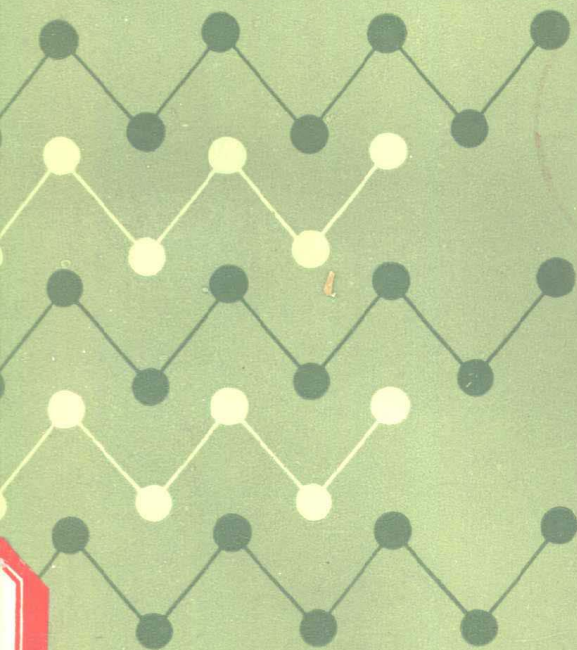


材料科学丛书

特种涂料

上海科学技术出版社

高 南 华家栋 俞善庆 夏继余 编著



材料科学丛书

特种涂料

高 南、华家栋、俞善庆、夏继余 编著

上海科学技术出版社

内 容 提 要

特种涂料是具有特种性能、供特种用途的表面涂装材料。特种涂料原理涉及到高分子化学、高分子物理、无机化学、物理化学、声学、热学、光学、电磁学、色度学、生物学等多种学科。到目前为止,特种涂料的品种已发展到上百种,根据不同的需要还在不断研制新品种。本书选择其中的主要品种,如耐热、防污、阻尼、高温绝缘、导电、防核辐射、热控、伪装、太阳能吸收、示温及红外辐射等涂料,从作用原理、设计原则、性能、分类、工艺、应用及发展情况作了较系统的介绍,并附有图表、文献供查阅。

本书可供从事研究、生产及使用特种涂料的研究人员、工程技术人员、大专院校师生参考。

材料科学丛书

特 种 涂 料

高南、华家栋、俞善庆、夏继余 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 江苏扬州印刷厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张 11.5 字数 294,000

1984 年 7 月第 1 版 1984 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1—11,800

统一书号: 15119·2311 定价:(科五) 1.70 元

《材料科学丛书》编辑委员会

金属材料方面

无机非金属材料方面

高分子材料方面

主任委员 周志宏

主任委员 严东生

主任委员 钱宝钧

委员(以姓氏笔划为序)

委员(以姓氏笔划为序)

委员(以姓氏笔划为序)

马龙翔 王之玺

王启东 田庚锡

师昌绪 孙珍宝

孙德和 许顺生

李薰 李恒德

汪显 沈华生

吴自良 **杨尚灼**

陈新民 杜鹤桂

张文奇 张沛霖

邹元炳 邵象华

周行健 周宗祥

周惠久 郁国城

林栋梁 柯俊

胡为柏 钱临照

徐采栋 徐祖耀

郭可信 顾翼东

黄培云 傅元庆

蒋导江 童光煦

葛庭燧 谭庆麟

魏寿昆

丁子上

干福熹

江作昭

苏锵

吴中伟

张绶庆

袁润章

盛绪敏

黄蕴元

程继健

于翹

王孟钟

方柏容

孙书棋

吴人洁

吴祥龙

李世璠

范棠

张承琦

姚锡福

徐僖

钱人元

郭钟福

姜书城

《材料科学丛书》序

无论在发展农业、工业、国防和科学技术方面，还是在人民生活方面，材料都是不可缺少的物质基础。材料的品种、数量和质量无疑是国家现代化程度的标志之一。随着材料的广泛生产和研究工作的不断深入，以及与材料有关的基础学科的日益发展，对材料的内在规律有了进一步了解，对各类材料的共性初步得到了科学的抽象，从而诞生了“材料科学”这个新的学科领域。

材料科学主要研究材料的组分、结构与性能之间的相互关系和变化规律，它是介于基础科学与应用科学之间的一门应用基础科学，与物理、化学、化工、电子、冶金、陶瓷等学科相互交叉、彼此渗透。热力学、动力学、固体物理、固体化学、化学物理等基础学科为材料科学提供理论基础，而材料科学又为应用科学提供发展新材料、新工艺和新技术的途径。

从当前来看，材料科学的发展大致有下列几方面的趋势：

(1) 高分子材料原料丰富、性能优良，在结构材料中所占的位置日益重要。塑料、合成橡胶和合成纤维比其他传统材料将有更大的发展。

(2) 功能材料显示广阔的发展前景。半导体的广泛应用，集成电路的发展，红外、激光和超导材料的发现和应用，使功能材料犹如异军突起，建立奇功。

(3) 在新能源材料方面，随着太阳能的利用，磁流体发电等的进展，出现了各种换能和储能材料，并已普遍受到重视。

(4) 对结构材料和耐磨、耐蚀等材料提出更高的要求，包括严酷的使用条件、更长的使用寿命等。

(5) 复合材料、定向结晶材料、钢化陶瓷、定向石墨以及各种类型的表面处理与涂层的利用，使材料的效能进一步得到发挥。

(6) 探索材料在极端条件下的性能,例如玻璃态金属、超低温下的金属及金属氢都具有优越的性能。

(7) 改进制备工艺,提高质量,改进设计,更有效地使用材料。

(8) 对材料科学的基础研究趋向于更加深入和细致。尤其在表面,非晶态,原子象,固态中的杂质与缺陷,一维与二维结构,非平衡态,相变的微观机制,变形、断裂和磨损等的宏观规律和微观过程以及点阵结构的稳定性等领域,探索性研究正日益活跃。

人们期望,对材料基本规律的掌握将有助于按预定性能设计材料的原子或分子组成以及结构形态等。

我国在 1978~1985 年科学技术发展规划中把材料科学列为重点之一。我们必须十分重视和大力发展材料科学。

为了及时传播材料科学的基础理论,总结研究成果并扩大其工程应用,以有助于更快、更广泛地提高我国材料科学技术的水平,我们成立了《材料科学丛书》编辑委员会,由上海科学技术出版社出版这套丛书。

本丛书分为金属材料、无机非金属材料和高分子材料三个方面,选题包括材料科学的基础理论,研究方法和测试技术,研究成果,以及实际应用等方面。热忱地期望我国广大科学工作者,共同策进本丛书的编辑、出版工作,努力为我国早日实现四个现代化贡献力量。

《材料科学丛书》编辑委员会

一九七九年十二月

序 言

涂料是一种用途广泛的化工材料,涂布于物体表面能形成一层薄膜,赋予物体以保护、美化或其他预期的效果。

在材料科学中,涂料占据着重要地位。从仿生学的观点来看,自然界有许多生物的体内结构与表皮组成是不一致的,各具有不同功能,因而形成一个高效、经济合理的整体。在人类改造自然的工程中,许多巨大钢铁结构,若没有涂料保护,就不能耐久而锈蚀倒塌。大量的涂料在建筑、船舶、车辆、桥梁、机械、电器、军械、食品罐头、文教玩具、容器贮槽等等各方面都发挥着保护和装饰作用。

除了上述的保护和装饰两大作用外,许多涂料还具有特定的功能,可满足特殊要求。

涂料的特征优点之一是其易于在物面上加工,往往薄薄一层(约0.1毫米左右)就可获得与该物体截然相异的性能。例如在导电的铜线上涂布薄绝缘层而成为漆包线,使它既能导电,而在电线之间又能绝缘,从而使电机能正常运转,这种组合体是人类聪明的创造,可以说,没有漆包线就没有电机。

特种涂料除了涉及一般的涂料技术以外,尚与光学、声学、热学、力学、电学、磁学、生物学、晶体结构等许多学科有关,是发展中的边缘技术。特种涂料赋予物体以各种特异功能,为尖端技术提供了重要的材料。例如,发射人造卫星,需要火箭壳体的隔热烧蚀涂料,卫星的温控涂料,卫星内小型电机电器的耐热绝缘涂料,试制过程中测试发热条件的不可逆示温涂料,以及在发射过程中计算机中贮存信息的磁性涂料等。由此可见,特种涂料的发展是国家的经济技术和军事科技水平的反映。

上海科学技术大学高南、华家栋二位老师,上海能源利用技术研究所俞善庆所长及中科院上海硅酸盐所夏继余同志经长期收

集、博采国内外特种涂料的文献资料,整理编著了“特种涂料”一书,包括耐热、伪装、防污、绝缘、示温、阻尼、防辐射、热控、导电等多种涂料的特殊类别。内容丰富,辅以原理,汇成专册,国内外尚不多见,是一种新的尝试,谨向广大有关读者推荐,以供研究、制造和应用特种涂料的科技人员参考。

虞 兆 年

1983年3月于上海市涂料研究所

前 言

涂料是保护和装饰物体表面的涂装材料, 它能提高被涂物的使用寿命和使用效能。特种涂料则除了具有一般涂料性能之外, 还具有如防污、导电、伪装等一系列特殊性能, 它是供特种用途的表面涂装材料。特种涂料是特种材料中施工最方便、价格较低廉、效果较显著的材料, 因此发展很快, 现已成为各科学技术领域、国防、工业中不可缺少的材料。例如, 宇宙飞船重返大气层时, 表面温度达 2800°C 、中程导弹驻点温度达 3000°C 以上、洲际导弹驻点温度达 7000°C 以上, 在这种苛刻条件下, 金属材料已不能胜任, 它会很快熔化、烧毁, 现用合成树脂和无机材料配制的隔热烧蚀涂料涂装于金属表面, 保护了飞船、导弹正常运行。海轮、军舰在大海中航行, 必须防止海生物附着, 目前最有效的办法仍是涂刷“防污涂料”。为降低汽车、航天器、飞机等的振动, 减少噪声, 研制了阻尼涂料。随着科学技术发展, 电器设备向大容量、高电压、小体积发展, 提出了研制高温绝缘涂料的课题。与绝缘涂料性能相反的导电涂料则能使绝缘体表面导电, 排除积聚电荷, 已被广泛用于电视显象管、电波屏蔽器、录音机调谐装置、阴极射线管。为加强国防, 最大限度地保存部队、装备和设施, 需要良好的伪装措施, 使敌人现代化的探测设备失去效能。伪装涂料不但使用方便、成本低, 而且涂料的迷彩伪装可以使目标与背景色调、亮度一致, 改变目标外形, 起到隐真示假的效果, 所以在伪装技术中使用愈来愈广泛。能源的开发和合理利用对于国民经济的发展有着重大意义。太阳能能源巨大, 遍布全球, 取用方便, 不需运输, 但它能量分散, 受昼夜、季节等影响, 是非连续性能源, 太阳能吸收涂料(采光涂料)即是解决太阳能采集和贮存问题的一种方便材料。工业用的加热装置正广泛地采用红外辐射涂料, 如在碳化硅加热器或金属电热管

表面加涂适当的红外辐射涂料后,就可大幅度地提高加热效率,节约能源。总之,特种涂料所具有的特种用途,对当代科学技术、国防、工农业迅速发展起着重要作用,因此,特种涂料的研究和生产愈来愈受重视,它在材料科学中的地位也正在不断提高。

特种涂料品种目前已有成百种,并在不断出现新品种。按所用基料(粘结剂或成膜物质)范围可分为有机型、无机型及有机-无机型;从作用原理区分主要可归纳为:耐热性涂料,具生物效应性涂料,光敏性涂料,力学性能可变涂料,电性可变涂料等类。根据国外在特种涂料方面的研究进展,以及作者在该领域中的科学实践心得,本书分十一章将以上各类特种涂料中主要品种——耐热、烧蚀涂料,防污涂料,导电涂料,高温绝缘涂料,阻尼涂料,防核辐射涂料,航天器热控涂料,伪装涂料,光谱选择吸收涂料,示温涂料,红外辐射涂料的基本原理、设计原则、发展途径作了较系统的介绍,并附有图表及参考文献。为了能在一定程度上反映出我国在特种涂料方面的研究成果,作者在可能范围内,也引录了部分国内研究者的论文。根据各类特种涂料发展情况,第一、二、三、四、五、六、八、十章内容偏于有机型涂料,第七、九、十一章内容偏于无机型涂料。

在编写本书过程中,各方面同志给予了大力支持和帮助。上海涂料所所长虞兆年高级工程师对本书第一、二、三、四、五、六、八、十章进行了审校,并为本书写了序言;中国科学院上海硅酸盐所朱维嘉同志对本书第七、九、十一章无机型特种涂料进行了审校;中国涂料学会秘书长、化工部涂料研究所季沛铨高级工程师、上海涂料所宋新元、张瞻利、顾根福、赵金榜等同志,上海开林造漆厂霍丽加、李锡元等同志,上海电缆研究所雷振寰同志,分别对本书部分章节提出了宝贵的修改意见,并给予许多帮助,我们谨向他们致以衷心感谢。

全书十一章中,第一章耐热、烧蚀涂料,第二章防污涂料,第八章伪装涂料,第十章示温涂料由高南编写;第三章导电涂料,第四章高温绝缘涂料,第五章阻尼涂料,第六章防核辐射涂料由华家栋

编写;第七章航天器热控涂料,第九章太阳能利用光谱选择性吸收涂料由俞善庆编写;第十一章红外辐射涂料由夏继余编写。全书由高南统稿。

特种涂料原理及应用涉及面较广,我国这方面的工作正在展开,限于水平,书中缺点、谬误在所难免,请读者不吝指正。

编 者

1983年3月于上海

目 录

《材料科学丛书》编辑委员会

《材料科学丛书》序

序言

前言

第一章 耐热涂料与烧蚀隔热涂料	1
§ 1 耐热、烧蚀隔热涂料原理	1
1.1 耐热、烧蚀隔热涂料基料——耐热聚合物	1
一、热稳定性概念	1
二、分子结构与热稳定性关系——分子合成设计	2
三、聚合物热性能测试方法	10
四、耐热性聚合物	15
1.2 耐热、烧蚀隔热涂料配制原理	34
一、基料与颜填料的配合作用	34
二、烧蚀隔热涂料原理	36
§ 2 耐热涂料与烧蚀隔热涂料	45
2.1 耐热涂料	45
一、铝粉漆	45
二、有机硅酸盐(玻璃陶瓷)涂料	46
三、有机硅树脂玻璃化涂料	47
2.2 烧蚀涂料	48
一、有机基料烧蚀涂料	48
二、低密度烧蚀涂料	49
第二章 防污涂料	52
§ 1 防污涂料原理	52
1.1 海洋污损生物(亦称附着生物)的种类及活动规律	52
1.2 影响污损的各种因素	53

1.3 防污原理	56
一、渗毒原理	57
二、防污涂料设计	65
三、设计长效防污涂料的途径	68
1.4 防污涂料与防锈涂料的配套性	70
1.5 防污涂料的筛选试验方法	71
一、实海振荡渗出率测定法(以测定铜渗出率为例)	71
二、加速试验法——氨基醋酸法和酸-碱试验法	76
三、生物试验法	78
四、物理分析法	79
§ 2 防污涂料用毒料和基料	79
2.1 防污涂料用毒料	79
一、无机化合物	79
二、有机锡毒料	80
三、有机铅毒料	84
四、其他有机毒料	84
五、有机金属聚合物毒料	86
2.2 防污涂料用基料	89
一、松香	89
二、沥青	89
三、乙烯系	89
四、氯化橡胶系与厚浆型涂料	89
五、聚氨酯系	91
六、聚丙烯酸酯系	92
§ 3 新型长效防污涂料	93
3.1 再生防污涂料	93
3.2 亲水聚丙烯酸酯(海得隆)涂料	94
一、亲水膜的结构与它的亲水性能	94
二、亲水膜对防污毒料渗出率控制机理	95
3.3 自抛光共聚物(S. P. C.)防污涂料	97
3.4 亲水性接枝聚合物防污涂料	98
3.5 拖勿累(Torflo)及防污漆 CL	100
3.6 无机防污涂料	100

3.7 含放射性元素铍的防污涂料	101
§ 4 防污涂料的发展方向	101
一、生物学领域	101
二、表面物理学领域	102
第三章 阻尼涂料	105
§ 1 阻尼涂料基本原理	105
1.1 阻尼的涵义	105
1.2 聚合物的阻尼机理	106
一、聚合物的力学松弛	106
二、力学损耗与阻尼性能	108
1.3 阻尼性能(力学损耗)与聚合物分子运动	108
1.4 阻尼性能的度量	112
1.5 阻尼涂料选择的理论根据	113
§ 2 阻尼涂料的分类及应用简介	114
2.1 阻尼涂料的分类	114
2.2 阻尼涂料应用简介	115
第四章 高温绝缘涂料	120
§ 1 绝缘涂料原理	120
1.1 分子在外电场下的极化	120
1.2 绝缘聚合物的介电性能	122
一、介电常数	122
二、介质损耗	124
三、电阻及电导	126
四、介质击穿强度	127
1.3 聚合物的介电松弛	128
一、介电常数、介质损耗与频率的关系	128
二、介质损耗与温度的关系	130
1.4 绝缘涂料的耐热等级	132
1.5 绝缘涂料耐热等级与玻璃化温度的关系	132
1.6 高温绝缘涂料的选择原则	134
§ 2 高温绝缘涂料品种简介	136
2.1 聚酰亚胺漆	137

2.2	聚酯酰亚胺漆	140
2.3	聚酰胺酰亚胺漆	143
2.4	聚酰胺漆	146
2.5	聚苯醚漆	147
2.6	聚苯并咪唑吡咯酮漆	147
2.7	聚有机硅氧烷漆	148
2.8	聚四氟乙烯漆	148
2.9	其它新型绝缘漆	149
第五章 导电涂料		153
§ 1	掺合型导电涂料基本原理	153
1.1	含炭黑聚合物的导电性	154
1.2	含炭黑聚合物的无限网链理论	154
1.3	含炭黑聚合物导电性与电场强度及温度的关系	157
	一、导电性对电场强度的依赖性	157
	二、导电性对温度的依赖性	158
1.4	含金属粉末聚合物的导电性	158
	一、金属性质对电阻率的影响	159
	二、金属含量对电阻率的影响	159
	三、磁场对电阻率的影响	160
§ 2	本征型导电涂料的基本原理	160
2.1	本征导电聚合物的电子导电机理简介	160
2.2	大分子链构造与导电性的关系	161
	一、受阻共转和无阻共转的涵义	162
	二、分子构造与电子激发能的关系	162
	三、分子构造与电导率的关系	164
2.3	大分子链之间的电子效应与导电性的关系	166
	一、TCNQ 的基本特性	166
	二、分子间的库仑效应	168
	三、分子间的交换效应	171
§ 3	导电涂料应用	174
3.1	导电涂料应用概况	174
3.2	导电涂料配方举例	176

第六章 防辐射线涂料	182
§ 1 防辐射线涂料原理	182
1.1 放射线的种类	182
一、电磁波射线	183
二、粒子放射线	183
1.2 防辐射线涂料中填料的作用	183
一、吸收和消散 γ 射线的材料	183
二、吸收和消散 γ 射线的原理	185
1.3 防辐射线涂料中聚合物的耐辐射性能	186
一、聚酰亚胺	187
二、聚噁二唑	187
三、聚苯撑三唑	187
四、聚苯并二唑	187
五、硅芳撑聚合物	188
六、有机硅酸盐	188
§ 2 防辐射涂料品种简介	189
2.1 防 γ 射线涂料	189
2.2 原子核反应堆炉壁用涂料	189
2.3 防放射性物污染涂料	190
第七章 航天器热控涂料	192
§ 1 航天器的热控原理	194
1.1 航天器的外部热控	194
1.2 航天器的内部热控	196
§ 2 热控涂料	196
2.1 颜 料	197
2.2 粘结剂	201
2.3 涂料的组成	201
2.4 热控涂层的光性	204
2.5 涂层的热、机械性能	205
一、抗热震性能	205
二、抗扭曲性能	206
三、疲劳特性	206

四、耐磨特性	214
§ 3 热控涂层在宇宙空间环境中的稳定性	214
3.1 涂层在真空紫外辐照环境中的稳定性	214
一、工艺参数对于涂层稳定性的影响	216
二、环境参数对于涂层光性的影响	230
3.2 热控涂层抗核辐照能力	233
一、质子辐照的影响	234
二、中子辐照的影响	235
三、 γ 射线辐照的影响	235
3.3 热控涂层抗电子轰击能力	237
3.4 太阳 α 粒子的作用	238
3.5 温度环境的影响	238
3.6 综合环境条件的影响	240
一、质子、紫外辐照的影响	240
二、 γ 射线和紫外辐照的影响	241
三、涂层的飞行试验	242
第八章 伪装涂料	246
§ 1 伪装涂料原理	248
1.1 色彩、容限	248
一、色彩	248
二、容限	255
1.2 涂料红外线反射率的计算——库贝尔卡-蒙克(Kubelka-Munk)方程的应用	258
1.3 表面组织结构与背景的协调——漆膜光泽选择	261
1.4 微波的干涉与吸收	262
§ 2 伪装涂料种类	264
2.1 保护迷彩涂料	267
一、配制原则	267
二、配方	269
2.2 变形迷彩涂料	271
2.3 防雷达涂料	275
§ 3 伪装涂料的发展概况	277