

77.821
377

金属材料 表面新技术

赵文轸

内 容 简 介

本书简明扼要地阐述了近年来出现的或近年迅速发展起来的金属材料表面处理新技术的原理、工艺、特点及应用范围,可使读者用较少的时间和精力对金属材料表面新技术有一全面的认识,以便在工作中选择应用。本书阐述的新技术主要包括:热喷涂,热渗镀,特种电镀,化学镀,化学转化膜,金属表面彩色技术,新型涂料及涂装,气相沉积和激光束、离子束及电子束改性等。

本书可作为高等院校金属材料专业及机械制造有关专业的教材,也可供上述专业及工业企业和科研单位的工程技术人员参考。

(陕)新登字 007 号

金属材料表面新技术

赵文轸

责任编辑 高民军

*

西安交通大学出版社出版

(西安市咸宁西路 28 号 邮政编码:710049)

西安向阳印刷厂印装

陕西省新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张:16.625 字数:393 千字

1992 年 11 月第 1 版 1995 年 5 月第 2 次印刷

印数:3001—6000

ISBN7-5605-0478-7/TG·19 定价:14.80 元

序

金属材料表面工程技术是材料科学的一个重要领域,近一二十年来得到迅速发展。其主要体现是:多种新工艺方法被发明;传统的表面处理工艺被革新。这些新技术在工业上的应用,使金属制品的质量得到大幅度提高,为许多国家带来极大的经济效益,因而愈来愈受到各发达国家的重视。

金属表面工程新技术是一门涉及到表面物理、固体物理、等离子物理、表面化学、无机化学、有机化学、电化学、冶金学、金属材料学、高分子材料学、硅酸盐材料学以及物质的输运、热的传递等多门学科的边缘学科技术,它溶入这些学科的理论 and 许多最新的技术成果。反之,金属表面工程新技术也促进了这些学科的发展。

随着近代高新技术的发展,对于材料不断提出的多方面的性能要求,已远非单一的材料所能满足。金属表面工程技术的基本内容就是利用各种表面涂镀层及表面改性技术,赋予基体材料本身所不具备的特殊的机械、物理或化学性能,诸如高硬度、高疲劳强度、高耐磨、耐腐蚀性、抗高温氧化性及绝缘、导电、抗辐射等。

金属材料表面新技术之所以受到重视,是因为各种机器设备的绝大部分机件及构件都是用金属材料制作的,这些金属制品的失效往往首发于表面,诸如疲劳断裂、磨损、腐蚀、氧化、烧损、辐照损伤一般从表面开始。所以表面是机、构件抵抗外部环境的第一道防线,表面强度的高低,性能的好坏,在许多情况下,对于机器或金属设备的性能和寿命具有决定性的意义。采用表面新技术,不但能极大地提高工件的质量和使用寿命,成倍地延长使用寿命,而且它们大多在技术上可靠,工艺上简便,经济上可行,能够取得事半功倍的效果。可以说在当今世界上,一台机械设备的制造没有正确的表面技术相结合,其先进性是很难实现的。因而,每种新技术的出现都会引起那些关心机械产品质量的设计者和制造者们极大的兴趣。

金属表面新技术的内容繁多,但这方面的信息、技术资料却大都散见于多个学科的国内外书刊中,没有一本较为全面地介绍各种金属表面新技术的书籍,使工程技术人员在具体工作中究竟如何恰当地选用这些技术无所适从。本书填补了这项空白,全面、概括地介绍了近年来出现或近年迅速发展起来并得到应用的表面新技术,使读者花较少的时间和精力,就可以对这个领域有一个全面认识,并在工作中有比较地加以选用;同时这本书也可以为研究人员在研究方向的选择上提供参考。

金属材料表面新技术几乎涉及到所有的工业部门,是量大面广的通用性技术。目前,我国机械工业产品质量与发达国家相比还有较大差距,因此把各种金属表面新技术加以消化、吸收、研究、开发、推广和应用,对于提高质量、降低成本、节约材料是非常必要的。所以,党和政府已经高度重视这些新技术的应用,在“六五”和“七五”期间,国家经委已经把一些表面新技术列为新技术推广项目。希望这些技术能尽快地在我国成功采用并迅速推广,也相信这些技术一定会对我国的工业发展和国民经济的振兴起到积极的作用。

周惠久

1991.1.30

目 录

序

第1章 绪论

- 1.1 金属表面新技术的发展概况及其在材料科学中的地位 (1)
- 1.2 金属材料表面新技术的目的和作用 (2)
- 1.3 金属材料表面新技术的分类 (4)

第2章 金属表面的物理化学特点

- 2.1 固体表面概述 (6)
 - 2.1.1 固体表面与内部的不同 (6)
 - 2.1.2 固体表面分子的运动状态 (6)
 - 2.1.3 表面原子向固体内部的扩散 (7)
 - 2.1.4 表面上原子的扩散 (7)
- 2.2 晶体的表面能及表面张力 (7)
 - 2.2.1 晶体的表面自由能 (7)
 - 2.2.2 表面张力 (8)
 - 2.2.3 表面能和表面张力之间的关系 (9)
- 2.3 固体表面的物理吸附和化学吸附 (10)
 - 2.3.1 固体对气体的吸附 (10)
 - 2.3.2 固体对液体的吸附 (11)
 - 2.3.3 固体表面之间的吸附 (12)
- 2.4 金属表面的特点 (13)
 - 2.4.1 理想表面 (13)
 - 2.4.2 一般表面 (13)
 - 2.4.3 机械加工过的表面 (13)

第3章 金属腐蚀的基础

- 3.1 概述 (15)
 - 3.1.1 腐蚀的起因 (15)
 - 3.1.2 腐蚀的分类 (16)
- 3.2 金属腐蚀原理 (17)
 - 3.2.1 电极电位 (18)
 - 3.2.2 极化作用 (19)
 - 3.2.3 腐蚀速率 (20)
 - 3.2.4 电位-pH图 (20)

3.3 金属的钝化及表面膜	(23)
3.3.1 金属的表面钝化	(23)
3.3.2 金属表面膜	(23)
3.4 控制腐蚀的途径	(25)
3.4.1 防蚀方法的分类	(25)
3.4.2 防腐涂层	(26)

第4章 金属磨损基础

4.1 磨损概念	(28)
4.1.1 早期的摩擦理论——摩擦三定律	(28)
4.1.2 磨损的定义和分类	(28)
4.1.3 影响固体材料耐磨性的因素	(29)
4.2 固体表面接触的基本理论	(29)
4.2.1 理想光滑表面弹性接触的应力计算	(29)
4.2.2 实际粗糙表面对弹性接触应力的影响	(30)
4.2.3 实际表面的接触及接触面积	(31)
4.2.4 铁和其它金属接触时的粘着	(31)
4.3 磨损的机制	(32)
4.3.1 表层的粘着开裂机制	(32)
4.3.2 磨损的分层理论	(32)
4.3.3 摩擦断裂	(33)
4.4 耐磨设计与表面强化	(33)
4.4.1 耐磨设计	(34)
4.4.2 抗磨材料的选择	(34)
4.4.3 耐磨表面处理	(35)

第5章 热喷涂技术

5.1 概述	(36)
5.1.1 热喷涂方法的分类	(36)
5.1.2 热喷涂技术的特点	(37)
5.1.3 热喷涂技术与其它表面技术的比较	(38)
5.1.4 热喷涂技术发展特点	(38)
5.1.5 各种热喷涂方法比较	(39)
5.2 热喷涂的一般原理	(39)
5.2.1 粒子流的特点	(39)
5.2.2 喷涂粒子结合的动力学	(41)
5.2.3 涂层的形成	(41)
5.3 火焰喷涂	(43)
5.3.1 线材火焰喷涂	(43)

5.3.2	粉末火焰喷涂	(44)
5.3.3	基体表面预处理	(45)
5.3.4	火焰喷涂的应用	(46)
5.4	等离子喷涂	(46)
5.4.1	等离子体的形成及其特点	(46)
5.4.2	等离子弧喷涂原理	(47)
5.4.3	等离子喷涂设备	(48)
5.4.4	等离子喷涂工艺	(49)
5.4.5	等离子喷涂的应用	(51)
5.5	爆炸喷涂和超音速喷涂	(51)
5.5.1	爆炸喷涂	(51)
5.5.2	超音速喷涂	(53)
5.6	热喷涂用材	(55)
5.6.1	金属、合金及陶瓷喷涂线材	(56)
5.6.2	非复合型热喷涂用粉末	(57)
5.6.3	复合型热喷涂用粉末	(59)
5.7	热喷涂涂层的特性	(61)
5.7.1	热喷涂涂层的基本特点	(61)
5.7.2	防锈防蚀性能	(62)
5.7.3	耐磨性能	(63)
5.7.4	耐高温性能	(64)
5.7.5	热喷涂涂层的改质	(64)
5.8	涂层设计	(64)
5.8.1	喷涂工艺的选择原则	(65)
5.8.2	根据使用条件设计热喷涂层	(65)
5.8.3	喷涂材料的选择原则	(68)

第6章 热渗镀技术

6.1	概述	(71)
6.1.1	粉末包镀法	(71)
6.1.2	流化床法	(72)
6.1.3	热浸法	(72)
6.1.4	熔烧法	(72)
6.1.5	盐浴法	(72)
6.1.6	气渗	(72)
6.1.7	复合渗	(73)
6.2	热渗镀原理	(73)
6.2.1	渗层形成的条件	(73)
6.2.2	渗层形成机理	(76)

6.2.3 渗层组织特点	(76)
6.2.4 热渗镀速度	(77)
6.3 热镀锌	(79)
6.3.1 热镀锌的方法	(79)
6.3.2 热镀锌层的性能	(80)
6.3.3 热镀锌的应用	(80)
6.4 热渗镀铝	(80)
6.4.1 渗铝的方法	(80)
6.4.2 渗铝层的性能	(82)
6.4.3 渗铝的应用	(82)
6.5 渗铬	(82)
6.5.1 渗铬的方法	(82)
6.5.2 渗铬层的组织与性能	(84)
6.6 渗硼	(85)
6.6.1 渗硼的方法	(85)
6.6.2 渗硼层的组织与性能	(86)
6.6.3 渗硼的应用	(86)
6.7 渗其它元素	(87)
6.7.1 渗钒	(87)
6.7.2 渗钛	(87)
6.7.3 渗钼	(88)
6.7.4 渗铍	(88)
6.8 二元与多元共渗	(89)
6.8.1 多元共渗的特点	(89)
6.8.2 多元共渗对渗层性质的影响	(89)
6.9 等离子渗碳	(89)
6.9.1 等离子渗碳原理	(90)
6.9.2 等离子渗碳的特点	(91)
6.9.3 等离子渗碳技术及其应用	(92)

第7章 特种电镀技术

7.1 电镀理论基础	(95)
7.1.1 几个重要概念	(95)
7.1.2 金属的电沉积机理	(97)
7.1.3 电结晶过程中的晶体生长	(98)
7.1.4 影响镀层质量的因素	(99)
7.2 合金电镀	(101)
7.2.1 合金电镀的特点及分类	(101)
7.2.2 合金电镀的规律	(103)

7.2.3 影响合金镀层的因素	(106)
7.3 复合电镀	(107)
7.3.1 复合电镀的特点	(107)
7.3.2 复合镀层沉积机理	(108)
7.3.3 复合镀层的现状与将来	(109)
7.4 电镀非晶体	(111)
7.4.1 概述	(111)
7.4.2 非晶态材料的构造	(111)
7.4.3 非晶体合金及其特性	(112)
7.4.4 非晶体镀膜基础	(113)
7.5 电刷镀	(115)
7.5.1 概述	(115)
7.5.2 刷镀的原理与特点	(115)
7.5.3 刷镀电源	(116)
7.5.4 刷镀溶液	(116)
7.5.5 刷镀工艺简介	(117)
7.5.6 刷镀技术的应用	(117)
7.6 低温镀铁	(117)
7.6.1 镀铁原理	(117)
7.6.2 镀铁工艺	(118)
7.6.3 镀层性能及影响因素	(119)
7.7 非金属电镀	(120)
7.7.1 非金属表面金属化	(120)
7.7.2 可镀塑料的选择	(121)
7.7.3 塑料电镀工艺	(121)
7.7.4 非金属电镀的应用	(121)

第8章 化学镀

8.1 概述	(124)
8.2 化学镀基本原理	(125)
8.2.1 还原剂的电化学反应	(125)
8.2.2 化学镀的速度	(127)
8.3 化学镀镍	(128)
8.3.1 次磷酸盐型镀液沉积机理	(128)
8.3.2 槽液及其影响因素	(129)
8.3.3 Ni-P 化学镀层	(131)
8.3.4 Ni-B 化学镀层	(133)
8.4 化学镀钴	(133)
8.4.1 钴的化学镀液及反应机理	(133)

8.4.2 钴镀膜的性质	(134)
8.5 化学镀铜	(135)
8.6 锡、金、银等金属的化学镀	(136)
8.6.1 化学镀锡	(136)
8.6.2 化学镀金	(136)
8.6.3 化学镀银	(137)
8.6.4 其它金属的化学镀	(137)

第9章 化学转化膜技术

9.1 概述	(139)
9.1.1 转化膜形成的基本方式	(140)
9.1.2 不同金属的化学处理剂	(140)
9.1.3 转化膜的基本用途	(140)
9.1.4 转化膜的主要施工方法	(141)
9.2 化学成膜的基础理论	(141)
9.2.1 磷酸盐膜化学反应机理	(141)
9.2.2 铬酸盐膜化学反应机理	(146)
9.2.3 草酸盐膜化学反应机理	(147)
9.2.4 铝的阳极氧化原理	(148)
9.2.5 化学氧化原理	(151)
9.3 磷化膜	(151)
9.3.1 假转化型磷化(非成膜溶液的磷化)	(151)
9.3.2 转化型磷化(成膜型溶液的磷化)	(155)
9.4 铬酸盐膜	(156)
9.4.1 铬酸盐膜成膜工艺	(156)
9.4.2 铬酸盐膜的性质	(157)
9.5 铝的阳极氧化工艺及性质	(160)
9.5.1 铝的阳极氧化工艺	(160)
9.5.2 铝的阳极氧化膜的性质	(161)
9.6 化学氧化	(163)
9.6.1 钢的化学氧化	(163)
9.6.2 铝及铝合金的化学氧化	(163)
9.6.3 铜及铜合金的化学氧化	(164)
9.7 草酸盐钝化	(164)

第10章 金属表面彩色技术

10.1 金属表面着色机理	(167)
10.1.1 电解发色法	(167)
10.1.2 染色浸渍着色法	(169)

10.1.3 电解着色法 (二步法)	(169)
10.2 铝和铝合金的着色	(172)
10.2.1 电解发色法	(172)
10.2.2 氧化膜染色法	(172)
10.2.3 电解着色法	(173)
10.2.4 采用周期换向电流所得的铝氧化层的特殊着色法	(174)
10.2.5 用阳极氧化法在铝表面生成红宝石膜	(175)
10.3 铬酸盐及磷酸盐钝化膜的彩色	(175)
10.3.1 铬酸盐膜的彩色	(175)
10.3.2 磷化膜的彩色	(176)
10.4 化学法生成彩色氧化膜	(176)
10.5 铜与铜合金的着色	(178)
10.5.1 紫铜着色	(178)
10.5.2 黄铜着色	(179)
10.6 不锈钢的着色	(179)
10.6.1 工艺概况	(179)
10.6.2 不锈钢的自然发色法	(179)

第11章 新型涂料及涂装技术

11.1 概述	(182)
11.1.1 涂料及其进步	(182)
11.1.2 涂料的性能及特点	(182)
11.1.3 涂料的基本组成	(183)
11.1.4 涂料的分类	(184)
11.2 高分子涂料成膜机理	(185)
11.2.1 涂膜形成的物理化学变化	(185)
11.2.2 非桥接型成膜	(185)
11.2.3 桥接型涂料的成膜	(187)
11.3 涂膜防护机理	(190)
11.3.1 涂膜对介质的屏蔽作用	(190)
11.3.2 电解质对涂膜的渗透机理	(191)
11.3.3 防锈颜料的防蚀机理	(193)
11.3.4 涂膜的综合防蚀作用	(193)
11.3.5 涂膜的破坏机理	(193)
11.4 新型涂料	(195)
11.4.1 一般涂料简介	(195)
11.4.2 水溶性涂料	(197)
11.4.3 粉末涂料	(198)
11.4.4 元素有机聚合物涂料	(198)

11.4.5 橡胶涂料	(200)
11.4.6 特殊用途的涂料	(200)
11.5 新型涂装方法	(203)
11.5.1 一般涂装方法简介	(203)
11.5.2 静电涂装法	(203)
11.5.3 电泳涂装法	(204)
11.5.4 粉末静电喷涂法	(206)
11.5.5 其它粉末涂覆方法	(207)

第12章 气相沉积

12.1 概述	(209)
12.1.1 PVD 法	(209)
12.1.2 CVD 法	(210)
12.2 真空蒸镀	(210)
12.2.1 蒸镀原理	(211)
12.2.2 不同的蒸发源	(212)
12.2.3 蒸镀过程	(213)
12.2.4 真空蒸镀的应用	(213)
12.3 阴极溅射	(215)
12.3.1 阴极溅射的基本原理	(215)
12.3.2 溅射方法	(216)
12.3.3 溅射用气体	(219)
12.3.4 阴极溅射的特点	(220)
12.4 离子镀(IP)	(221)
12.4.1 离子镀的原理与种类	(221)
12.4.2 蒸发条件对镀层性能的影响	(222)
12.4.3 离子镀设备	(222)
12.4.4 离子镀的应用	(223)
12.4.5 离子镀的特点	(224)
12.5 化学气相沉积(CVD)	(225)
12.5.1 工艺原理	(225)
12.5.2 工艺方法	(227)
12.5.3 CVD 沉积层的性能	(229)
12.5.4 CVD 技术的新发展	(230)

第13章 激光束、离子束及电子束技术

13.1 概述	(233)
13.2 激光束、离子束的能量沉积	(234)
13.2.1 激光束与金属的交互作用	(234)

13.2.2	激光束与半导体的交互作用	(236)
13.2.3	离子束辐照	(236)
13.3	激光器和激光热处理	(236)
13.3.1	激光器的种类	(236)
13.3.2	激光热处理中的几个问题	(237)
13.3.3	激光热处理的特点	(238)
13.3.4	激光热处理在工业生产中的应用	(239)
13.4	激光表面合金化	(239)
13.4.1	表面冶金学原理	(240)
13.4.2	激光表面合金化举例	(241)
13.5	离子注入技术的工艺特点	(243)
13.5.1	离子注入技术的优缺点	(243)
13.5.2	离子注入工艺	(243)
13.5.3	离子注入改性的一般机理	(244)
13.6	离子注入技术的应用	(245)
13.6.1	用离子注入改变材料的摩擦磨损性能	(245)
13.6.2	离子注入对疲劳性能的影响	(246)
13.6.3	离子注入在腐蚀工程中的应用	(247)
13.6.4	离子注入——研究合金基础理论的工具	(248)
13.6.5	离子注入发展动向	(249)
13.7	电子束技术	(249)
13.7.1	能量沉积	(249)
13.7.2	加热和冷却	(250)
13.7.3	电子束表面改性	(250)

第1章 绪论

1.1 金属表面新技术的发展概况及其在材料科学中的地位

各种机械设备与仪器仪表,在使用过程中或因受到气、水及某些化学介质的腐蚀,或因相互之间相对运动而产生磨损,或因温度过高而发生氧化,或因接触高温金属熔体或其它熔体而被侵蚀,这些因素都会使机件表面首先发生破坏或失效。据资料报道,各种机电产品的过早失效破坏中约有70%是由腐蚀和磨损造成的,这给国民经济造成的损失无疑是巨大的^[1]。

即使那些承受扭转或弯曲载荷因疲劳断裂而失效的零件,其断裂也往往是从受力最大的表面开始而逐渐向内部发展的。所以,表面是防止疲劳破坏的第一道防线。

随着现代工业的迅速发展,对机械工业产品提出了更高的要求,要求产品能在高参数(如高温、高压、高速)、高度自动化和恶劣的工况条件下长期稳定运转,这就必然对机件表面的耐磨、耐蚀等性能的要求日益苛刻。

在某些情况下,若选用贵重金属或合金制造整体设备及零件,有时也可满足表面性能要求,但从经济上看往往是行不通的,因为降低材料成本也是机械工业对材料科学工作者提出的任务之一,同时在许多情况下也无法找到一种能够同时满足整体和表面要求的材料。因此,研究和发​​展机械产品的表面保护和表面强化技术,对于提高零件的使用寿命和可靠性、对于改善机械设备的性能、质量,增强产品的竞争能力,对于推动高新技术和新技术的发展,对于节约材料、节约能源等都具有重要意义^[1]。

表面新技术的出现之所以受到重视,不仅在于其经济意义,而且在于其具有重要的学术价值。目前,对于材料科学的研究主要集中在对材料表面和材料内部结构和性能的研究。美国工程科学院为美国国会提供的2000年前集中力量加强发展的9项新科学技术中,有关材料方面的仅有材料表面科学与表面技术的研究。表面科学的研究可为表面新技术的研究提供一定的理论指导,但表面新技术的开发和完善,又会提出许多新的学术研究课题。这些研究有力地促进了材料科学、冶金学、机械学、机械制造工艺学以及物理学、化学等基础学科的发展。

关于金属表面技术的发展情况,国内外都有许多报道^{[2]~[5]},下面仅作概略论述。

我们知道,传统的表面淬火、渗碳淬火等表面强化技术属于热处理工艺的一部分,是比较古老的表面强化工艺,本身虽不属于金属材料新的表面技术,但是这些工艺仍在发展,不断出现一些“新内容”,这些内容也应归入新的表面技术之列。例如,化学热处理采用气体法以后,劳动条件得到明显改善,而用露点法、红外线法、电阻法或氧势法控制碳势,通过调整富化气与稀释气的比例,则实现了控制渗碳层的碳含量,这一原理逐渐用于其它化学热处理。在减压处理工艺中,由于发展了真空化学热处理和离子轰击化学热处理,而大大缩短了化学热处理的生产周期。

近 30 年来,有许多新的科学技术渗透到表面强化技术领域,使金属的表面强化技术得到迅速的开发,由此开发出来的表面强化技术构成了目前材料表面新技术的主流。例如:激光是本世纪 60 年代出现的重大科学技术成就之一;70 年代制造出大功率的激光器以后,便开始用激光加热进行表面淬火。用激光和电子束加热,由于能量集中、加热层薄和靠自激冷却,因而淬火变形小,且不用淬火介质,有利于环境保护,便于实现自动化。激光、电子束用于表面加热后,就使表面强化技术超出了热处理范畴,可以通过熔化-结晶过程、熔融合金化-结晶过程、熔化-非晶态过程,大幅度改变硬化层的结构与性能。

材料的表面涂层和气相沉积是近年来发展最快的一些新工艺,是提高材料使用性能和寿命的有效途径。

热喷涂技术作为一种新的表面防护和表面强化工艺在近 20 多年里得到了迅速的发展。在这个时期,热喷涂技术由早期制备一般的装饰性和防护性涂层发展到制备各种功能性涂层;由产品的维修发展到大批量的产品制造;由单一涂层发展到包括产品失效分析、表面预处理、喷涂材料和设备的选择、涂层系统设计和涂层后加工等在内的热喷涂系统工程。热喷涂技术的发展是从使用条件最苛刻、要求最严格的宇航工业开始,然后迅速向各民用工业部门展开来的。目前,热喷涂技术已成为金属表面科学领域中一个十分活跃的独立学科。

气相沉积法中化学气相沉积是利用镀层材料的挥发性化合物气体分解或化合反应后沉积成膜;物理气相沉积则是利用真空蒸发、溅射、离子镀等方法沉积成膜。这些薄膜强化新技术用材广泛、适用面宽,已广泛用于机械制造、冶金工业以及宇航、核能等领域。

70 年代发展起来的离子注入新技术,利用注入离子可得到过饱和固溶体、非晶态和某些化合物层,能改变材料摩擦系数,增加表面硬度,提高耐磨性及抗蚀性,延长了零件的使用寿命。

还有一些历史较长的表面处理技术,近几十年来也得到了飞跃发展,例如,电镀技术已由镀单一的金属发展到镀各种合金。尤其是前几年国外发明的一种局部电镀技术——刷镀,已经成为人们公认的金属表面新技术,在我国已得到普遍应用。

浸渗金属属化学热处理的范畴,但近一二十年来渗入材料的种类正在迅速增多,工艺不断改进,控制技术也有了较大的提高,因此也被划归表面新技术之列。

总之,目前各种材料表面新技术大量涌现,已引起各工业部门及材料科学工作者的高度重视,成为材料科学中一个非常活跃的领域。下面是几个与此有关的例子:

1986 年 10 月在布达佩斯举行的国际材料热处理联合会理事会决定接受表面工程学科,并且决定把联合会改名为“国际热处理及表面工程联合会”,联合会主席 T.Bell 教授主编《国际表面工程》杂志。

据不完全统计,仅 1987 年在世界各地举办的有关表面工程的国际学术会议达 28 次。

1985 年举办了首届表面工程国际会议,1987 年举办了第二届,1988 年举办了第三届。

1.2 金属材料表面新技术的目的和作用

金属材料表面新技术的作用是多种多样的^[6],可概括为:在不改变基体材料的成分、不削弱基体材料的强度(或削弱基体强度而不影响其使用)的条件下,通过某些物理手段(包括机械手段)或化学手段赋予材料表面特殊的性能,从而满足工程上对机器零件提出的要

求。

金属材料的表面性能大致可用图 1-1 来说明

1. 腐蚀保护性。即可以提高基体材料的耐大气、海洋大气、天然水及某些酸碱盐的腐蚀作用。例如若在钢构件上喷涂一层 Zn85Al15 合金, 可使构件在海水中耐腐蚀 20~40 年。

2. 抗磨性。包括抗磨料磨损、粘着磨损、疲劳磨损、腐蚀磨损、冲蚀磨损等。例如若在刀具表面镀一层 TiC, TiN 或 Al_2O_3 薄膜, 成为防止钢屑粘结的表面薄层, 从而提高刀具寿命 3~6 倍。

3. 电性能。包括绝缘性、导电性等。

4. 耐热性。包括抗高温氧化、热疲劳等性能。

5. 光学特性。包括反光性、光选择吸收性、吸光性等性能。

6. 电磁特性。包括磁性、半导体性、电磁屏蔽性等性能。

7. 密封性。

8. 装饰性。包括染色性、光泽性等性能。

9. 其它表面特性。诸如耐疲劳性、保油性、可焊接性等性能。

表面技术的应用使基体材料表面具有原来没有的性能^{[7][8]}, 这就大幅度地拓宽了材料的应用领域, 充分发挥了材料的潜力。举例如下:

1. 可用一般的材料代替稀有的、昂贵的材料制造机器零件, 而不降低甚至超过原机件的质量。

2. 可以把两种或两种以上的材料复合, 各取其长, 解决单一材料解决不了的问题。

3. 延长在苛刻条件下服役机件的寿命。

4. 大幅度提高现有机件的寿命, 减少材料和能源的消耗, 降低产品的成本。

5. 赋予材料特殊的物理、化学性能, 有助于某些尖端技术的开发。

6. 可成功地修复磨损、腐蚀的零件。

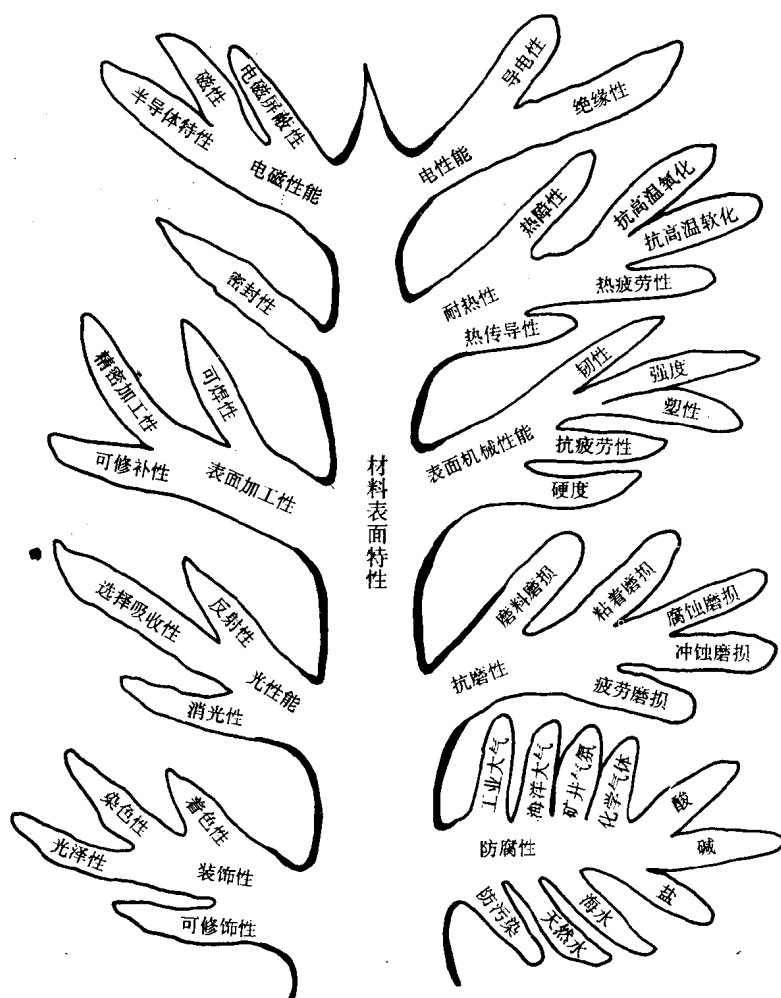


图 1-1 材料表面新技术所赋予材料表面的特性

1.3 金属材料表面新技术的分类

材料表面新技术目前还没有统一的分类方法，本书把主要的金属材料表面新技术按工艺特点大致分为十类：电镀、化学镀、涂装、堆焊、热喷涂、热渗镀、化学转化膜、彩色金属、气相沉积和三束改性（图 1-2）。

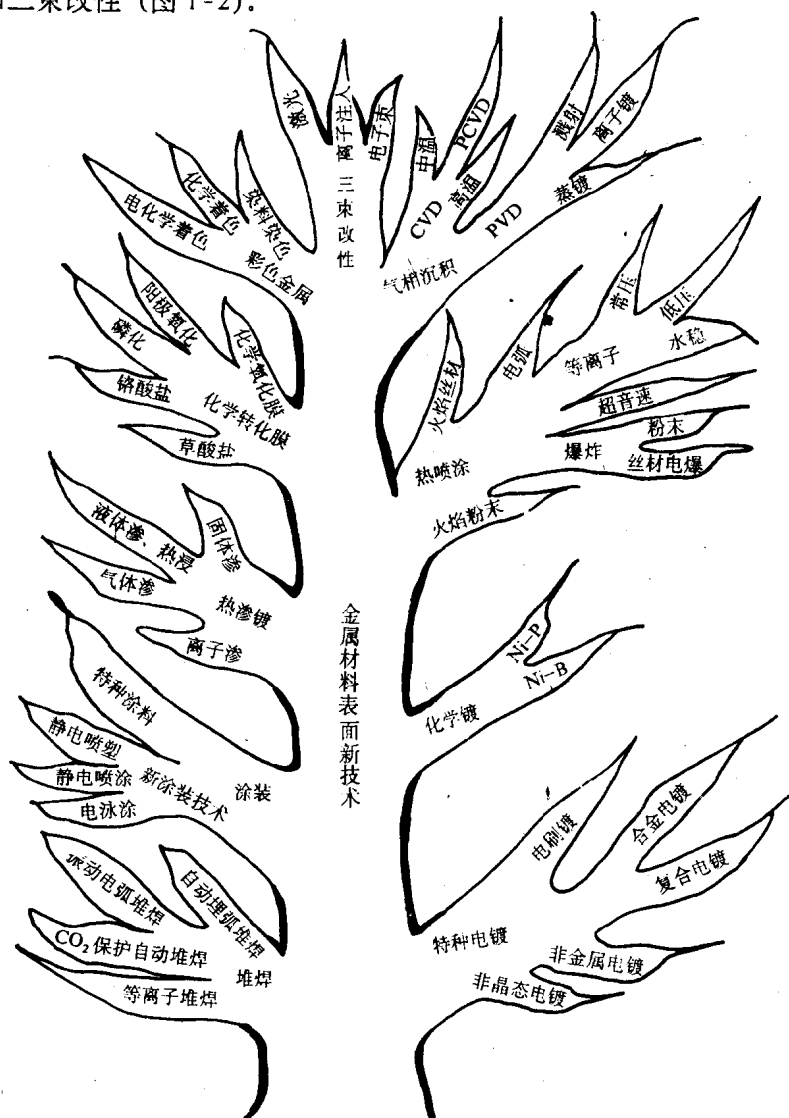


图 1-2 金属材料表面新技术分类

电镀：包括合金电镀、复合电镀、电刷镀、非晶态电镀、非金属电镀等。

涂装：包括特殊用途及特殊类型的新涂料及新的涂装工艺。

堆焊：包括自动埋弧堆焊、振动电弧堆焊、CO₂ 保护自动堆焊、等离子堆焊等。

热喷涂：包括火焰丝材喷涂、火焰粉末喷涂、电弧喷涂、等离子喷涂及爆炸喷涂等。

热渗镀：分固体渗、液体渗、气体渗和等离子渗。其中液体渗中包含一种覆层和渗镀结合在一起的技术，称为热浸镀，热浸镀只用于低熔点金属或合金。

化学转化膜: 包括阳极氧化、化学氧化、磷酸盐膜、铬酸盐膜和草酸盐膜等。

彩色金属: 包括电化学着色、化学着色及染料染色。

气相沉积: 分化学气相沉积和物理气相沉积。

三束改性: 包括离子束技术、电子束技术和激光束技术。

除按工艺特点对金属表面新技术进行分类外, 还可按学科特点将表面新技术大致划分为以下三个方面:

- (1) 表面合金化技术 包括喷焊、堆焊、离子注入、激光熔敷、热渗镀等。
- (2) 表面覆层与覆膜技术 包括热喷涂、电镀、化学转化处理、化学镀、气相沉积、涂装、堆焊、金属染色、热浸镀等。
- (3) 表面组织转化技术 包括激光、电子束热处理技术以及喷丸、滚压等表面加工硬化技术。

必须指出, 许多金属表面新技术往往都不同程度地包含有上述两个或三个方面, 例如热浸镀技术、堆焊技术、喷焊技术等, 所得的表面从表层看是覆层, 但覆层与基体的交界处是典型的冶金即合金化问题, 当然也伴有组织的改变。

参考文献

- [1] 赵文珍等: “表面工程技术与节材”, 《西安交通大学学报》, 1990.4
- [2] 毕顺、李国英: “表面工程技术发展综述”, 《材料保护》, Vol.23, No.1 / 2, 1990
- [3] 长坂秀雄: 表面处理技术35年の変遷, 《実務表面技術》, Vol.32, No.11, 1985
- [4] 堀川一男: 鉄鋼業における表面処理の進歩, 《金属表面技術》, Vol.33, No.8, 1982
- [5] Niku-Lari, A.: Advances in Surface Treatments — Technology—Applications—Effects, Oxford: Pergamon Pr., Vol.1, 1984, Vol.2, 1986
- [6] 刘家浚、徐滨士: “表面工程在促进新技术及高技术发展中的作用”, 《表面工程》, No.1, 1989
- [7] 黄子勋、胡如南: “表面改性与合金化技术展望”, 《材料保护》, Vol.23, No.1, 2, 1990
- [8] 安永畅男 (陈赛克译): “最近的表面改性技术”, 《国外金属加工》, No.1, 1990