

化学工业出版社



塑料真空镀膜

李颜霞 编著

塑料真空镀膜

李颜霞 编著

化学工业出版社

内 容 提 要

本书在阐述塑料真空镀膜常用的塑料品种、镀膜材料和涂料的基础上,详细地介绍了各种真空镀膜的方法(如真空蒸发、真空溅射法)、所用设备(如卷绕式真空镀膜机、间歇式真空镀膜机)及其操作方法,操作中的异常现象及其解决办法等内容。对真空设备、检测方法以及真空镀膜技术在塑料薄膜和各式各样的制成品(如镜片、玩具、彩虹片、汽车装饰件等)上的应用作了专章叙述。

本书实用性强,可供塑料成型加工行业的技术人员和技术工人参考。

塑 料 真 空 镀 膜

李颜霞 编著

责任编辑: 龚浏澄

封面设计: 郑小红

化学工业出版社 出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

通县马驹桥印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 $6\frac{1}{2}$ 字数148千字

1990年4月第1版 1990年4月北京第1次印刷

印数1—2,650册

ISBN 7-5025-0612-8/TQ·362

定价4.10元

目 录

第一章 绪论	1
第一节 塑料真空镀膜的应用.....	1
第二节 塑料真空镀膜技术的发展.....	7
一、塑料真空镀膜设备的新进展.....	7
二、涂料技术的进步促进了塑料真空镀膜的发展.....	11
参考文献.....	13
第二章 真空镀膜常用的塑料和镀膜材料	14
第一节 真空镀膜常用的塑料.....	14
一、真空镀膜塑料——基材必须具备的条件.....	14
二、真空镀膜常用塑料的组成和性能.....	17
第二节 镀膜材料.....	26
一、铝.....	27
二、铬.....	30
三、铜.....	30
四、金.....	30
五、镍.....	30
六、钛、钨和钼.....	31
七、锌.....	31
八、镉.....	32
九、氧化物.....	32
参考文献.....	33
第三章 塑料真空镀膜常用的涂料	34
第一节 镀膜中涂料的作用和应具备的条件.....	34
一、底涂料.....	34
二、外涂料.....	39
第二节 塑料真空镀膜常用涂料的原材料.....	43

一、合成树脂	43
二、稀释剂	48
三、染料	51
第三节 涂料的施工	55
一、塑料的表面处理	55
二、涂装方法	61
三、涂料的干燥	64
四、外涂料的颜色	67
五、涂料的安全施工	68
六、可能发生的异常现象、产生原因和解决的办法	69
参考文献	76
第四章 真空	77
第一节 真空的基本知识	77
一、大气压强	77
二、真空的概念	77
三、真空区域	78
第二节 真空泵	79
一、真空泵概论	79
二、油封式旋转机械真空泵	81
三、油扩散泵	84
第三节 真空系统	87
一、真空系统的概况	87
二、真空系统的安装和使用	90
三、真空系统的密封材料	92
第四节 真空测量	93
一、热传导真空计	94
二、电离真空计	95
第五节 真空检漏	96
一、真空系统密封程度	96
二、漏孔和漏气率	98

三、检漏方法.....	99
参考文献.....	103
第五章 塑料真空镀膜常用的方法.....	104
第一节 真空蒸发法.....	105
一、镀膜室的真空度和蒸发速率.....	105
二、蒸发源.....	107
三、蒸发距离和蒸发源间距.....	115
四、基材表面状态.....	118
第二节 真空溅射法.....	118
一、概述.....	118
二、机理.....	122
第三节 卷绕式真空镀膜机.....	126
一、卷绕式真空镀膜机的特点.....	126
二、几个问题.....	127
三、卷绕式真空镀膜机的现状.....	134
四、卷绕式真空镀膜机的操作程序.....	137
第四节 间歇式真空镀膜机.....	139
一、几个问题.....	139
二、间歇式真空镀膜机现状.....	140
三、间歇式真空镀膜机镀膜程序.....	146
第五节 可能发生的问题和解决办法.....	148
一、真空镀膜机的故障和排除方法.....	148
二、真空镀膜时常见的问题和对策.....	149
参考文献.....	151
第六章 真空镀膜技术在塑料薄膜和制成品上的应用.....	152
第一节 真空镀膜技术在塑料薄膜上的应用.....	152
一、塑料薄膜真空镀膜.....	152
二、真空镀膜塑料薄膜的应用.....	153
第二节 真空镀膜技术在塑料成型品上的应用.....	190
一、各类塑料镜子.....	191

二、塑料玩具.....	193
三、仿金镀.....	195
四、晶晶真空彩虹片.....	197
五、汽车塑料零部件.....	199
参考文献.....	202

第一章 绪 论

第一节 塑料真空镀膜的应用

塑料具有质轻、性能优良、易成型、易加工等特点，应用范围非常广泛，是日常生活和国民经济各部门不可缺少的材料。塑料还可以做为金属、玻璃、陶瓷、木材的代用品。例如，用塑料代替金属生产某些形状复杂的零件，可以省去很多工序，提高工效，节约大量金属材料。但是，塑料又有缺乏金属光泽、表面硬度低、易老化等缺点。为了克服存在的缺点并提高塑料的附加功能，进一步扩大塑料用途，需要对塑料表面进行处理。利用真空镀膜技术对塑料表面进行处理是一个行之有效的好办法。通过真空镀膜可以把我们需要的镀膜材料镀到塑料表面上，使塑料表面获得一层极薄的新物质，简称为镀膜层。镀膜层赋予塑料表面新功能，扩大了塑料的使用范围。

塑料制品表面经过真空镀膜镀上某种金属膜层之后，便具有该种金属的颜色，从而起到表面装饰功能。铝、铬、黄铜、不锈钢等各有不同的色调。如果镀膜层是铝的话，还可以通过涂料或其他办法进行着色，以获得各种色彩，装饰效果非常好。目前、汽车内部和外部装饰件；家用电器零件和装饰件；家俱和灯具的装饰件；玩具；日用小商品如腰带环、发卡、钮扣；工艺品如宫灯、项链、手镯等各式各样的塑料成型品都可以用真空镀膜方法加以美化。塑料薄膜经过真空镀膜处理后，用途更为广泛，展示了诱人的前景。多种多样的装饰膜为轻、纺工业增加了花色品种，还可做为提高产品身价的装潢材料。值得一提的是晶晶真空彩虹片，它在光线照射下产生变

幻无穷的颜色，红、绿、蓝、黄等。不单艳丽而且神奇，有立体感，别具一格。为什么在普通的塑料片基上能够发出变幻无穷的各种颜色呢？这正是真空镀膜技术和现代尖端技术激光光刻创造出来的奇迹。早已在装饰领域中大显身手的老产品烫转印膜也有了新的发展。室外用的烫转印膜和磁性烫转印膜已经投放市场。前者具有优良的物理性能，可用于烫印汽车外部装饰件。后者能够使被烫印件具有磁性，可用于存贮数据，广泛用于现代化设施的存贮装置中。利用聚酯薄膜镀铝后加工而成的金银丝已成为衣料、织锦缎、窗帘、花边、织带、毛线等纺织品不可缺少的装饰材料。在日常生活用品、工艺品、舞台艺术用品等各方面的应用也很受欢迎。用金银丝装饰的制品，鲜艳华丽，晶莹夺目。

众所周知，真空镀铝塑料薄膜由于有防潮性、气密性、透光性、隔热性、卫生性和可加工性，是一种优良的包装材料。在国外已经普遍用于食品、药品、化妆品和日用化工品的包装。目前，在包装领域的许多方面，真空镀铝塑料薄膜已取代了压延铝箔。这是因为获得同样性能的包装材料，使用真空镀铝塑料薄膜时铝的耗用量仅为压延铝箔的千分之几，具有明显的节约铝资源、能源和降低成本的效果。多数的真空镀铝塑料薄膜镀膜层的厚度可以在 $10\sim 100\text{nm}$ ($100\sim 1000\text{\AA}$)之间任意选择，还可以部分蒸镀获得任意的图案。这些优点是压延铝箔所不具备的。真空镀铝塑料薄膜包装冰激淋、糕点、咖啡、茶叶等固体内容物已司空见惯，但由它制成的衬箱袋(Bag in Box)用于包装酒、肉汁、水果汁、油类等液体都是一种新的包装形式。衬箱袋使用方便，有一定保鲜能力，能够延长货架寿命。由于它减轻了包装物的重量，又能增加货物容量，有利于减少运输费用和降低包装成本。真空镀膜塑料薄膜

制成的品种繁多的包装材料正以特有的保护能力和美化商品，提高商品身价的魅力吸引着广大的包装材料消费者。

真空镀膜塑料薄膜的另一个主要用途是制造电容器。1980年日本真空镀膜塑料薄膜耗用量中，电容器为4300吨，占第一位，包装材料为3000吨，占第二位。经过真空镀膜处理的聚酯、双轴向拉伸聚丙烯等塑料薄膜可做为电容器的电极使用。蒸镀薄膜型电容器和金属箔型电容器相比，具有小型、大容量、性能好的特点。利用真空镀膜塑料薄膜的导电性生产抗静电和导电包装膜，适于做集成电路元件和精密仪器零件等的防灰包装。我们知道，透明导电塑料薄膜可用于生产显示装置的透明电极、平面发热体等。透明导电塑料薄膜是怎样制造的呢？简单地说，就是在透明塑料薄膜上形成导电膜层。形成导电膜层的理想方法就是真空镀膜法。

采用真空镀膜技术制成的镀膜型磁带在日本已试制成功，投入生产并向世界各国提供技术。镀膜型磁带记录密度比涂布型磁带大，而且磁层薄，使小型盒式带向微型盒式带发展成为现实。镀膜型磁带声音清晰度极佳，使用寿命长。它已广泛用在录音机、录象机和电子计算机的存贮装置中。随着录音机、录像机、电子计算机的普及，以及在世界范围内蓬勃兴起的以信息产业为中心的新技术革命的深入发展，磁性记录材料必定向高可靠性、大容量和微型化发展。为此，镀膜型的磁性材料将起着更为重要的作用，有着更为广阔的前景。

当前，真空镀膜塑料薄膜应用的另一个领域是太阳能的利用。真空镀膜铝聚酯薄膜制成的太阳灶重量轻、成本低，易于普及推广。

真空镀膜技术在建筑用玻璃上也获得广泛的应用，在近代建筑物中，特别是“光亮派”出现后，大量采用玻璃材料。通

过玻璃损失的能量是不可忽视的,目前,各国正在对建筑玻璃进行处理。处理目的是为了改进玻璃的光学、电学、机械和色彩等各种性能。处理的办法是直接对建筑玻璃真空镀膜或是把真空镀膜的聚酯薄膜贴在玻璃上。目前已有冬暖、夏凉的节能型窗玻璃隔热膜出售。茶色或各种色泽鲜艳的隔热膜贴在窗玻璃的内侧,配合光照,闪闪发光,呈现绚丽多彩的景象,引人入胜。隔热膜还能够起到节能,调节光线强弱,安全等作用。目前,这一类型的真空镀膜塑料薄膜已经在宾馆、饭店、火车、汽车、轮船上的玻璃表面使用。

真空镀铝塑料薄膜与保温材料复合制成的隔热材料已在工业和民用建筑中广泛应用。真空镀铝热线反射膜在农业生产上使用,提高了农作物的产量和质量,有明显的经济效益。

表 1-1 日本真空镀铝膜的产量

(单位: $\times 10^4$ kg)

品 名	时 间			
	1977年	1978年	1979年	1980年
金银丝	1650	1497	1800	2200
电容器	3080	3300	3800	4300
烫印膜	963	1062	1300	1500
商 标	647	762	850	1000
包 装	1616	2070	2500	3000
装饰膜	1145	1228	1300	1300
建 筑	122	145	800	1000
其 他	346	418	500	800
共 计	9564	10482	12850	15100

塑料真空镀膜技术的应用可以说是五花八门,上文介绍的仅仅是一部分。虽然塑料真空镀膜技术工业化的时间不太长。

但发展很快。作为一种无公害的技术，特别是在节约能源、降低成本、扩大塑料附加功能等方面日益显示出它的优越性。在日常生活和科学技术上起的作用日益显著，越来越受到人们的欢迎。真空镀铝是人们最早研究的课题，使用时间较长。真空镀铝塑料薄膜产量增长很快，近年来，日本每年以18%左右的平均速度递增着。详细情况见表1-1。1977年产量不到1万吨，1985年产量已增至2—3万吨/年。

在欧洲和其他国家，真空镀铝塑料薄膜的产量也大幅度增加，详细情况见表1—2。

表 1-2 欧州及其他各国真空镀铝塑料薄膜产量

(单位: $\times 10^3 \text{ kg}$)

地 区	时 间			
	1970年	1975年	1978年	1981年
欧州	4000	10000	20000	35000
其他各国	6000	20000	45000	70000
合 计	10000	30000	65000	105000

磁控溅射塑料制品产量增长也很快，据美国GM公司统计和预测，磁控溅射汽车外部装饰件在整个汽车外部装饰件中的比例，1975年是0%，1985年40%，1990年预计达100%。从这些数字人们可以看到磁控溅射的现状和未来的地位。

塑料真空镀膜技术的应用已有几十年的历史。我国则是从60年代后期开始的，首先在电子、装潢和纺织行业上获得使用。80年代，由于各行各业对包装材料提出更高的要求，真空镀膜包装材料应运而生。目前，在我国装饰膜烫转印膜、金银

丝、包装膜、蒸镀薄膜型电容器，真空镀铝日用小商品的应用已相当普遍。

具有各种附加功能的塑料表面是通过真空镀膜技术获得的。所谓真空镀膜技术是指在真空条件下将金属，金属化合物和其他镀膜材料沉积到基材表面上的技术。塑料真空镀膜常用的方法有热蒸发镀膜法和磁控溅射镀膜法。一般情况下，蒸发法只能蒸发像铝这样的低熔点金属。磁控溅射法则几乎能镀各种高熔点的金属、合金和化合物，而且镀膜层与基材的结合力较强，还具有镀膜层致密，均匀等优点。

近年来由于电子和半导体工业微细加工技术发展的需要，加上节约材料和能源的呼声日益强烈，以及对环境保护规定日趋严格，促使真空镀膜技术更加迅速发展。真空镀膜法与通常使用的电镀法不同。电镀法是通电流使电解液离解，被离解的离子陆续地镀到被镀件表面上。由于电镀过程中使用了电解液，故又称湿法镀膜，不用溶液而在真空中镀膜的真空镀膜法叫干法镀膜。电镀法工艺复杂，流程长，环境污染严重，可供电镀的塑料基材品种和电镀金属的极限性大，只有导电性塑料和涂覆导电性涂料的塑料才能电镀。电镀金属只限于一部分单金属和少数的合金。真空镀膜法本身是无污染的，但从整个工艺来看，它要用有机涂料做为底涂层和外涂层，故有一些污染，然而与电镀法相比，污染程度小得多，因此真空镀膜法具有工艺简单、污染小、劳动条件好、生产效率高、成本低的优点，因而具有旺盛的生命力。另外，可以进行真空镀膜的塑料基材品种比电镀法多，可以选用的镀膜材料也比较广泛。塑料真空镀膜法除镀制光学膜、电学膜、磁性膜，以及各式各样新颖、艳丽的装饰膜外，它正在向获得更多的附加功能的方向发展，这也是电镀法所无法比拟的。不过，电镀法可以获得较厚的

的金属镀膜层 ($20-30\mu\text{m}$), 我们能够直接利用金属镀膜层的物性, 因而, 不论在耐磨和抗紫外线或是在耐老化方面的性能都比较好, 在这方面电镀法仍占优势。真空镀膜法的镀膜层很薄, 一般是夹在底涂层和外涂层之间, 在实际使用时, 外涂层的物理性质起着关键的作用。经常磨擦的零部件如旋钮等采用真空镀膜法往往不能满足要求。因此, 尽管电镀法工艺复杂、污染环境、成本高, 但目前仍被广泛采用。真空镀膜法要和电镀法全面竞争仍需不断加以改进。真空镀膜法与电镀法的区别见表1-3。

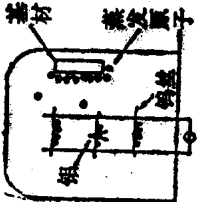
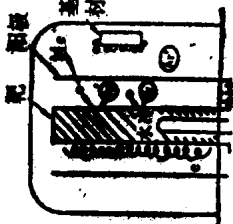
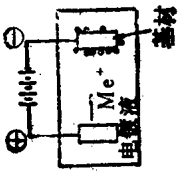
第二节 塑料真空镀膜技术的发展

一、塑料真空镀膜设备的新进展

塑料真空镀膜设备的发展相当快, 随着生产率的提高, 生产费用大大降低, 已经为真空镀膜产品的普遍使用铺平了道路。以卷绕式真空镀膜机为例, 刚开发时可镀的薄膜基材宽度是150mm, 目前已达2253mm。基材卷筒的最大卷径是1000mm, 最大卷绕速度为750m/min。自动装卸的半连续卷绕式真空镀膜机镀膜时间占整个周期的75%, 辅助操作时间只占25%。效率更高的从大气到大气的卷绕式真空镀膜机已于1977年出售。随着计测技术、控制技术的进步和电子计算机的应用, 卷绕式真空镀膜机正向着高度自动化和高度可靠性的方向发展。

卷绕式真空镀膜机能够沉积的镀膜层厚度范围为 $0.01-0.2\mu\text{m}$, 可以在这个范围内选择, 有的还可以镀多层膜, 满足多种需要。日本专利提出沉积两种不同镀膜材料的卷绕式蒸镀装置。该装置的真空室(6)分为上室(7)、左下室(8)和右下室(9)。蒸镀时, 两组蒸发源(19、23)蒸发的

表 1-3 各种镀膜法的特点

镀膜方法	蒸发法	磁控溅射法	电镀法
方式	干式	干式	湿式
示意图			
镀膜原理	蒸发	离子轰击靶材	电解
镀膜状态	中性	中性	离子
镀膜粒子能量	0.2eV (1200°C)	0.1—10eV	0.2eV

续表

镀膜方法		蒸发法	磁控溅射法	电镀法
方式		干式	干式	湿式
表面	镀膜前处理	涂底涂层, 在真空中脱气	涂底涂层, 在真空中脱气	化学腐蚀
	粒子穿透深度	0, 只在表面附着	有一定程度的穿透	0, 只在表面附着
处理过程	离子	—	<0.1 %	100%
	中性励起电子	—	<10%	—
	热中性粒子	100%	<90%	—
镀膜材料	可选用	金属	金属, 非金属	金属
	难于选用或不能选用	蒸汽压非常低材料, 化合物, 合金	易分解的化合物, 蒸汽压非常高的材料	易氧化的材料, 高熔点材料, 非金属
可镀基材		金属, 塑料, 玻璃等	金属, 塑料, 玻璃等	金属, 部分塑料
附着力		不好	不好—稍好	良好
优、缺点		可镀基材范围广, 附着力差	可镀基材范围广, 在低温能镀多种合金膜	物理性能好, 但基材及镀膜金属有局限性
用途		装饰膜、光学膜、电学膜、磁性膜等	装饰膜、光学膜、电学膜、磁性膜等	金属和部分塑料的表面保护层和装饰膜

镀膜材料 (21、25) 分别沉积在塑料薄膜 (11) 上, 在塑料薄膜没有蒸镀的一侧, 装上辉光放电发生器 (15、16)。发生器产生的辉光放电气体能防止塑料薄膜起皱。使用这套装置可以在极薄的塑料薄膜上镀上无折皱的多层膜, 用于制磁带和薄膜太阳能电池等。该装置示意图见图 1-1。

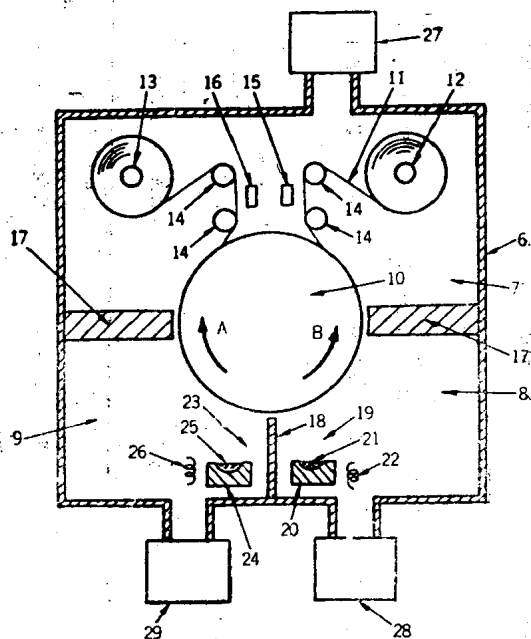


图 1-1 改进的卷绕式蒸镀装置

近年来, 高速低温溅射法发展很快, 使高熔点金属如铬、钛、钨、钼等的沉积成膜成为可能。镀膜室直径 1400 mm, 高 2200 mm 的大型钟罩式溅射镀膜机和长 13 m, 宽 7.6 m 的大型串联式溅射镀膜机已投入使用。最近, 日本专利提出一种卷绕式溅射镀膜机, 该机可镀两种不同的镀膜材料, 并在第一溅射区