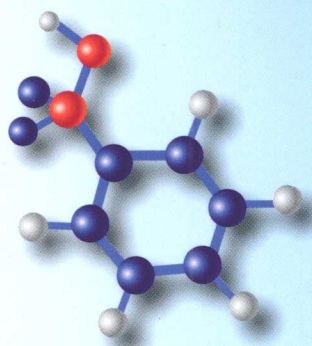




21世纪全国高等院校材料类**创新型**应用人才培养规划教材



MATERIALS

材料表面处理技术与工程实训

柏云杉 编著

精选教学内容，知识涵盖范围广
吸收科技成果，理论实验内容新
注重实验实训，综合能力提高快

Materials



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

013023669

TG17-43
05

21 世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材

材料表面处理技术与工程实训

编 著 柏云杉
参 编 邵 荣 陈 松



TG17-43
05



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



北航

C1630513

内 容 简 介

本书介绍了材料表面前处理、电镀、化学镀、转化膜、微细加工技术和电极修饰技术以及其他表面处理技术,涵盖电化学、化学、物理学和材料学等学科领域,题材来源于工程实际。

本书内容分为材料表面处理技术、材料表面处理实验和材料表面处理综合实训三部分。

本书可供高等院校应用化学、材料化学、材料物理等相关专业的师生使用,也可供其他相关专业人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

材料表面处理技术与工程实训/柏云杉编著. —北京:北京大学出版社, 2013. 2
(21世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-22064-1

I. ①材… II. ①柏… III. ①金属表面处理—高等学校—教材 IV. ①TG17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 022872 号

书 名: 材料表面处理技术与工程实训

著作责任者: 柏云杉 编著

策 划 编 辑: 童君鑫

责 任 编 辑: 童君鑫 黄红珍

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-22064-1/TG·0041

出 版 发 行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京富生印刷厂

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14 印张 318 千字

2013 年 2 月第 1 版 2013 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 30.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

21 世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材

编审指导与建设委员会

成员名单（按拼音排序）

- | | |
|--------------|----------------|
| 白培康（中北大学） | 陈华辉（中国矿业大学） |
| 崔占全（燕山大学） | 杜彦良（石家庄铁道大学） |
| 杜振民（北京科技大学） | 耿桂宏（北方民族大学） |
| 关绍康（郑州大学） | 胡志强（大连工业大学） |
| 李楠（武汉科技大学） | 梁金生（河北工业大学） |
| 林志东（武汉工程大学） | 刘爱民（大连理工大学） |
| 刘开平（长安大学） | 芦笙（江苏科技大学） |
| 裴坚（北京大学） | 时海芳（辽宁工程技术大学） |
| 孙凤莲（哈尔滨理工大学） | 孙玉福（郑州大学） |
| 万发荣（北京科技大学） | 王春青（哈尔滨工业大学） |
| 王峰（北京化工大学） | 王金淑（北京工业大学） |
| 王昆林（清华大学） | 卫英慧（太原理工大学） |
| 伍玉娇（贵州大学） | 夏华（重庆理工大学） |
| 徐鸿（华北电力大学） | 余心宏（西北工业大学） |
| 张朝晖（北京理工大学） | 张海涛（安徽工程大学） |
| 张敏刚（太原科技大学） | 张锐（郑州航空工业管理学院） |
| 张晓燕（贵州大学） | 赵惠忠（武汉科技大学） |
| 赵莉萍（内蒙古科技大学） | 赵玉涛（江苏大学） |

前 言

“材料表面处理”是高校应用化学、材料学等专业学生必修的专业基础课程，承接了先期开设的“四大化学”、结构化学、电化学基础与电化学测量、电化学合成等课程，构成了应用化学教学体系。“材料表面处理”课程对于加深学生对理论课知识的理解、训练实验技能、掌握实验测试技术、培养解决实际问题的能力有着重要的作用。

本书是根据高等院校“材料表面处理”、“材料表面处理实验”和“材料表面处理综合实验”课程的教学目标，在长期从事材料表面处理教学中不断充实理论和实验教学内容、更新教学仪器和装置的基础上，经过不断总结、修改和改革创新编写而成的。

本书具有以下几个特点：①精选教学内容，力求涵盖面更宽，不但适合应用化学、材料化学专业学生使用，而且对化学化工、制药、环境等专业学生同样适用；②尽量吸收反映目前材料表面处理的最新成果、生成实际应用工艺和配方，采用先进且价格适中的实验仪器、装置，更新理论和实验内容；③扩充了综合设计性实验和实训内容，有利于学生综合能力的培养和提高。

本书的结构体系分为材料表面处理技术、材料表面处理实验和材料表面处理综合实训三部分，由盐城工学院应用化学与制药工程系组织编写。本书的编写采用分工协作，其中柏云杉负责编写第1章、第2章、第4章、第5章、第8章和第9章；邵荣编写第6章、第7章和第10章；陈松编写第3章、第11章和第12章；柏云杉完成书稿的通读、整理和定稿。本书在编写过程中得到了盐城工学院教务处、盐城工学院化学与生物工程学院的大力支持与帮助；北京大学出版社为本书的出版进行了大量细致的工作；同时，参考了国内同类教材的部分内容；选用了盐城工学院实验中心部分仪器设备照片以及其他工厂部分产品图片，在此一并表示衷心感谢！

本书可作为高等院校应用化学、材料化学、材料物理等相关专业的教学用书，也可供其他相关专业人员参考使用。

由于编著者水平所限，加之时间仓促，书中疏漏之处在所难免，恳请使用本书的师生多提宝贵意见(E-mail: bys@ycit.edu.cn)。

编著者

2012年10月

北京大学出版社材料类相关教材书目

序号	书 名	标准书号	主 编	定价	出版日期
1	金属学与热处理	7-5038-4451-5	朱兴元, 刘忆	24	2007.7
2	材料成型设备控制基础	978-7-301-13169-5	刘立君	34	2008.1
3	锻造工艺过程及模具设计	978-7-5038-4453-5	胡亚民, 华林	30	2012.3
4	材料成形 CAD/CAE/CAM 基础	978-7-301-14106-9	余世浩, 朱春东	35	2008.8
5	材料成型控制工程基础	978-7-301-14456-5	刘立君	35	2009.2
6	铸造工程基础	978-7-301-15543-1	范金辉, 华勤	40	2009.8
7	材料科学基础	978-7-301-15565-3	张晓燕	32	2012.1
8	模具设计与制造	978-7-301-15741-1	田光辉, 林红旗	42	2012.5
9	造型材料	978-7-301-15650-6	石德全	28	2012.5
10	材料物理与性能学	978-7-301-16321-4	耿桂宏	39	2012.5
11	金属材料成形工艺及控制	978-7-301-16125-8	孙玉福, 张春香	40	2013.2
12	冲压工艺与模具设计(第2版)	978-7-301-16872-1	牟林, 胡建华	34	2010.6
13	材料腐蚀及控制工程	978-7-301-16600-0	刘敬福	32	2010.7
14	摩擦材料及其制品生产技术	978-7-301-17463-0	申荣华, 何林	45	2010.7
15	纳米材料基础与应用	978-7-301-17580-4	林志东	35	2010.8
16	热加工测控技术	978-7-301-17638-2	石德全, 高桂丽	40	2010.8
17	智能材料与结构系统	978-7-301-17661-0	张光磊, 杜彦良	28	2010.8
18	材料力学性能	978-7-301-17600-3	时海芳, 任鑫	32	2012.5
19	材料性能学	978-7-301-17695-5	付华, 张光磊	34	2012.5
20	金属学与热处理	978-7-301-17687-0	崔占全, 王昆林, 吴润	50	2012.5
21	特种塑性成形理论及技术	978-7-301-18345-8	李峰	30	2011.1
22	材料科学基础	978-7-301-18350-2	张代东, 吴润	36	2012.8
23	DEFORM-3D 塑性成形 CAE 应用教程	978-7-301-18392-2	胡建军, 李小平	34	2012.5
24	原子物理与量子力学	978-7-301-18498-1	唐敬友	28	2012.5
25	模具 CAD 实用教程	978-7-301-18657-2	许树勤	28	2011.4
26	金属材料学	978-7-301-19296-2	伍玉娇	38	2011.8
27	材料科学与工程专业实验教程	978-7-301-19437-9	向嵩, 张晓燕	25	2011.9
28	金属液态成型原理	978-7-301-15600-1	贾志宏	35	2011.9
29	材料成形原理	978-7-301-19430-0	周志明, 张弛	49	2011.9
30	金属组织控制技术与设备	978-7-301-16331-3	邵红红, 纪嘉明	38	2011.9
31	材料工艺及设备	978-7-301-19454-6	马泉山	45	2011.9
32	材料分析测试技术	978-7-301-19533-8	齐海群	28	2011.9
33	特种连接方法及工艺	978-7-301-19707-3	李志勇, 吴志生	45	2012.1
34	材料腐蚀与防护	978-7-301-20040-7	王保成	38	2012.2
35	金属精密液态成形技术	978-7-301-20130-5	戴斌煜	32	2012.2
36	模具激光强化及修复再造技术	978-7-301-20803-8	刘立君, 李继强	40	2012.8
37	高分子材料与工程实验教程	978-7-301-21001-7	刘丽丽	28	2012.8
38	材料化学	978-7-301-21071-0	宿 辉	32	2012.8
39	塑料成型模具设计	978-7-301-17491-3	江昌勇 沈洪雷	49	2012.9
40	压铸成形工艺与模具设计	978-7-301-21184-7	江昌勇	43	2012.9
41	工程材料力学性能	978-7-301-21116-8	莫淑华 于久灏等	32	2013.3
42	金属材料学	978-7-301-21292-9	赵莉萍	43	2012.10
43	金属成型理论基础	978-7-301-21372-8	刘瑞玲 王 军	38	2012.10
44	高分子材料分析技术	978-7-301-21340-7	任 鑫 胡文全	42	2012.10
45	金属学与热处理实验教程	978-7-301-21576-0	高聿为 刘 永	35	2013.1
46	无机材料生产设备	978-7-301-22065-8	单连伟	36	2013.2
47	材料表面处理技术与工程实训	978-7-301-22064-1	柏云杉	30	2013.2

相关教学资源如电子课件、电子教材、习题答案等可以登录 www.pup6.com 下载或在线阅读。

扑六知识网(www.pup6.com)有海量的相关教学资源和电子教材供阅读及下载(包括北京大学出版社第六事业部的相关资源),同时欢迎您将教学课件、视频、教案、素材、习题、试卷、辅导材料、课改成果、设计作品、论文等教学资源上传到 pup6.com,与全国高校师生分享您的教学成就与经验,并可自由设定价格,知识也能创造财富。具体情况请登录网站查询。

如您需要免费纸质样书用于教学,欢迎登陆第六事业部门户网(www.pup6.com)填表申请,并欢迎在线登记选题以到北京大学出版社来出版您的大作,也可下载相关表格填写后发到我们的邮箱,我们将及时与您取得联系并做好全方位的服务。

扑六知识网将打造成全国最大的教育资源共享平台,欢迎您的加入——让知识有价值,让教学无界限,让学习更轻松。

联系方式: 010-62750667, 童编辑, 13426433315@163.com, pup_6@126.com, 欢迎来电来信。

目 录

第一篇 材料表面处理技术 1

第 1 章 材料表面处理概论和分类 3

1.1 概论 5

1.2 分类 6

1.2.1 按原理和所用技术手段 分类 6

1.2.2 按处理工艺分类 7

思考题 8

第 2 章 材料表面处理的理论基础 9

2.1 固体的界面 10

2.1.1 典型固体表面 11

2.1.2 典型固体界面 13

2.1.3 表面晶体结构 15

2.1.4 表面扩散 17

2.1.5 表面能及表面张力 18

2.1.6 表面物理吸附和化学 吸附 19

2.1.7 固体和液体之间的界面 ... 22

2.2 金属腐蚀与防护的电化学基础 ... 26

2.2.1 化学腐蚀与电化学腐蚀 原理 26

2.2.2 金属表面的极化、钝化及 活化 30

2.2.3 金属材料腐蚀控制及防护 方法 32

2.3 电极极化 33

2.3.1 电极的极化现象 33

2.3.2 浓差极化 34

2.4 金属的阳极过程 36

2.5 金属的电沉积过程 37

2.5.1 金属电沉积的基本历程和 特点 37

2.5.2 金属的阴极还原过程 38

2.5.3 金属电结晶过程 42

思考题 46

第 3 章 材料表面预处理及机械 处理 48

3.1 喷丸 50

3.2 机械性清理 50

3.3 材料表面处理的预处理 52

3.4 预处理及机械处理实例 53

3.4.1 除油 53

3.4.2 化学除锈、抛光和电化学 抛光 55

3.4.3 除油去锈综合处理 57

3.4.4 其他表面预处理工艺 58

思考题 58

第 4 章 电镀和化学镀 59

4.1 电镀工艺 61

4.2 影响电镀镀层质量的因素 63

4.2.1 镀液的性能 63

4.2.2 电镀生产工艺 64

4.2.3 电镀溶液的基本组成 65

4.2.4 电镀液分散能力的测定 方法 66

4.2.5 电镀的实施方式 73

4.3 几种典型电镀实例 77

4.3.1 单金属电镀 77

4.3.2 合金电镀 90

4.4 化学镀 93

4.4.1 化学镀的原理与特点 93

4.4.2 几种典型化学镀实例 94

4.5 复合镀技术 98

4.5.1 复合镀的基本原理 98

4.5.2 复合镀层的种类及应用 ... 99



4.6	脉冲电镀工艺	100
4.6.1	概述	100
4.6.2	脉冲镀银	102
4.6.3	脉冲镀金	103
4.6.4	脉冲镀镍	104
4.7	高速电镀工艺	104
4.7.1	概述	104
4.7.2	铜带、铜引线电镀 光亮锡	105
4.7.3	铜引线电镀铅锡合金	106
4.7.4	钢带、钢线电镀锌	107
4.7.5	钢带、黄铜带镀镍	108
4.7.6	铜带、铜引线快速 镀银	109
4.7.7	喷流法高速局部镀金	109
4.8	非金属电镀	110
4.8.1	非金属电镀工艺介绍	110
4.8.2	非金属电镀效果介绍	111
4.9	镀层的质量评价	112
4.10	电镀和其他涂层的物理、化学 性能测试方法	113
4.10.1	电镀层的外观检验	113
4.10.2	表面光亮度的测定	116
4.10.3	镀层附着强度的测试 方法	117
4.10.4	镀层的耐蚀性试验	119
4.11	电镀的发展趋势	128
	思考题	129

第5章 转化膜技术 130

5.1	磷化膜	131
5.1.1	钢铁磷化膜形成 基本原理	131
5.1.2	钢铁磷化工艺	133
5.2	钝化膜	135
5.2.1	铬酸盐膜形成机理	135
5.2.2	锌的钝化	135
5.2.3	铝和铝合金的铬酸盐 钝化	136
5.3	氧化膜	137

5.3.1	钢铁的化学氧化	137
5.3.2	铝及铝合金的化学 氧化	138
5.3.3	铝及铝合金的阳极 氧化	139
	思考题	143

第6章 其他表面处理技术 144

6.1	离子镀技术	145
6.1.1	离子镀原理	145
6.1.2	离子镀特点和分类	146
6.1.3	离子镀设备	147
6.1.4	离子镀工艺过程	148
6.2	纳米复合镀技术	148
6.2.1	概述	148
6.2.2	纳米复合镀技术概论	149
6.2.3	纳米复合镀溶液	151
6.2.4	纳米复合镀层	153
6.2.5	纳米复合镀工艺	154
6.2.6	纳米复合镀技术的 应用	154
6.3	电泳涂装技术	156
6.3.1	阳极电泳涂装	156
6.3.2	阴极电泳涂装	156
6.4	表面微细加工技术	157
6.4.1	常用微细加工技术——光刻 工艺	158
6.4.2	典型微细加工实例	159
6.4.3	纳米工艺	161
6.5	常用电极修饰技术	162
	思考题	164

第二篇 材料表面处理实验 165

第7章 电化学原理实验 167

实验一	动电位扫描法测定镀锌溶液的 阴极极化曲线	167
实验二	重量法和容量法测定金属腐蚀 速度	169
实验三	简单腐蚀模型试验	174

第 8 章 转化膜实验	176	第 10 章 镀液分析和涂层性能评价 ...	194
实验四 铝合金阳极氧化	176	实验十二 镀液的故障分析	194
实验五 金属表面着色处理	177	实验十三 电镀溶液的分析	196
实验六 磷化处理工艺	179	实验十四 涂膜性能检测	201
第 9 章 电镀化学镀原理实验	182	实验十五 中性盐雾试验	204
实验七 镀前处理与镀层结合力 试验	182	第三篇 材料表面处理综合实训	207
实验八 无氰镀锌	183	第 11 章 电镀工艺综合实训	209
实验九 羟基亚乙基二磷酸镀铜	187	第 12 章 涂装工艺综合实训	210
实验十 酸性光亮镀锌、镀铜	189	参考文献	211
实验十一 化学镀镍	191		

第一篇

材料表面处理技术

第 1 章

材料表面处理概论和分类



本章学习目标

- ★ 了解材料表面处理技术及国内外现状；
- ★ 了解材料表面处理的分类。



本章教学要点

知识要点	能力要求	相关知识
材料表面处理技术现状	了解材料表面处理技术现状	了解材料表面处理技术现状
材料表面处理的分类	了解材料表面处理的分类	了解材料表面处理的分类



导入案例

人们使用表面处理技术已有悠久的历史。我国战国时就对钢制宝剑进行淬火，使钢表面获得坚硬的刃口。秦始皇的箭簇(图 1.1)表面铬含量很高，既耐腐蚀又增加硬度，是表面处理的结果。又如中国古代的鎏金工艺“承旋”(图 1.2)酒器，东汉建武年间制，现藏于北京故宫博物院；兽形盒砚(图 1.3)，东汉制，1980 年出土于陕西临潼姜寨新石器时代墓葬品，由石砚、盒身、盒盖三部分组成。

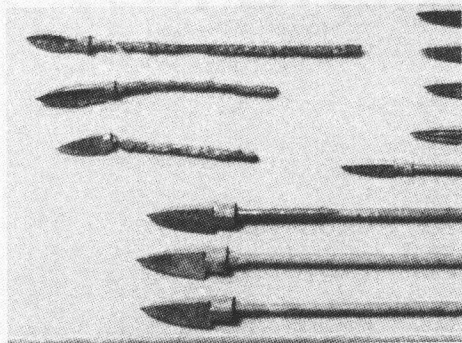


图 1.1 箭簇

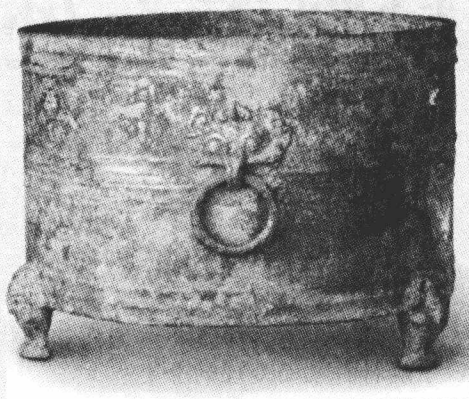


图 1.2 承旋

金属腐蚀现象在日常生活中是司空见惯的。例如，陈旧的汽车、自行车、洗衣机产生的红锈，海边钢结构建筑物的破坏，用铝锅装盐会穿孔，夏日旅行归来，自来水管里流出红水等。金属被腐蚀后严重影响了它的使用性能，其危害的不仅仅是金属本身，更严重的是金属结构遭破坏，如金属工件腐蚀(图 1.4)、磨损(图 1.5)、断裂(图 1.6)。有时，金属结构的价值比起金属本身要大得多，如汽车、飞机及精密仪器等，制造费用远远超过金属的价格。据估计，全世界每年因腐蚀而不能使用的金属制品的质量相当于金属年产量的 1/4~1/3。我国每年因腐蚀造成的经济损失至少达 200 亿元。而在这些损失中，如能充分利用腐蚀与防腐知识加以保护，有近 1/4 是完全可以避免的。此外，由于



图 1.3 兽形盒砚



图 1.4 金属工件腐蚀

金属设备腐蚀而引起的停工减产,产品质量下降,爆炸以及大量有用物质(如地下管道输送的油、水、气等)的渗漏等造成的损失也是非常惊人的。因此,做好腐蚀的防护工作,不仅仅是技术问题,而是关系到保护资源、节约能源、节省材料、保护环境、保证正常生产和人身安全、发展新技术等一系列重大的社会和经济问题。

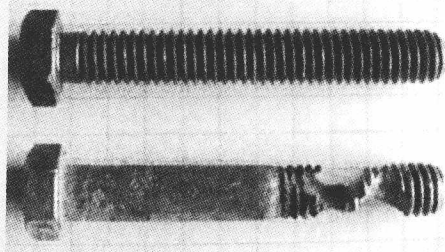


图 1.5 金属工件磨损

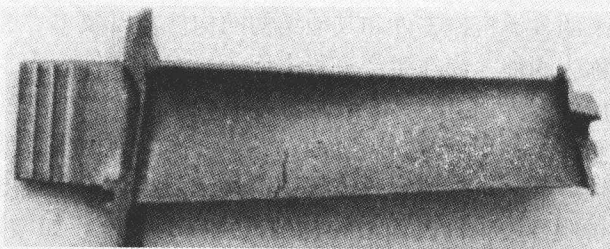


图 1.6 金属工件断裂

1.1 概 论

现代工业要求产品能在更高参数(如高温、高压、高速)、高度自动化和更恶劣的工况条件下长期稳定运转。这就必然对工件表面的抗磨损、耐腐蚀等性能提出了更高的要求。材料表面处理是材料科学与工程技术相结合的交叉学科之一,是应用物理、化学、机械等方法改变固体材料表面状态、表面成分或表面组织结构,获得所要求的性能,以提高产品的可靠性或延长其使用寿命的各种技术的总称。在机械制造、冶金、电子、化工、汽车与船舶制造、能源与动力、航空航天等工业领域中占有举足轻重的地位,越来越受到人们的重视。早在 20 世纪 80 年代后期,美国商业部就将材料表面处理技术列入影响 21 世纪人类生活的七大关键技术之一,与计算机科学、生命科学、新能源技术、新材料技术、信息技术和先进制造技术并列。我国也非常重视材料表面处理技术的发展、创新和应用。

现有的材料表面处理技术种类繁多,分属于不同的学科。例如,化学热处理、表面淬火技术属于金属材料学;电镀与电刷镀、涂装技术属于应用化学;而真空镀膜、离子镀等技术归类于物理电子学等。

随着材料表面处理技术的发展,基材不再局限于金属材料,而是包揽金属、有机、无机、复合等材料领域。对材料表面性能的要求也从一般的装饰防护拓展到机、电、光、声、热、磁等多种特性功能和综合功能领域。表面科学理论及材料表面分析技术的发展,为材料表面处理技术的研究提供了有利条件和科学指导依据。计算机、信息技术的发展,使材料表面处理技术可采用自动化、智能化设备,从而大大减轻了劳动强度,实现了自动化生产和智能管理。引入激光、电子束、离子束等新技术,改革了传统的表面处理工艺,



进入了现代化高科技的工业生产领域。

1.2 分 类

表面处理是指为满足特定的工程需求,使材料或零部件表面具有特殊的成分、结构和性能(或功能)的化学、物理方法与工艺,它以表面科学为理论基础,利用各种物理、化学、物理化学、电化学、冶金以及机械的方法和技术,使材料表面得到我们所期望的成分、组织、性能或绚丽多彩的外观。

工业生产制造出来的各类机械零件和其他结构的构件,以及单件能独立工作,具有一定使用功能的制品统称为制件。尚在生产流程中而未竣工的制件称为工件。制件表面是制件材料与制件环境介质的分界面。制件表面的工作条件与内体相比有所不同。表面与环境介质相接触,介质对制件的作用就从材料表面开始,如腐蚀、磨损、疲劳裂纹等。某些电器元件需要改善钎焊性,某些电接触元件需要耐磨性和低接触电阻,电器元件需要改善磁学性能等。因此,改善制件、工件表面层性能的内涵极为广泛,如增进表面光亮和色泽,提高表面的耐蚀性、减摩性、耐磨性、抗氧化性、抗咬合性、耐热性及抵抗疲劳裂纹产生的能力等均在其列。因此为了使制件的表面能满足工作条件的要求,以进行安全可靠地工作,并有足够的使用寿命,在工业生产中常常需要用各种不同的技术手段对某些制件的表面进行处理,以改善制件的表面性能。

1.2.1 按原理和所用技术手段分类

表面处理工艺按其原理和所用技术手段可分为以下几类。

1. 物理处理方法

这类方法通常是通过粘贴、润湿、扩散或物理气相沉积等物理过程使覆盖材料在制件表面形成一层厚度均匀的薄膜。这层薄膜具有良好的化学稳定性,不仅自身不易腐蚀,而且将所保护的制件表面与环境介质隔绝,阻断了环境介质对制件的腐蚀。有的覆盖膜还兼有其他的性能,如耐磨性、耐热性、导电性、绝缘性等。涂漆、橡胶覆盖、塑料覆盖(俗称为“过细”)、搪瓷、热喷涂、热浸镀、真空镀膜(蒸膜)等表面处理方法均属此类。

在物理处理过程中,制件表面和覆盖材料基本上是物理性质的结合,结合的过程是物理过程,这也是本类处理方法的共同点。

2. 化学处理方法

这类方法是在无外电流作用下,利用化学物质相互作用,在工件表面形成镀覆层。其中主要的方法有①化学转化膜处理:在电解质溶液中,金属工件在无外电流作用下,由溶液中化学物质与工件相互作用而在其表面形成镀层的过程,称为化学转化膜处理,如金属表面的发蓝、磷化、钝化、铬盐处理等。②化学镀:在电解质溶液中,工件表面经催化处理,在无外电流作用下,在溶液中由于化学物质的还原作用,将某些物质沉积于工件表面而形成镀层的过程,称为化学镀,如化学镀镍、化学镀铜等。此类方法的处理过程是在特定化学成分液态介质中进行的,制件表面所获得的保护层是通过化学反应生成的。

3. 电化学处理方法

这类方法是通过在电解液中进行电化学过程,从而对制件表面进行处理的。这类方法是利用电极反应,在工件表面形成膜层。其中主要的方法有①电镀:在电解质溶液中,工件为阴极,在外电流作用下,使工件表面形成镀层的过程,称为电镀。镀层可为金属、合金、半导体或各类固体微粒,如镀铜、镀镍等。②氧化:在电解质溶液中,工件为阳极,在外电流作用下,使其表面形成氧化膜层的过程,称为阳极氧化,如铝合金的阳极氧化。钢铁的氧化处理可用化学或电化学方法。化学方法是將工件放入氧化溶液中,依靠化学作用在工件表面形成氧化膜,如钢铁的发蓝处理。

4. 热处理方法

钢和铸铁件的表面淬火和化学热处理,都属于用热处理改善制件表面性能的方法。表面淬火通过表层预定深度的特定相变来改善制件表面的性能。表面经化学热处理的制件,其表层由于特定化学元素的渗入,除了有金相组织的变化外,还有化学成分的变化。

5. 机械处理方法

各种机械处理方法的共同点是都有力通过不同的介质或媒体作用于制件表面。喷丸和表面液压等都是长期以来在工业生产中广泛使用的机械表面处理方法。

1.2.2 按处理工艺分类

表面处理工艺按其内涵还应该包括以下几类。

1. 表面改性技术

表面改性技术即能够提高材料表面的耐磨性、耐蚀性、抗高温氧化性能,或装饰材料表面,或使材料表面具有各种特殊功能(如电性能、磁性能和光电性能等)的有关工程技术。

2. 表面加工技术

表面加工技术即能够在材料表面加工或制作各种功能结构元器件的有关技术。例如,能够在单晶硅表面制作大规模集成电路的光刻技术、离子刻蚀技术等。

3. 表面合成材料技术

表面合成材料技术即借助各种手段在材料表面合成新材料的技术,如纳米粒子制备过程中的材料表面处理技术、离子注入制备或合成新材料等。

4. 表面加工三维合成技术

表面加工三维合成技术即将二维表面加工累积成三维零件的快速原型制造技术等。

从以上论述可见,表面处理综合了材料科学、冶金学、物理、化学、表面科学各门学科的最新成果,是一门正在迅速发展的新型学科。表面处理研究对象包括固体材料表面层;加工方法为物理法、化学法、电化学法、高真空法、生物高分子法;手段有涂装、处理、扩散及固定化;研究目的及作用为形成特殊功能的表面层及覆盖层,起到装饰、防护、特殊功能(强化、韧化等)作用。表面处理内涵丰富,已在工业生产中广泛使用的表面处理工艺种类繁多,所依据的原理各不相同。在应用时必须放开视野从中选取符合技术要



求，而又经济简便的方法。

材料表面处理技术既可对材料表面改性，制备多功能的涂、镀、渗、覆层，成倍延长机件的寿命；又可对产品进行装饰；还可对废旧机件进行修复。归纳起来，材料表面处理技术具有如下的技术特点：

(1) 在廉价的基体材料上，对表面施以各种处理，使其获得多功能性(防腐、耐磨、耐热、耐高温、耐疲劳、耐辐射、抗氧化以及光、热、磁、电等特殊功能)、装饰性表面。例如，复合渗硼可以成倍提高材料的耐磨性、热疲劳性、红硬性以及耐蚀性。某些表面处理能使其整体材料得到难以获得的微晶、非晶态等特殊晶型。

(2) 表面涂层或改性层甚薄，从微米级到毫米级，但却起到了大量昂贵整体材料难以达到的效果。大幅度节省材料、能源、资源。

(3) 延长使用寿命。作为机件、构件的预保护，使之能承受腐蚀与磨损；并使高温机件、构件的耐热性大大提高，延长了使用寿命；作为废旧机件的修复，可使机件的寿命成倍延长。例如，电站的空气预热钢管不经处理，寿命仅有数月，经渗铝处理后寿命至少达10年，产生了很大的经济效益。

总之，表面工程技术是一种内涵深、外延广、渗透力强、影响面宽的综合而通用性的工程技术。

思考题

1. 材料表面处理全面而确切的含意是什么？
2. 举出你比较熟悉的一个产品对材料表面处理技术的需求。
3. 在你所接触的日常生活用品中，哪一件制品的表面处理你最喜欢，为什么？能说出它的表面是怎样处理的吗？
4. 在所接触的日常生活用品中，有哪一件你认为如果能在表面处理上做一些改进，大家就会更喜欢它？你对它的改进有具体设想吗？
5. 什么是表面改性？什么是表面加工？二者有什么区别？