

# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103014400 A

(43) 申请公布日 2013.04.03

(21) 申请号 201310022594.1

(22) 申请日 2013.01.22

(71) 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 武高辉 李文君 陈国钦 姜龙涛  
张强 康鹏超 苟华松

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事  
务所 23109

代理人 韩未洙

(51) Int. Cl.

C22C 1/10 (2006.01)

C22C 21/00 (2006.01)

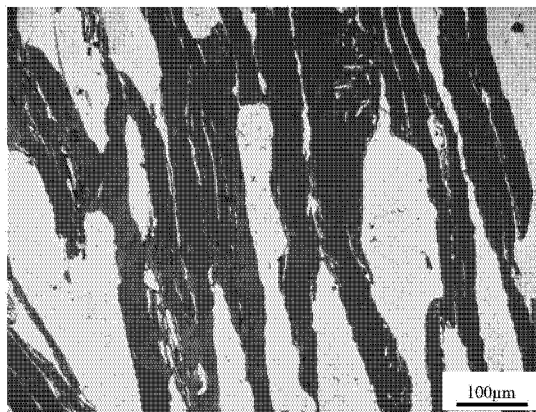
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 2 页

## (54) 发明名称

一种定向高导热低膨胀石墨铝复合材料及其制备方法

## (57) 摘要

一种定向高导热低膨胀石墨铝复合材料及其制备方法,它涉及一种金属基石墨复合材料及其制备方法。它要解决现有石墨铝复合材料的石墨鳞片定向排列性差、致密度低和含夹杂的问题。石墨铝是由鳞片石墨和铝金属制成,该复合材料中鳞片石墨含量为 30~70vol.% 并呈规则定向排列。制备:一、鳞片石墨装入模具,施加冲击振动,使石墨鳞片呈规则定向排列,形成预制块;二、将钢模具预热,铝金属加热至熔化;三、模具置于压力机台面上,熔化后的铝金属浇注到模具内,通过冲头施加压力;四、保压冷却;五、脱模。本发明的石墨铝复合材料定向导热率高,致密度大于 99%,无夹杂。本发明主要应用于高功率密度、高热流密度的电子和微电子设备中。



1. 一种定向高导热低膨胀石墨铝复合材料,其特征在于定向高导热低膨胀石墨铝复合材料是由定向排列的鳞片石墨和铝金属制成,铝金属为纯铝或铝合金,定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中鳞片石墨含量为 30 ~ 70vol. %,鳞片石墨的定向排列是通过冲击振动形成的。

2. 根据权利要求 1 所述的一种定向高导热低膨胀石墨铝复合材料,其特征在于铝金属成分为纯 Al、或在 Al 中添加 1~25wt. % 的 Si、或添加 1~53wt. % 的 Cu、或添加 1~38wt. % 的 Mg,其中一种或几种成分组合。

3. 根据权利要求 1 所述的一种定向高导热低膨胀石墨铝复合材料,其特征在于铝合金为 Al-Si 合金、Al-Cu 合金、Al-Mg 合金、Al-Si-Cu 合金、Al-Si-Mg 合金、Al-Cu-Mg 合金和 Al-Si-Cu-Mg 合金中的一种或其中几种的组合,其中 Al-Si 合金为在 Al 中添加 1~25wt. % 的 Si, Al-Cu 合金为在 Al 中添加 1~53wt. % 的 Cu, Al-Mg 合金为在 Al 中添加 1~38wt. % 的 Mg。

4. 根据权利要求 1 所述的一种定向高导热低膨胀石墨铝复合材料,其特征在于鳞片石墨的石墨化度大于 90%,鳞片石墨粒度为 300~28 目。

5. 如权利要求 1 所述的一种定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法,其特征在于定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法按下列步骤实施:

一、将鳞片石墨装入钢模具内,施加冲击振动,形成预制块;二、将钢模具移至加热炉中预热至 450~650°C,然后将铝金属加热至熔化;三、将钢模具置于压力机台面上,将熔化后的铝金属浇注到钢模具内,通过冲头在压力机上施加压力;四、保压冷却;五、从钢模具中取出定向高导热低膨胀石墨铝复合材料;

其中步骤二铝金属成分为纯 Al、或在 Al 中添加 1~25wt. % 的 Si、或添加 1~53wt. % 的 Cu、或添加 1~38wt. % 的 Mg,其中一种或几种成分组合;

步骤三中施加压力为 20MPa~50MPa。

6. 根据权利要求 5 所述的一种定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法,其特征在于步骤一中施加冲击振动,振动峰值加速度为 49~980m/s<sup>2</sup>,振动次数 10~50 次。

7. 根据权利要求 5 所述的一种定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法,其特征在于熔化铝金属的温度为 700~900°C。

## 一种定向高导热低膨胀石墨铝复合材料及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种金属基石墨复合材料及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 随着电子设备向高性能、小型化发展,导致功率密度增加、热流密度增大,功率器件的热管理显得愈加重要,设计领域的技术瓶颈对新型高性能热管理材料产生迫切需求。作为一个理想的热管理材料,鳞片石墨铝新型复合材料具有质量轻、较低的和可剪裁的热膨胀系数、高导热性能、低制造成本和适宜的机械加工性能,在热管理领域呈现出巨大的技术优势。

[0003] 从 2001 年到 2010 年,金属基复合材料在热管理领域需求量从 886 吨上升到 1562 吨,依然无法满足需求。如今,在电子封装热管理领域应用的金属基复合材料主要为 SiC/Al、Diamond/Cu、C<sub>f</sub>/Al 等。SiC/Al 复合材料在商业应用领域取得了巨大的进展,是目前电子封装领域商业化最成熟、最广泛的金属基复合材料。美国 CPS Technologies 公司设计开发了新型净近成型工艺,以适合批量生产,其产品 SiC/Al 复合材料领域市场占有率在一半以上。但随着高功率密度的电子和微电子器件的发展,相对低的热导率使 SiC/Al 复合材料(SiC/Al 热导率最高报导为 250W/mK)在热管理领域的应用受到限制。为了提高金属基复合材料的导热性能,碳作为极具吸引力的增强体被世界各国科学家争相研究,如石墨(石墨颗粒、石墨泡沫、热解石墨和晶质鳞片石墨等),纳米碳管、碳纤维和金刚石等。Diamond/C 具有高导热率(最高可达 600W/mK 以上)和低热膨胀系数的特点,满足高功率密度电子封装热管理的要求,但可加工性差,生产成本过于昂贵。纳米碳管具有非常高的导热率,最高可达 3000W/mK,但纳米碳管在金属基体中的分散和定向排列一直是技术上的难点,使其一直停留在实验室阶段,无法走向大规模应用。C<sub>f</sub>/Al 具有较高的热导率,特别是短纤维 C<sub>f</sub>/Al 呈现出巨大的应用潜力,已成功应用于国外军用飞机,但是制备工艺困难以及高昂的价格,使其无法普及。电子封装热管理领域对高性能新材料的巨大需求,以及金刚石铜的昂贵价格,市场对性能优异的石墨 / 金属复合材料产生迫切需求。

[0004] 鳞片石墨具有较高的石墨化度、完美的晶体取向、较大的晶粒尺寸和广泛的分布,用其作为增强体可呈现优异的热物理性能,低成本和优良的可加工性,石墨鳞片 / 金属复合材料在热管理领域已呈现出巨大的优势,具有替代金刚石铜的潜力。鳞片石墨的热导率呈现明显的各向异性,鳞片石墨沿片层方向热导率最大,垂直鳞片片层方向热导率低。大的石墨鳞片是由小鳞片亚结构组成,经粉碎可形成无数小片。理论分析认为,理想情况下,石墨鳞片高度定向排列可获得最佳热导率,高致密、无夹杂是获得高品质复合材料的最佳条件。但是,难点在于如何使石墨和铝基体润湿、界面结合,并使铝浸渗到石墨片亚结构内部,制备出没有空隙,没有杂质的复合材料。

[0005] 德国弗劳恩霍夫研究所的 Thomas Hutsch 和 Thomas Schubert 等在文献“ThomasHutsch, Thomas Schubert, Thomas Weissgaerber, Bernd Kieback. Graphite metal composites with tailored physical properties. Emerging Materials

Research. Volume1 Issue EMR2, Pages107-114.”和“Hutsch T, Schubert T, Weißgärber T and Kieback B. Innovative metal-graphite composites as thermally conducting materials. Proceedings of the Powder Metallurgy World Congress & Exhibition. PM2010, Florence, Italy 10 - 14. October 2010, Vol. 5, pp. 361-368.”中阐明通过粉末冶金 SPS 放电等离子烧结技术,制备出了以钨、铁、铝和铜为基体的鳞片石墨增强金属复合材料,呈现出较高的热物理性能。Thomas Hutsch 制备出了 60vol.% 鳞片石墨增强铜基复合材料热导率可达到 550W/mK, 50vol.% 鳞片石墨增强 AlSi25Cu4.5Mg1 的热导率为 300W/mK, 80vol.% 鳞片石墨增强钨基复合材料热导率为 440W/mK, 但是放电等离子烧结技术制备出的石墨鳞片增强金属基复合材料致密度低,并且石墨鳞片呈现定向排布的比率较低,很大比率石墨鳞片受压力作用而呈现弯曲状态。由于沿着石墨鳞片平面方向导热率最高,弯曲状态不能获得最佳的导热率,进而导致复合材料抗热震性能不好,冷热冲击导致材料的残余应力释放,热膨胀系数随温度变化的线性度变差。钨基体密度过重,影响了其在电子封装中的进一步应用。台湾科学家 J. K. Chen 和 I. S. Huang 在“J. K. Chen, I. S. Huang. Thermal properties of aluminum-graphite composites by power metallurgy. Composites Part B: Engineering. Volume 44, Issue 1, January 2013, Pages 698-703.”公布了通过粉末冶金真空热压烧结的方式制备出了 10~90vol.% 石墨鳞片纯铝金属基复合材料,其热导率在 324~783W/mK,热膨胀系数在 16.9~2.5ppm/K。从 J. K. Chen 文献报道的金相照片可以看出,粉末冶金的工艺方法特点是固态的粉末混合,然后再在液—固两相区加压成型,这种方法可使 Al 颗粒与石墨片之间相接触复合,但是铝不能融渗到石墨鳞片内部,制备出的鳞片石墨铝复合材料机械性能不高。西班牙科学家 R. Prieto 在文献“R. Prieto, J. M. Molina, J. Narciso, E. Louis. Fabrication and properties of graphite flakes/metal composites for thermal management applications. Scripta Materialia, Volume 59, Issue 1, July 2008, Pages 11-14.”中阐明通过气体压力辅助液态金属浸渗的方式制备了掺入碳化硅颗粒的石墨鳞片铝基复合材料,其文中明确指出,由于相邻石墨鳞片片层之间几乎没有孔隙,使液态金属对石墨浸渗无法实现(其使用液态金属为 Al-12wt.%Si 和 Ag-12wt.%Si),加入的 SiC 颗粒起到支撑作用,使得两个相邻石墨鳞片之间产生空隙,液态金属得以进入。R. Prieto 等人将这种采取 SiC 或者碳纤维制造孔隙的方式促进浸渗的方法,申请了德国专利“J. Narciso, R. Prieto, E. Louis, Patente de invencio' n, Oficina Espan' ola de Patentes y Marcas. Numero de solicitud: P002700804, 2007.”。采取这种方式制备的鳞片石墨铝复合材料,在增强体体积分数(鳞片石墨和碳化硅比率分别为: 90% 和 10%, 60% 和 40%) 高达 88vol.% 的情况下,以 Al-12wt.%Si 为基体的复合材料最高热导率才仅仅达到 368W/mK, 以 Ag-12wt.%Si 为基体的复合材料最高热导率仅仅为 548W/mK, 碳化硅的加入严重限制了复合材料的热导率的提高。台湾科学家 Chih-Jong Chang 等在文献“Chih-Jong Chang, Chih-Hao Chang, Jen-Dong Hwang, Cheng-Tzu Kuo. Thermal characterization of high thermal conductive graphites reinforced aluminum matrix composites. Microsystems, Packaging, Assembly and Circuits Technology Conference, 2009. IMPACT 2009. 4th International. Date of Conference: 21-23 Oct. 2009. Page(s): 461-464”中公布了采取在相邻天然石墨鳞片之间添加合成中间相炭微球的方式制造孔隙间隔以增加浸渗,采取液态压力浸渗的方式制备了相应石墨铝复合材料,石墨含量在 70~90vol.%

时,石墨铝复合材料的热导率最高可达 500~600W/mK,但是中间相炭微球的加入使得其最大热导率降低并且力学性能不高。从金相上观察,即使采取了添加合成中间相炭微球增加间隙以促进浸渗,铝也并没有融渗到石墨鳞片内部。高石墨化度的鳞片石墨热导率较高, SiC 颗粒和中间相炭微球本身的导热不高,在鳞片石墨中相当于杂质存在,进而影响复合材料的导热率。

[0006] 上述方式制备出的鳞片石墨 / 金属复合材料致密度较低,孔隙含量高,单纯靠挤压方法实现石墨鳞片定向排列,使得鳞片呈现大量弯曲进而复合材料无法实现最佳导热,并且铝材料无法渗到石墨鳞片亚结构内部,材料抗热震性差。

[0007] 石墨和铝基体之间的润湿很差,铝基体熔液对预制块的浸渗非常困难。鳞片石墨的石墨化度越高,润湿越差,界面复合越困难。如何制备石墨鳞片高定向排列,高致密度,低孔隙率,无夹杂的鳞片石墨 / 金属复合材料将是获得高质量、高品质、高导热、低膨胀和抗热冲击等复合材料的必要条件,也是技术上的难点。采取特殊工艺,不添加任何 SiC 等中间隔离物制造孔隙,单纯用鳞片石墨浸渗,并使金属深入渗到石墨鳞片内部,使石墨与铝基体之间的界面结合,制备出使用性能更为优异的鳞片石墨铝金属基复合材料。

## 发明内容

[0008] 本发明的目的是解决现有石墨铝复合材料石墨鳞片定向排列性差,含夹杂和致密度低的问题,而提供高定向导热、高致密、无杂质、低膨胀、铝液浸渗到石墨鳞片亚结构内部的石墨铝复合材料及制备方法。

[0009] 本发明定向高导热低膨胀石墨铝复合材料是由定向排列的鳞片石墨和铝金属制成,铝金属为纯铝或铝合金,定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中鳞片石墨含量为 30 ~ 70vol. %,定向排列的鳞片石墨是通过冲击振动形成的。

[0010] 定向高导热低膨胀石墨铝复合材料是由鳞片石墨和铝金属制成,铝金属为纯 Al 或铝合金,铝金属中的铝合金为在 Al 中添加 1~25wt. % 的 Si、或添加 1~53wt. % 的 Cu、或添加 1~38wt. % 的 Mg,其中一种或几种成分。铝合金为 Al-Si 合金、Al-Cu 合金、Al-Mg 合金、Al-Si-Cu 合金、Al-Si-Mg 合金、Al-Cu-Mg 合金和 Al-Si-Cu-Mg 合金中的一种或其中几种的组合,其中 Al-Si 合金为在 Al 中添加 1~25wt. % 的 Si,Al-Cu 合金为在 Al 中添加 1~53wt. % 的 Cu,Al-Mg 合金为在 Al 中添加 1~38wt. % 的 Mg。

[0011] 本发明定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法是通过下列步骤实现:

[0012] 一、将鳞片石墨装入钢模具内,施加冲击振动,形成预制块;二、将钢模具移至加热炉中预热至 450~650℃,然后将铝金属加热至熔化;三、将钢模具置于压力机台面上,将熔化后的铝金属浇注到钢模具内,通过冲头在压力机上施加压力;四、保压冷却;五、从钢模具中取出定向高导热低膨胀石墨铝复合材料;

[0013] 其中步骤二铝金属成分为纯 Al、或在 Al 中添加 1~25wt. % 的 Si、或添加 1~53wt. % 的 Cu、或添加 1~38wt. % 的 Mg,其中一种或几种成分组合;

[0014] 步骤三中施加的压力为 20MPa~50MPa。

[0015] 本发明取用高石墨化度的鳞片石墨,采用冲击振动使石墨鳞片呈现规则定向排列,通过强制加压增强石墨与铝基体之间的界面结合,设计基体合金成分,改善润湿,使金属深入渗到石墨鳞片的亚结构内部,解决单纯用高石墨化度的鳞片石墨浸渗困难的难题,

增加定向高导热低膨胀石墨铝复合材料致密度、降低孔隙率,制备出使用性能更为优异的鳞片石墨铝金属基复合材料。

[0016] 本发明制备的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中的石墨含量为 30~70vol.%,密度为 2.1~2.7g/cm<sup>3</sup>,无夹杂,致密度大于 99%,沿鳞片石墨片层方向最大热导率为 200~750W/mK,热膨胀系数为 4~15ppm/K。制造所用设备简单、成本较低。通过金相照片可知石墨鳞片高度定向排列,沿鳞片石墨片层方向具有高导热率。本发明提供了一种高性能新型电子封装热管理石墨铝金属基复合材料制备方法,制备出的石墨铝金属基复合材料具有低膨胀、定向高导热的特点,本发明主要应用于高功率密度、高热流密度的电子和微电子设备等对散热有高要求的领域。

### 附图说明

[0017] 图 1 是具体实施方式定向高导热低膨胀石墨铝复合材料制备所用模具的结构示意图,1—振动台台面,2—下封头,3—预制体,4—钢模具,5—铝金属熔液,6—上压头,7—压力机台面;

[0018] 图 2 是实施例一得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的金相照片;

[0019] 图 3 是实施例二得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的金相照片。

### 具体实施方式

[0020] 具体实施方式一:本实施方式定向高导热低膨胀石墨铝复合材料是由定向排列的鳞片石墨和铝金属制成,铝金属为纯铝或铝合金,定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中鳞片石墨含量为 30~70vol.%,鳞片石墨的定向排列是通过冲击振动形成的。

[0021] 具体实施方式二:本实施方式与具体实施方式一不同的是铝金属成分为纯 Al、或在 Al 中添加 1~25wt.% 的 Si、或添加 1~53wt.% 的 Cu、或添加 1~38wt.% 的 Mg,其中一种或几种成分组合。其它参数与具体实施方式一相同。

[0022] 具体实施方式三:本实施方式与具体实施方式一或二不同的是铝合金为 Al-Si 合金、Al-Cu 合金、Al-Mg 合金、Al-Si-Cu 合金、Al-Si-Mg 合金、Al-Cu-Mg 合金和 Al-Si-Cu-Mg 合金中的一种或其中几种的组合,其中 Al-Si 合金为在 Al 中添加 1~25wt.% 的 Si,Al-Cu 合金为在 Al 中添加 1~53wt.% 的 Cu,Al-Mg 合金为在 Al 中添加 1~38wt.% 的 Mg。其它参数与具体实施方式一或二相同。

[0023] 具体实施方式四:本实施方式与具体实施方式一至三之一不同的是铝合金为 AlSi20、AlSi7Mg2、AlSi12Cu5、AlSi20Cu4Mg1、AlCu20、AlSi12Cu3、AlSi12、AlSi12Cu4.5、AlCu3Mg8、AlMg12、AlSi15 或 AlSi12Mg3。其它参数与具体实施方式一至三之一相同。

[0024] 具体实施方式五:本实施方式与具体实施方式一至四之一不同的是鳞片石墨的石墨化度大于 90%,鳞片石墨粒度为 300~28 目。其它参数与具体实施方式一至四之一相同。

[0025] 具体实施方式六:本实施方式定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法是通过下列步骤实施:

[0026] 一、将鳞片石墨装入钢模具内,施加冲击振动,形成预制块;二、将钢模具移至加热炉中预热至 450~650℃,然后将铝金属加热至熔化;三、将钢模具置于压力机台面上,将熔化后的铝金属浇注到钢模具内,通过冲头在压力机上施加压力;四、保压冷却;五、从钢模

具中取出定向高导热低膨胀石墨铝复合材料；

[0027] 其中步骤二铝金属为纯 Al 或铝合金,铝金属中的铝合金为在 Al 中添加 1~25wt.% 的 Si、或添加 1~53wt.% 的 Cu、或添加 1~38wt.% 的 Mg,其中一种或几种成分；

[0028] 步骤三中施加的压力为 20MPa~50MPa。

[0029] 本实施方式铝金属可以为纯 Al、Al-Si 合金、Al-Cu 合金、Al-Mg 合金、Al-Si-Cu 合金、Al-Si-Mg 合金、Al-Cu-Mg 合金或 Al-Si-Cu-Mg 合金,制备方法通过在振动台上冲击振动,使鳞片石墨平行排列。采用压力浸渗使金属深入渗透到石墨鳞片的亚结构来增强石墨与铝基体之间界面的结合性能,得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中石墨体积百分比为 30%~70%,密度为  $2.1\sim 2.7\text{g}/\text{cm}^3$ ,致密度大于 99%。

[0030] 具体实施方式七:本实施方式与具体实施方式六不同的是步骤一中施加冲击振动,振动峰值加速度为  $49\sim 980\text{m}/\text{s}^2$ ,振动次数为 10~50 次。其它步骤及参数与具体实施方式六相同。

[0031] 具体实施方式八:本实施方式与具体实施方式六或七不同的是熔化铝金属的温度为  $700\sim 900^\circ\text{C}$ 。其它步骤及参数与具体实施方式六或七相同。

[0032] 具体实施方式九:本实施方式定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法是通过下列步骤实施:

[0033] 一、将 28 目的鳞片石墨装入钢模具内,施加冲击振动,形成预制块;二、将钢模具移至加热炉中预热至  $650^\circ\text{C}$ ,然后将铝金属加热至  $700^\circ\text{C}$ ;三、将钢模具置于压力机台面上,将熔化后的铝金属浇注到钢模具内,通过冲头在压力机上施加压力;四、保压冷却;五、从钢模具中取出定向高导热低膨胀石墨铝复合材料;

[0034] 其中步骤二铝金属为 AlSi20;步骤三中施加压力为 20MPa。

[0035] 本实施方式得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中石墨体积分数为 70%。

[0036] 具体实施方式十:本实施方式定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法是通过下列步骤实施:

[0037] 一、将 35 目的鳞片石墨装入钢模具内,施加冲击振动,形成预制块;二、将钢模具移至加热炉中预热至  $550^\circ\text{C}$ ,然后将铝金属加热至  $780^\circ\text{C}$ ;三、将钢模具置于压力机台面上,将熔化后的铝金属浇注到钢模具内,通过冲头在压力机上施加压力;四、保压冷却;五、从钢模具中取出定向高导热低膨胀石墨铝复合材料;

[0038] 其中步骤二铝金属为 AlSi7Mg2;步骤三中施加压力为 25MPa。

[0039] 本实施方式得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中石墨体积分数为 50%。

[0040] 具体实施方式十一:本实施方式定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法是通过下列步骤实施:

[0041] 一、将 50 目的鳞片石墨装入钢模具内,施加冲击振动,形成预制块;二、将钢模具移至加热炉中预热至  $650^\circ\text{C}$ ,然后将铝金属加热至  $760^\circ\text{C}$ ;三、将钢模具置于压力机台面上,将熔化后的铝金属浇注到钢模具内,通过冲头在压力机上施加压力;四、保压冷却;五、从钢模具中取出定向高导热低膨胀石墨铝复合材料;

[0042] 其中步骤二铝金属为 AlSi12Cu5;步骤三中施加压力为 25MPa。

[0043] 本实施方式得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中石墨体积分数为 40%。

[0044] 具体实施方式十二:本实施方式定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法是

通过下列步骤实施：

[0045] 一、将 70 目的鳞片石墨装入钢模具内，施加冲击振动，形成预制块；二、将钢模具移至加热炉中预热至 570℃，然后将铝金属加热至 810℃；三、将钢模具置于压力机台面上，将熔化后的铝金属浇注到钢模具内，通过冲头在压力机上施加压力；四、保压冷却；五、从钢模具中取出定向高导热低膨胀石墨铝复合材料；

[0046] 其中步骤二铝金属为 AlSi20Cu4Mg1；步骤三中施加压力为 30MPa。

[0047] 本实施方式得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中石墨体积分数为 40%。

[0048] 具体实施方式十三：本实施方式定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法是

通过下列步骤实施：

[0049] 一、将 100 目的鳞片石墨装入钢模具内，施加冲击振动，形成预制块；二、将钢模具移至加热炉中预热至 620℃，然后将铝金属加热至 700℃；三、将钢模具置于压力机台面上，将熔化后的铝金属浇注到钢模具内，通过冲头在压力机上施加压力；四、保压冷却；五、从钢模具中取出定向高导热低膨胀石墨铝复合材料；

[0050] 其中步骤二铝金属为 AlCu20；步骤三中施加压力为 30MPa。

[0051] 本实施方式得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中石墨体积分数为 50%。

[0052] 具体实施方式十四：本实施方式定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法是

通过下列步骤实施：

[0053] 一、将 120 目的鳞片石墨装入钢模具内，施加冲击振动，形成预制块；二、将钢模具移至加热炉中预热至 600℃，然后将铝金属加热至 780℃；三、将钢模具置于压力机台面上，将熔化后的铝金属浇注到钢模具内，通过冲头在压力机上施加压力；四、保压冷却；五、从钢模具中取出定向高导热低膨胀石墨铝复合材料；

[0054] 其中步骤二铝金属为 AlSi12Cu3；步骤三中施加压力为 30MPa。

[0055] 本实施方式得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中石墨体积分数为 40%。

[0056] 具体实施方式十五：本实施方式定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法是

通过下列步骤实施：

[0057] 一、将 150 目的鳞片石墨装入钢模具内，施加冲击振动，形成预制块；二、将钢模具移至加热炉中预热至 600℃，然后将铝金属加热至 800℃；三、将钢模具置于压力机台面上，将熔化后的铝金属浇注到钢模具内，通过冲头在压力机上施加压力；四、保压冷却；五、从钢模具中取出定向高导热低膨胀石墨铝复合材料；

[0058] 其中步骤二铝金属为 AlSi12；步骤三中施加压力为 30MPa。

[0059] 本实施方式得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中石墨体积分数为 50%。

[0060] 具体实施方式十六：本实施方式定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法是

通过下列步骤实施：

[0061] 一、将 180 目的鳞片石墨装入钢模具内，施加冲击振动，形成预制块；二、将钢模具移至加热炉中预热至 620℃，然后将铝金属加热至 850℃；三、将钢模具置于压力机台面上，将熔化后的铝金属浇注到钢模具内，通过冲头在压力机上施加压力；四、保压冷却；五、从钢模具中取出定向高导热低膨胀石墨铝复合材料；

[0062] 其中步骤二铝金属为 AlSi12Cu4.5；步骤三中施加压力为 35MPa。

[0063] 本实施方式得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中石墨体积分数为 30%。



[0064] 具体实施方式十七：本实施方式定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法是  
通过下列步骤实施：

[0065] 一、将 230 目的鳞片石墨装入钢模具内，施加冲击振动，形成预制块；二、将钢模具  
移至加热炉中预热至 600℃，然后将铝金属加热至 750℃；三、将钢模具置于压力机台面上，  
将熔化后的铝金属浇注到钢模具内，通过冲头在压力机上施加压力；四、保压冷却；五、从  
钢模具中取出定向高导热低膨胀石墨铝复合材料；

[0066] 其中步骤二铝金属为 AlCu3Mg8；步骤三中施加压力为 40MPa。

[0067] 本实施方式得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中石墨体积分数为 40%。

[0068] 具体实施方式十八：本实施方式定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法是  
通过下列步骤实施：

[0069] 一、将 250 目的鳞片石墨装入钢模具内，施加冲击振动，形成预制块；二、将钢模具  
移至加热炉中预热至 580℃，然后将铝金属加热至 810℃；三、将钢模具置于压力机台面上，  
将熔化后的铝金属浇注到钢模具内，通过冲头在压力机上施加压力；四、保压冷却；五、从  
钢模具中取出定向高导热低膨胀石墨铝复合材料；

[0070] 其中步骤二铝金属为 AlMg12；步骤三中施加压力为 45MPa。

[0071] 本实施方式得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中石墨体积分数为 30%。

[0072] 具体实施方式十九：本实施方式定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法是  
通过下列步骤实施：

[0073] 一、将 300 目的鳞片石墨装入钢模具内，施加冲击振动，形成预制块；二、将钢模具  
移至加热炉中预热至 550℃，然后将铝金属加热至 800℃；三、将钢模具置于压力机台面上，  
将熔化后的铝金属浇注到钢模具内，通过冲头在压力机上施加压力；四、保压冷却；五、从  
钢模具中取出定向高导热低膨胀石墨铝复合材料；

[0074] 其中步骤二铝金属为 AlSi15；步骤三中施加压力为 50MPa。

[0075] 本实施方式得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中石墨体积分数为 40%。

[0076] 实施例一：本实施例定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法是  
通过下列步骤实施：

[0077] 一、将 32 目的鳞片石墨装入钢模具内，施加冲击振动，形成预制块；二、将钢模具  
移至加热炉中预热至 450℃，然后将铝金属加热至 900℃；三、将钢模具置于压力机台面上，  
将熔化后的铝金属浇注到钢模具内，通过冲头在压力机上施加压力；四、保压冷却；五、从  
钢模具中取出定向高导热低膨胀石墨铝复合材料；

[0078] 其中步骤二铝金属为纯 Al；步骤三中施加压力为 25MPa。

[0079] 本实施例步骤一冲击振动的峰值加速度为  $980\text{m/s}^2$ ，振动 25 次，得到的定向高导热  
低膨胀石墨铝复合材料中石墨体积分数为 50%，沿鳞片石墨片层方向的热导率为  $683\text{W/mK}$ ，  
热膨胀系数为  $8.7\text{ppm/K}$ 。

[0080] 本实施例得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的金相照片如图 2 所示，通过  
金相照片可知鳞片石墨高度定向排列。

[0081] 实施例二：本实施例定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的制备方法是  
通过下列步骤实施：

[0082] 一、将 200 目的鳞片石墨装入钢模具内，施加冲击振动，形成预制块；二、将钢模具

移至加热炉中预热至 550℃,然后将铝金属加热至 830℃;三、将钢模具置于压力机台面上,将熔化后的铝金属浇注到钢模具内,通过冲头在压力机上施加压力;四、保压冷却;五、从钢模具中取出定向高导热低膨胀石墨铝复合材料;

[0083] 其中步骤二铝金属为 AlSi12Mg3;步骤三中施加压力为 40MPa。

[0084] 本实施例步骤一冲击振动的峰值加速度为  $980\text{m/s}^2$ ,振动 45 次,得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料中石墨体积分数为 50%,沿鳞片石墨片层方向的热导率为 317W/mK,热膨胀系数为 8ppm/K。

[0085] 本实施例得到的定向高导热低膨胀石墨铝复合材料的金相照片如图 3 所示,通过金相照片可知鳞片石墨高度定向排列。

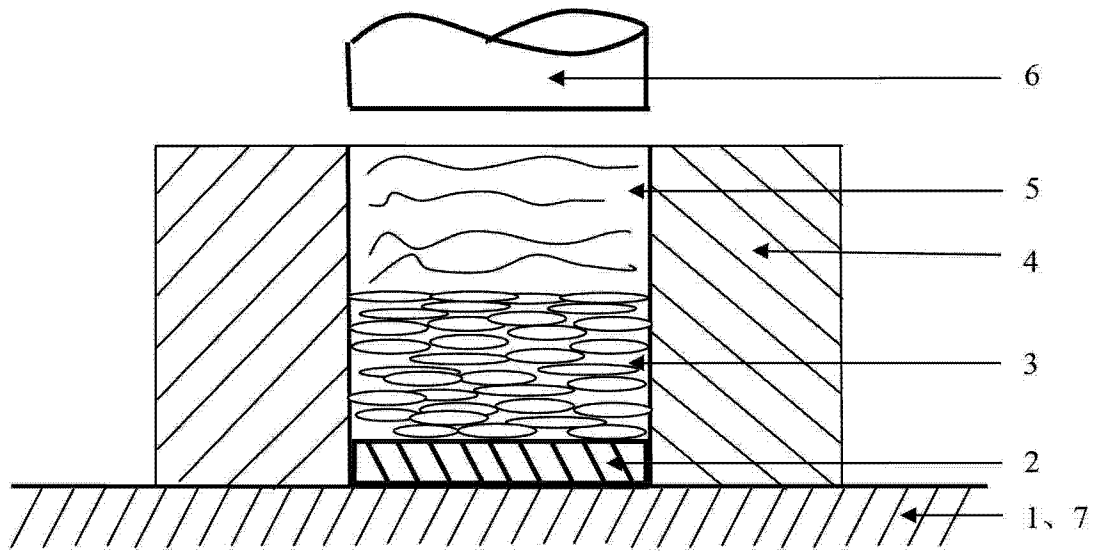


图 1

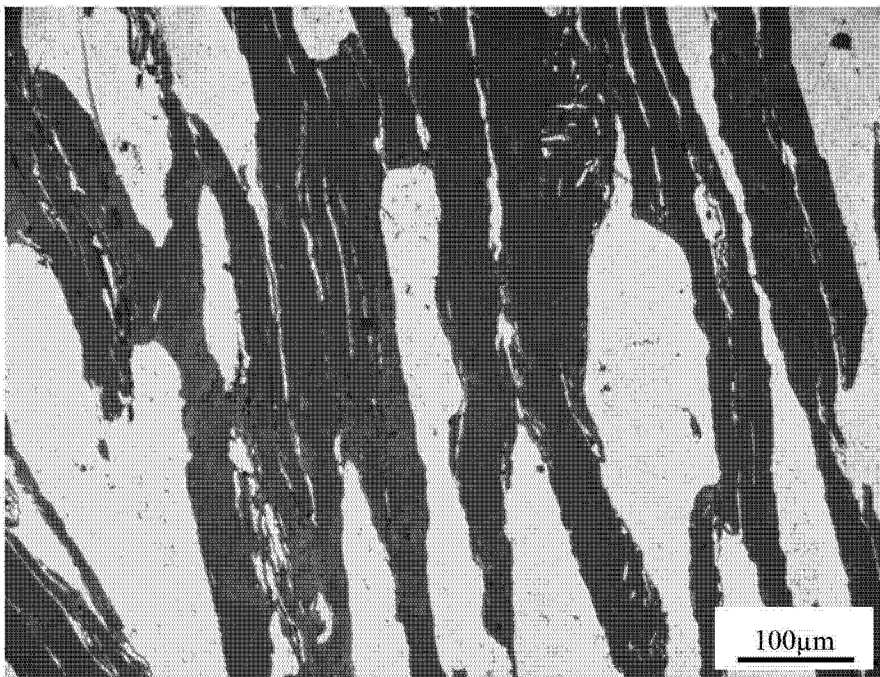


图 2

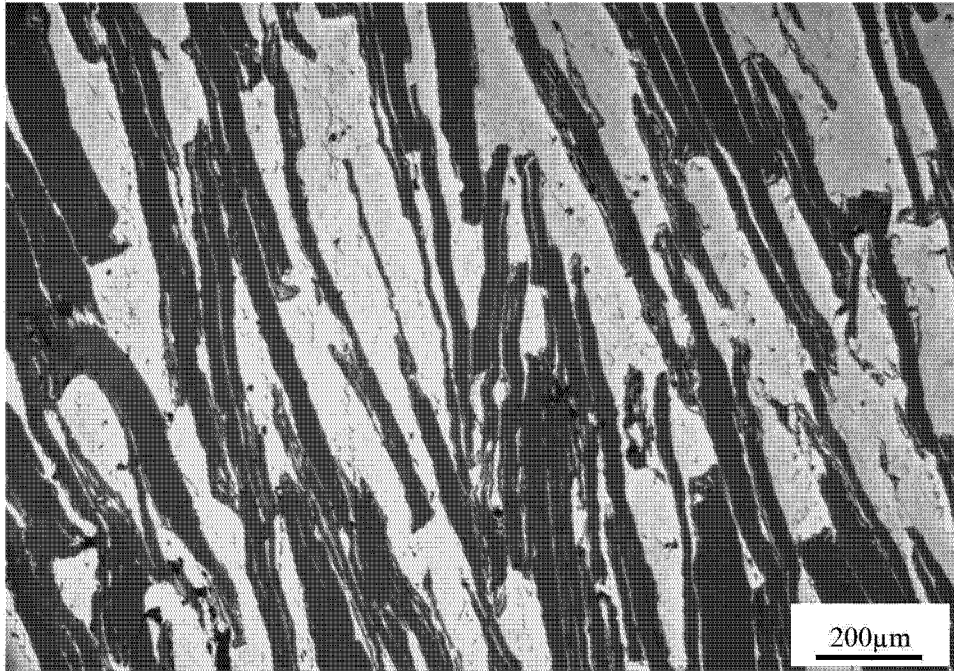


图 3