

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

C22C 21/00

C22C 1/04 B22F 9/08



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 01142618.7

[45] 授权公告日 2004 年 10 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 1169984C

[22] 申请日 2001.12.11 [21] 申请号 01142618.7

[71] 专利权人 上海交通大学

地址 200030 上海市华山路 1954 号

[72] 发明人 徐洲 李小平 王硕

审查员 葛松生

[74] 专利代理机构 上海交大专利事务所

代理人 王锡麟

权利要求书 1 页 说明书 3 页

[54] 发明名称 喷射共沉积准晶颗粒增强铝基复合材料的制造工艺

[57] 摘要

喷射共沉积准晶颗粒增强铝基复合材料的制造工艺在铝基复合材料的材质符合以下条件的前提下实施：基体材料为： $Al_aM_bN_c$ ，其中， $a + b + c = 100$ 为重量百分比： $86 \leq a \leq 100$ ， $0 \leq b \leq 13$ ， $0 \leq c \leq 1$ ，M 表示 Si，Mg，Cu，Zn 中至少一种；N 表示 Ni，Fe，Cr 中的一种或几种；AlCuFe 准晶颗粒的制备：制取粉末，过筛后得到 $20 - 100 \mu m$ 的准晶颗粒，成分为： $Al_xCu_yFe_z$ ，其中： $x + y + z = 100$ 为原子百分比， $62 \leq x \leq 67$ ， $21 \leq y \leq 26$ ， $12 \leq z \leq 15$ ；基体熔化后，进行喷射沉积，基体合金的温度为 $870^\circ C - 1100^\circ C$ ，金属液流量为 $3 - 6 kg/min$ ，雾化气压为 $7 - 12 atm$ ，沉积高度为 $120 - 300 mm$ 。本发明具有工艺简单、操作方便，增强颗粒与合金液接触时间短，凝固速率高，有利于环保。

ISSN 1008-4274

1、一种喷射共沉积准晶颗粒增强铝基复合材料的制作工艺，其特征在于制作工艺在铝基复合材料的材质符合以下条件的前提下实施：基体材料成分为： $Al_aM_bN_c$ ，其中， $a+b+c=100$ 为重量百分比： $86 \leq a \leq 100$ ， $0 \leq b \leq 13$ ， $0 \leq c \leq 1$ ，M 表示 Si, Mg, Cu, Zn 中至少一种；N 表示 Ni, Fe, Cr 中的一种或几种；AlCuFe 准晶颗粒的制备：采用机械球磨或高压惰性气体雾化的方法制取粉末，过筛后得到 20-100 μm 的准晶颗粒，其成分为： $Al_xCu_yFe_z$ ，其中： $x+y+z=100$ 为原子百分比， $62 \leq x \leq 67$ ， $21 \leq y \leq 26$ ， $12 \leq z \leq 15$ ；基体熔化后，进行喷射沉积，其工艺参数如下：基体合金的温度为 870-1100 $^{\circ}\text{C}$ ，金属液流量为 3-6kg/min，雾化气压为 7-12atm，沉积高度为 120-300mm。

2、根据权利要求 1 所述的喷射共沉积准晶颗粒增强铝基复合材料的制作工艺，其特征是准晶颗粒流态化后采用气体输送的方法送入喷射沉积雾化锥中，采用雾化锥内加入或雾化锥外加入两种方式，送粉气压为 2-5atm。

喷射共沉积准晶颗粒增强铝基复合材料的制作工艺

技术领域：本发明涉及的是一种准晶颗粒增强铝基复合材料的制作工艺，特别是一种喷射共沉积准晶颗粒增强铝基复合材料的制作工艺，属于铝基复合材料领域。

背景技术：颗粒增强铝基复合材料具有高比强、高比模、低密度、耐热性好等特点，但复合材料中的增强相多为陶瓷颗粒如 Al_2O_3 , SiC , Si_3N_4 , TiC , B_4C , AlN 等，这些物质在制备复合材料的过程中以及材料在失去其使用价值而报废后均将对环境产生一定的负面影响，如陶瓷颗粒不可分解，又难于从金属中提纯，因此导致无法回收再利用，造成资源的浪费和对环境的污染。另外，在制备工艺上也存在着以下的缺点：（1）由于陶瓷颗粒与基体金属的不湿润，难于制备出陶瓷粒子均匀分布的金属基复合材料；（2）金属与陶瓷颗粒的界面结合不良，影响到其最终的性能；（3）金属液体与陶瓷颗粒可能发生反应产生不洁的界面，或生成其它的有害相而影响到材料的性能；（4）由于陶瓷颗粒与基体金属的热膨胀系数不同，在铸造与凝固的过程中产生疏松导致材料性能的下降。经文献检索发现美国 Ames 实验室的 Suleyman B. Biner 等人在 1998 中报了“雾化准晶颗粒增强复合材料及该材料的制备方法”的发明专利(US05851317 Dec. 22, 1998)。该专利采用雾化制得的 AlCuFe 准晶颗粒来增强铝及铝合金，得到颗粒增强铝基复合材料。但该专利是采用粉末冶金的方法，将准晶粉末和合金粉混和均匀后通过热等静压，烧结和锻造等方法制得，工艺过程复杂，成本高。我国大连海事大学的齐育红也用热压的方法制备了 $\text{Al}_{65}\text{Cu}_{20}\text{Fe}_{15}$ 准晶颗粒增强的铝基复合材料，但同样工艺过程复杂，性能难于控制，造价高。

发明内容和具体实施方式为：本发明针对背景技术中的缺陷，提供一种喷射共沉积准晶颗粒增强铝基复合材料的制作工艺。其制作工艺是在铝基复合材料的材质符合以下条件的前提下实施：基体材料成分为： $Al_aM_bN_c$ ，其中， $a+b+c=100$ 为重量百分比： $86 \leq a \leq 100$ ， $0 \leq b \leq 13$ ， $0 \leq c \leq 1$ ，M 表示 Si, Mg, Cu, Zn 中至少一种；N 表示 Ni, Fe, Cr 中的一种或几种。AlCuFe 准晶颗粒的制备：采用机械球磨或高压惰性气体雾化的方法制取粉末，过筛后得到 20-100 μm 的准晶颗粒，其成分为： $Al_xCu_yFe_z$ ，其中： $x+y+z=100$ 为原子百分比， $62 \leq x \leq 67$ ， $21 \leq y \leq 26$ ， $12 \leq z \leq 15$ ；基体熔化后，进行喷射沉积，其工艺参数如下：基体合金的温度为 870-1100 $^{\circ}\text{C}$ ，金属液流量为 3-6kg/min，雾化气压为 7-12atm，沉积高度为 120-300mm。

准晶颗粒流态化后采用气体输送的方法送入喷射沉积雾化锥中，采用雾化锥内加入或雾化锥外加入两种方式，送粉气压为 3-5atm。

将其与铝合金进行复合制备成准晶增强的铝基复合材料，在制备复合材料的过程中，因 AlCuFe 准晶为完全的金属成分，仍具有一定的金属晶体结构（准周期平移有序），因此，准晶颗粒能与熔融金属湿润，准晶颗粒能与基体金属结合良好。准晶复合材料对于失效的工件通过加热熔化，将 AlCuFe 准晶颗粒熔入基体金属形成合金，可以作为中间合金进行再次使用，不会造成资源的浪费。因此，用准晶颗粒来增强铝基复合材料是在充分考虑了先进材料与环境相协调的因素所开发的一种新型的绿色材料。

喷射沉积把液态金属的雾化(快速凝固)和雾化熔滴的沉积(熔滴的动态致密固化)自然地结合在一起，在一步冶金操作过程中完成。因此,是一种介于粉末冶金和铸造之间的成形工艺。喷射共沉积则是在喷射沉积技术的基础上，将增强颗粒加入到合金液的雾化锥中，在高压雾化气的作用下与雾化合金固液混合物一同在基体上沉积下来，从而制备出增强颗粒分布均匀、基体金属晶粒细小的颗粒增强金属基复合材料。

本发明具有实质性特点和显著进步，制备该种材料的工艺简单操作方便，增强颗粒与合金液接触时间短，凝固速率高，准晶增强颗粒与基体金属界面结合良好，且能弥散均匀分布在基体金属内，从而制备出具有良好的综合性能的金属基复合材料，工件失效后可以通过重熔回收再利用，有利于环保。

以下提供四个实施例：

基体合金牌号		1060	4047	6061	7075
基体合金成分		99.60Almin	13.0Si0.8Fe 0.2Zn0.15Mn	1.0Mg0.6Si 0.3Cu0.2Cr	5.6Zn2.5Mg 1.6Cu0.23Cr
增强颗粒		Al ₆₂ Cu ₂₆ Fe ₁₂ 准晶	Al ₆₇ Cu ₂₁ Fe ₁₂ 准晶	Al ₆₂ Cu ₂₃ Fe ₁₅ 准晶	Al ₆₅ Cu ₂₃ Fe ₁₂ 准晶
工 艺 参 数	熔体温度	870℃	1100℃	970℃	970℃
	金属流量	3kg/min	6 kg/min	4 kg/min	4 kg/min
	雾化气压	7atm	12 atm	9 atm	9 atm
	送粉气压	3 atm	4 atm	4 atm	5 atm
	沉积高度	300mm	160mm	240mm	130

这四种材料的力学性能如下表：

材料	屈服强度 (Mpa)	拉伸强度 (Mpa)	延伸率 (%)	弹性模量 (Gpa)
1060	195	143	12	83
4047	440	380	1.7	90
6061	340	324	7.2	120
7075	650	607	9	150