

文章编号:1007-6492(2002)01-0039-03

# 冲蚀条件下等离子喷涂 $Al_2O_3$ 陶瓷涂层的磨损特性

汤文博, 李永刚, 徐继达

( 郑州大学材料工程学院, 河南 郑州 450002)

**摘 要:** 研究了在固体颗粒冲蚀条件下, 不同冲击速度、不同磨料尺寸等因素对等离子喷涂  $Al_2O_3$  陶瓷涂层冲蚀磨损率的影响, 并在不同条件下与 20 钢进行了对比试验, 分析了等离子喷涂  $Al_2O_3$  陶瓷涂层的冲蚀磨损特性及磨损机理, 提出等离子喷涂  $Al_2O_3$  陶瓷涂层具有脆性特征的冲蚀磨损特性, 它适用于细磨料低速冲蚀磨损条件。

**关键词:** 等离子喷涂;  $Al_2O_3$  陶瓷涂层; 冲蚀磨损; 耐磨性

**中图分类号:** TG 115.58

**文献标识码:** A

等离子喷涂陶瓷涂层具有良好的耐磨料磨损性能, 在耐磨、防腐涂层中的应用很普遍。从国内外的研究情况来看, 有关等离子喷涂  $Al_2O_3$  陶瓷涂层冲蚀磨损特性及其影响因素方面的研究还很少<sup>[1,2]</sup>。因此, 开展这方面的研究工作在理论和实际应用中都是很有意义的。

本文是在固体颗粒冲蚀条件下, 对等离子喷涂  $Al_2O_3$  陶瓷涂层的冲蚀磨损特性及磨损机理进行了研究, 并与 20 钢进行了对比试验。

## 1 试样的制备

(1) 金属试样制备: 在 20 钢钢板上切取  $40\text{ mm} \times 15\text{ mm} \times 5\text{ mm}$  的长方体试样。

(2) 涂层的制备: 先将 20 钢表面用砂轮打磨粗化, 喷涂铝包镍打底层  $0.15 \sim 0.20\text{ mm}$ , 再喷涂  $Al_2O_3$  陶瓷层  $0.40 \sim 0.60\text{ mm}$ 。

(3) 喷涂工艺参数为: 电压  $90\text{ V}$ , 电流  $270 \sim 280\text{ A}$ , 工作气体流量  $30 \sim 35\text{ L/min}$ , 送粉器流量  $4 \sim 6\text{ L/min}$ , 喷涂距离  $80 \sim 100\text{ mm}$ , 粉末粒度  $0.10 \sim 0.15\text{ mm}$ 。

## 2 试验方法

试验机采用自制的旋臂式冲蚀磨损试验机<sup>[3]</sup>。实验时, 驱动系统带动试样水平旋转, 调速系统可根据需要对试样的旋转速度进行连续调节。给料系统由槽轮带着磨料落下, 磨料下落量连

续可调。配以不同种类和粒度的磨料, 进而构成冲蚀磨损的实验条件。

试样旋转电机和给料电机为直流电机, 采用脉宽调制调速、光电测速、PID 自动调节控系统, 电机转速指示误差可达  $\pm 2\%$ , 从而使冲击速度和给料速度的精度大大提高。

试验步骤如下:

(1) 试样预冲蚀: 装上制备好的试样, 先进行 30 分钟的预冲, 以使表面达到稳定冲蚀状态。取下试样后, 用丙酮或乙醇进行清洗, 在精度达十分之一的 TDG-100 光电天平上称重。

(2) 准备磨料: 根据试验要求, 备好相应种类和粒度的磨料。

(3) 安装试样: 调整试样在夹具上的相对安装位置, 使冲击角度为  $90^\circ$ 。

(4) 调节给料电机和试样旋转电机的转速分别达预定值, 开始计时, 直至达到预定时间。

(5) 取下试样, 清洗、称重。计算冲蚀磨损失重及冲蚀磨损率, 每组做四个试样, 取其平均值以减小误差。冲蚀磨损率按下式计算:  $E = \frac{\Delta W}{4vt}$ , 式中:  $E$  为冲蚀磨损率,  $\text{mg/kg}$ ;  $\Delta W$  为试样失重量,  $\text{mg}$ ;  $v$  为磨料下落速度,  $\text{kg/h}$ ;  $t$  为试验时间,  $\text{h}$ 。

## 3 试验结果

图 1 是等离子喷涂  $Al_2O_3$  陶瓷涂层在粒度为  $0.2 \sim 0.4\text{ mm}$  的石英砂不同速度冲击下的冲蚀磨

收稿日期: 2001-09-26; 修订日期: 2001-11-30

基金项目: 河南省“模具、材料工程及装备”重点学科开放实验室资助项目(1998-318)

作者简介: 汤文博(1965-), 男, 河南省睢县人, 郑州大学讲师, 硕士, 主要从事焊接及表面工程方面的研究。

损率和相对耐磨性. 图 2 是冲击速度为 13.1 m/s 时, 不同粒度石英砂冲击下的冲蚀磨损率和相对耐磨性, 相对耐磨性以 20 钢为 1 来计算. 可见,

等离子喷涂  $Al_2O_3$  陶瓷涂层在低冲击速度下或小颗粒冲蚀下, 其耐磨性超过了 20 钢.

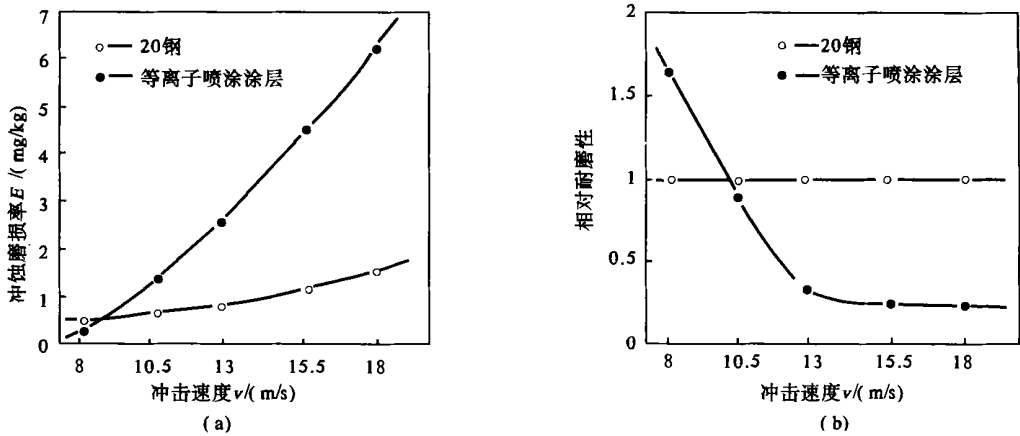


图 1 不同速度冲击下的冲蚀磨损率和相对耐磨性

Fig. 1 Erosive wear rate and relative wear resistance in different hitting speed and which abrading size is [ 0.2, 0.4]

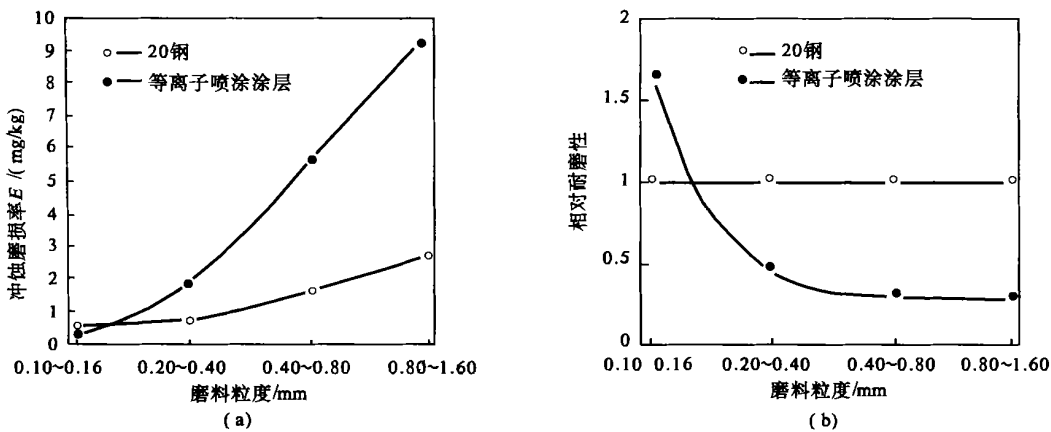


图 2 不同磨料粒度下的冲蚀磨损率和相对耐磨性

Fig. 2 Erosive wear rate and relative wear resistance in different abrading size

4 分析与讨论

20 钢为韧性材料, 磨损机理为冲蚀压坑—变形唇—反复冲蚀变形—疲劳断裂. 在冲击角度为  $90^\circ$  时, 有着较好的抗冲蚀磨损能力.

等离子喷涂陶瓷涂层有典型的脆性材料特征, 涂层中  $Al_2O_3$  颗粒之间为机械结合, 局部由于等离子弧的高温作用而焊合. 这种涂层在粗磨料冲蚀的条件下, 涂层在磨料冲击下碎裂为  $Al_2O_3$  颗粒, 从图 3 的磨损形貌 SEM 照片上明显可见, 冲蚀坑内有大量的  $Al_2O_3$  颗粒, 说明  $Al_2O_3$  颗粒之间未能形成有效的冶金结合. 在细磨料冲蚀的条件下, 即磨料粒度小于涂层填料粒度时, 这种涂层

的磨损以脆性的  $Al_2O_3$  颗粒脱落和破碎为主, 这与磨料的冲击能量有关. 随着磨料粒度和冲击速度减小, 涂层的冲蚀率迅速下降, 耐磨性能又远好于 20 钢.

5 结论

- (1) 等离子喷涂  $Al_2O_3$  陶瓷涂层具有脆性特征的冲蚀磨损特性.
- (2) 等离子喷涂  $Al_2O_3$  陶瓷涂层仅在细磨料条件下, 表现出较好的耐冲蚀磨损性能, 其主要原因在于陶瓷颗粒之间未能形成有效的冶金结合.
- (3) 等离子喷涂  $Al_2O_3$  陶瓷涂层适用于细磨料小能量冲蚀磨损条件.

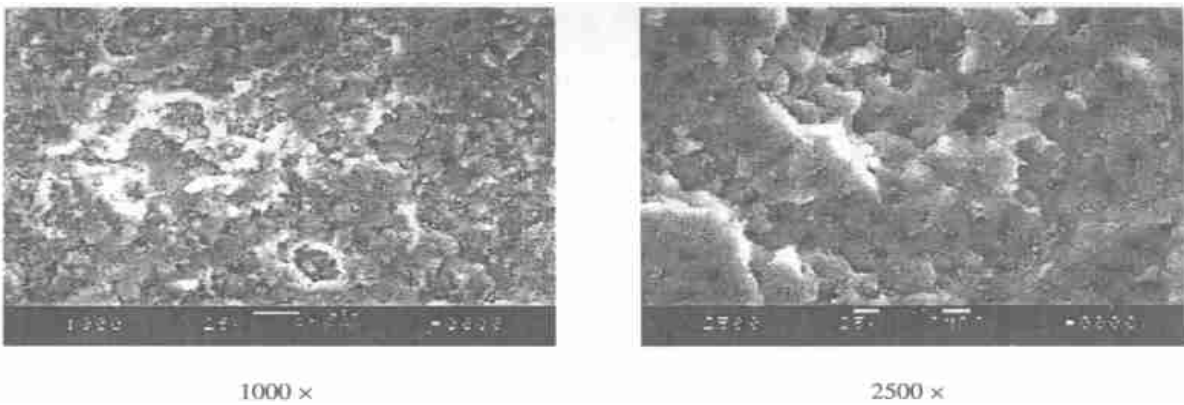


图 3 等离子喷涂  $Al_2O_3$  陶瓷涂层磨损形貌 SEM 照片  
Fig. 3 SEM photos of erosive wear structure of plasma spraying  $Al_2O_3$  ceramic coating

参考文献:

[ 2 ] 钱苗根. 材料表面技术及其应用手册 [ M ] . 北京: 机械工业出版社, 1998. 347.

[ 3 ] 汤文博, 徐继达, 陶 玲. 固体粒子冲蚀磨损试验机改进 [ J ] . 郑州工业大学学报, 2001, 22( 3 ) : 69—71.

[ 4 ] 陈学定, 韩文政. 表面涂层技术 [ M ] . 北京: 机械工业出版社, 1994. 182.

Wear Character of Has ma Spraying  $Al_2O_3$  Ceramic Coating in Erosion Condition

TANG Wén —bo , LI Yong —gang , XU Ji —da

( 1. College of Material Engineering , Zhengzhou University , Zhengzhou 450002, China)

**Abstract :** This paper researches the effect of the factors , such as different hitting speeds and different abradant sizes , on erosive wear rate of plasma spraying  $Al_2O_3$  ceramic coating , in the condition of solid grain erosion , and comparative tests with 20steel have been conducted . In different condition it analyzes the erosive wear character and mechanism of the coating . states that plasma spraying  $Al_2O_3$  ceramic coating has brittleness character and is applica - ble to the erosion condition of minute abrading and low speed .

**Key words :** plasma spraying ;  $Al_2O_3$  ceramic coating ; erosive wear ; character of anti —abrasion