

塑料静电喷涂

邝国熙、陈学冲 编

4.464

国防工业出版社

塑料静电喷涂

邝国熙、陈学冲 编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书着重介绍塑料静电喷涂工艺的原理和应用。比较系统地阐述了粉末喷涂的种类、工艺设备、涂料的配方与配制、涂层的抗腐蚀性能、生产操作与安全技术、涂层的缺陷与消除,以及喷塑的自动化等。对喷塑和喷漆工艺也作了具体的对比说明。

书中还介绍了工件喷涂前的表面处理、粉末回收,以及高压静电发生器的调试及使用等。

本书可供工人和有关技术人员参考。

塑 料 静 电 喷 涂

邝国熙、陈学冲 编

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印张4⁵/₈ 97千字

1980年5月第一版 1980年5月第一次印刷 印数: 0,001——6,300册

统一书号: 15034·1933 定价: 0.49元

前 言

塑料静电喷涂是近年来迅速发展的新工艺。它利用塑料粉末在压缩空气的驱动下，受高压静电场的作用，均匀吸附到工件的表面上，形成保护性的塑膜。因此这种喷涂具有防腐性能好、生产周期短、消除毒害性的溶剂污染、材料利用率高、便于大面积喷涂等特点。

为了进一步推广这项新工艺，达到相互交流的目的，我们根据多年来生产的实践写成了这本小册子。

本书着重介绍了塑料静电喷涂的工艺方法和工艺设备。比较系统地阐述了高压静电、供粉、喷涂、塑化、回收等系统的设备及其工艺方法；对于涂层的各种缺陷与生产中可能出现的故障，也提出了分析和解决办法。最后，还对喷塑的自动化作了简单的介绍。

塑料静电喷涂是一种正在发展的工艺，需要进一步掌握工艺机理、提高设备的性能、增加装饰性粉末涂料的品种和产量，才能使该工艺为减少城市的污染发挥更大的作用。

本书在编写过程中得到广州电器科学研究所、南京有线电厂和上海化工学院的大力支持，并提供有关技术资料，谨在此表示谢意！

由于编者水平有限，书中难免存在一些缺点和错误，恳请读者批评指正。

目 录

第一章	金属防腐与粉末喷涂	1
第一节	金属制品的腐蚀与防护	1
第二节	粉末喷涂的分类	2
第三节	塑料静电喷涂的特点	8
第二章	塑料静电喷涂的基本原理	11
第一节	电晕放电现象	11
第二节	工艺的基本原理	14
第三节	工艺流程和设备的简介	16
第三章	高压静电发生系统	20
第一节	高压静电装置的种类和性能	20
第二节	晶体管式高压静电发生器	22
第三节	电子管式高压静电发生器	33
第四章	供粉系统	39
第一节	供粉系统的作用与要求	39
第二节	供粉系统的组成	39
第三节	供粉系统的种类	40
第四节	抽吸式供粉器	42
第五章	喷涂系统	48
第一节	静电喷粉枪	48
第二节	喷房	53
第三节	喷房的辅助设备	54
第六章	塑化系统	56
第一节	塑化对烘炉的要求	56

第二节	烘炉的自动恒温	58
第三节	烘车和淬水槽	59
第七章	粉末的回收	61
第一节	环境保护与粉末的回收	61
第二节	龙卷风收尘器	62
第八章	喷涂材料及其配制	70
第一节	涂料与涂层的性能	70
第二节	配方和配制	73
第三节	球磨与筛粉	80
第九章	喷涂前工件处理	84
第一节	工件表面处理	84
第二节	喷砂处理	85
第三节	化学处理	87
第四节	对工件表面处理的要求	94
第十章	生产操作与安全技术	96
第一节	生产操作技术	96
第二节	安全技术	99
第十一章	涂层的缺陷和消除	102
第一节	涂层各种缺陷的分析	102
第二节	故障的排除与涂层缺陷的修补法	105
第十二章	喷塑自动化	107
第一节	塑料粉末自动喷涂的设想	107
第二节	喷塑自动生产线	109
第三节	程序控制	116

第一章 金属防腐与粉末喷涂

第一节 金属制品的腐蚀与防护

金属是大家熟悉和经常接触到的材料。随着金属在各个领域内的广泛应用，对于金属制品的防腐问题，也逐渐被人们重视。

新的金属制品，往往是光亮美观，使用方便。但是，随着时间的推移，逐渐变暗生锈，这就是腐蚀。年深日久，腐蚀由表面侵袭内部，最后导致金属制品全部损坏。

腐蚀是怎样出现的？这是金属同外界化学性能活跃的介质发生化学反应或者电化学作用，逐渐将金属肢解。在电化学腐蚀中，还同时伴随有电流的产生，加大它的破坏力。而化学腐蚀和电化学腐蚀，有时还会在同一个金属制品上出现。

在厂矿云集的城市，空气被厂矿排出的二氧化硫、二氧化碳等气体所沾污，河流也会被各种工业废物污染。尤其是化工部门排放出来的酸雾、碱气和盐类物质，将随风漫延到相当广阔的地区，若与水汽结合沉降下来，就成为腐蚀性很强的液滴。

由海风卷起的水雾，含有大量的氯化物和硫酸盐微粒，也会随着高空气流向内地渗透，雷雨天的电闪，含碳物体的燃烧，有机物质的腐败，分别产生的硝酸、碳酸、硫化氢等也飘扬在大气里，随时向金属袭击。

至于露天的金属制品，直接受到风雪霜雾和雨露的侵蚀，

含有酸、碱、盐各种成分的液滴，在裸露的金属表面上形成一层电解质溶液的液膜，产生的电化学腐蚀是严重的。而安装在高温、高湿、高压和高流速恶劣环境下的机器设备，其受害则更甚。当然，处于室内干燥条件下的金属制品，即使受害稍轻，但也不能忽略对腐蚀的防护措施。

由此可见，腐蚀的危害面极其广泛，必须有效地解决金属的防护问题。

从腐蚀的原因可知，它是金属同外界介质发生化学或电化学作用所引起的，而且总是由表及里，逐步腐蚀。因此，用耐腐蚀的物质作为保护层，将金属表面同外界隔开，就像给金属制品穿上盔甲，可以防止金属被腐蚀。

工业上通常是用电镀或喷射及涂覆非金属防护层（简称喷涂）这两类方法作为保护措施。

应用工程塑料作金属表面涂覆保护，是现代喷涂工艺的发展趋势。工程塑料的防锈能力强，有的品种又具有特殊的性能：例如环氧 604，它的强度、硬度均很高；尼龙则耐磨；氯化聚醚化学性能很稳定，它保护的机器可长期在山洞、地下室或海上使用。

喷塑与喷漆的分水岭在于，喷塑所喷射的是粉剂，把塑料粉末喷射在金属表面上，加热到熔点，熔敷在金属的表面上，其附着力强；而喷漆是液体的，它是靠溶剂的帮助，使漆料粘附在金属上，附着力差，而且溶剂都是有毒的。

第二节 粉末喷涂的分类

粉末涂料是近几年迅速发展起来的一种新型涂料。虽然在四十年代，有些国家开始将塑料粉末涂覆于金属表面的试

验工作，但是进展缓慢；在六十年代以前，世界各国在喷涂工业上大体都采用液体涂料，也就是喷漆工艺。液体涂料使用的是各种浓度不同的液体，而绝大部分溶剂是有毒的。例如喷漆所用的稀释苯、甲苯、二甲苯、香蕉水等毒性都很大，丙酮又散发出一股十分难闻的气味，年深日久，操作者得职业病的很多。如何努力设法摆脱液体涂料，以减少有毒的物质对人体的损害。

1954年西德的詹姆，将聚乙烯用流化床法喷涂成功。1962年法国塞麦公司发明塑料粉末静电喷涂以后，粉末涂料才开始在生产上正式采用。由于各国对环境污染的重视，对于水和大气没有污染的粉末涂料，便得到迅速的发展。

粉末涂料开始是用于防护和电气绝缘方面，目前正向着装饰性方面发展。随着粉末质量的提高，粉末品种的不断增多，以及喷涂工艺的不断改进，粉末涂料正在得到广泛地应用。目前西欧、北美等地已广泛应用于汽车工业、电气绝缘、耐腐蚀性的化学泵、阀门、气缸、管道、室外钢制建筑物、装饰性器具、粗糙铸件等表面的涂装。

我国自六十年代就开始了环氧粉末在电气绝缘方面的试验研究工作，并已在生产上采用。由于塑料粉末静电喷涂已陆续用于生产上，预计今后粉末涂料将会有较大的发展。

下面分别介绍各种粉末喷涂工艺及它们的优缺点。

一、流化床法

流化床又称沸腾床，它是将塑料粉末放在圆筒形或长方形的容器中，筒内装有能通气体而不让粉末通过的微孔隔板，把预热的压缩空气送进底部的高压气室后，粉末微粒受气流的作用，便悬浮于容器中，在筒内上下翻动，好像锅内沸腾

的水一样，然后将预热至塑料熔点稍高的工件，浸入“沸腾状”的粉中，经过一定时间取出，塑料粉末就粘附于工件上，成为比较光滑的涂层。有时，对于形状复杂、壁层较薄的工件，由于它的热容量小，在流化床处理后，还需要用烘箱或喷灯适当加热，以取得较为理想的涂层。

流化床工艺近年来有了一定的改进，初期是不带振动器的，空气也不预热；现在大多采用振动器式，并将输入的压缩空气进行预热（见图 1-1 a 和 b）。

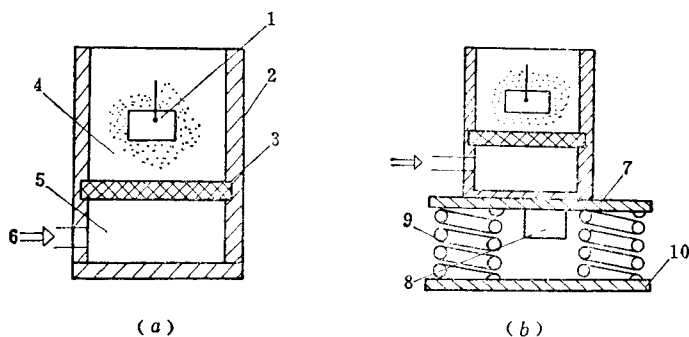


图1-1 流化床结构示意图

a—不带振动器式；b—带振动器式。

1—加热工件；2—桶体；3—多孔隔板；4—沸腾床粉末；5—高压气室；6—压缩空气；7—振动器固定板；8—振动器；9—压缩弹簧；10—弹簧支承板。

其中透气多孔隔板是保证流化床获得均匀良好流化状态的重要部件，它是用环氧树脂和石英粉末配制而成的；也有用陶瓷透气隔板或微孔砂轮改制。振动器的作用，是促使粉末流化得更均匀，减少粉末的飞扬。并且当压缩空气刚进入流化床时，粉末易于起动，便于调节到均匀的流化状态。

由于流化床所用设备简单，操作容易，形状复杂的零件每个暗角都能涂覆，涂层也较厚，防腐力强，塑料粉利用率

也高，工作环境比较清洁，所以这种工艺一直保留到现在。

但是，流化床法要受到“床”尺寸大小的限制，工件还要通过夹具操作，使之不断翻转来帮助塑化，对于大和重的工件，操作就比较困难，而且难于控制涂层的厚度和均匀性，美观度也未能与喷漆相比拟。所以它只能涂覆小的工件，着重是解决防腐问题，使用面比较窄。

二、火焰喷涂

塑料火焰喷涂是用一种类似于气割枪的喷枪，将塑料粉喷到预热的工件上去（工件也可用喷枪先加热），塑料粉经过喷枪口的高温火焰区时，因受热而呈熔融或半熔融状态，借助压缩空气的推力，很快地喷出并被粘附在热的工件表面上。粉末源源不断地从喷枪口射出，工件表面的涂层厚度逐渐加厚，直至达到所需的厚度。该工艺所需设备小，操作简单，能喷涂大的工件。但是，它的最大缺点是涂层颜色深浅不一致，厚度和均匀度不易控制。所以，这种工艺一般只适用于铸件修补尺寸，例如喷涂被磨损的机床导轨、溜板平面等，或用于涂敷精度低的非装饰性工件表面。由于导轨及溜板被喷涂后仍需机械加工，尼龙、聚乙烯等热塑性塑料作火焰喷涂后，便于车、铣、刨或刮削加工，用火焰喷涂最为适宜。火焰喷涂工艺，如图 1-2 所示。

三、热熔敷法

它是介于火焰喷涂和流化床法两者之间的工艺，其过程是先将工件加热，然后用喷枪把塑料粉喷上，借工件热量来熔融，淬水冷却后形成比较均匀光滑的涂层。由于是整体加热，因此克服了火焰喷涂在薄壁工件中（如机箱、机柜等）易变形的缺点。涂层的结合力、表面美观度比火焰喷涂和流化

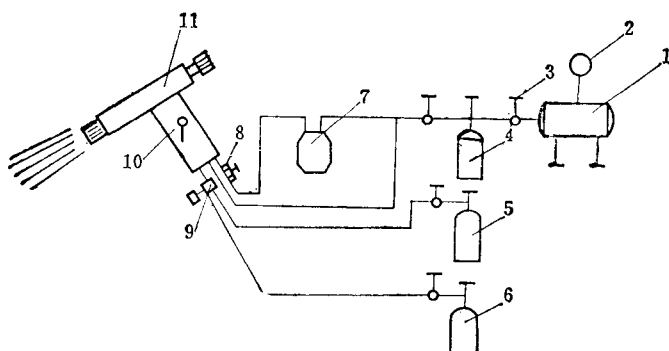


图1-2 火焰喷涂工艺示意图

- 1—空气压缩机；2—空气压力表；3—压力调节器；4—二氧化碳气瓶；
5—氧气瓶；6—乙炔瓶；7—粉桶；8—进粉调节器；9—氧、乙炔混合器；10—空气或二氧化碳调节器；11—喷枪。

床法为好。但是，它的工件预热温度比较难于控制，尤其在冬天，室温低的情况下，加热后的工件急速下降，尺寸大的薄壁件尤为严重，以致粉末不能全部熔融；如果把预热温度提高，又会导致金属表面严重氧化而降低了附着力，并有可能使塑料烧焦变黄或起泡变色。此外，此工艺需多次喷涂、多次加热，才能使涂层完全熔融和发亮。因此，工序重复多，周期较长。它适宜于操作者技术熟练、环境温度高、工件小而壁层厚的条件下使用。

四、静电流化床

它是流化床与静电喷涂两种工艺的组合。如图 1-3 所示。

这种工艺能够获得平滑的涂层。但它只能涂覆形状简单、体积较小的工件，或较大尺寸的棒料和板料。对于形状复杂的产品，由于静电屏蔽的影响，内壁不易得到均匀的涂层。此外，此法对工件的表面要求高，如果有氧化绝缘层就不易

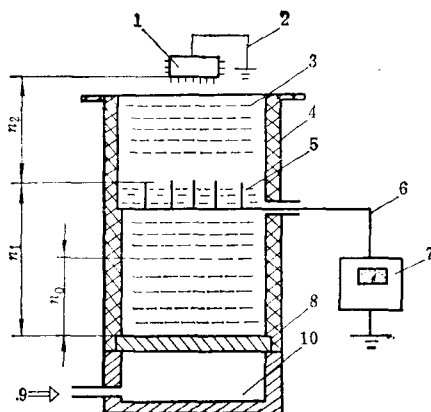


图1-3 静电流化床示意图

n_0 —粉末的静止高度； n_1 —流化后粉末高度； n_2 —工件至电晕电极的最近距离；1—工件；2—工件夹具与接地装置；3—流化床；4—床体绝缘板；5—电晕电极；6—高压电缆；7—高压静电发生器；8—透气隔板；9—压缩空气入口；10—高压气室。

涂覆，甚至吸附不上粉末。

五、刷涂法

刷涂法在国外又称为溶解涂敷。它首先将粉末溶解或悬浮在易挥发的溶剂或水中，然后将溶液涂刷于工件表面上（也可采用液体喷涂方式或浸渍处理的办法来涂覆）。液体挥发后，工件表面便形成一层很薄的半干性粉末涂层。经加热塑化，便形成一层薄薄的塑料保护膜。

粉末喷涂的种类是繁多的，除了上面介绍的五种外，还有喷雾法，振动床法，瀑布法，旋转喷管法，粉云涂敷等……。但实质上均与火焰喷涂或流化床涂敷或热熔敷法相类似。虽然它们解决了防腐问题，也部分地应用于电器绝缘方面，但是在产品的装饰性方面，还是远远赶不上已经普遍使

用的喷漆工艺，因而使用面受到了一定的限制。

能否找到一种既达到防腐目的，又达到喷漆同样美观的粉末喷涂工艺？这是摆在“三防”工作者面前的一项课题。要解决表面美观问题，首要条件是保证涂层厚薄均匀，工件必须整体喷粉、整体加热熔融塑化（或固化）；而且要求工件各部分的受热均匀，使成膜后的涂层在直观中显得平整光滑，颜色深浅一致。

塑料粉末静电喷涂能够满足上述工艺要求的新工艺。目前，我国某些科研单位正在进一步改进这种工艺，研制了多种粉末涂料，并使工艺设备不断完善。对涂层的附着力、抗腐蚀性、机械性能、抗老化性能等方面的探索，也取得了一定的经验。表面美观化已接近胺基烘漆的水平。在生产上成功地应用于多种产品的表面涂覆处理，取得了显著的经济效果。有的工厂正着手把这项新工艺应用于生产自动线上。

下面介绍塑料粉末静电喷涂的特点和它与喷漆工艺的比较。

第三节 塑料静电喷涂的特点

塑料粉末静电喷涂是非金属涂覆的一种。简单地说，就是利用高压静电在金属制品表面喷上耐腐蚀的塑料粉层，并使它成为塑料薄膜，将金属表层与外界隔开，达到保护整个金属制品不受酸、碱、盐侵蚀的目的。

它与其他“三防”工艺比较，有其独特的优点。例如与电镀相比，它不受工件形状和尺寸大小的限制，便于大面积喷涂，能获得较厚的保护层；还可以进行单面喷涂（只喷涂一面）。在粉末喷涂中，它具有适应性强，易于操作，能同

时兼顾到防腐与装饰两个方面的要求。

若与喷漆工艺相比，它具有以下的优点：

1. 不用溶剂。防止中毒和火灾的危险，从而改善了工人的劳动条件。配置适当的粉尘回收装置，可以消除环境的污染。

2. 加工周期短，工艺简单，涂层一次可达几十微米到一百微米以上。仅需几道工序，半天内即可完成；而喷漆则需重复刮腻子、水磨、喷底漆、喷面漆等十多道工序，生产周期长达一周至半个月。因而喷塑将显著提高生产效率，减少工人的劳动强度，便于生产的调度。

3. 耐酸、碱、盐的腐蚀能力强，附着力比漆层好。

4. 所用的树脂品种范围广，溶剂型涂料中不能采用的聚乙烯、聚氯乙烯、氟树脂等，在喷塑中也可以采用，能使涂层的质量显著提高。

5. 材料利用率高，采用干式粉尘收集器，粉末的回收率达95%以上；而手工喷漆材料利用率仅达40~50%，并产生许多三废物质。

6. 成本低。若以低压聚乙烯粉末作静电喷涂，喷塑比喷漆仅材料一项就节约达70%。

总的来说，塑料静电喷涂在工业交通各部门均有广泛的应用和推广价值。喷塑比喷漆的防腐性能好，操作不需要熟练的技巧，无流挂现象，生产效率高，周期缩短80%。对于民用产品，将能够大幅度降低涂覆处理的成本和原材料消耗，减少生产场地的不足现象，便于生产的调度。特别是在塑料静电喷涂中配置龙卷风粉尘收集器，将有效地消除生产场地对环境的污染。塑料静电喷涂与胺基醇酸烘漆的对比，

见表 1-1。

表1-1 喷塑与喷漆对比

对比项目	聚乙烯粉末静电喷涂	Ⅱ级胺基醇酸烘漆
工艺要求	工艺简单，加工周期短。经表面处理，仅需两次喷涂，两次加热共四道工序，工序间相隔时间短，半天内可出产品。急需工件可作到立等可取	工艺繁复，加工周期长。需要重复水磨、刮腻子、喷底漆、面漆、烘干等十多道工序，而且工序间隔时间长，需要十天或半月才能出产品
毒害方面	不用溶剂，低压聚乙烯粉末无毒，无味，采用龙卷风收尘器吸尘与回收，操作者可以不戴口罩，基本消除环境污染	使用大量有毒溶剂，如苯、甲苯、二甲苯、香蕉水等，并带有刺激性气味。操作中漆雾飞扬弥漫，产生大量三废物质，污染环境，造成职业病
防腐性能	常温下能耐所有酸碱盐和有机溶剂的腐蚀，附着力强，耐冲击性能好，但质软	“三防”能力不佳，涂层受碰撞后，会出现大块脱落现象。涂层较坚硬
生产成本	成本低，材料利用率高达95%以上。在低压聚乙烯粉末中，加入少量颜料等辅助材料后，涂料单价约为每公斤 8~10元	成本高，材料利用率低，漆雾飞散浪费达40~50%，加上溶剂和损耗，每公斤液态涂料约为35~40元。是静电喷涂的4倍

第二章 塑料静电喷涂的基本原理

第一节 电晕放电现象

由于塑料静电喷涂工艺是利用电晕放电现象，使粉末涂料吸附在工件上的。因此，先介绍电晕放电现象，将有助于加深对工艺原理的了解。

一、带静电的孤立导体表面电荷分布情况

实验和理论分析表明，一个孤立的导体，当它带上静电时，电荷在导体表面的分布与表面曲率有关。曲率最大的地方，也就是最尖锐的地方，电荷密度最大；曲率小的地方，电荷密度也小，如图 2-1(a) 所示。

二、尖端放电和气体的电离

带电导体在它的周围产生电场，电场的强弱，可用电力线的多少表示，如图 2-1(b) 所示。

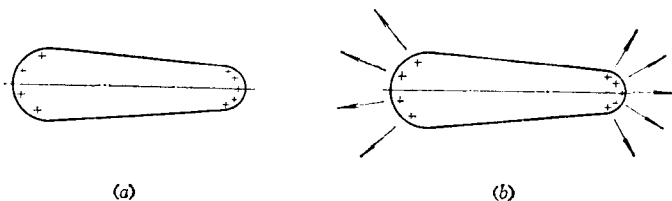


图2-1 电荷密度与电场强度

显然，导体表面最尖锐的地方，由于电荷密度最大，其附近的电场强度也最大。当这个导体达到足够高的电势后，