



热喷涂修复法

主讲教师：周锡

第十五讲 热喷涂修复法



定义：用高温热源将喷涂材料加热至熔化或呈塑性状态，同时用高速气流使其雾化，喷射到经过预处理的工件表面上形成一层覆盖层的过程称为喷涂。将喷涂层继续加热，使之达到熔融状态而与基体形成冶金结合，获得牢固的工作层称为喷焊或喷熔。这两种工艺总称为热喷涂。

一、热喷涂的分类及特点

热喷涂技术按所用热源不同，可分为氧乙炔火焰喷涂与喷焊、电弧喷涂、等离子喷涂与喷焊、爆炸喷涂和高频感应喷涂等多种方法。喷涂材料有丝状和粉末状两种。

热喷涂技术的特点如下：



- （1）适用材料广，喷涂材料广。
- （2）涂层的厚度不受严格限制，可以从几十微米到几毫米。
- （3）喷涂时工件表面温度低（一般为 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$ ），不会引起零件变形和金相组织改变。
- （4）可赋予零件以某些特殊的表面性能，达到节约贵重材料、提高产品质量、满足多种工程技术和高新技术的需要。
- （5）设备不太复杂，工艺简便，可在现场作业。
- （6）对失效零件修复的成本低、周期短、生产效率高。



二、热喷涂在机械设备维修中的应用

热喷涂技术在机械设备维修中应用广泛。对于大型复杂的零件如机床主轴、曲轴、凸轮轴轴颈、电动机转子轴，以及机床导轨和溜板等，采用热喷涂修复其磨损的尺寸，既不产生变形又延长使用寿命；大型铸件的缺陷，采用热喷涂进行修复，加工后其强度和耐磨性可接近原有性能；在轴承上喷涂合金层，可代替铸造的轴承合金层；在导轨上用氧炔焰喷涂一层工程塑料，可提高导轨的耐磨性和减摩性；还可以根据需要喷涂防护层等。

三. 喷涂层的形成过程、结构和性能



(1) 喷涂层的形成过程

金属丝或金属粉末熔化后，被压缩空气吹成很小的微粒，这些微粒以 $140 \sim 300\text{m/s}$ 的速度向工件表面，并与工件表面结合起来，后到的颗粒又与先到的颗粒结合，如此连续进行，便逐形成了喷涂层。微粒在飞行过程中，高温的液态金属与空气接触，在凝固的同时，产生强烈的氧化与氮化，结果使金属丝中的合金元素烧损。到达工件时，每个颗粒外包着一层氧化膜和氮化膜，对涂层的性能有严重的影响。高温颗粒以高速撞击到工件表面时，被撞扁而贴在工件表面上。

(2) 喷涂层的结构和性能

- ① 硬度
- ② 喷涂层的耐磨性
- ③ 喷涂层对零件疲劳强度的影响
- ④ 喷涂层的机械强度



四、氧乙炔火焰喷涂和喷焊

(一) 所需的工具、设备与材料

在设备维修中最常用的就是氧乙炔火焰喷涂和喷焊。氧乙炔火焰喷涂时使用氧气与乙炔比例约为 1:1 的中性焰，温度约 3100°C ，其设备与一般的气焊设备大体相似，主要包括喷枪。氧气和乙炔供给装置以及辅助装置等。

喷枪是热喷涂的主要工具，目前国产喷枪分为中小型和大型两种规格。中小型喷枪主要用于中小型和精密零件的喷涂和喷焊，适应性强。大型喷枪主要用于对大型零件的喷焊，生产效率高。

供氧一般采用瓶装氧气，乙炔最好也选用瓶装乙炔。如使用乙炔发生器，以产气量为 $3\text{m}^3 / \text{h}$ 的中压型为宜。辅助装置包括喷涂机床、保温炉、烘箱、喷砂机、电火花拉毛机等。

喷涂材料绝大多数采用粉末，此外还可使用丝材。



喷涂粉末分为结合层粉末和工作层粉末两类。结合层粉末目前多为镍铝复合粉，有镍包铝、铝包镍两种。工作层粉末主要有镍基、铁基、铜基三大类。常见喷涂粉末的牌号和性能见表 3-9。近年来还研制了一次性喷涂粉末，并有两层粉末的特性，使喷涂工艺简化。

喷涂粉末的选用应根据工件的使用条件和失效形式、粉末特性等来考虑。对于薄涂层工件可只喷结合层粉末即可，对于厚涂层工件则应喷结合层粉末，然后再喷工作层粉末。

（二）氧乙炔火焰喷涂

氧乙炔火焰喷涂工艺如下：

1. 喷前准备

包括工件清洗、表面预加工、表面粗化和预热几道工序。



2. 喷涂结合层

对预处理后的工件应立即喷涂结合层，喷涂结合层可提高工作层与工件之间的结合强度。在工件较薄、喷砂处理易变形的情况下，尤为适用。

结合层的厚度一般为 $0.10 \sim 0.15 \text{ mm}$ ，喷涂距离为 $180 \sim 200 \text{ mm}$ 。若厚度太厚，会降低工作层的结合强度，并造成喷涂工作层厚度减少，且经济性也不好。

3. 喷涂工作层

结合层喷好后应立即喷涂工作层。

4. 喷涂后处理

喷涂后应注意缓冷。

当喷涂层的尺寸精度和表面粗糙度不能满足要求时，可采用车削或磨削的方法对其进行精加工。



(三) 氧乙炔火焰喷焊

氧乙炔火焰喷焊与基体之间结合主要是原子扩散型冶金结合，结合强度是喷涂结合强度的 10 倍左右，氧乙炔火焰喷焊对工件的热影响介于喷涂与堆焊之间。

1. 氧乙炔火焰喷焊的特点

- (1) 基体不熔化，焊层不被稀释，可保持喷焊合金的原有性能。
- (2) 可根据工件需要得到理想的强化表面。
- (3) 喷焊层与基体之间结合非常牢固，喷焊层表面光洁，厚度可控制。
- (4) 设备简单，工艺简便，适应于各种钢、铸铁及铜合金工件的表面强化。

2. 氧乙炔火焰喷焊工艺

氧乙炔火焰喷焊工艺与喷涂大体相似，包括喷前准备、喷粉和重熔、喷焊后处理等。

(四) 应用举例



例 3-3 某发动机气缸体用合金铸铁制作，其主轴承座孔常因磨损与拉伤而失效。气缸体的喷涂修复工艺过程如下：

1. 喷前准备

处理前先将主轴承孔座进行整体加工，消除椭圆。用氧乙炔焰将待喷涂部位加热到 $300 \sim 350^{\circ}\text{C}$ ，烧掉其表面微孔和石墨中油污，先用三氯乙烯清洗干净。

用石英砂进行表面粗化处理后再在座孔表面每隔 $2 \sim 3\text{mm}$ 打一个三角形样冲眼。在上、下半环栽植四只高度与涂层厚度一致的 M3 螺钉，以提高涂层与基体的结合力。

喷涂前再用丙酮擦洗一次。用氧乙炔焰将座孔预热到 $160 \sim 180^{\circ}\text{C}$



2. 喷涂

0.1 mm 厚的镍包铝底层。用钢丝刷除去沉积物后，喷涂镍基粉末工作层。氧气压力 0.6 ~ 0.8MPa，乙炔压力 0.05 ~ 0.03MPa，喷涂距离 150 ~ 200mm。喷涂时涂层表面温度不能超过 300℃。

3. 喷后处理

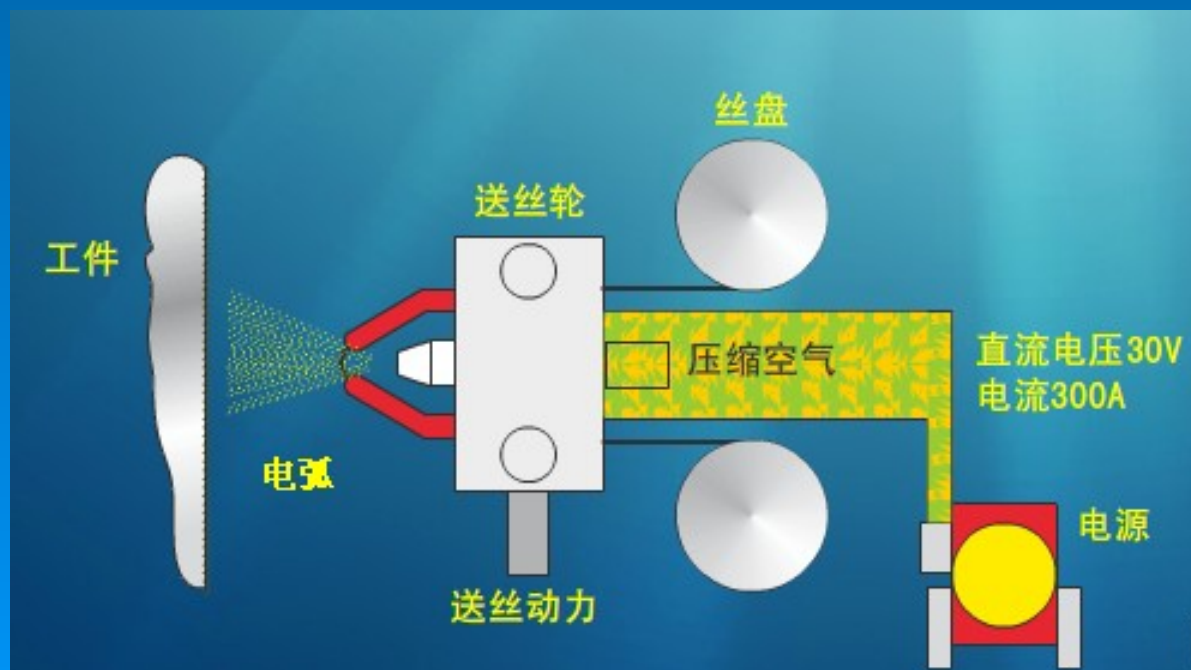
喷涂后将主轴承座孔下半环埋入 250℃ 左右的石棉中冷却到室温，上半环座外表面用水冷，以避免涂层脱落。

喷涂后座孔的耐磨性和润滑性好，使用寿命长，经济效益好。

五、电弧喷涂

电弧喷涂技术由于生产率较高，涂层厚度也较大（可达 1 ~ 3mm），目前在热喷涂技术中应用也非常广泛。

电弧喷涂是以电弧为热源，将金属丝熔化并用高速气流使其雾化，使熔融金属粒子高速喷到工件表面而形成喷涂层的一种工艺方法。





谢谢观看

主讲教师：周锡