

离心铸造铝—铬自生梯度复合材料梯度结构研究

左孝青, 刘荣佩, 张召亮, 张强

(昆明理工大学 材料与冶金工程学院, 云南 昆明 650093)

摘要: 为获得具有较好梯度结构的梯度功能材料, 提出并采用了一种新的离心力—多孔金属中间层法制备铝—铬自生(in-suit)梯度复合材料, 进行了制备过程的实验研究, 主要内容包括: 工艺(材料)设计、正交实验主体、数据处理及结果分析等。重点进行了工艺参数对梯度结构影响的分析, 实验结果表明, 在离心转速、中间层厚度、预热温度、金属温度 4 个工艺参数中, 中间层的极差为次大值, 表明中间层的存在对梯度结构的形成有较大的贡献。

关键词: 梯度复合材料; 多孔金属中间层; 离心铸造

中图分类号: TB331 文献标识码: A 文章编号: 1007-855X(2003)04-0017-04

Gradient Structure of Al—Cr In-suit Gradient Composites Fabricated by Centrifugal Casting

ZUO Xiao-qing, LIU Rong-pei, ZHANG Zhao-liang, ZHANG Qiang

(Faculty of Materials and Metallurgical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China)

Abstract: In order to get gradient composites with an ideal structure, an innovative process, namely centrifugal force—porous metal middle layer process, is adopted. Some factors of the centrifugal casting processing for fabricating Al—Cr in suit gradient composites, such as the process and materials design, the gradient structure measurement, the result analysis etc, are studied. The experimental results show that among the four factors centrifugal speed, thickness of porous metal middle layer, preheating temperature and metal temperature, the porous metal middle layer's effect on getting ideal gradient structure is ranked secondly. Therefore it is concluded that porous metal middle layer is the key to getting gradient composites with an ideal structure in this innovative process.

Key words: gradient composites; porous metal middle layer; centrifugal casting processing

0 引言

离心铸造梯度复合材料是一种短流程、低成本的梯度复合材料制备方法, 1990 年由日本学者首先提出, 近年来发展迅速, 出现了离心铸造自生、外生梯度复合材料^[1]。但一般离心铸造梯度复合材料在其梯度结构上存在缺陷, 即在离心力场和凝固条件下, 有密度差的两种材料的分布并非完全意义上的梯度分布, 只能在其断面的某一部分形成较为理想的梯度结构, 特别是两组成物密度差较大时, 更是如此。

本文主要进行离心力—多孔金属中间层法制备金属—陶瓷梯度复合材料的实验研究, 采用可产生与基体金属密度不同的初生相的基体金属和多孔金属中间层作为原料, 在专用离心设备上, 将熔融基体金属浇入装有多孔金属中间层和具有一定预热温度的离心模管中, 高速旋转, 在离心力的作用下, 利用液态金属与初生相的比重差和多孔金属中间层对物质迁移沉积的减缓, 来实现多孔金属中间层及其附近组织的梯度连接, 通过对工艺过程的控制, 获得较完整梯度结构的梯度材料。

通过正交实验, 研究了工艺参数对梯度结构的影响, 用定量金相方法测量了第二相的分布, 获得了实

收稿日期: 2002-10-10; 基金项目: 云南省应用基础研究基金项目(项目编号: 2000E003Z); 云南省新材料制备与加工重点实验室项目。

第一作者简介: 左孝青(1964~), 男, 副教授; 主要研究方向: 多孔材料。E-mail: zxqdzhhm@hotmail.com

验条件下的第二相分布图,利用最小二乘法对数据进行了处理,观察了材料的SEM形貌,并进行了硬度测量,对影响第二相分布的工艺参数进行了分析.

1 实验

1.1 材料体系

由Al-Cr相图知,在富Al角,当Cr含量超过了0.2%后,有初生相Al₇Cr析出,该Al₇Cr的密度为3.180g/cm³(单斜),是一种金属间化合物,具有硬度高,耐磨等特点.本研究采用了Al-Cr(3%)合金为主的Al-(多孔金属中间层)-Cr系进行实验研究.

1.2 实验方法

采用了图1所示的工艺过程进行实验研究.

1.3 自生梯度复合材料离心铸造正交实验设计

确定的铝-铬合金离心铸造正交实验表及其梯度分布结果(见表1、表2)如下:

表1 铝-铬合金离心铸造正交实验表头设计

因素	金属温度 / °C	预热温度 / °C	离心转速 / r·min ⁻¹	中间层 / 壁厚
1水平	880	660	2000	0.5
2水平	800	560	2500	1.0
3水平	720	460	1500	0

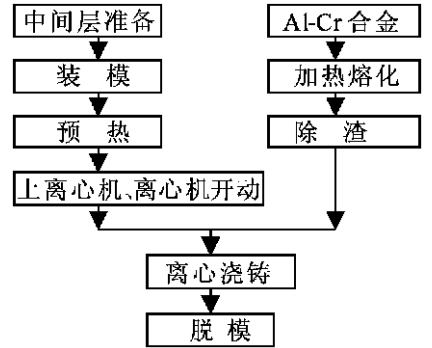


图1 离心铸造制备Al-Cr自生(in suit)梯度复合材料工艺流程图

表2 铝-铬合金离心铸造正交实验及其梯度分布结果(L9)表

列号 试号	1 金属温度/°C	2 预热温度/°C	3 离心转速/r·min ⁻¹	4 中间层/壁厚	梯度分布(相关系数)
1	1	1	1	1	-0.917 98
2	1	2	2	2	-0.976 45
3	1	3	3	3	-0.833 23
4	2	1	2	3	-0.926 49
5	2	2	3	1	-0.938 33
6	2	3	1	2	-0.375 77
7	3	1	3	2	-0.774 38
8	3	2	1	3	-0.707 59
9	3	3	2	1	-0.889 28
I	-2.727 66	-2.618 85	-2.001 34	-2.745 59	
II	-2.240 59	-2.622 37	-2.792 22	-2.126 6	
III	-2.371 25	-2.098 28	-2.545 94	-2.467 31	
I / 3	-0.909 22	-0.872 95	-0.667 11	-0.915 2	
II / 3	-0.746 863	-0.874 12	-0.930 74	-0.708 87	
III / 3	-0.790 4167	-0.699 43	-0.848 65	-0.822 44	
极差	-0.162 357	-0.173 52	-0.263 63	-0.206 33	

2 实验结果

用 SEM 观察了梯度材料的金相组织的形貌, 初生相的形状多为块状和树枝状, 有的还呈汉字型, 如图 2, 图 3 所示, 图 3 为中间网层附近第二相形貌示意, 其显微硬度值(Hv) 在 400~ 500 之间, 基体硬度在 50~ 100 之间, 利用定量金相方法测量了第二相的分布, 得到表 3 数据, 并作出了下列铝铬梯度材料梯度结构图(图 4).

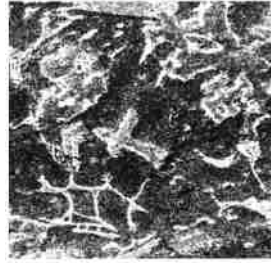


图 2 初生相形貌 SEM(200×)

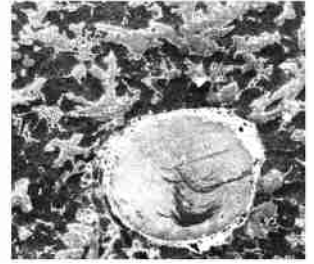


图 3 中间网层附近第二相形貌 SEM(100×)

表 3 第二相 Al₇Cr 梯度分布数据

距离 / mm 编号	0.1	1.7	3.3	4.9	6.5	8.1	9.7	11.3
Al- Cr1	0.351 24	0.388 43	0.326 446	0.111 57	0.037 19	0	0	0
Al- Cr2	0.320 971	0.347 83	0.276 055	0.199 462	0.163 511	0.053 719	0.018 595	0
Al- Cr3	0.237 604	0.219 009	0.241 736	0.271 064	0.221 075	0.043 389	0.014 463	0.026 316
Al- Cr4	0.421 488	0.242 149	0.276 86	0.130 165	0.024 794	0.041 323	0	0.004 132
Al- Cr5	0.376 033	0.253 256	0.239 669	0.229 339	0.107 438	0.024 794	0.055 785	0.05
Al- Cr6	0.159 091	0.086 777	0.204 693	0.235 537	0.206 612	0.163 223	0.144 628	0
Al- Cr7	0.303 719	0.280 217	0.033 058	0.163 292	0.070 248	0.146 695	0.05	0.004 311
Al- Cr8	0.322 314	0.322 7	0.167 149	0.186 191	0.225 946	0.213 017	0.242 418	0
Al- Cr9	0.318 182	0.332 645	0.109 505	0.064 05	0.059 918	0	0.004 132	0

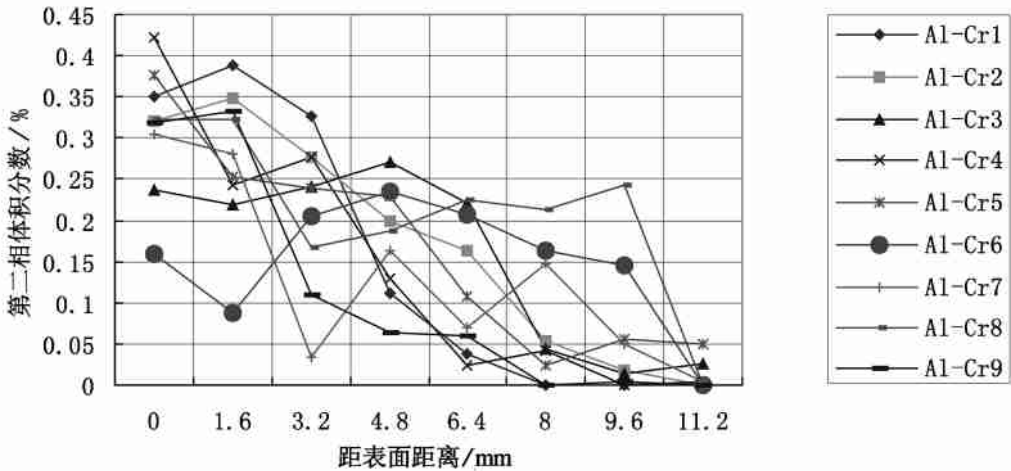


图 4 Al- Cr 系梯度材料第二相梯度分布结构图

3 工艺参数对梯度结构的影响

在极差分析表中, 设梯度材料从表面到心部梯度分布以线性或近线性关系最为理想, 梯度分布值由相应的分布图得, 其取值方法采用了最小二乘法进行线性拟合, 对图 4 中的 9 组数据(见表 2) 进行处理, 得到了相应的拟合方程的相关系数, 相关系数的绝对值越大, 则表明对理想梯度材料的形成越有利.

根据此数据, 可知: 离心铸造工艺参数对铝铬梯度材料的理想梯度结构影响的大小: 中间层 (- 0.206 33)、金属温度(- 0.162 357)、离心转速(- 0.263 63)、预热温度(- 0.173 52); 即:

中间层, 水平 1 的好, 应选 0.5;

(下转第 30 页)

的净化,可以大大降低尾气排放时氮氧化物、硫氧化物等污染物浓度,达到净化环境,改善人们生活质量的目。

此外,还有烟气脱硫净化专用炭及家庭饮用水处理炭市场需求量增长速度也较快。

4 结论

云南具有得天独厚的煤炭资源,但煤炭的利用尚处于较低水平,产业效益低,资源优势未转化成经济优势因而开发利用的潜力很大,因此要进行更高层次的开发。就地开采云南煤炭资源生产活性炭,即符合资源实际,又可以产生良好的经济和社会效益,必将推动和促进云南经济的可持续发展。

参考文献:

- [1] 郭树才. 煤化工工艺学[M]. 北京: 化学工业出版社, 1995. 312~ 313.
- [2] 郑其庚. 活性炭的应用[M]. 上海: 华东理工大学出版社, 2002. 33~ 149.
- [3] 钱慧娟. 国外活性炭生产和供需概况[J]. 林产化工通讯, 1998, 4: 24~ 28.
- [4] 张广禄. 1997年世界活性炭概况[J]. 林产化工通讯, 1999, 33(1): 7~ 11.
- [5] 张意颖. 活性炭研究与新产品开发现状[J]. 洁净煤技术, 1995, 5(3): 24~ 26.
- [6] 黄汉生. 美国活性炭公司转向开发高档产品[J]. 煤炭加工与综合利用, 2001, 1: 49~ 51.
- [7] 杨绍斌. 褐煤制活性炭[J]. 煤炭转化, 1994, 17(1): 47.
- [8] 张文辉. 活性炭生产新技术及新产品[J]. 炭素科技, 2000, 10(4): 38~ 40.
- [9] 范艳青. 活性炭制备技术及发展[J]. 昆明理工大学学报, 2002, 27(5): 17~ 20.

(上接第19页)

金属温度, 水平1的好, 应选 880℃;

离心转速, 水平2的好, 应选 2500 r/min;

预热温度, 水平2的好, 应选 560℃.

由以上数据可以看出, 在中间层、金属温度、离心转速、预热温度四个工艺参数中, 极差由大到小的影响顺序依次为: 离心转速、中间层、预热温度、金属温度. 中间层的极差较大, 超过了预热温度和金属温度的影响, 由此可见中间层对形成理想梯度结构的影响作用。

4 结论

1) 通过实验得到了以 Al₇Cr 为第二相质点在 Al 基体和多孔金属中间层中呈梯度分布的新型自生梯度复合材料;

2) 实验及实验结果分析表明, 对 Al- 多孔金属中间层- Cr(3%) 系梯度复合材料, 离心力- 多孔金属中间层法制备内生梯度复合材料的工艺参数中, 对形成理想梯度结构贡献大小的工艺参数顺序为: 离心转速、中间层、预热温度、金属温度。

参考文献:

- [1] 黄旭涛. 功能梯度材料: 回顾与展望[J]. 材料科学与工程, 1997, 15(4): 35~ 38.
- [2] 陈金城. 铸造手册—特种铸造[M]. 北京: 机械工业出版社, 1994. 664.
- [3] 曾昭昭. 特种铸造[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1990. 219.
- [4] 徐自立. 离心铸造梯度功能材料凝固过程第二相质点的迁移行为[J]. 热加工工艺, 1995, (3): 13~ 15.
- [5] L. F. 蒙多尔福, 王祝堂译. 铝合金的组织与性能[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1988.
- [6] 储双杰. 梯度功能材料的研究进展[J]. 金属材料研究, 1993, 19(3): 23~ 28.
- [7] L. Federzoni and G. Guenin. Scripta Materials[J]. 1994, 31(1): 25.
- [8] 李庆春. 铸件形成理论基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 1983. 16~ 19.
- [9] 谭树松. 有色金属材料学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 53~ 54.
- [10] 王寿彭. 铸件形成理论及工艺基础[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1994. 261~ 265.
- [11] 左孝青. 金属- 陶瓷梯度结构热应力分析[C]. 热应力[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1996. 73~ 77.