

梯度铝基复合材料层间结合强度研究

朱秀荣 王 荣 费良军 童文俊 徐永东

(五二研究所宁波分所 宁波 315041)

文 摘 陶瓷梯度增强铝基复合材料是大功率发动机活塞理想增强材料。本文采用挤压铸造法制造出梯度复合材料,对其显微组织进行了观察;对梯度层间结合强度进行了测定。试验结果可为复合材料活塞的结构设计提供参考。

关键词 铝基复合材料,梯度,挤压铸造,结合强度

Study on Interfacial Bonding Strength of Gradient Aluminum Matrix Composite

Zhu Xiurong Wang Rong Fei Liangjun Tong Wenjun Xu Yongdong

(Ningbo Branch ,No. 52 Research Institute Ningbo 315041)

Abstract Gradient Aluminum matrix composite reinforced by ceramic fibers is an ideal reinforcement material for powerful engine pistons. This article deals with the manufacturing technology of gradient composite by squeeze casting. The microstructure is observed and interfacial bonding strength of gradient composite is tested. The result is useful for the design of powerful engine pistons.

Key words Aluminum matrix composite , Gradient , Squeeze casting ,Bonding strength

1 前言

陶瓷短纤维增强铝基复合材料具有高温性能好、线膨胀系数小、耐磨性好等性能特点,是发动机活塞的理想增强材料。早在 80 年代末期日本丰田公司复合材料活塞的年产量已达 2.4×10^6 只,应用于八种车型的丰田高级轿车上,发动机大修里程从 1×10^5 km 提高到 3×10^5 km^[1]。为满足大功率军民用电机尤其是低散热发动机的使用要求,英国等国家开展了梯度铝基复合材料活塞的研制工作^[2],可以保证活塞在更高使用温度下工作。由于陶瓷短纤维尤其是氧化铝、硅酸铝短纤维的表面特性决定了纤维倾向于二维分布,而在垂直于纤维分布方向即活塞轴向上的梯度层层间结合强度研究还未见报道。本文就这方面进行了初步研究,可为梯度复合材料活塞的设计提供参考。

2 梯度铝基复合材料的制备

试验所用的陶瓷短纤维为氧化铝(Al_2O_3)短纤

维,基体为活塞合金 ZL109。梯度预制件采用一个预制件分步制作工艺进行制造,即首先做出体积分数最高的预制件层,再在该层上制造体积分数次之的预制件层,以此类推。为避免梯度预制件在烘烤过程中出现变形和分层现象,采用二级烘烤工艺,即首先在低温下长时间烘烤,使其中的水份均匀地蒸发出来,再在高温下烘烤,使粘接剂固化,得到具有一定抗压强度的梯度预制件。图 1 所示为梯度预制件示意图。

梯度复合材料采用挤压铸造法制造,即将预热后的梯度预制件置于模具型腔中,浇入精炼好的铝合金液,施加高压,铝合金液在压力下,渗透到预制件孔隙中,并在压力下凝固和结晶,冷却后取出即得到梯度复合材料。挤压铸造具体工艺参数为:模具预热温度 150 ~ 250 ;预制件预热温度 650 ~ 700 ;铝液浇铸温度 680 ~ 720 ;保压时间 45 s。

收稿日期:2000 - 05 - 08

朱秀荣,1965 年出生,硕士,主要从事金属基复合材料的研究工作

宇航材料工艺 2000 年 第 6 期

— 43 —

挤压铸造得到的复合材料经 T6 处理,性能得到进一步强化,具体工艺为:固溶处理温度(500 ± 5),保温时间 5 h,水淬;时效温度(185 ± 5),保温时间 16 h,空冷。

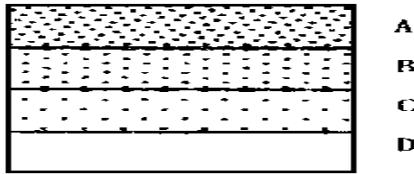


图 1 梯度预制件示意图

Fig. 1 Illustration of gradient layer structure

A 层为 30 %Al₂O₃/ ZL109; B 层为 20 %Al₂O₃/ ZL109;
C 层为 10 %Al₂O₃/ ZL109; D 层为 ZL109。

3 梯度复合材料显微组织

图 2 为 B 层复合材料纤维分布方向的金相照片,纤维在基体中分布均匀。图 3 为梯度层结合面附近的金相照片,左边为 C 层,右边为 B 层。



图 2 B 层复合材料纤维分布方向的金相照片 100 ×

Fig. 2 Microstructure photograph of composite layer B along fiber distribution direction 100 ×

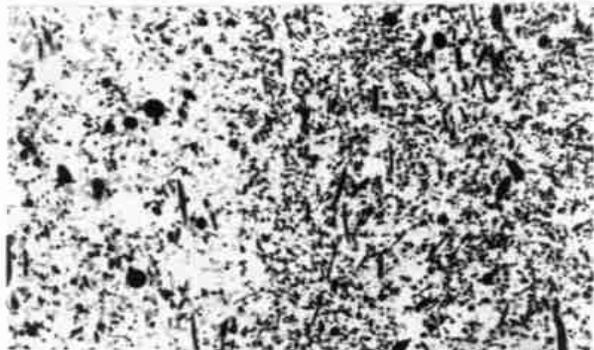


图 3 梯度层结合面附近金相照片 100 ×

Fig. 3 Microstructure photograph of interface between layer B and layer C 100 ×

对照图 2 和图 3 右边可以看出,在 B 层中这两个互相垂直的面上,纤维分布情况是完全不同的,纤维倾向于二维分布。图 3 显示梯度层界面处纤维连续分布,结合情况良好。

4 梯度层间结合强度测试

梯度复合材料层间结合强度测定采用 5 mm 标准试样,在 CMT-4105 微机电子万能试验机上按 GB422-87 标准进行。测试结果见表 1 所示。

表 1 层间结合强度测试结果

Tab.1 Measuring result of interfacial bonding strength

测试位置	拉伸强度/MPa	延伸率/%
C 层	252	1.4
C-B 层	210	1.0
B-A 层	200	0.7

从表 1 可以看出,层间结合强度明显低于挤压铸造铝合金以及纤维增强方向复合材料强度(约为 300 MPa^[31]);层间结合强度随纤维含量增加而逐渐降低。这是因为随纤维含量增加,梯度层界面处实际承受载荷的铝合金的面积减小,纤维在径向方向上基本上不能有效承受载荷。表中所示层间结合强度均在 200 MPa 以上,远远高于高镍铸铁镶圈活塞中镶圈和铝合金之间的结合强度(约为 30 MPa),比金属型铸造的 ZL109 抗拉强度略低。由于活塞顶部主要承受热负荷,对材料强度要求并不高,实验测得的层间结合强度可以满足活塞工作时的使用要求。

5 结论

(1) 采用挤压铸造法可以制造出陶瓷短纤维梯度铝基复合材料;

(2) 梯度复合材料层间结合强度均在 200 MPa 以上,可以满足活塞的使用要求。

参考文献

- 1 Yamaguchi J. Fiber-reinforced metal improves diesel piston anti-wear and cooling characteristics. A Eng., 1982;90(10):108~109
- 2 GB 2173570A
- 3 朱秀荣等. 晶须和短纤维混杂增强铝基复合材料研究. 宇航材料工艺, 1997; (1):34~37