第 15 卷 第 1 期 复 合 材 料 学 报 Vol 15 No. 1
1998 年 2 月 ACTA MATERIAE COMPOSITAE SINICA February 1998

喷射共沉积2024Al/SiC$_P$ 的显微组织及阻尼性能

张淑英 曹福洋 陈玉勇 李庆春 蒋祖龄
(哈尔滨工业大学434信箱, 哈尔滨 150001)

摘 要 本文报道了喷射共沉积2024Al/SiC$_P$ 复合材料的阻尼性能并对显微组织对其影响进行了分析。它比喷射沉积2024合金的阻尼性能提高约142%, 比常规铸造2024合金的阻尼性能提高约184%。

关键词 阻尼, 喷射共沉积, 铝基复合材料
中图分类号 TB331, TG115 21

用作消除或减轻噪音及机械振动的材料应当是高阻尼材料, 但在实际生产中经常采用的结构合金其阻尼性能却很差, 因而限制了它们的应用。高阻尼合金按阻尼耗能机制, 目前可分为复相型、强磁性型、位错型和孪晶型四种, 一般合金往往存在强度与阻尼性能不匹配问题。随着复合材料生产技术的迅猛发展, 为这一强度与阻尼性能之间的矛盾的解决找到了可能的途径, 已有大量的采用粉末冶金及普通铸造法生产的复合材料具有较好的阻尼性能的报导[1, 2], 而采用喷射共沉积这一新工艺生产的复合材料, 因其工艺本身的特点(具有一定的孔隙度, 晶粒细小, 无界面反应或界面反应较轻)具有更好的阻尼性能, 国外已对此工艺生产的6061Al/SiC$_P$/Gr 复合材料的阻尼性能进行了报导[3], 本文将对喷射共沉积2024Al/SiC$_P$ 复合材料的阻尼性能及显微组织进行分析。

2 实验方法

2 1 实验材料

本实验采用的基体合金为2024, 名义成分为Al-4 25Cu-1 30Mg-0 48Mn(重量百分比), SiC 颗粒为哈尔滨砂轮厂生产的, 平均尺寸为10~14μm。

2 2 实验装置及试样制备过程

沉积坯的制备在哈工大自制的超音雾化快速凝固装置上进行, 自制的一套颗粒添加装置, 颗粒添加喷嘴结构为环孔式。实验工艺参数见表1。

先将2024合金加入电阻炉中石墨坩埚内加热待全部熔化后, 过热至830℃保温3min 后, 浇入金属铸型制备常规铸造试样毛坯。再取同一批2024合金加入石墨坩埚, 加热之前先将雾化室及感应炉抽真空至10Pa, 再充入氮气至0 1MPa, 然后加热待合金全部熔化后过热到830℃保温3min。沉积采用环缝式雾化器, 颗粒在雾化锥中部加入, 沉积基底为钢板。沉积之后在沉积

收修改稿, 初稿日期: 1996-08-25, 1996-05-07。本课题得到黑龙江省杰出青年基金资助

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

毛坯和常规铸造毛坯中心区取样观察金相组织及加工阻尼性能试样。

表1　喷射共沉积工艺参数及沉积坯孔隙度

Table 1　Some variables used in the study and the porosity of preforms

Experimental No.	Superheat temperature /℃	Atomization pressure /MPa	Atomization gas	Flight distance /mm	Particle injection distance /mm	Fluidizing pressure /MPa	Porosity /%
1	200	2.5	N_2	410	/	/	10.15
2	190	2.5	N_2	400	240	0.5	5.41
3	175	3.0	N_2	400	172	1.1	6.572
4	193	2.8	N_2	400	172	1.0	7.51
5	195	2.5	N_2	390	172	1.1	6.825

2.3　显微组织观察

组织观察试样采用三酸腐蚀剂浸蚀(2.5%HNO_3-1.5%HCl-0.5%HF), 分别在普通光学显微镜及S-570扫描电镜上进行观察。

2.4　阻尼性能测试

采用悬臂梁自由振动振幅衰减法测试阻尼性能, 试样尺寸为40×10×4mm[4]。测试结构原理如图1。先用带有力传感器的锤头锤击试样悬臂端作为激振力, 锤击后试样的响应被加速度传感器测量, 激振力和试样的响应被同时送入信号分析仪, 显示出两者的波形与时间关系并由分析仪测出每一波峰的幅值, 按下式:

$$\delta = \left(\ln \frac{A_j}{A_{j+n}} \right) / n \qquad (1)$$

计算对数衰减率, 式中A_j, A_{j+n}分别为自由振动衰减时第j和第$j+n$周期时波峰振幅, n为周期数, 然后按下式

$$\zeta = \frac{\delta}{\sqrt{4\pi^2 + \delta^2}} \qquad (2)$$

换算为阻尼比。以此值的大小表征试样的阻尼性能[4]。

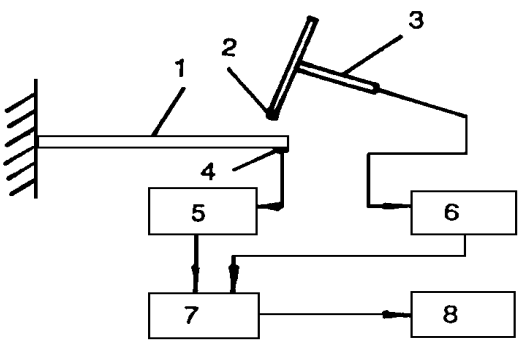

图1　阻尼性能测试原理图

Fig. 1　Schematic representive of measurement instrument

1-试样; 2-力传感器; 3-锤头; 4-加速度传感器;

1-Sample; 2-Force sensor; 3-Hammer head;

4-Acceleration sensor;

5、6-放大器; 7-信号分析仪; 8-计算机绘图仪;

5、6-Amplifier; 7-Signal analysing instrument;

8-Computer drawing instrument

常规铸造喷射沉积2024及喷射沉积2024Al/SiCP 参比试样各取三件, 每件测试五次, 最后以阻尼比的算数平均值作为测量结果。

3　试验结果及分析

喷射沉积2024合金、喷射共沉积2024/SiCP 与常规铸造试样的阻尼性能对比如表2所示。由表可见, 喷射沉积可有效改善2024合金的阻尼性能, 而喷射共沉积的2024Al/SiCP 的阻尼性能更佳。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表2 参比试样的阻尼性能

Table 2 The damping properties of samples

Sample No.	Forming method	Ratio of damping /%	Elevation/%
0	常规铸造2024	0.425	0
1	喷射沉积2024	0.5911	39.0
2	喷射共沉积2024/SiC_P(6.4%V_f)	0.4725	11.1
3	喷射共沉积2024/SiC_P(14%V_f)	0.473	11.2
4	喷射共沉积2024/SiC_P(17.6%V_f)	1.207	184.0
5	喷射共沉积2024/SiC_P(7.1%V_f)	0.5576	31.2

图2为锤击力的频率响应函数曲线。可见试样的响应基本上反应了从低频到高频区域内合金的阻尼性能。

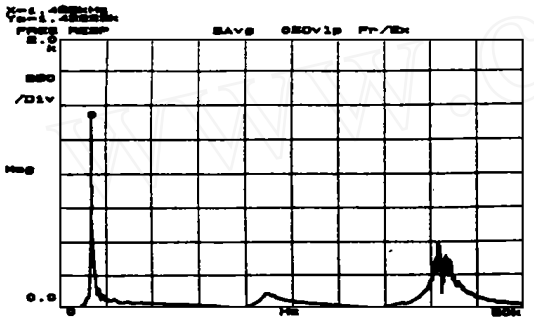

图2 锤击力的频率响应函数曲线

Fig. 2 Frequency response curve to hammer force

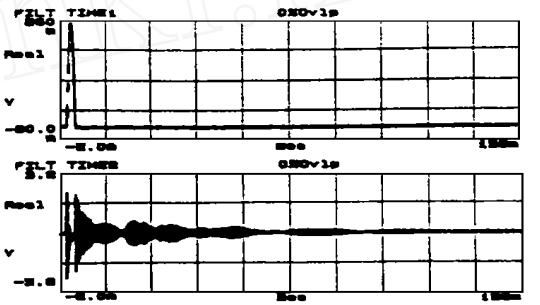

图3 常规铸造2024合金力的及响应的时间波形图

Fig. 3 Sample response curve to hammer force (up) and response (down) of 2024 made by conventional cast

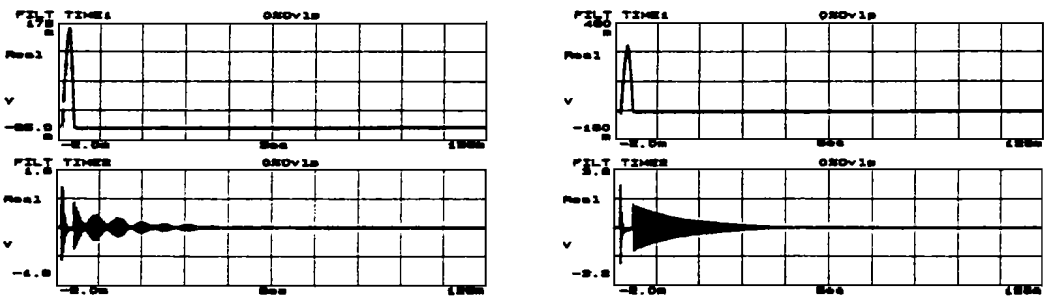

图4 (a)喷射沉积2024及(b)喷射共沉积2024Al/SiC_P的力的(上图)及响应的(下图)时间波形图

Fig. 4 Time-wave shape curve of samples response to hammer force (up) and response (down) of (a) 2024 made by spray deposition (left) and (b) 2024/SiC_P made by spray co-deposition (right)

从试样对锤击的响应曲线(图3, 4)知,常规铸造试样自由振动衰减曲线呈周期性波动且衰减较慢,而喷射沉积试样则虽也具有周期性但衰减较快,喷射共沉积的2024Al/SiC_P试样不具有周期性且衰减更快。同时实验结果也表明阻尼比既受SiC_P体积百分数也受孔隙度的影响。图5, 6为阻尼性能与孔隙度、阻尼性能与SiC_P体积百分数的关系曲线,可见阻尼性能随孔隙度的降低而降低,随SiC_P的体积百分数的增大而提高。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

众所周知, 相界面的可动性及可动界面的数量是影响其阻尼性能的主要因素, 喷射沉积工艺具有存在一定孔隙度, 组织细小(析出相细小)的特点, 即增加可动相界面的数量, 同时又不降低相界面的可动性, 结果使阻尼性能大幅度提高。从图7, 8可见, 普通铸造的晶粒尺寸约为70μm, 喷射沉积2024的晶粒尺寸约为33μm, 且其内部存在弥散分布的孔洞, 析出相细小, 而喷射共沉积的2024Al/SiCP 由于冷 SiCP 的加入, 其激冷作用使冷速更大, 晶粒尺寸仅20μm, 由于其中存在大量的增强粒子及弥散孔洞, 其与基体的晶体结构相差很大, 两者的弹塑性变形能力相差很大, 试样受外力作用发生变形时, 两者不能发生同步变形, 于是在相界面处产生滑动, 吸收一部分振动能, 因而喷射共沉积2024Al/SiCP 的阻尼性能要优于喷射沉积的纯2024合金; 而喷射沉积2024合金的阻尼性能高于普通铸造2024合金的阻尼性能, 其原因主要是前者组织中存在一定的孔隙度, 且析出相细小, 使相界面增多的缘故。

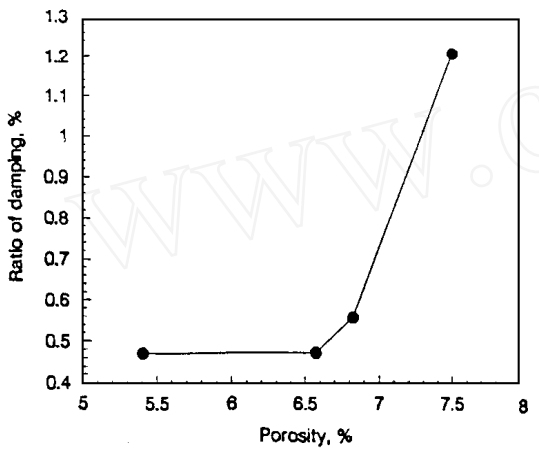

图5　阻尼比与孔隙度关系曲线

Fig. 5　Relationship curve between damping properties and porosities

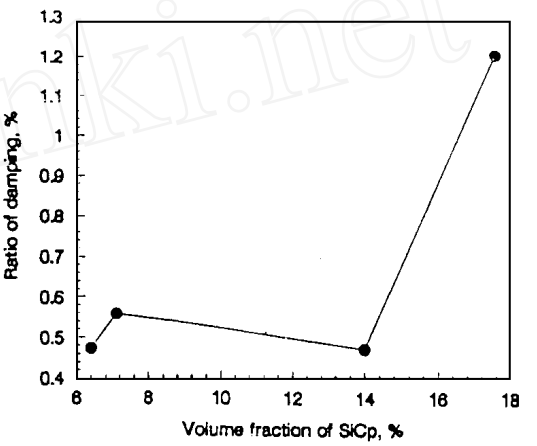

图6　阻尼比与 SiCP 体积百分数的关系曲线

Fig. 6　Relationship curve between damping properties and volume fraction of SiCP

200×　　200×

图7　(a)铸态(b)沉积态2024合金光学显微组织

Fig. 7　Microstructure of 2024 made by (a) conventional cast (b) spray deposition

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

4 结 论

喷射沉积快速凝固工艺能细化2024合金晶粒及析出相，采用此工艺制取的2024Al/SiC$_P$材料，能使其阻尼性能大幅度提高，2024Al/SiC$_P$复合材料的阻尼性能主要受孔隙度及SiC$_P$体积百分数两个因素的影响。实验结果表明，喷射共沉积2024Al/SiC$_P$的阻尼比比喷射沉积2024合金的阻尼比提高142%，比普通铸造2024合金的阻尼比提高约184%。

图8 喷射共沉积2024Al/SiC$_P$(17.6%V_f)SEM照片

Fig.8 SEM photograph of 2024Al/SiC$_P$(17.6%V_f) made by spray co-deposition

参 考 文 献

1 Hartman J T, Keene K H, Armstrong R J. JMetals, 1986, 38(4): 33
2 Wolfenden A, Wolla J M. J Mater Sci, 1989, 24: 3205
3 Zhang J, Perez R J, Lavernia E J. Acta Metall Mater, 1994, 42(2): 395
4 杨留栓，庞礼军，杨根仓等. 功能材料，1995，26(4): 359

MICROSTRUCTURE AND DAMPING PROPERTIES OF 2024Al/SiC$_P$ METAL MATRIX COMPOSITES PRODUCED BY SPRAY CODEPOSITION

Zhang Shuying Cao Fuyang Chen Yuyong Li Qingchun Jiang Zuling
(School of Materials Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

Abstract The damping property of 2024Al/SiC$_P$(17.6%V_f)metal matrix composites produced by spray codeposition is reported in this paper. The property is about 142% higher than that of 2024 alloy produced by spray deposition and nearly 184% higher than that of 2024 produced by conventional casting.

Key words damping, spray codeposition, aluminum-base metal matrix composites

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net