



## 激光熔覆合金粉末的制粒方法

宋武林 朱蓓蒂 吴新伟 崔昆 罗慧清

(华中理工大学, 武汉 430074)

激光熔覆作为一种新颖而具有应用潜力的材料表面改性新工艺, 已被人们所关注。激光熔覆的第一步是熔覆合金粉末的供给。据目前报导, 供给方法有两种: 一种是预置粉末法, 即将合金粉末用各种粘结剂预先涂覆于待处理的工件表面, 然后再进行激光熔覆。另一种是同步送粉法, 即在激光熔覆的同时, 将粉末同步送入熔池。后者具有以下优点: (1) 提高熔覆材料对激光的吸收; (2) 减少合金成分的稀释; (3) 易于控制, 提高了工业应用性。目前同步送粉法在激光熔覆中已被广泛应用, 然而在同步送粉法中, 粉末流动性不好

常常严重影响熔覆层的质量, 而粉末流动性主要取决于粉末形状和其粒度的大小。据我们的试验结果, 当粉末粒度小于 320 目时, 其流动性很差, 难以用同步法送粉。因此必须通过制粒提高其流动性。本文采用自制粘结剂及一定制粒工艺, 得到了良好的制粒效果, 并用 TEM、EDS 对制粒机理进行了分析。

### 1 实验方法

#### (1) 实验材料

本文选用机械工业部武汉材料保护研究所提供的 WF312 铁基合金粉末, 其成分和粒度分布见表 1 和表 2。

表 1 原始粉末的成分 wt%

Ni	Cr	Mo	Mn	V	B	Si	Fe
8~10	18	1	1	1	2~2.5	2.5~3.5	余

表 2 原始粉末的粒度组成 wt%

-60+120 目	-120+180 目	-180+240 目	-240+320 目	<320 目
0.0	2.0	28.5	20.5	49.0

#### (2) 实验方法

a. 在原始铁基粉末中加入一定比例的纯 Ni 粉, 在一定稀释剂下球磨 0.5h, 以达到所加元素与原始粉末充分均匀混合, 然后在粉末中加入适量的 5% 聚乙烯醇或自制的有机粘结剂, 在 100℃ 左右烘烤, 再碎化成粒, 然后过筛制成对比粉末。

b. 在自制的激光熔覆送粉器上测量各自的流动性。并进行两种粉末的激光熔覆, 同时

对其相应的熔覆层进行质量比较。

c. 用 TEM 的扫描附件及 EDS 对两种粘结剂的制粒机理和制粒效果进行分析检测。

### 2 实验结果及分析

#### (1) 粒度分布

由于实验所用原始粉末中小于 320 目的细粉约占 50%, 并在加入 Ni 后进行了球磨, 粉末粒度变得更小, 流动性变差, 为此必须进行制粒。我们采用了两种不同的粘结剂, 将所

制粉末进行筛分,检测其粒度分布,其结果见表3。从表中可看出,以两种不同粘结剂制成的团粒,其粒度比原始粉末大,有利于流动性的改善。而且自制的粘结剂无论从工艺性能还是从粘结效果上都明显优于目前国内所

报导的5%聚乙稀醇,前者剂量易于控制,烘干时间短,有用粒度占的百分比高。

### (2) 粉末中镍含量的EDS分析

将原始粉末和加入12%Ni,并用两种不同粘结剂制成的两种粉末分别在JEM30CX

表3 粉末的粒度分布(总量100g)

结粉	粘结剂	-60+120目 g	-120+180目 g	-180+240目 g	-240+320目 g	<320目 g	烘干时间 h	有用粉率 %
原始粉末	-	0.0	2.0	28.5	20.5	49.0	-	51.0
F1	自制	0.0	26.7	46.6	17.9	8.8	1.0~1.5	91.2
F2	5%聚乙稀醇	0.0	20.0	32.8	27.0	20.2	3.5~4.0	79.8

扫描电镜上进行Ni的EDS分析,其分析结果见表4。从表中看出采用5%聚乙稀醇作粘结剂制粒所制成的粉末,其Ni含量流失严重,约占5%。而采用自制粘结剂则Ni含量流失甚微,小于1%。造成Ni流失的原因如下:添加的Ni粉末粒度很小(小于240目),加之进行了球磨,使Ni的粒度大都处于320目左

右。由于聚乙稀醇溶液的粘结性不佳,使得在小于320目的粉末中的Ni含量高于较大颗粒中的含量,而小于320目的粉末在制粒过程中易于流失。这种流失严重影响了所设计的合金粉末成分,使得激光熔覆层性能达不到设计要求。

### (3) 粘结情况的微观检测

表4 各种粉末中镍含量的EDS分析结果

成分	粘结剂	实验值,wt%	理论值,wt%	镍流失量,g
原始粉末	-	15.02	-	-
F1	自制	26.06	27.02	0.96
F2	5%聚乙稀醇	22.55	27.02	4.47

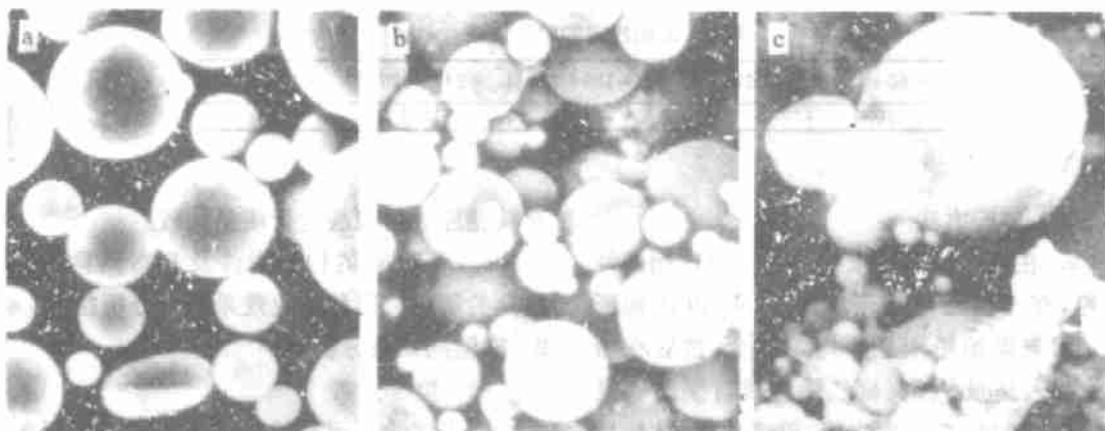


图1 不同粘结剂制粒时粉末的微观形貌  $\times 300$

a. 原始粉末 b. 用自制粘结剂制粒 c. 用5%聚乙稀醇溶液制粒

将采用两种不同粘结剂制粒而成的粉末在 JEM100CS—I 型透射电镜上进行显微观察发现, 采用自制粘结剂制粒, 其粘结效果良好, 很难找到单一存在的微细粉末, 大部分粉末以不同形式粘结在一起。并且发现粘结剂已充分用于粘结, 很难发现多余成块的模糊状粘结块, 见图 1b。相反采用聚乙稀醇溶液作粘结剂时, 其制粒效果欠佳, 仍有单个存在的粉粒, 且发现有成块模糊状粘结块, 制粒效果明显不如自制粘结剂。

从微观检测中亦发现其粘结方式主要有两种, 即细小颗粒间通过粘结剂的部分搭接和小颗粒粘于大颗粒之上, 如图 2 所示。粉末颗粒通过粘结剂构成一个链状的大颗粒, 而不是构成球状大颗粒。不难想象这种粘接形式虽然能达到制粒的目的, 然而制粒后流动性达不到最佳值。

#### (4) 粉末流动性测试

检测制粒效果的好坏最终取决于流动性的优劣, 本文采用激光熔覆自动送粉装置测定粉末的流动性, 如图 3。在相同条件下, 采用相同时间内送粉量的多少来衡量粉末流动性的优劣。实验条件为: 电压 12V, 时间 60s, 其结果列于表 5。从表 5 可看出, 采用自制粘结剂制粒其流动性明显优于常用的 5% 聚乙



图 2 粉末颗粒的粘结形式  $\times 1500$

稀醇溶液, 从而达到更优的制粒效果。然而与原始粉末相比, 其流动性提高幅度不大, 其主要原因是由于原始粉末大都为球形(图 1a),

通过粘结制粒后虽然粒度有较大幅度的提高, 但由于成粒大都为链状, 不利于粉末流动。

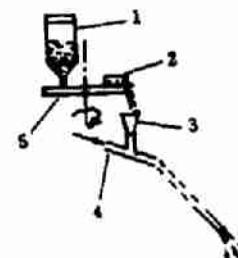


图 3 激光熔覆自动送粉装置

1. 给料斗 2. 挡板 3. 调斗  
4. 辅助气体 5. 转盘

表 5 各种粉末送粉量比较

原始粉末	F1	F2
粘结剂	—	自制 5% 聚乙稀醇溶液
送粉量, g/min	6.5	9.3 7.8

#### (5) 激光熔覆试验

将用两种不同粘结剂粘结制粒的合金粉末进行自动送粉激光熔覆试验, 基材为 45 钢, 其尺寸为  $80 \times 35 \times 10$  mm, 工艺参数为: 功率 2kW, 激光扫描速度 4mm/s, 光斑尺寸  $\phi 5$  mm, 两种粉末的熔覆层宏观外貌如图 4 所示。从图可以看出, 采用自制粘结剂所制粉末的激光熔覆层表面较平整, 无明显凸凹不平, 无明显气孔和裂纹。经少量磨削后即符合生产要求, 见图 4a。用 5% 聚乙稀醇作粘结剂的粉末, 其激光熔覆宏观质量较差, 有明显的凸凹不平及表面气孔, 并发现表面有多条裂缝, 如图 4b。其主要原因是由于采用 5% 聚乙稀醇制粒的粉末流动性较差, 在送粉过程中易出现粉末流量不平衡, 从而导致熔覆层表面凸凹不平。另外, 由于此种粉末造成了抑制熔覆裂纹产生的合金元素镍的流失, 从而增加了熔覆层开裂的敏感性, 导致熔覆层出现裂纹。粉末中多余的块状粘结剂是造成熔覆层表面气孔的原因。

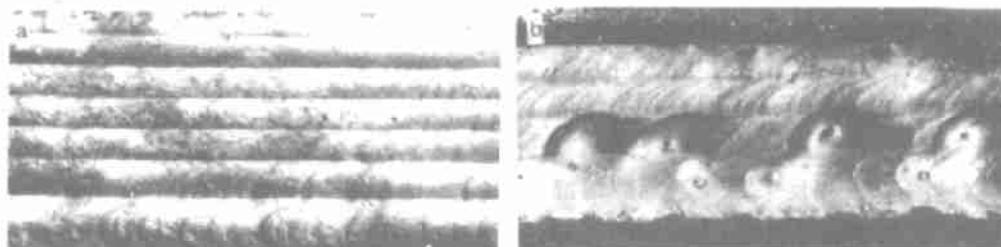


图4 两种粉末的激光熔覆层外貌  
a. 自制粘结剂制粒 b. 5%聚乙稀醇溶液制粒

### 3 结论

(1) 自制的粘结剂的制粒效果明显优于常用的5%聚乙稀醇溶液,前者在制粒后其有用粒率、合金成分保留和流动性均优于后者。

(2) 两种不同粘结剂制粒,其粘结形式都是相互部分粘结或小颗粒粘于大颗粒形成

链状团粒,这种形式对提高粉末流动性有一定的不良影响。

(3) 采用自制的粘结剂制粒的粉末,其激光熔覆层外表平整,无表面气孔和裂纹,覆层质量明显优于5%聚乙稀醇作粘结剂制粒粉末的激光熔覆层质量。

## 汽车磨损零件喷涂修复工艺中合金粉末的选择

陈原生

(山西省阳泉汽车运输公司,山西 045000)

合金粉末金属喷涂在国内外汽车和机械、船舶修理等方面被广泛应用,已有几十年的历史。尤其是在汽车修理方面,喷涂不仅用于修复曲轴、转向节、凸轮轴等,还用于汽油罐内部喷锌、叶子板喷锌作防护层等方面。因此在喷涂时,对合金粉末,也就是喷涂材料的选择,在品种和质量上都提出很高的要求。汽车磨损零件喷涂修复,全国各地许多单位已有很多成功的经验。我们在学习这些经验的基础上,结合自己喷涂修复的实际,对合金粉末的选择总结了一些经验,现分述如下:

### 1 零件的磨损与磨损形式

合金粉末金属喷涂技术作为零件防磨和磨损后修复手段,可大大强化零件表面,延长零件的使用寿命。合理应用这一工艺技术的

主要环节之一,就是做到合理选择合金粉末,同时必须注重研究有关零件磨损知识。

汽车零件的损伤按其产生的原因可分为三类:a. 磨擦所造成的磨损;b. 机械性损伤;c. 化学——热损伤 b 实践证明,多数零件的损伤是工作表面的磨损。当汽车行驶到一定里程,其主要零件和配合件的磨损已超过标准要求(达到极限),致使汽车出现技术保养所不能消除的故障。

在上述三类损伤中,正常使用情况下,零件的磨损是导致汽车失去工作能力的主要因素。然而,如果我们能够掌握零件的磨损规律与磨损形式,适时地采取相应的措施,就可以降低零件的磨损速度,延长使用寿命。

#### (1) 磨损规律(磨损特性)