2016.1

ISBN 978-7-122-25661-4

I. ①不… II. ①陈… III. ①不锈钢-金属表面处理 IV. ①TG142.71②TG178

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第270952号

---

责任编辑:段志兵  
责任校对:程晓彤

文字编辑:孙凤英  
装帧设计:张辉

---

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:三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张30 字数549千字 2016年4月北京第2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

《不锈钢表面处理技术》一书2004年9月出版,已经有十多年的时间了。其间不锈钢表面处理技术在国内有了许多新的进展,主要表现在下列各方面。

(1) 不锈钢氧化皮的快速清除。不锈钢经热加工后表面生成一层结合力很强的黑色氧化皮,要除尽这层氧化皮才有实用价值。在研制酸洗工序方面,既要有效快速地除去氧化皮,又要防止过腐蚀和氢脆现象,兼顾环保。如太原钢铁公司不锈钢冷轧厂在引进推广中性电解液(pH 5~7的硫酸钠溶液)时,在 $D_K 10\sim 14\text{A}/\text{dm}^2$ 下电解10~12s,85℃条件下进行冷轧不锈钢带除鳞,可以机械化高速工作,获得满意的表面质量。

(2) 在不锈钢化学抛光方面,采用更环保的配方,尽可能用少量硝酸、磷酸、盐酸、硫酸和表面活性剂,获得了镜面光亮,极适合小零件大批精饰。

(3) 在电化学抛光的配方方面有了很大的改变,硝酸尽量少用或不用,也取得了满意的效果。为了环保,不用铬酸作添加剂,或首次使用少量的铬酸后,后续可不必再加铬酸,同样可以得到满意的结果。

(4) 在不锈钢的电镀方面,利用不锈钢电镀前的活化剂,有效地增强了不锈钢上镀层的结合力,研究出在不锈钢的化学镀镍磷镀层、化学镀铜和化学镀铬之前代替闪镀镍的活活化法,极大地方便了化学镀工艺的连续性生产,从而降低了化学镀的成本、提高了生产率和经济效益。

(5) 不锈钢耐高温抗氧化和耐磨涂层方面有了更多的发展,包括涂饰各种涂层、等离子渗碳、激光强化、等离子喷涂陶瓷金属复合涂层等技术。

(6) 不锈钢钝化方法上,传统采用50%硝酸溶液,并含有铬酸盐。现在发展出环保的钝化工艺,就是采用柠檬酸溶液,改善了工艺条件。

本书修订中,在不锈钢着黑色、化学着彩色、电化学着彩色的配方中删除代码添加剂,增补实名添加剂,表示配方的透明和新进展,有利于为读者提供技术空间的深入探讨,并节约成本。另外,在不锈钢蚀刻加工方面,增补不锈钢模具化学蚀刻、抛光、镀铬和不锈钢印字。

本书最后,增加了一章,即第11章,介绍在普通钢上电镀不锈钢镀层,作为仿不锈钢的装饰镀层等技术内容。

本书第二版的完成,除了笔者总结了这一领域的研究工作外,同时也参考了大量国内外有关学者的著作,吸收了他们对不锈钢表面技术处理领域的研究成果。有使用和开发这一领域的研究成果的读者,可向本书所示或相应的参考文献列出的原作者咨询。对于那些已经公之于世的技术创新者表示衷心的感谢!

陈天玉

2016年1月

## 第一版前言

在近 20~30 年间, 不锈钢的出现和大量的使用, 推动了不锈钢工业的进程。不锈钢由于具有优良的性能和银光闪闪的外表, 备受人们的青睐。不锈钢具有优越的耐蚀性、耐磨性、强韧性和良好的可加工性, 外观的精美性, 以及无毒无害性, 广泛地应用于宇航、海洋、军工、化工、能源等方面, 以及日用家具、建筑装潢、交通车辆的装饰上。

不锈钢的表面自然色调虽可提供美感和清洁感, 但其银白色的光泽又会给人以寒冷感和疏远感的反映。随着对不锈钢应用范围的日益扩大, 人们对其表面色彩的要求也在不断提高。国外彩色不锈钢的生产和应用, 近 20 年来已进入高潮, 并不断向高级化和多样化的装饰性、艺术性方向发展。彩色不锈钢在装饰性材料上的应用, 扩大了不锈钢的应用范围, 为不锈钢提供了新的信息, 开拓了新的市场。

不锈钢着色膜的显色机理不同于铝合金着色膜。不锈钢着色不是用染料着色形成有色的表面层, 而是在不锈钢表面形成无色透明的氧化膜对光干涉的结果, 其色泽已证明经久耐用。不锈钢表面所着色泽主要取决于表面膜的化学成分、组织结构、表面光洁度、膜的厚度和入射光线等因素。通常薄的氧化膜显示蓝色或棕色, 中等厚度膜显示金黄色或红色, 厚膜则呈绿色, 最厚的则呈黑色。因而不锈钢着色工艺远较铝合金更为困难, 工艺要求更高, 其色彩均匀性不易控制, 工艺重现性较差。近年来, 国内科技研究工作者对不锈钢着色技术已作了不少开拓性研究, 仍需要做大量工作, 尤其是着色膜的色彩稳定性、均匀性及重现性等的深入研究。从大量的文献资料来看, 国内彩色不锈钢的技术工作尚处于研制阶段, 缺乏实际使用的经验, 可以预料, 随着我国国民经济的发展和人民生活水平的不断提高, 发展并应用这一新型材料为四化服务, 有着广阔的前景。

近年来, 我国各地不锈钢加工的工厂如雨后春笋般发展起来, 迫切需要不锈钢的加工技术, 诸如化学抛光和电化学抛光、钝化、化学着色和电化学着色, 花纹图案装饰和腐蚀烂板等。这些在技术资料上虽有粗略的介绍, 散见于有关书籍手册中, 但还缺乏一本专业的有关不锈钢表面处理的书籍来指导和帮助从事不锈钢的加工者。我国各地有关单位已经适应这一形势, 开展了这方面的课题探索, 并发表了许多有见识的论文, 对不锈钢着色的重现性不好这一难题取得了不少的解决办法, 在实验室基础上对着色工艺进行了大量的系统的研究, 掌握了较全面的各类数据,

参考国外有关专利，借鉴他国经验，结合我国工作情况，找出规律性关键问题，为解决色彩重现性作出了贡献。为方便读者在使用时查阅，本书中涉及的配方、工艺条件和添加剂，均注明来源，便于使用者于生产中与研制单位联系。

近代科学技术的日新月异，本身就是各个学科、各个领域的互相渗透、有机结合的结果，彩色不锈钢的诞生，也就是材料科学、电子科学、表面科学、检测技术良好结合的成功实例。人们相信，只要各个专业、各个学科的互相渗透，取长补短，不久的将来，彩色不锈钢工业一定会蓬勃发展，彩色不锈钢一定会出现在人们的生活和工作中，为国争光，为四个现代化服务。

彩色不锈钢的应用前景，从国外情形看，建筑行业由于采用彩色不锈钢，是彩色不锈钢的消耗大户。建筑行业的装饰，长期以来都是采用阳极氧化着色铝型材，铝材着色膜与彩色不锈钢着色膜相比，金属光泽差，耐蚀性、耐磨性和耐候性及美观性都不如不锈钢。随着彩色不锈钢的出现，国外形成彩色大楼热。据介绍，日本东京佛教会议厅的屋面和天花板，使用彩色不锈钢达3万平方米，我国台北市亚洲投资信托公司总部大楼甚至于外墙和窗框使用了73t彩色不锈钢，美国建筑银行大楼使用了27t彩色不锈钢，令人耳目一新的是美国休斯敦市21层彩色大楼，用彩色不锈钢装饰外墙和窗框，从早晨日出到晚上日落，由于阳光入射角的改变，入射光从东方直至西方，该大楼显示出不断变幻的天蓝色、金黄色、红色和绿色，连续变化交相辉映，不同的角度观望有不同的色彩的精美情景，吸引着来往的人群。除建筑装饰外，彩色不锈钢的需求还将不断扩大，发展前景极为可观。

在编写本书过程中，查阅和收集了国内外有关不锈钢的文献资料，根据我国的实际需要，选取那些在生产中使用较为广泛、性能较为稳定的技术和工艺，作为本书的主要内容。对某些目前还在实验室阶段中取得的成果，虽未广泛使用，但有参考价值，值得进一步试验、运用、发展，推广的项目也作了介绍。

全书共分10章，第1~3章为不锈钢表面处理的准备工序，第4~5章为不锈钢电镀与涂层（包括扩渗层），第6~9章为钝化与着色，第10章为腐蚀加工。

在编写本书过程中，力求以通俗易懂的语言，全面地、深入地、细致地将不锈钢各方面技术一一介绍给读者。读者参考本书的有关内容，在实际工作中将会受益。这里要感谢参考过的文献资料的作者，他们的工作和文献使本书内容得更完整和丰富。

虽然作者力求把这一工作做好，但限于本人的水平，收集的资料有限，书中可能有疏漏和错误之处，敬请读者批评指正。加之科学技术发展突飞猛进，昨日的技术已不适应今日的要求，特此勉励大家为不锈钢的技术发展共同努力。

# 目 录

<b>第 1 章 不锈钢表面预处理</b> .....	1
1.1 概述 .....	1
1.1.1 预处理的必要性 .....	1
1.1.2 处理去除的污物 .....	1
1.1.3 不锈钢制件预处理的步骤 .....	1
1.1.4 不锈钢表面预处理方法 .....	2
1.2 表面机械整平 .....	2
1.2.1 磨光 .....	2
1.2.2 抛光 .....	3
1.3 除油 .....	4
1.3.1 有机溶剂除油 .....	4
1.3.2 化学除油 .....	5
1.3.3 电化学除油 .....	7
1.4 滚动光饰 .....	9
1.4.1 滚筒滚光 .....	9
1.4.2 离心滚光 .....	10
1.4.3 离心盘擦光 .....	11
1.4.4 旋转光饰 .....	11
1.5 喷砂 .....	12
1.5.1 喷砂原理 .....	12
1.5.2 喷砂的用途 .....	13
1.5.3 干喷砂工艺 .....	13
1.5.4 湿喷砂 .....	13
参考文献 .....	14
<b>第 2 章 不锈钢氧化皮的清除和酸洗</b> .....	15
2.1 不锈钢氧化皮的清除 .....	15
2.1.1 不锈钢氧化皮的结构 .....	15
2.1.2 不锈钢氧化皮的清除 .....	16
2.2 不锈钢的酸洗 .....	19

2.3 不锈钢酸洗用缓蚀剂 .....	23
2.3.1 使用缓蚀剂的必要性 .....	23
2.3.2 水溶性缓蚀剂的作用机理 .....	23
2.3.3 缓蚀剂的作用效率 .....	23
2.3.4 BMAT 缓蚀剂 .....	25
2.3.5 BMAT 缓蚀剂对抑制酸洗应力腐蚀的影响 .....	27
2.4 不锈钢的中性电解除鳞 .....	27
2.4.1 硫酸钠电解除鳞原理 .....	27
2.4.2 硫酸钠电解除鳞的影响因素 .....	28
2.4.3 不锈钢电解除鳞的工艺设备 .....	29
2.4.4 电解除鳞技术安全与经济效益 .....	30
2.5 不锈钢的磨料水射流除鳞工艺 .....	30
2.5.1 磨料水射流除鳞机理 .....	30
2.5.2 磨料水射流除鳞工艺 .....	31
2.5.3 除鳞结果与分析 .....	32
2.5.4 磨料水射流的最佳工艺参数 .....	33
2.6 不锈钢表面喷射玻璃丸处理 .....	34
2.6.1 不锈钢表面的喷砂处理 .....	34
2.6.2 不锈钢表面的喷玻璃丸处理 .....	34
参考文献 .....	35
<b>第3章 不锈钢抛光 .....</b>	<b>36</b>
3.1 概论 .....	36
3.1.1 抛光的实用性 .....	36
3.1.2 金属电化学抛光的历史 .....	36
3.1.3 金属化学与电化学抛光的特点 .....	36
3.2 抛光对不锈钢的组织 and 性能的影响 .....	37
3.2.1 表层微观组织形貌 .....	37
3.2.2 表面粗糙度和光亮度 .....	37
3.2.3 表面显微硬度 .....	39
3.2.4 表面耐蚀性 .....	39
3.3 机械精细镜面抛光——乳化液抛光 .....	39
3.3.1 常规机械抛光 .....	39
3.3.2 乳化液机械抛光 .....	40
3.3.3 ZH-1 抛光乳化液 .....	40



3.3.4	精细镜面机械抛光工艺过程 .....	41
3.4	化学抛光 .....	41
3.4.1	化学抛光溶液组成及中低温工艺条件 .....	41
3.4.2	高温型不锈钢化学抛光液 .....	49
3.4.3	不锈钢化学抛光溶液组成与高中温工艺条件 .....	55
3.4.4	化学抛光溶液的添加剂 .....	58
3.4.5	化学抛光典型工艺流程 .....	59
3.5	电化学抛光 .....	60
3.5.1	电化学抛光溶液的组成和工艺条件 .....	60
3.5.2	电化学抛光溶液的组成和工艺条件对抛光的影响 .....	62
3.5.3	电化学抛光溶液的配制 .....	72
3.5.4	电化学抛光工艺流程 .....	74
3.5.5	电化学抛光溶液的维护和工艺要求 .....	75
3.5.6	电化学抛光用电源、设备和夹具 .....	78
3.5.7	电化学抛光常见故障及可能原因 .....	79
3.5.8	不锈钢电化学抛光溶液的分析 .....	79
	参考文献 .....	85
<b>第4章</b>	<b>不锈钢电镀 .....</b>	<b>87</b>
4.1	概论 .....	87
4.1.1	不锈钢钝化膜对电镀的影响 .....	87
4.1.2	不锈钢钝化膜的反复性 .....	87
4.1.3	电解活化-预镀镍处理方法——不锈钢电镀前处理方法之一 .....	88
4.1.4	电解活化-预镀镍后的镀层结合力试验 .....	88
4.1.5	阳极电解活化-预镀镍一步法溶液成分及工艺条件 .....	89
4.1.6	化学活化-预镀镍一步法——不锈钢电镀前处理方法之二 .....	89
4.1.7	阴极活化-预镀镍两步法——不锈钢电镀前处理方法之三 .....	90
4.1.8	化学活化和预镀镍两步法——不锈钢电镀前处理方法之四 .....	91
4.1.9	不锈钢预镀镍添加剂 KN-505 .....	91
4.1.10	不锈钢预镀纳米镍新工艺 .....	93
4.2	不锈钢镀铬 .....	94
4.2.1	不锈钢镀铬的目的 .....	94
4.2.2	不锈钢镀铬预处理通用方法 .....	95
4.2.3	不锈钢镀铬预处理新型活化液 .....	95
4.2.4	普通镀铬溶液成分及工艺条件 .....	96

4.2.5	不锈钢电镀铬稀土添加剂镀液 .....	96
4.2.6	不锈钢电镀铬复合型添加剂镀液 .....	97
4.2.7	不锈钢电镀铬有机阴离子添加剂 .....	98
4.2.8	镀铬层的质量检验 .....	101
4.2.9	不锈钢片镀硬铬 .....	102
4.2.10	马氏体不锈钢镀硬铬 .....	103
4.2.11	不锈钢内孔件镀硬铬 .....	105
4.2.12	不锈钢盲孔器件镀硬铬 .....	108
4.2.13	不锈钢卡尺镀乳白铬 .....	110
4.2.14	不锈钢补镀硬铬 .....	111
4.2.15	高钨不锈钢合金电镀硬铬 .....	112
4.2.16	中温中电流密度下转高效率镀硬铬 .....	113
4.3	不锈钢电镀锌、铜、锡、镉、镍 .....	115
4.3.1	不锈钢镀锌 .....	115
4.3.2	不锈钢镀锌发黑 .....	116
4.3.3	不锈钢镀光亮铜 .....	117
4.3.4	不锈钢防氯化镀焦磷酸铜 .....	120
4.3.5	不锈钢镀锡铈合金 .....	121
4.3.6	不锈钢镀氰化镉 .....	123
4.3.7	不锈钢镀光亮镍 .....	125
4.3.8	不锈钢滚镀光亮镍 .....	129
4.4	不锈钢镀贵金属 .....	130
4.4.1	不锈钢镀光亮银 .....	130
4.4.2	不锈钢镀金 .....	132
4.4.3	不锈钢件直接镀金 .....	133
4.4.4	不锈钢餐具局部镀金 .....	134
4.4.5	不锈钢上激光和喷射局部镀金 .....	135
4.4.6	不锈钢镀活性铂 .....	137
4.4.7	不锈钢镀铱 .....	138
4.5	不锈钢镀复合镀层 .....	139
4.6	不锈钢化学镀镍 .....	141
4.6.1	不锈钢双层化学镀镍 .....	141
4.6.2	不锈钢单层化学镀镍 .....	142
4.6.3	有氧化皮的不锈钢单层化学镀镍 .....	143

4.6.4	不锈钢化学镀镍钨磷合金 .....	144
4.6.5	诱导体对不锈钢化学镀镍-磷合金的影响 .....	147
4.6.6	不锈钢球阀化学镀镍磷合金 .....	148
4.6.7	不锈钢上化学镀镍层的检测 .....	152
4.6.8	不锈钢化学镀镍常见故障、可能原因及纠正方法 .....	152
4.7	不锈钢化学镀铜 .....	154
4.8	不锈钢化学镀钼 .....	156
4.9	不锈钢电刷镀 .....	157
4.9.1	电净 .....	158
4.9.2	活化 .....	159
4.9.3	特殊镍刷镀液 .....	160
4.9.4	快速镍刷镀液 .....	162
4.9.5	低应力镍电刷镀液 .....	163
4.9.6	碱性铜电刷镀液 .....	163
4.9.7	厚沉积碱性铜电刷镀液 .....	164
4.9.8	半光亮镍电刷镀液 .....	165
4.9.9	镍-钨合金电刷镀液 .....	166
4.9.10	镍-钨-钴合金电刷镀液 .....	167
4.9.11	镍-铁-钨-磷-硫合金电刷镀液 .....	168
4.9.12	酸性锡电刷镀液 .....	169
4.9.13	金电刷镀液 .....	170
4.9.14	不锈钢大轴外表面电刷镀修复工艺 .....	171
4.9.15	不锈钢大件内孔表面电刷镀修复工艺 .....	173
4.9.16	不锈钢导管表面损伤的电刷镀修复工艺 .....	174
4.9.17	不锈钢套筒电刷镀锡 .....	175
	参考文献 .....	176
<b>第5章</b>	<b>不锈钢高温抗氧化涂层及耐蚀涂层 .....</b>	<b>179</b>
5.1	概论 .....	179
5.2	不锈钢高温抗氧化涂层 .....	179
5.2.1	涂层的制备 .....	179
5.2.2	涂层结构 .....	180
5.2.3	涂层性能 .....	180
5.3	凝胶-封孔法制备不锈钢表面陶瓷膜层 .....	182
5.3.1	凝胶-封孔法制备不锈钢表面陶瓷膜 .....	182

5.3.2	凝胶-封孔制备不锈钢表面陶瓷层的影响因素	182
5.4	不锈钢热浸镀稀土铝合金制备抗高温氧化层	184
5.4.1	不锈钢热浸镀稀土铝合金的组织与性能	185
5.4.2	不锈钢热浸镀稀土铝合金的抗高温氧化性能	185
5.5	不锈钢离子镀 Ti(C, N)	187
5.5.1	不锈钢离子镀 Ti(C, N) 工艺过程	187
5.5.2	镀膜试样抗氧化实验	187
5.5.3	不锈钢离子镀 Ti(C, N) 膜后的抗氧化性能	188
5.6	不锈钢表面纳米氧化钛 TiO <sub>2</sub> 晶膜	189
5.6.1	TiO <sub>2</sub> 纳米晶膜的制备——Ti(OEt) <sub>4</sub> 法	190
5.6.2	溶胶-凝胶法制备 TiO <sub>2</sub> 薄膜	190
5.6.3	不锈钢表面纳米 TiO <sub>2</sub> 晶膜的特征	191
5.6.4	不锈钢表面 TiO <sub>2</sub> 晶膜的耐蚀性能	192
5.7	不锈钢上热浸扩散铝铬涂层	192
5.7.1	不锈钢热浸扩散铝铬涂层工艺流程	192
5.7.2	工艺选择	192
5.7.3	铝铬涂层的结构分析	194
5.8	不锈钢低温离子渗扩氮化层	196
5.8.1	不锈钢等离子体弧源低温离子渗扩氮方法	196
5.8.2	不锈钢渗扩氮层金相组织	197
5.8.3	不锈钢渗扩氮层深度	197
5.9	不锈钢热加工保护涂料	198
5.9.1	保护涂料的效果	198
5.9.2	保护涂料的配方设计	198
5.9.3	保护涂料的性能	199
5.9.4	保护层保护能力检验	200
5.10	不锈钢上电沉积烧结抗高温钎铬氧化薄膜	201
5.10.1	钎铬氧化物薄膜的制备	202
5.10.2	钎铬氧化物膜对不锈钢抗高温氧化性能的影响	203
5.11	不锈钢加铁稀土离子硫氮碳共渗层	204
5.11.1	概论	204
5.11.2	不锈钢加铁稀土催渗离子硫氮碳工艺	204
5.11.3	不锈钢加铁稀土离子硫氮碳共渗中铁及稀土的影响	205
5.11.4	不锈钢加铁稀土离子硫氮碳共渗的催渗机理探讨	206

5.12	不锈钢不饱和聚酯改性特种防腐涂层 .....	206
5.12.1	特种防腐涂料配方 .....	207
5.12.2	涂装工艺 .....	207
5.12.3	涂层性能测试 .....	207
5.12.4	涂层应用效果 .....	208
5.13	不锈钢表面导电聚苯胺膜层 .....	208
5.13.1	聚苯胺膜实验 .....	208
5.13.2	聚苯胺膜实验结果 .....	209
5.14	不锈钢真空等离子渗碳 .....	211
5.14.1	等离子渗碳原理与方法 .....	211
5.14.2	渗碳速率分析 .....	212
5.14.3	不锈钢渗碳层的显微硬度 .....	212
5.14.4	不锈钢离子渗碳后的耐磨性 .....	212
5.14.5	不锈钢离子渗碳后的耐蚀性 .....	212
5.15	不锈钢热浸镀铝合金对氟渗透的阻挡层 .....	214
5.15.1	防氟渗透膜层的实验 .....	215
5.15.2	防氟渗透膜的实验结果 .....	215
5.16	不锈钢稀土铈转化膜 .....	216
5.16.1	稀土转化膜的制备 .....	216
5.16.2	极化曲线测试 .....	217
5.16.3	转化膜的颜色和表面形貌 .....	217
5.17	不锈钢激光表面强化处理 .....	218
5.17.1	激光处理对不锈钢表面显微硬度的影响 .....	218
5.17.2	不锈钢的激光表面强化处理方法 .....	218
5.17.3	激光表面硬化处理实验 .....	218
5.18	不锈钢等离子喷涂 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-Cr}_2\text{O}_3$ 陶瓷涂层 .....	220
5.18.1	等离子体喷涂陶瓷涂层的效能 .....	220
5.18.2	不锈钢金属和陶瓷等离子体喷涂工艺 .....	220
5.18.3	喷涂工艺参数 .....	221
5.19	不锈钢涂覆 $\text{SiO}_2\text{-BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ 陶瓷保护涂层 .....	222
5.19.1	陶瓷保护涂层的应用 .....	222
5.19.2	陶瓷涂层制备 .....	222
5.19.3	陶瓷涂层性能测试 .....	223
5.20	不锈钢表面 $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ 复合涂层 .....	224

5.20.1	溶胶-凝胶法湿化学制备无机非金属涂层的优越性 .....	224
5.20.2	溶胶-凝胶的制备 .....	225
5.20.3	涂层的耐腐蚀性 .....	226
	参考文献 .....	227
<b>第6章</b>	<b>不锈钢的钝化 .....</b>	<b>229</b>
6.1	概论 .....	229
6.1.1	不锈钢钝化的意义 .....	229
6.1.2	不锈钢钝化的作用 .....	229
6.1.3	不锈钢钝化工艺的分类 .....	230
6.1.4	不锈钢的可钝化性 .....	230
6.2	不锈钢的干法钝化工艺 .....	231
6.2.1	常温自然钝化工艺 .....	231
6.2.2	高温钝化工艺 .....	231
6.3	不锈钢的硝酸钝化工艺 .....	231
6.3.1	不锈钢硝酸钝化工艺配方 .....	231
6.3.2	不锈钢硝酸钝化工艺特点 .....	232
6.3.3	不锈钢硝酸钝化工艺要点 .....	232
6.3.4	钝化工艺步骤 .....	233
6.3.5	Cr18Ni13Mo3 不锈钢的钝化 .....	233
6.4	不锈钢的硝酸-重铬酸盐钝化工艺 .....	235
6.4.1	不锈钢的硝酸-重铬酸盐钝化配方及工艺条件 .....	235
6.4.2	各型不锈钢的特殊处理 .....	235
6.4.3	PH15-5 不锈钢的钝化 .....	236
6.5	不锈钢的硝酸-氢氟酸型钝化工艺 .....	238
6.5.1	硝酸-氢氟酸溶液的作用 .....	238
6.5.2	硝酸-氢氟酸钝化配方及工艺条件 .....	238
6.6	柠檬酸-双氧水-乙醇钝化工艺 .....	238
6.6.1	柠檬酸-双氧水-乙醇钝化配方及工作条件 .....	238
6.6.2	钝化膜的实验方法 .....	239
6.6.3	工艺流程 .....	239
6.6.4	耐点蚀实验结果 .....	239
6.7	不锈钢的碱性溶液钝化 .....	242
6.7.1	不锈钢碱性溶液钝化的应用范围 .....	242
6.7.2	不锈钢碱性钝化溶液配方及工作条件 .....	242

6.8	不锈钢的电解钝化	242
6.8.1	奥氏体不锈钢电解钝化工艺	242
6.8.2	马氏体不锈钢电解钝化工艺	243
6.9	不锈钢的载波钝化	243
6.9.1	不锈钢 1Cr25 的载波钝化	243
6.9.2	载波钝化时载波参数对钝化膜的影响	244
6.10	不锈钢钝化的质量控制	246
6.10.1	钝化工艺过程的控制	246
6.10.2	钝化膜的质量控制	247
6.10.3	不锈钢表面钝化膜的影响因素	247
6.10.4	不锈钢钝化常见故障及排除方法	248
6.11	奥氏体不锈钢中马氏体含量对其钝化膜的影响	248
6.12	高铬镍不锈钢的钝化	252
6.12.1	高铬镍不锈钢材料的制备	252
6.12.2	高铬镍不锈钢实验方法	253
6.12.3	高铬镍不锈钢中铬、镍含量对合金钝化的影响	253
6.12.4	介质中氯离子和氟离子的影响	254
6.12.5	合金钝化膜的表层结构分析	255
6.13	不锈钢钝化膜的电偶法评价	256
6.13.1	电偶法的实验过程	257
6.13.2	不锈钢钝化膜电偶法评价方法	257
6.14	不锈钢钝化膜成长的椭圆术研究	259
6.14.1	椭圆术研究实验	259
6.14.2	在恒定电位下椭圆仪参数 $\Delta$ 和 $\phi$ 时间函数曲线的规律	260
	参考文献	263
<b>第7章</b>	<b>不锈钢着黑色</b>	<b>264</b>
7.1	概述	264
7.1.1	不锈钢着黑色的方法分类	264
7.1.2	对发黑零件的要求	264
7.1.3	不锈钢化学发黑的应用范围	265
7.1.4	化学着黑色膜层的物理与化学性能	265
7.2	不锈钢化学着黑色	265
7.2.1	不锈钢化学着黑色溶液成分和工艺条件	265
7.2.2	不锈钢化学着黑色溶液成分及工艺条件的影响	266

7.2.3	不锈钢化学发黑工艺流程 .....	269
7.2.4	不锈钢发黑溶液的配制 .....	270
7.2.5	不锈钢发黑膜的固化处理 .....	270
7.2.6	不锈钢发黑用设备、挂具及处理设备 .....	271
7.2.7	不锈钢化学着黑色膜性能测试 .....	271
7.2.8	不锈钢化学着黑色常见故障、可能原因及纠正方法 .....	272
7.2.9	不锈钢化学着黑色废液再生利用 .....	273
7.3	不锈钢电解着黑色 .....	273
7.3.1	不锈钢电解着黑色溶液成分和工艺条件 .....	274
7.3.2	不锈钢电解着黑色溶液成分及工艺条件的影响 .....	275
7.3.3	不锈钢电解发黑工艺流程 .....	279
7.3.4	不锈钢电解着黑色的工艺特点 .....	280
7.3.5	不锈钢着黑色膜层的性能与结构 .....	280
7.4	不锈钢着黑色复合工艺 .....	283
	参考文献 .....	284
<b>第8章</b>	<b>不锈钢化学着彩色 .....</b>	<b>285</b>
8.1	彩色不锈钢的兴起与回顾 .....	285
8.1.1	彩色不锈钢的兴起 .....	285
8.1.2	彩色不锈钢技术在国外的的发展回顾 .....	285
8.1.3	彩色不锈钢技术在国内的发展回顾 .....	286
8.1.4	彩色不锈钢在世界各地的商品化生产和应用 .....	289
8.2	不锈钢着色法和着色膜 .....	291
8.2.1	不锈钢着色方法的类别 .....	291
8.2.2	彩色不锈钢着色原理 .....	293
8.2.3	不锈钢着色膜生成原理 .....	296
8.2.4	不锈钢着色膜的组织结构 .....	296
8.2.5	不锈钢的着色机理 .....	297
8.3	不锈钢的高温氧化着色 .....	299
8.3.1	高温氧化着色工艺流程 .....	299
8.3.2	高温氧化着金黄色 .....	300
8.3.3	颜色不合格膜的退除 .....	300
8.4	不锈钢因科化学着色法 .....	301
8.4.1	因科法化学着色溶液组成和工艺条件 .....	301
8.4.2	时间控制着色法 .....	301



8.4.3	电位控制着色法 .....	301
8.4.4	影响因科法着色的因素 .....	304
8.4.5	国内对因科工艺研究的进展 .....	307
8.5	国内自主研制的不锈钢化学着色工艺 .....	308
8.5.1	配方及工艺条件总表 .....	308
8.5.2	配方说明 .....	309
8.6	彩色不锈钢化学着色工艺流程 .....	335
8.6.1	单色着色工艺流程 .....	335
8.6.2	花纹色膜工艺流程 .....	336
8.6.3	印刷法制成图案的工艺流程 .....	336
8.6.4	连续多色着色法工艺流程 .....	337
8.7	不锈钢化学着彩色的溶液管理 .....	337
8.7.1	着色液的配制 .....	337
8.7.2	着色用挂具材料的选用 .....	338
8.7.3	着色液的老化 .....	338
8.7.4	着色膜色泽的校正和退除 .....	338
8.8	固膜处理和封闭处理 .....	339
8.8.1	固膜处理工艺 .....	339
8.8.2	固膜处理后彩色膜性能 .....	341
8.8.3	封闭处理 .....	342
8.9	不锈钢化学着彩色液的老化 .....	343
8.9.1	$\text{Cr}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 和 $\text{Ni}^{2+}$ 对着色起色电位的影响 .....	343
8.9.2	$\text{Cr}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ 对着色能力的影响 .....	344
8.9.3	$\text{Cr}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ 对着色膜色泽与色调的影响 .....	345
8.9.4	着色液中 $\text{Cr}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 或 $\text{Ni}^{2+}$ 的极限浓度 .....	346
8.10	不锈钢彩色着色液分析方法 .....	347
8.10.1	铬酐和三价铬的测定 .....	347
8.10.2	硫酸的测定 .....	349
8.10.3	$\text{Fe}^{3+}$ 的测定 .....	350
8.10.4	$\text{Ni}^{2+}$ 的测定 .....	351
8.10.5	添加剂 $\text{ZnSO}_4$ 的分析 .....	352
8.10.6	添加剂 $\text{MnSO}_4$ 的分析 .....	353
8.10.7	添加剂钼酸铵的分析 .....	354
8.10.8	稀土元素分析 .....	358