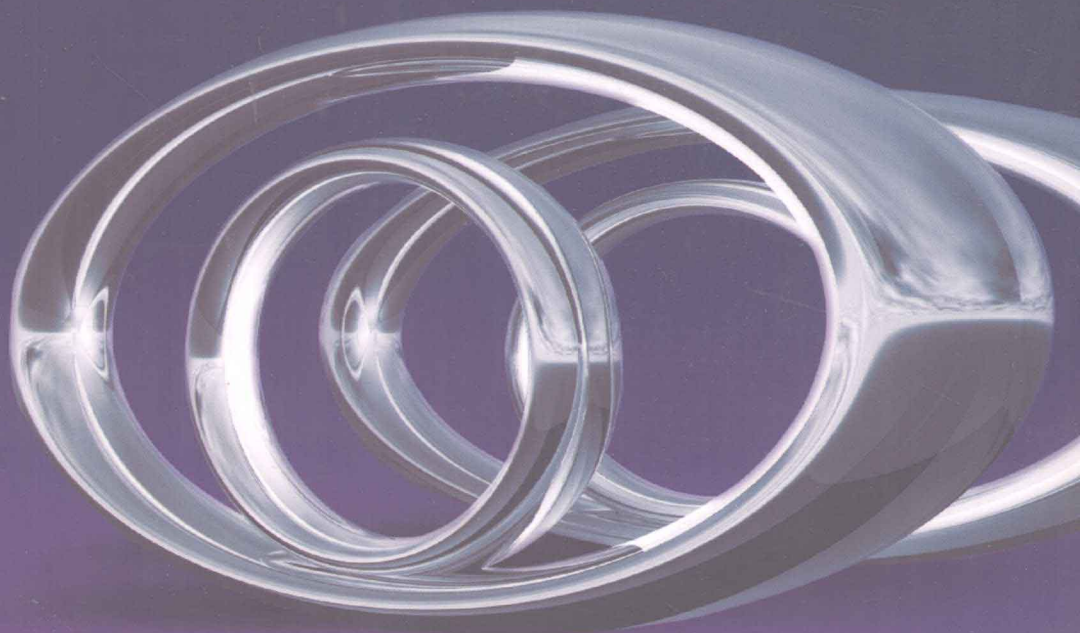




非金属电镀与精饰

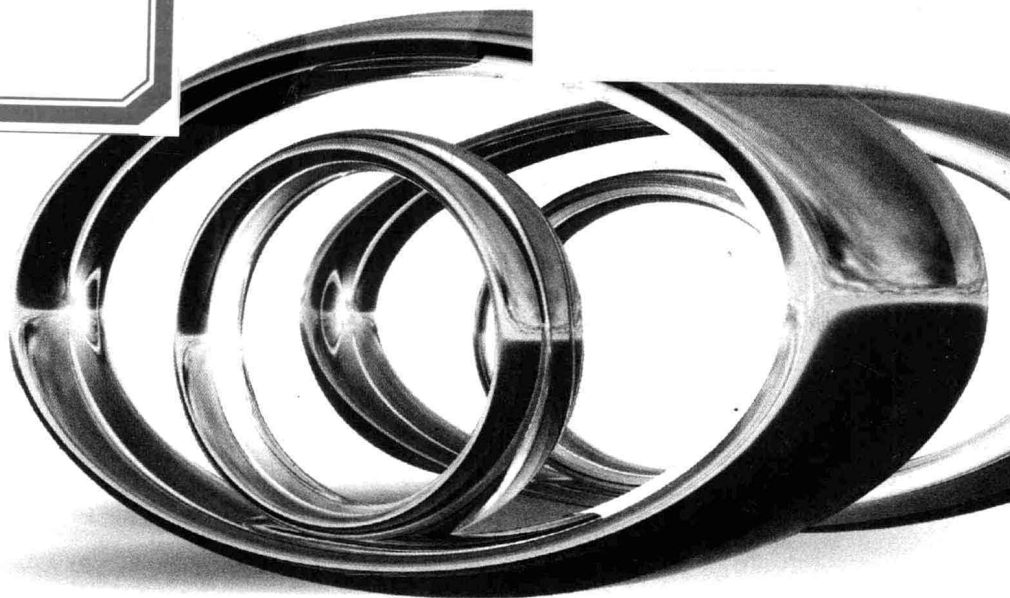
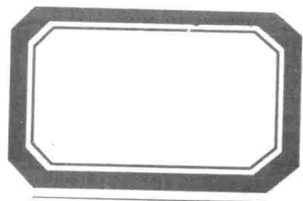
——技术与实践

第二版

刘仁志 编著



化学工业出版社



非金属电镀与精饰

—— 技术与实践

第二版

刘仁志 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

非金属电镀与精饰：技术与实践/刘仁志编著. —2 版.
北京：化学工业出版社，2012.5
ISBN 978-7-122-13829-3

I. 非… II. 刘… III. 非金属上镀 IV. TQ153.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 048046 号

责任编辑：段志兵
责任校对：宋 玮

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：三河市万龙印装有限公司
710mm×1000mm 1/16 印张 20 字数 390 千字 2012 年 8 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：58.00 元

版权所有 违者必究



第二版前言

《非金属电镀与精饰》出版已经5年多了。由于是国内首本全面介绍非金属电镀的专业书籍，受到读者欢迎。出版以来，印刷过两次，并获得石油化工工业协会优秀出版物奖，体现了科技图书应有的社会价值。值第一版书已经售罄之机会，正好可以将近年的新进展增补进去，并订正原书中的错误，以谢读者。

随着现代制造对结构材料的要求的进一步提高，结构材料的非金属化和功能化趋势更加明显。与之相适应，非金属的表面技术，包括表面防护技术、表面精饰技术和表面功能化技术也有了相应的进步。笔者在近年所从事的非金属表面处理技术开发也有了一些新的进展和心得。这些都促使笔者需要对原著进行修订，以能反映近年来非金属电镀与精饰方面的技术进步。

这次修订，主要增加了一章新的内容，这就是现在的第10章：非金属柔性材料的电镀。这不仅因为柔性印制板在移动通讯等现代电子产品中已经在大量应用，还因为纤维布料的金属化也开始由军用进入民用市场，更因为有智能面料的概念和产品出现。这些都与非金属表面金属化技术有密切关系，是本书需要增补的一个重要原因。

社会实践和现实生活的需要，始终都是推动技术进步的动力。非金属电镀技术的进步再次印证了这个结论。并且社会实践永远会走在理论的前面，从而也促使科技工作者从中归纳出相应的规律，并上升为理论。事实上，在非金属电镀实现过程中，就仍然有许多事实是难以用现在已经有的电镀理论加以说明的。同时，与其他电镀技术一样，非金属电镀也是实验性极强的一门技术，需要操作者有反复实验、百折不挠的精神；如果浅尝辄止，往往达不到目的。

因此，本书只能是将笔者的经验和所能收集到的基本知识传达给读者，从而让使用者在实践中少走弯路，真知仍然只能从实践中获取。

值此再版之际，感谢读者对非金属电镀技术、对本书的持续关注，也感谢化学工业出版社给我以订正的机会。这当然也是社会需要的一个反映，令人欣慰。

刘仁志



第一版前言

时光流逝，转眼已经是 21 世纪。

和所有与电的发明有关的现代工业技术一样，电镀技术也已经有了惊人的发展。很多 20 世纪 80 年代还不曾有或存在技术困难的工艺或镀种，现在已经很流行。有些曾经流行的工艺，现在又有了很多的改进。还有一些针对特殊材质开发的工艺，当年只在较小的范围应用，现在则已经大行其道，比如锌铝合金上电镀、非金属材料上电镀、不锈钢上电镀等，其应用率仍在增长。

非金属电镀特别是合成树脂和塑料上的电镀无论是在日用品、工艺品和工业品上都有了广泛的应用，不过和其他电镀技术比起来，现在从事这种加工的电镀企业仍属少数，原因是这项技术与其他电镀技术相比还不够普及。无论是专业期刊上的论文还是这方面的专著，都难得见到。以至我在十多年前写的《非金属电镀》小册子，虽然印刷质量低劣，却因内容实用而受到读者欢迎，到现在仍有读者来电话或电子邮件咨询有关非金属电镀的问题，时不时有人来要这本书，但是已经不易找到。由此产生了重新出版这本小书的念头，并且想借重新出书的机会，对因当年这本书印刷质量低劣给读者带来的不便向当年的读者们表示深深的歉意。更重要的是，十多年过去，非金属电镀技术本身也已经有了进步和发展，有必要将这些进步和发展在书中加以反映，使读者获得新的技术知识并能加以运用。

我自己在 1989 年出书后只几个月就调往广州一家电镀工艺厂工作。那是一家当时国内不多的专门从事玻璃钢电镀工艺的企业，使我对于大型玻璃钢制品的电镀有了更为直接的经验。在这间企业工作期间，制定了玻璃钢电镀的企业标准，相信这是当时这个行业唯一的标准，我将把它作为本书的附录之一附在书后。后来我在深圳自己也曾开办了以非金属电镀为主的工艺品公司，进一步对非金属电镀技术进行了工业实践。此后，我一直关注非金属电镀技术的相关进步和发展，对这一技术的最新动态有所了解。因此，新版中将玻璃钢电镀专门辟出一章加以介绍。

促进一项技术发展和进步的最大动力是社会的实际需要，当社会有了对某种技术的需要，就会有相应的技术或迟或早地被开发出来。社会的需要中尤其以市场的需要为基本的需要，非金属电镀在一个时期以表面装饰功能为主，这种对表面装饰性能的需要，促进了非金属电镀表面精饰技术的发展。包括用于工艺品的古铜化、青铜化、表面刷光后罩光、仿金、仿银等，因此，在修订时将表面精饰的内容也作为一个重要的内容加以补充，以供仍在从事工艺品电镀的同仁参考。

新书对各章的内容都根据有关技术的进步，特别是新的知识和实践经验作了修订。比如印刷线路板的电镀技术，就补充了近年来最新的技术进步，包括塑料上直接镀的技术。

特别值得一提的是，在初版的第一章的第四节中关于直接催化化学镀塑料和直接镀工艺的描述与展望，现在都已经成为现实。基于同样的创新意识，本书再次在相关技术的描述中表达了对有些技术和工艺的展望，这对有些读者也许会更有意义。同时，为了使本书成为现场工程技术人员和操作者实用的指南书，还在书后增加了一些重要的附录，方便大家查阅。

特别需要说明的是，考虑到非化工专业人士特别是生产一线操作人员对化学元素符号不很熟悉，为了也方便这些读者，除了在谈到原理和描述通用的技术时用到化学分子式外，本书没有采用化学元素符号和分子式来表述配方，而是采用汉字表述这些化学药品和配方。

所有这些工作使本书内容更充实、更实用、更有新意。相信在读过你感兴趣的章节后，会同意我的评价。但这不妨碍各位读者对本书提出宝贵的意见和讨论。

刘仁志

敬告：如果您准备对本书的内容进行试验或实践，请在使用化学药品时严格遵守相关操作规程；如果付诸生产，请务必遵守清洁生产和环境保护的相关法规。如果是非专业人士，则请在专业人员的指导下操作。

目录

第1章 概述	1	2.2.2 电镀溶液	25
1.1 非金属电镀与精饰的应用	1	2.2.3 电镀添加剂	26
1.1.1 装饰性应用	2	2.3 非金属电镀技术的关键	28
1.1.2 功能性应用	4	2.3.1 镀前预处理	29
1.1.3 其他应用	7	2.3.2 除油	30
1.2 非金属电镀与精饰的特点	8	2.3.3 粗化	31
1.2.1 成型性能	8	2.3.4 敏化	32
1.2.2 物理力学性能	8	2.3.5 活化	35
1.2.3 抗腐蚀性能	10	2.4 化学镀	37
1.2.4 成本	10	2.4.1 化学镀铜	37
1.3 非金属电镀与精饰技术的发展	11	2.4.2 化学镀镍	42
1.3.1 非金属电镀与精饰的历史	11	2.4.3 其他化学镀工艺	47
1.3.2 非金属电镀技术现状	14	2.5 表面金属化处理新工艺	52
1.3.3 非金属电镀技术展望	14	2.5.1 直接催化塑料	52
参考文献	15	2.5.2 简化化学活化工艺	53
第2章 非金属电镀基础	16	2.5.3 非贵金属活化法	54
2.1 电镀的电化学原理	16	2.5.4 直接镀新工艺	54
2.1.1 法拉第定律	16	2.5.5 气溶胶镀	56
2.1.2 电镀过程及其相关计算	19	参考文献	59
2.2 电镀所需要的资源	22	第3章 塑料电镀	60
2.2.1 电镀设备	22	3.1 ABS塑料电镀	60
		3.1.1 ABS塑料概述	60
		3.1.2 ABS塑料的结构和成型条件对结合力的影响	61

3.1.3	ABS 塑料电镀工艺	64	3.5.11	PE (聚乙烯) 粗化	84
3.1.4	不良镀层的退除	70	3.6	与塑料电镀有关的其他技术	84
3.2	PP (聚丙烯) 塑料电镀	71	3.6.1	有机高分子微粒与金属复合电镀	84
3.2.1	PP 塑料概述	71	3.6.2	化学镀复合镀层	86
3.2.2	普通 PP 塑料电镀	72	参考文献		87
3.2.3	电镀级 PP 塑料的电镀	74	第 4 章 玻璃钢 (FRP) 电镀		88
3.2.4	影响 PP 塑料电镀质量的因素	75	4.1	玻璃钢概述	88
3.3	PSF (聚砜) 塑料电镀	76	4.1.1	玻璃钢的性能	89
3.3.1	PSF 塑料概述	76	4.1.2	玻璃钢用树脂	89
3.3.2	PSF 塑料的结构及其粗化的方法	77	4.1.3	增强材料	93
3.3.3	PSF 塑料的电镀工艺	77	4.1.4	填料	95
3.4	PC (聚碳酸酯) 塑料电镀	78	4.1.5	固化剂	96
3.4.1	PC 塑料概述	78	4.1.6	成型工艺	97
3.4.2	PC 塑料的电镀方法	78	4.1.7	表面处理	98
3.5	其他塑料的表面粗化与电镀	80	4.2	玻璃钢电镀	99
3.5.1	粗化是塑料表面金属化成功的关键	80	4.2.1	玻璃钢的结构与电镀级玻璃钢	99
3.5.2	PS (聚苯乙烯) 塑料的粗化	81	4.2.2	粗化的机理	100
3.5.3	PVC (聚氯乙烯) 塑料的粗化	81	4.2.3	玻璃钢电镀工艺	100
3.5.4	PTFE 氟塑料 (聚四氟乙烯) 粗化	81	4.3	玻璃钢电镀容易出现的问题及防止方法	105
3.5.5	POM (聚缩醛) 塑料粗化	82	4.3.1	玻璃钢制造过程中出现的问题	105
3.5.6	PMMA 有机玻璃 (聚甲基丙烯酸甲酯) 粗化	82	4.3.2	金属化过程中常见的问题	105
3.5.7	PF 酚塑料 (酚醛树脂) 粗化	82	4.3.3	电镀过程中容易出现的问题	106
3.5.8	TCA (三醋酸纤维素) 塑料粗化	83	4.3.4	对局部电镀层出现问题 的补救	107
3.5.9	PA (尼龙) 粗化	83	4.4	玻璃钢电镀产品的应用实例	107
3.5.10	PET (聚乙烯对苯二甲酯) 粗化	83	4.4.1	体育运动奖杯的复制与电镀	107
			4.4.2	商业建筑招牌和标志的制作与电镀	110
			4.4.3	城市雕塑的制作和电镀	111

4.4.4 各种纪念工艺品的制作 和电镀	112	6.3 表面精饰镀层	142
参考文献	112	6.3.1 电镀级面镍	142
第5章 其他非金属材料上的电镀 与精饰	113	6.3.2 彩色电镀	145
5.1 石膏上电镀	113	6.4 金属和镀层表面着色	146
5.1.1 石膏电镀概述	113	6.4.1 金属着色的基本原理	147
5.1.2 石膏电镀工艺	115	6.4.2 金属着色的工艺流程和 前处理	147
5.1.3 常见的问题与对策	116	6.4.3 各种金属(或镀层) 的着色	150
5.2 陶瓷上电镀	116	6.5 镀层表面染色	169
5.2.1 陶瓷电镀概述	116	6.5.1 锌的染色	170
5.2.2 陶瓷的组成与粗化	118	6.5.2 铝的染色	171
5.2.3 陶瓷的金属化与电镀	119	6.6 表面精饰防护	173
5.3 玻璃上电镀	121	6.6.1 涂料的选择	173
5.3.1 玻璃电镀概述	121	6.6.2 水性涂料	174
5.3.2 银镜法	122	参考文献	176
5.3.3 导电性涂料法	124	第7章 非金属电镀设计	177
5.3.4 化学镀法	125	7.1 造型设计	177
5.4 木材上电镀	126	7.1.1 塑料电镀的造型设计	177
5.4.1 浸蜡法	126	7.1.2 工艺品类或特殊制品的 设计要求	182
5.4.2 树脂法	127	7.2 镀层组合设计	183
5.4.3 直接化学镀-电镀法	127	7.2.1 镀层组合的选择	183
5.5 其他非金属材料上电镀的 通用方法	128	7.2.2 镀层厚度的选择	187
5.5.1 ABS 涂料法	128	7.2.3 电镀后处理的选择	188
5.5.2 环氧树脂涂料法	128	7.3 挂具设计	189
5.5.3 其他塑料的涂料	129	7.3.1 挂具的作用和种类	189
5.5.4 导电涂料法	130	7.3.2 挂具设计的原则	191
5.6 刷镀	131	7.3.3 挂具设计的方法	192
5.6.1 刷镀技术概要	131	7.4 生产组织的设计	194
5.6.2 刷镀技术及工艺	132	7.4.1 根据加工要求确定生产设备、 人员与生产周期	194
5.6.3 非金属表面的刷镀	137	7.4.2 根据现有设备设计生 产量	200
参考文献	139	7.4.3 特殊非金属电镀制件生产的 设计与施工	200
第6章 表面精饰	140		
6.1 表面精饰概述	140		
6.2 表面抛光、刷光	140		

参考文献	202	9.3 印刷线路板的电镀	223
第8章 电铸	203	9.3.1 镀锡	223
8.1 概论	203	9.3.2 镀金	227
8.2 模具原型	204	9.3.3 化学镀镍金和其他 镀层	228
8.2.1 反复使用型原型的 用料	205	参考文献	230
8.2.2 一次性原型的用料	205	第10章 非金属柔性材料的电镀 ...	231
8.2.3 对原型形状设计的 要求	206	10.1 柔性电子技术和柔性电镀 材料	231
8.3 非金属原型金属化和 脱模剂	208	10.1.1 柔性电子技术	231
8.3.1 表面金属化	208	10.1.2 柔性电镀材料及其 应用	231
8.3.2 脱模剂	208	10.2 柔性印制板电镀	233
8.4 电铸液类别及电铸金属 的性质	209	10.2.1 柔性印制板的开发	233
8.4.1 电铸液的类别及选用 原则	209	10.2.2 柔性印制板的制造	234
8.4.2 不同电铸液沉积物的 力学性质	209	10.2.3 柔性印制板的电镀 前处理	238
8.5 铜电铸	210	10.2.4 柔性印制板的电镀 工艺	241
8.5.1 铜电铸简介	210	10.2.5 电镀质量管理	242
8.5.2 铜电铸工艺	210	10.2.6 挠性印制板线路的 其他制程	243
8.6 镍电铸	212	10.3 纤维布料电镀	244
8.6.1 镍电铸简介	212	10.3.1 几种常用的纤维	245
8.6.2 镍电铸工艺	213	10.3.2 纤维面料表面金属化 的方法	246
8.7 铁电铸	215	10.3.3 尼龙面料电镀	247
8.7.1 铁电铸简介	215	10.3.4 其他纤维面料的电镀 ...	250
8.7.2 铁电铸工艺	215	10.4 导电纤维的应用与展望	250
参考文献	216	10.4.1 有机导电纤维及其 应用	250
第9章 印刷线路板的 电镀	217	10.4.2 制造导电合成纤维的 方法	252
9.1 印刷线路板技术的发展概况	217	10.4.3 导电纤维技术展望	253
9.2 孔金属化及其电镀	218	参考文献	253
9.2.1 孔金属化	218	第11章 非金属的物理镀技术	254
9.2.2 孔金属化电镀	221		

11.1 热压烫金法和金属		12.4 镀层厚度的测量	276
涂料法	254	12.4.1 化学测厚法	276
11.1.1 热压烫金法	254	12.4.2 物理测厚法	277
11.1.2 金属涂料法	255	12.5 耐腐蚀性实验	277
11.2 热喷涂	256	12.5.1 盐雾法	278
11.3 真空蒸发镀技术	258	12.5.2 腐蚀泥法	278
11.3.1 真空蒸发镀	258	12.5.3 其他约定的方法	279
11.3.2 真空蒸发镀设备	258	12.6 老化试验	279
11.3.3 塑料表面真空蒸发镀		12.7 其他设计或需方要求的	
工艺	260	检测	280
11.3.4 塑料真空镀膜质量的		12.7.1 力学性能的检测	280
检查方法	264	12.7.2 其他物理性能的	
11.4 其他真空物理镀方法	265	检测	281
11.4.1 溅射镀	265	12.8 溶液维护与分析方法	281
11.4.2 离子镀	267	12.8.1 前处理工艺的维护	281
11.4.3 气相镀	269	12.8.2 化学镀常见问题与	
参考文献	270	维护	283
第12章 非金属电镀层的检测与		12.8.3 电镀中常见故障及	
溶液的维护	271	维护	284
12.1 外观检查方法	271	附录	287
12.1.1 外观检查的标准	271	附录1 企业标准 玻璃钢电镀	
12.1.2 外观检查的方法	271	工艺品	287
12.2 结合力检查方法	272	附录2 国家标准 金属覆盖层 塑料	
12.2.1 结合力检查的标准	272	上镍+铬镀层	290
12.2.2 工作现场的检查		附录3 电极的标准电极电位 (25℃,	
方法	273	相对于氢标准电极)	299
12.2.3 实验检查方法	273	附录4 各种塑料的英文缩写	301
12.3 耐磨性检查方法	275		



第1章 概述

在非金属材料制品表面实施电镀，作为一种新的电镀技术，在近年来有了长足的发展。这种在塑料电镀技术基础上发展起来的新的电镀技术，随着产品结构材料的多样化而日益受到重视。金属材料作为难以再生的资源，已经明显趋于紧缺，非金属材料的应用也就会越来越多。但是，非金属材料无论在外观、质感还是在物理性能方面，不可能完全替代金属。在这种情况下，在非金属表面电镀金属，就成为一种合适的选择，从而获得广泛的应用。



1.1 非金属电镀与精饰的应用

非金属电镀开始是在有限的范围内用作装饰目的的。初期的塑料电镀由于工艺过程过于复杂而溶液又欠稳定，使企盼大量采用的厂商望而却步。但是，经过电镀工程技术人员的努力，解决了从粗化、活化到化学镀等各关键工序的溶液稳定性并使生产效率大大提高以后，非金属电镀的应用就不断扩大起来。由原来的小件、少量的应用发展到大件、大量的使用——从家电产品到汽车配件、建筑装饰，从装饰性用途到功能和工程性用途等。并且以电子类产品为主的各类产品的小型化和轻量化，使非金属电镀满足这些要求的优势得以充分发挥，进一步拓展了其应用的领域。特别是在工程和功能性的用途，非金属电镀已经成为相关产品不可或缺的重要流程。印制线路板的孔位金属化电镀就是典型的非金属电镀技术功能性应用的实例。现在，用作电导、电磁屏蔽、抗涡流开关、导磁、光学方面的例子也不少。更多的产品开发者在考虑利用非金属电镀技术来更新产品和提升产品的性能。



1.1.1 装饰性应用

(1) 汽车及其他交通工具类 在汽车追求轻量化而又豪华美观的发展过程中,塑料电镀起到了至关重要的作用。从车门拉手、汽车商标、标徽、车内饰、反光镜、表盘装饰,到操作杆头、方向盘装饰、高级车轮壳罩等,都在大量采用塑料电镀制品。

不仅是汽车装饰零件,在摩托车和自行车上也有大量采用塑料电镀制品的例子。因为增加塑料配件的用量对于降低车体自重是非常有效的措施,但是,如果没有电镀金属作为表面装饰和防护,要想在汽车摩托车行业大量采用塑料是很困难的。现在为汽车塑料进行电镀加工的厂家规模已经很大,有些加工企业已经可以承揽从模具设计制造到塑料成型、电镀加工一体化的订单。这对于提高质量而又降低成本是很有效的生产模式。

除了汽车,在高级游轮、高速列车、飞机上都不乏使用塑料电镀制品做装饰的例子。特别是造型独特的标志性商标类雕塑制品,采用塑料成型可以很方便地复制出完美的造型且又可以在表面表现各种高级的金属质感。不论是传统的镀装饰铬还是镀仿金、仿银或仿白金,也不论是体现复古情趣的仿古铜、古银还是追求时代感的亚光镍或枪色镀层,塑料电镀都能做到。

随着工程塑料技术的进一步发展,高强度塑料在现代交通工具中的应用还会扩大,相信对这些塑料电镀的需求也会同步增长。

(2) 电子电器类 这是比汽车更大的一个装饰性塑料和树脂电镀的应用领域。从家用电器的装饰拉手、外框、旋钮、提手、罩盖,到商标、铭牌、刻度板、压条、机壳等都在大量采用塑料电镀技术。现在流行的手机外壳、MP3 外壳、U 盘外壳、笔记本电脑外壳等,都有采用塑料电镀配件的例子。这种应用不仅降低了产品的质量和成本,而且又有金属装饰的效果。由于表面镀上了一层金属镀层,还兼有电磁屏蔽或提高强度、增加散热性等功能性作用。因此,在今后新一代电子类产品的开发中,采用塑料电镀技术的例子还会有所增长。所用镀种的色彩也有许多选择,包括前面讲到的传统的镀铬和流行的缎面镀镍等。还有彩色电镀和在电镀层上再进行真空镀着色的工艺。

(3) 家庭用品、家装类 除了家用电器,家庭用品中还有许多产品可以用到塑料和树脂电镀技术。比如镜框、水瓶壳、盖子、挂钟、台历板、家具把手、相框等。现在更发展到卫浴用品的花洒、水龙头、水具等。这类产品也如汽车配件一样,形成了专门的加工产业,从模具的定制到注塑成型,然后电镀。有些生产厂商更是直接面对市场,使其成本进一步下降。有些产品采用的材料也从批量的注塑加工发展到个性化的热固型树脂手糊产品,从而在这方面开拓出新的市场。

(4) 文具用品类 文具用品主要是圆珠笔、钢笔类产品的笔杆、笔套,小型计



算器的外壳、打字打印机附件、复印机附件等。由于是消耗性产品，所以用量也是较大的。

(5) 建筑装饰类 建筑装饰现在已经是建筑物的重要组成部分，其所占建筑的总费用的比率在不断增长，有些已经占到建筑总费用的一半以上。因此，无论是从经济效益的角度还是提高建筑安全性能的角度，采用轻质非金属材料制作建筑装饰件都是十分有利的事。这种材料的首选就是玻璃钢，而玻璃钢电镀在建筑装饰中则有很多用途。比如建筑物的金属楼徽、大型招牌字、墙面浮雕、吊灯、门饰、工艺壁灯、廊柱装饰、室内外雕塑等。在没有玻璃钢电镀技术以前，玻璃钢已经在建筑中有相当多的应用，包括采用外刷涂料的装饰工艺。在玻璃钢电镀技术开发出来以后，玻璃钢在建筑装饰中的应用就进一步扩大，并且使之由原来低档次的材料成为高级的装修材料。这方面在珠江三角洲地区表现得更为突出。

非金属电镀在建筑中的应用不仅仅是玻璃钢，也不仅仅是利用其装饰功能。事实上，在现代建筑材料中，塑料已经占到相当大的比重。早在 20 世纪 70 年代，发达国家用于建筑的塑料已经占到塑料总产量的 20%~25%，在已经进入 21 世纪的今天，塑料在建筑工程中的应用就更是举不胜举。如果将塑料电镀的应用扩展到建筑结构件上，相信又将催生出一一些新的构想。

与建筑装饰相关的还有园林装饰件的批量生产或定制生产，这在北美和澳洲都已经非常流行。由玻璃钢制作的园林雕塑经过电镀铜再制作出各种效果，在园林中有特别的装饰效果，现在在家庭园林中也有了应用。

(6) 工艺品和艺术品类 采用玻璃钢制作雕塑工艺品已经有多年的历史，至今仍经久不衰。这种工艺品以彩绘作为表面装饰，可制作各种小型雕塑工艺品，从中国的十二生肖到外国的圣诞老人、神话人物，从工艺钟表的工艺钟座，到仿古铜工艺台灯座，应有尽有。许多经高明的雕塑家制作的人物、动物等工艺品经表面电镀，以青铜、古铜、古银等表面效果加以装饰后，更为生动感人。这都是因为开发出的塑料和玻璃钢电镀技术，增强了这类雕塑工艺品的表现手法和艺术效果。这些以塑料和玻璃钢制成的有金属表面效果的雕塑工艺品受到市场的欢迎。因为这种产品比起完全的金属制品不仅成本低，而且因为模型可以做得非常细腻而增强了制品的艺术魅力。现在在有些旅游景点，随时都可以看见这种技术制作的工艺品在那里展示风采。

在这类工艺品中值得一提的还有一种国外流行的工艺书立，现在在我国还只有零星的引进。这就是将一些精美的现代或古代雕塑设计成立体书立，用玻璃钢制成后电镀，再精饰出古铜效果，作为书柜中书立的同时，又增加了书柜的艺术气息。相信不久也会大行其道。

不仅是工艺品，就是一些艺术大师的大型雕塑作品，也有的采用玻璃钢电镀作为其作品的大样材料。有些大型城市雕塑也是采用玻璃钢电镀制作而成。由于玻璃



钢可以非常逼真地再现原件的模样，因此，也成为仿制珍贵雕塑类文物的重要手段。加上电镀技术的引入，使得无论是古代文物还是现代金属雕塑的仿制品都获得了一种以非金属材料表现金属效果的技术。

除了上述列举出来的装饰用途以外，相信读者以自己所从事的专业或自己的经验，可以举一反三地开发出非金属电镀在装饰领域的更多用途。

1.1.2 功能性应用

功能性应用产品主要指为了工艺需要或产品性能的需要而采用非金属电镀制成的产品。这种应用的技术背景主要还是源于产品的轻量化和异形结构加工过程的简化。显然，采用塑料制件不仅质量大为减轻，而且加工成型也变得简易，特别是对于形状复杂的零件，如果采用注塑成型的方法，比起金属加工的效率要高得多。这在汽车、造船、航天航空等交通领域有着特别重要的价值。因为对于生产承重装载功能的机械，自重的减轻意味着能耗的降低和效率的提高。现在，不仅仅是交通运输工具，很多其他类别产品的结构中，都用到了非金属电镀（主要是塑料和各种树脂）加工制成的零件。我们依产品的大类，分机械类、电子类、交通和运输类叙述如下。

（1）机械类 齿轮可以说是机械类制品的符号或代表，其材料向来是钢铁或高强度的有色金属合金。但是，现在已经有了塑料的齿轮在各种机械中转动。不仅仅是齿轮，齿条、叶轮、反光镜面、外壳、盖板、支柱、套筒、隔板等都可以采用工程塑料制作。有些也要用到电镀的方法加以保护或增强。包括早期印刷业中使用的活字，也有采用塑料电镀制成的。有些产品只有在电镀后制件的机械强度达到了设计的要求，才可以大胆地采用塑料或非金属电镀的加工方法来制作相关零件。

以齿轮和齿条为例，金属齿轮和齿条的加工是很费时费料的工作，如果采用塑料来制作，只要设计和制作好齿轮或齿条的模具，就可以以注塑成型的方式大量生产。但是，在有非金属电镀技术以前，塑料制成的齿轮类零件只能用在玩具或非精密仪器仪表上，因为其机械强度和耐磨性能都不是很好。在经过电镀加工后，镀上铜镍铬等金属，不仅仅增加了机械强度，也增加了耐磨性能。这样一来，许多工业用仪器仪表和小承重的齿轮、齿条传动机构，就可以采用塑料电镀制品。

有些要求更高强度的制品，则可以采用玻璃纤维或用其他材料增强了的树脂，比如玻璃钢（FRP）。这种非金属材料的引入使树脂制品在机械工业和日用五金结构中的应用不断增长。特别是在交通和运载工具中有着广泛应用，将在以下的内容中加以介绍。

现在很多机壳机座、管线都用到了塑料或树脂制品，虽然不是都要求电镀，但是电镀作为一种选择，在增强功能方面有其独到之处，是其他加工方法不能替代的。



(2) 电子类 如高频电器屏蔽、印制板孔位金属化、燃料计电极、无涡流开关、电波反射体、选择性透光体等,还有一些是功能性和装饰性兼而有之的结构件,比如手机外壳、笔记本电脑外壳等,都有功能方面的要求。因为电脑和无线电信产品大都有电磁屏蔽方面的要求,而这些产品上用来进行电磁屏蔽的金属膜,几乎都是采用化学镀的方法加工。当采用装饰性电镀后,只要镀层组合选择合理,就可以兼有电磁屏蔽的作用。

电子类产品的功能性要求大都是与电子传递、电波传送、导磁导电等有关,而这些功能以往都是靠金属制品来实现的。但是,在微电子特别是电波传送的场合,电波往往是在表面传送的,只要赋予表面相关金属的性能,就能达到所要求的功能性目的。这就为非金属电镀制品在电子产品中的应用提供了空间。例如,微波的传输有一种趋肤效应,就是在微波器件,特别是在波导中,微波只在导体的表面与空间交界的区间传输;而另一方面,微波传输过程中的传输损耗也很敏感,因此制作波导最好是高导电性材料,比如金属银。如果全部用金属银来制作波导,那成本将是惊人的,所以实际上现在都是用铜或铝来制作波导,表面镀银就行了。这时,如果采用塑料来制作波导,表面镀银后,同样能够完成微波的传输。比如很早就有人试过用镀银的聚氨酯塑料来制作轻型波导和天线。当然,对于大功率的微波器件,关键就是提高塑料的耐热性能,因为在大功率的情况下,微波传输过程中会有较高的热效应。相信随着高分子材料技术的进步,这样的问题是不难解决的。

非金属电镀在印刷线路方面的应用更是另辟蹊径的一个独特的领域。不论是过去传统的印刷线路板还是现在的高密度多层板、挠性板等,都要用到非金属电镀技术。

除了电子类产品的应用,非金属电镀在电工类产品上也有着广泛的应用前景。特别是在汽车工业领域。例如,在汽车中应用最早的塑料制件有开关和插座,主要由尼龙、聚酯和醋酸树脂制造,在汽车上,对开关和插座不仅要求实用,对外观上也有要求。虽然金属可以制成相同的产品,但比较重,而且需要经过精细打磨才能得到开关平滑操作所要求的低摩擦表面,在汽车引擎盖中同样也应用到开关或转换器。而汽车的电子开关一般设在变速箱中,浸泡在热的机油里。和电灯插座一样,汽车插座也是由一些高性能的塑料制造的,例如 PPA、PPS 和 SPS。这些材料在高温下暴露很长时间也不会降解。这些材料质量轻和抗腐蚀的特点让它们成为金属在这些方面应用的理想替代品。但是在需要安全接地的时候,塑料的缺点就显现了出来,这种场合,应用塑料电镀技术是最好的解决方案。

(3) 汽车工业 前面已经提到过,汽车工业在应用塑料和树脂产品方面有广阔前景。特别是在应用玻璃钢(FRP)方面,已经取得重要进展。这些应用中有些采用了表面金属化技术,当然大部分还没有采用。但是从发展前景来看,采用电镀来增强制品使用性能的比例会有所增长。我国汽车产品采用 FRP 的情况见表 1-1。



表 1-1 国内汽车采用 FRP 情况

车 类	车 型	部位和零部件
轿车和客车	全塑轿车	主要零部件及车身都采用塑料
	小型面包车	轿车壳体
	吉普车	举升门、散热器罩安装板
	大客车	发动机罩、保险杠、车体蒙皮、侧板
	中型客车 130 客车	前后顶、前灯罩、后托背、后下角、左右车帮等
	公共汽车	汽车壳体、客车车身
卡车	解放牌卡车	驾驶室、叶子板
	中型卡车	外壳
	小型卡车	水箱、油箱
特种汽车	消防车	FRP 液罐
	大气监测车	零部件等
	救护车	壳体
三轮卡 拖拉机		拖拉机外壳、座位、油箱 驾驶室外壳、罩壳等

(4) 造船业 在造船业，塑料制品的应用也越来越多。特别是游艇或小艇，现在几乎完全是玻璃钢制成的。

采用玻璃钢制造船体无论是在比强度还是在成型性能方面都比钢材有较大优势。并且其耐海水腐蚀性能也比钢船或木船要好得多。因此，玻璃钢在造船业的应用比在其他交通工具中的应用更为广泛。

在造船中使用的其他非金属材料也比皆是，其中不乏非金属电镀制品。尤其是仿古类型船只的制造，很多随船装饰品、船只附件和配件，都可以用非金属电镀制品来仿制。包括镀铜的扶手、围栏、古代的金属盾牌、金属盔甲乃至火炮，都可以用玻璃钢电镀来仿制。

不仅是民用船只，就是军舰也会用到玻璃钢及其表面金属化技术。1999 年 6～8 月，北约在亚德里亚海举行“联盟收获”军事演习，丹麦的“弗莱维费斯肯”级多用途舰艇表现优异。而这种舰艇舰体所用的材料，正是用玻璃纤维增强塑料 (FRP) 制成的夹层构造。在外部和内部 FRP 层板之间使用蜂巢状结构内核。这种先进复合材料不仅减轻了舰艇自身的质量，而且强度高于同等质量的钢材，也无需考虑舰体腐蚀问题。丹麦等北欧一些国家，在舰艇复合材料应用技术上处于世界领先地位，如瑞典海军“维斯比”级轻护卫舰和挪威海军“盾牌星座”快速导弹巡逻艇，舰体都采用了这种先进的复合材料技术。更为重要的这种树脂复合材料是无磁性的，这在反雷达侦察方面有重要军事意义。为了实现电磁兼容性 (EMC)，可在保证船体无磁性的同时，对电缆密封管、贯穿的非金属管和输送管等非金属表面采用热喷涂锌层进行屏蔽。

