



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103240400 A

(43) 申请公布日 2013. 08. 14

(21) 申请号 201310151241. 1

C22C 32/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2013. 04. 26

(71) 申请人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381 号

(72) 发明人 屈盛官 楼华山 李小强 谭幽辉

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

代理人 盛佩珍

(51) Int. Cl.

B22D 19/02 (2006. 01)

C22C 1/10 (2006. 01)

C22C 29/06 (2006. 01)

C22C 21/00 (2006. 01)

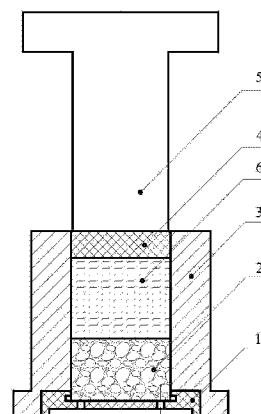
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种中高体分碳化硅铝基复合材料的制备方法及其装置

(57) 摘要

本发明公开了一种体积分数为 45% ~ 70% 的中高体分碳化硅铝基复合材料的制备方法, 并为该方法设计了专用保压 / 排气装置。本发明采用压力铸造法, 选用粗、细两种不同粒径的碳化硅材料为原料, 根据碳化硅体积分数的要求, 按质量比为 1:0.4 ~ 4 配粉并混合均匀; 选用 0.1 ~ 15MPa 范围的压强制备碳化硅多孔骨架; 将熔融的铝液倒入预热后的凹模, 铝液受压后向碳化硅多孔骨架浸渗, 获得碳化硅铝基复合材料。本发明装置能合理的控制铝液浸渗压力, 有效地避免了产生铝带等缺陷; 采用本发明实现了中高体分碳化硅铝基复合材料的微观组织晶粒均匀、接近全致密和性能稳定, 并且方法简单、便捷, 装置结构合理, 易于产业化。



1. 一种中高体分碳化硅铝基复合材料的制备方法,其特征在于:该方法采用压力铸造法,选用两种不同粒径的碳化硅材料作为制备碳化硅铝基复合材料的原料,制备方法具体步骤及其工艺条件如下:

步骤一:备料

要求碳化硅纯度大于 99.6%,颗粒粒径分布的离散度在 0.8 ~ 1.2 之间,颗粒表面干净无油污;

采用两种不同粒径的碳化硅材料混合而成的混合粉为原料,所述两种不同粒径的碳化硅材料是指:一种粗颗粒碳化硅与一种细颗粒碳化硅,根据碳化硅体积分数的要求,粗颗粒碳化硅与细颗粒碳化硅按质量比为:1:0.4 ~ 4 配粉并混合均匀,所述粗颗粒碳化硅的平均粒径选用规格如下:58 μm 、45 μm ,细颗粒碳化硅的平均粒径选用规格如下:6.5 μm 、2.6 μm ;两种不同粒径的粗细颗粒碳化硅配粉方式为:58 μm 与 6.5 μm ;45 μm 与 2.6 μm ;

步骤二:制备碳化硅多孔骨架

将两种不同粒径的碳化硅材料混合粉倒入石墨模具,根据碳化硅体积分数的要求,选用 0.1 ~ 15MPa 压强,将碳化硅材料压制成型,成型后至少保压 15 分钟,随后将碳化硅成型件放入高温炉中,至少加热至 1600 $^{\circ}\text{C}$,并至少保温 2 小时,高温炉冷却后,脱模,即可获得碳化硅多孔骨架;

步骤三:碳化硅铝基复合材料的制备

(1)对碳化硅多孔骨架进行检查与测试,选用满足以下条件的碳化硅多孔骨架:外形完整、无裂纹,内部无气孔、无裂纹,碳化硅体积分数 α 与显气孔率 ψ 之和大于等于 95%,抗压强度 $\sigma \geq 7\text{Mpa}$;

(2)将满足上述要求的碳化硅多孔骨架装入石墨底板顶部的阶梯孔中,直至与石墨底板接触,随后将安装有碳化硅多孔骨架的石墨底板压入凹模底部的配合孔中,直至石墨底板与配合孔上方的圆环紧密接触;

(3)凹模连同凹模内的碳化硅多孔骨架一同预热到至少 650 $^{\circ}\text{C}$ 后,将熔融的铝液倒入凹模,随后开动压力机,将粘着石墨隔离块的凸模压入凹模的型腔内,压入凹模型腔内的石墨隔离块将压力传递给铝液,铝液受压后随即向将碳化硅多孔骨架浸渗,附着在碳化硅颗粒之间的气体,一部分上浮而排出;一部分随着铝液的浸渗而被挤压向下排出,向下排出的气体穿过石墨底板的排气孔,经由缓冲孔排出凹模,从缓冲孔流出的铝液,接触压力机工作台后被冷却,冷凝而把石墨底板的排气孔堵塞,剩余的气体被压缩至石墨底板顶部的阶梯孔内,继续对铝液施加压力直至冷却,然后脱模,即获得碳化硅体积分数为 45% ~ 70% 范围内的碳化硅铝基复合材料。

2. 根据权利要求 1 所述的一种中高体分碳化硅铝基复合材料的制备方法,其特征在于:所述两种不同粒径的碳化硅材料混合粉,其混合过程依次历经:

①交错混粉:将粗颗粒碳化硅与细颗粒碳化硅分层混合;

②机械混粉:将碳化硅材料混合粉倒入混料机进行机械混合至少 24 小时;

③无序混粉:筛网过滤碳化硅混合粉。

3. 一种中高体分碳化硅铝基复合材料的制备装置,包括压力铸造机,其特征在于:本装置采用的压力铸造机,包括保压 / 排气装置,该保压 / 排气装置包括:石墨底板(1)、凹模(3)、石墨隔离块(4)、凸模(5),所述凹模(3)包括型腔(10)、配合孔(11)、圆环(12),所述

石墨底板(1)开设有阶梯孔(7)、缓冲孔(8)、排气孔(9),零件结构关系如下:

凹模(3)的型腔(10)底部是配合孔(11),配合孔(11)的上方是起密封作用的圆环(12),配合孔(11)与石墨底板(1)为过盈配合,型腔(10)与石墨隔离块(4)为过盈配合;石墨底板(1)顶部的阶梯孔(7)与碳化硅多孔骨架(2)是间隙配合,石墨隔离块(4)粘接在凸模(5)上。

一种中高体分碳化硅铝基复合材料的制备方法及其装置

技术领域

[0001] 本发明涉及碳化硅铝基复合材料的制备技术,具体是指一种体积分数为 45% ~ 70% 的中高体分碳化硅铝基复合材料的制备方法及其装置。

背景技术

[0002] 铝基复合材料具有高强度、高硬度、高弹性模量等优异的性能。作为一种新型的功能材料与工程材料,在航空航天等领域具有广泛的应用前景。然而由于制备成本等因素,限制了铝基复合材料的广泛应用。实现铝基复合材料制备的产业化,一直是研究者追求的目标。

[0003] 目前,压力浸渗法是制备高体分铝基复合材料的一个有效手段。采用压力浸渗法制备高体积分数的铝基复合材料,制备复合材料的成功与铝液浸渗压力大小、铝液浇注温度、碳化硅多孔骨架的显气孔率、碳化硅多孔骨架的强度以及碳化硅多孔骨架孔隙内气体的排出程度等诸多因素密切相关。复合材料制备过程中,保持铝液浸渗压力的稳定可以使碳化硅颗粒与铝液之间的界面反应进行得更加充分、更加彻底,从而为获得性能稳定的碳化硅铝基复合材料提供了必要条件。

[0004] 传统的压力浸渗法工艺是:将碳化硅颗粒堆积在凹模内并压制成碳化硅多孔骨架,凹模和碳化硅多孔骨架预热到设定温度后,接着将铝合金熔液浇注到凹模中,凸模下压使铝合金熔液浸渗预制件碳化硅多孔骨架,浸渗过程中,碳化硅颗粒之间附着的气体一部分向上浮起而从碳化硅骨架中排出,一部分在铝液的挤压作用下,向下经石墨碳块底板的排气孔排出,气体排出完毕,铝合金熔液随后也从排气孔流出,流出的铝合金熔液遇到空气后,因冷却而凝固,随即将排气孔堵塞,继续对凹模的铝合金熔液施加压力,受压的铝液能更充分的包裹住碳化硅颗粒,从而为两者之间发生界面反应提供了很好的条件,通过这种制备工艺可以获得性能稳定的碳化硅铝基复合材料。

[0005] 然而上述工艺存在如下 3 点缺陷,影响了碳化硅铝基复合材料制备的产业化:

[0006] 1、传统工艺制备的碳化硅多孔骨架强度低,制备碳化硅体积分数为 45% ~ 60% 的碳化硅铝基复合材料时,碳化硅骨架容易坍塌而导致碳化硅铝基复合材料存在铝带等缺陷;

[0007] 2、传统工艺没有有效的手段检测碳化硅多孔骨架的显气孔率、抗压强度等关键的性能指标;

[0008] 3、传统的工艺中,石墨碳块底板的排气孔与温度较低的工作台直接接触,这种的排气方式存在理论上的缺陷,由于碳化硅多孔骨架内部的孔隙网络结构复杂,气体受到铝液挤压从碳化硅多孔骨架排出需要一段时间;伴随气体一起经石墨碳块底板的排气孔排出的铝液在碳化硅多孔骨架内部气体没有排除干净的情况下可能提前堵塞排气孔,致使气体不能完全排出,导致制备碳化硅铝基复合材料的成品率下降。

[0009] 上述缺陷,直接影响到碳化硅铝基复合材料制备的成品率以及碳化硅铝基复合材料性能的稳定性,以至影响了铝基复合材料的产业化。因此,若能通过选择合适的方法辅

必要的装置,制备出性能稳定的碳化硅铝基复合材料,将会对铝基复合材料的产业化具有重要的意义。

发明内容

[0010] 本发明的目的在于针对现有技术的不足之处,提供一种中高体分碳化硅铝基复合材料的制备方法,并提供一种专用装置,实现中高体分碳化硅铝基复合材料的微观组织晶粒均匀、接近全致密和性能稳定,以推动碳化硅铝基复合材料制备的产业化。

[0011] 本发明的目的是通过下述技术方案实现的:

[0012] 一种中高体分碳化硅铝基复合材料的制备方法,其特征在于:该方法采用压力铸造法,选用两种不同粒径的碳化硅材料作为制备碳化硅铝基复合材料的原料,制备方法具体步骤及其工艺条件如下:

[0013] 步骤一:备料

[0014] 要求碳化硅纯度大于 99.6%,颗粒粒径分布的离散度在 0.8 ~ 1.2 之间,颗粒表面干净无油污;

[0015] 采用两种不同粒径的碳化硅材料混合而成的混合粉为原料,所述两种不同粒径的碳化硅材料是指:一种粗颗粒碳化硅与一种细颗粒碳化硅,根据碳化硅体积分数的要求,粗颗粒碳化硅与细颗粒碳化硅按质量比为:1:0.4 ~ 4 配粉并混合均匀,所述粗颗粒碳化硅的平均粒径选用规格如下:58 μm 、45 μm ,细颗粒碳化硅的平均粒径选用规格如下:6.5 μm 、2.6 μm ;两种不同粒径的粗细颗粒碳化硅配粉方式为:58 μm 与 6.5 μm ;45 μm 与 2.6 μm ;

[0016] 步骤二:制备碳化硅多孔骨架

[0017] 将两种不同粒径的碳化硅材料混合粉倒入石墨模具,根据碳化硅体积分数的要求,选用 0.1 ~ 15MPa 压强,将碳化硅材料压制成型,成型后至少保压 15 分钟,随后将碳化硅成型件放入高温炉中,至少加热至 1600 $^{\circ}\text{C}$,并至少保温 2 小时,高温炉冷却后,脱模,即可获得碳化硅多孔骨架;

[0018] 步骤三:碳化硅铝基复合材料的制备

[0019] 对碳化硅多孔骨架进行检查与测试,选用满足以下条件的碳化硅多孔骨架:外形完整、无裂纹,内部无气孔、无裂纹,碳化硅体积分数 α 与显气孔率 ψ 之和大于等于 95%,抗压强度 $\sigma \geq 7\text{MPa}$;

[0020] 将满足上述要求的碳化硅多孔骨架装入石墨底板顶部的阶梯孔中,直至与石墨底板接触,随后将安装有碳化硅多孔骨架的石墨底板压入凹模底部的配合孔中,直至石墨底板与配合孔上方的圆环紧密接触;

[0021] 凹模连同凹模内的碳化硅多孔骨架一同预热到至少 650 $^{\circ}\text{C}$ 后,将熔融的铝液倒入凹模,随后开动压力机,将粘着石墨隔离块的凸模压入凹模的型腔内,压入凹模型腔内的石墨隔离块将压力传递给铝液,铝液受压后随即向将碳化硅多孔骨架浸渗,附着在碳化硅颗粒之间的气体,一部分上浮而排出;一部分随着铝液的浸渗而被挤压向下排出,向下排出的气体穿过石墨底板的排气孔,经由缓冲孔排出凹模,从缓冲孔流出的铝液,接触压力机工作台后被冷却,冷凝而把石墨底板的排气孔堵塞,剩余的气体被压缩至石墨底板顶部的阶梯孔内,继续对铝液施加压力直至冷却,然后脱模,即获得碳化硅体积分数为 45% ~ 70% 范围内的碳化硅铝基复合材料。

[0022] 所述两种不同粒径的碳化硅材料混合粉,其混合过程依次历经:

[0023] ①交错混粉:将粗颗粒碳化硅与细颗粒碳化硅分层混合;

[0024] ②机械混粉:将碳化硅材料混合粉倒入混料机进行机械混合至少 24 小时;

[0025] ③无序混粉:筛网过滤碳化硅混合粉。

[0026] 一种中高体分碳化硅铝基复合材料的制备装置,包括压力铸造机,其特征在于:本装置采用的压力铸造机,包括保压/排气装置,该保压/排气装置包括:石墨底板、凹模、石墨隔离块、凸模,所述凹模包括型腔、配合孔、圆环,所述石墨底板开设有阶梯孔、缓冲孔、排气孔,零件结构关系如下:

[0027] 凹模的型腔底部是配合孔,配合孔的上方是起密封作用的圆环,配合孔与石墨底板为过盈配合,型腔与石墨隔离块为过盈配合;石墨底板顶部的阶梯孔与碳化硅多孔骨架是间隙配合,石墨隔离块粘接在凸模上。

[0028] 该装置的工作原理为:熔融的铝液(温度 820℃)浇注到凹模后,随即开动压力机,将粘着石墨隔离块的凸模压入凹模的型腔中,在石墨隔离块压入型腔过程中,石墨隔离块把压力传递给凹模中的铝液,铝液受压后,随即向碳化硅多孔骨架浸渗,碳化硅多孔骨架具备一定的抗压强度,受到铝液的压力后不会出现坍塌现象,碳化硅多孔骨架内部的孔隙互相连通,为铝液的流动提供了畅通的通道,随着铝液的不不断浸渗,附着在碳化硅多孔骨架孔隙的气体,一部分上浮排出;一部分在铝液的挤压作用下向下排出,向下排出的气体通过石墨底板的排气孔,流经缓冲孔而排出体外,当从缓冲孔流出的铝液接触压力机工作台后,冷凝而把石墨底板的排气孔堵塞,碳化硅多孔骨架剩余的气体可以被压缩至石墨底板顶部的阶梯孔中,阶梯孔设计了足够的空间,可以容纳从碳化硅多孔骨架向下排出的气体,附着在碳化硅多孔骨架孔隙的气体排空后,继续对铝液施加压力,由于,上方:石墨隔离块与型腔紧密接触,铝液不能从上方溅出;下方:石墨底板的排气孔已经被堵塞,石墨底板的顶部与凹模底部的圆环紧密接触且石墨底板与凹模在径向紧密接触,铝液也不能从下方泄露,因此,继续对铝液施加压力时,铝液对碳化硅多孔骨架的浸渗压力可以维持稳定,因而,铝液可以充分地包裹碳化硅颗粒的表面,两者之间可以进行很好的界面反应。复合材料冷却后,脱模,即可获得性能稳定的碳化硅铝基复合材料。

[0029] 本发明与现有技术相比,具有以下优点:

[0030] 1、本发明制备的碳化硅多孔骨架有强度,能承受铝液的冲击,采用本发明保压/排气装置制备中高体分碳化硅铝基复合材料时,能合理的控制铝液浸渗压力,并维持稳定,有效地避免了产生铝带等缺陷。

[0031] 2、采用本发明保压/排气装置,可以将附着在碳化硅多孔骨架孔隙中的气体彻底排除干净,提高了体积分数为 45%~70% 范围内的碳化硅铝基复合材料制备的成品率。

[0032] 3、本发明保压/排气装置的密封性能好,铝液不会泄露,铝液可以保持稳定的浸渗压力,铝液和碳化硅颗粒之间的界面反应能进行得更加充分,采用本发明制备的中高体分碳化硅铝基复合材料的微观组织晶粒均匀、近全致密和性能稳定;并可选择不同粒径的粗细颗粒碳化硅最佳配伍方式,以满足不同用途。

[0033] 4、本发明制备方法实现了中高体分碳化硅铝基复合材料的微观组织晶粒均匀、接近全致密和性能稳定,并且方法简单、便捷,装置结构合理,易于推动碳化硅铝基复合材料制备的产业化。

附图说明

[0034] 图 1 为本发明保压 / 排气装置的工作原理示意图 ;

[0035] 图 2 为本发明保压 / 排气装置的石墨底板的结构示意图 ;

[0036] 图 3 为本发明保压 / 排气装置的凹模的结构示意图。

[0037] 附图 1 中 :1 为石墨底板、2 为碳化硅多孔骨架、3 为凹模、4 为石墨隔离块、5 为凸模、6 为铝液 ;

[0038] 附图 2 中 :7 阶梯孔、8 为缓冲孔、9 为排气孔 ;

[0039] 附图 3 中 :10 为型腔、11 为配合孔、12 为圆环。

具体实施方式

[0040] 通过如下实施例及其附图对本发明作进一步的详细描述,但本发明的实施方式不限于此。

[0041] 实施例 1 :体积分数为 45% 的碳化硅铝基复合材料的制备

[0042] 本发明所述的中高体分碳化硅铝基复合材料的制备装置采用的压力铸造机和为实现本发明方法专门设计的保压 / 排气装置,该保压 / 排气装置包括 :石墨底板 1、凹模 3、石墨隔离块 4、凸模 5,所述凹模 3 包括型腔 10、配合孔 11、圆环 12,所述石墨底板 1 开设有阶梯孔 7、缓冲孔 8 及排气孔 9,零件结构关系如下 :

[0043] 凹模 3 的型腔 10,其下部是配合孔 11,配合孔 11 的上方是起密封作用的圆环 12,配合孔 11 与石墨底板 1 是过盈配合,型腔 10 与石墨隔离块 4 是过盈配合 ;石墨隔离块 4 用胶水粘接到凸模 5 上 ;石墨底板 1 的顶部的阶梯孔 7 与碳化硅多孔骨架 2 是间隙配合。

[0044] 采用上述中高体分碳化硅铝基复合材料的制备装置,制备体积分数为 45%、直径为 100mm、高度为 50mm 的碳化硅铝基复合材料,具体步骤及其工艺条件如下 :

[0045] 步骤一 :备料

[0046] 选用平均粒径为 $58\mu\text{m}$ 的粗颗粒碳化硅以及平均粒径为 $6.5\mu\text{m}$ 的细颗粒碳化硅配粉作为制备碳化硅铝基复合材料的原料,要求碳化硅纯度大于 99.6%,碳化硅颗粒表面干净无油污,颗粒粒径分布的离散度在 0.8 ~ 1.2 之间,颗粒形貌特征近似球体 ;

[0047] 根据所需的碳化硅铝基复合材料用量,计算所要制备的碳化硅铝基复合材料体积 V :

$$[0048] \quad V = \pi \times 5^2 \times 5 = 392.5 (\text{cm}^3)$$

[0049] 按照碳化硅密度 $\rho = 3.18 (\text{g}/\text{cm}^3)$,计算出所需碳化硅颗粒的质量 M :

$$[0050] \quad M = 0.45 \times V \times \rho = 561.7 (\text{g})$$

[0051] 按照碳化硅颗粒的质量 M 的 20%,提取平均粒径为 $58\mu\text{m}$ 的碳化硅材料,其质量为 112.3g ;

[0052] 按照碳化硅颗粒的质量 M 的 80%,提取平均粒径为 $6.5\mu\text{m}$ 的碳化硅材料,其质量为 449.3g ;即按质量比为 :1:4 配粉 ;

[0053] 步骤二 :制备碳化硅多孔骨架

[0054] (1) 两种不同粒径的碳化硅材料混合粉,其混合过程依次历经 :

[0055] ①交错混粉 :

[0056] 用药勺将平均粒径为 $58\mu\text{m}$ 的粗颗粒碳化硅舀到 180 目的标准筛网中,然后通过 180 目的标准筛网均匀的分摊到容器内,接着,再用药勺将平均粒径为 $6.5\mu\text{m}$ 的细颗粒碳化硅舀到 300 目的标准筛网中,同样通过 300 目的标准筛网均匀的分摊到平均粒径为 $58\mu\text{m}$ 的碳化硅颗粒层上方,如此反复直至将质量为 112.3g、平均粒径为 $58\mu\text{m}$ 的碳化硅材料以及质量为 449.3g、平均粒径为 $6.5\mu\text{m}$ 的碳化硅材料全部分层混合完毕;

[0057] ②机械混粉:

[0058] 将交错混粉后的碳化硅混合粉倒入不锈钢罐,盖紧不锈钢罐盖后,把不锈钢罐放置在罐磨机上,罐磨机转速设定为 70 转/分钟,开动罐磨机,进行机械混合 24 小时;

[0059] ③无序混粉:

[0060] 从罐磨机上取下不锈钢罐,用药勺将把上述碳化硅混合粉舀到 300 目的标准筛网上过滤;

[0061] (2) 制备碳化硅多孔骨架

[0062] 将石墨纸紧密的贴合到石墨模具内壁,接着将历经上述混粉的碳化硅混合粉倒入石墨模具,震实,随后,用 0.1MPa 的压强把碳化硅颗粒准确地压成 50mm 的高度,成型后保压 15 分钟,随后将装有碳化硅成型件的石墨模具放入高温炉中,加热到 1600°C 并保温 2 小时,随炉冷却后,取出,脱模,剥离石墨纸,即可获得碳化硅体积分数为 45% 的碳化硅多孔骨架 2;

[0063] 步骤三:碳化硅铝基复合材料的制备

[0064] (1) 对碳化硅多孔骨架进行检查与测试:

[0065] ①观察碳化硅体积分数为 45% 的碳化硅多孔骨架的外表形貌,是否完整是否存在裂纹等缺陷;选择满足制备要求的碳化硅多孔骨架,采用 X 光机工业 CT 机对其内部进行无损检测,观察碳化硅多孔骨架的 X 光照片,碳化硅多孔骨架内部各处色泽一致,没有黑色的条纹,表明碳化硅多孔骨架内部无裂纹、杂质等缺陷,如果 X 光检测到碳化硅多孔骨架存在裂纹、杂质等缺陷,则视为废品;

[0066] ②采用压力测试仪测试碳化硅多孔骨架的抗压强度,其抗压拉强度 $\sigma \geq 7.34\text{MPa}$,为了避免在铝液浸渗过程中,碳化硅多孔骨架坍塌,铝液的浸渗压力数值定为 7MPa;

[0067] ③检测碳化硅多孔骨架的显气孔率,将碳化硅多孔骨架放入盛水容器内,水位高出碳化硅多孔骨架 4cm,加热盛水容器,直至水沸腾,保持 30 分钟,冷却后,取出碳化硅多孔骨架,用浸渍饱和水的湿布擦除碳化硅多孔骨架表面多余的水分,随即称量吸附饱和水的碳化硅多孔骨架质量,得 $M_0=867\text{g}$,随后把浸渍饱和水的碳化硅多孔骨架放入带有溢流管的容器中,测量出排水的质量 m ,根据公式 (1):

$$[0068] \quad V_1 = M_0 - M \quad (1)$$

[0069] 计算出碳化硅多孔骨架的孔隙的体积;

[0070] 根据公式 (2):

$$[0071] \quad q = \frac{V_1}{m}$$

(2)

[0072] 计算出碳化硅多孔骨架的显气孔率,得到 $q=51.4\%$;

[0073] 碳化硅多孔骨架的碳化硅体积分数 α 为 45%，测定的显气孔率 ψ 为 51.4%，两者之和 $>95\%$ ，说明碳化硅多孔骨架孔隙互相连通的程度高，这为铝液顺利地浸渗提供了有利的条件；如果碳化硅体积分数 α 与显气孔率 ψ 之和 $<95\%$ ，则视为废品。测量完毕，对满足外形完整、无裂纹，内部无气孔、无裂纹，碳化硅体积分数 α 与显气孔率 ψ 之和大于 95%，抗压强度 $\sigma \geq 7\text{MPa}$ 条件的碳化硅多孔骨架进行干燥处理；

[0074] (2) 将经干燥处理的碳化硅多孔骨架 2 装入石墨底板 1 顶部的阶梯孔 7 中，直至与石墨底板 1 接触，随后将安装有碳化硅多孔骨架的石墨底板 1 压入凹模 3 底部的配合孔 11 中，直至石墨底板 1 与配合孔 11 上方的圆环 12 紧密接触；

[0075] 凹模 3 连同凹模 3 内的碳化硅多孔骨架 2 一同预热到 650°C ，铝合金加热至 820°C ，随后将熔融的铝液 6 倒入凹模 3 的型腔 10 内，接着，开动压力机，将粘有石墨隔离块 4 的凸模 5 压入型腔 10 中，对凸模 5 施加的压力为 7MPa ，压力通过石墨隔离块 4 传递给铝液 6，受压的铝液 6 随即向碳化硅多孔骨架 2 浸渗，碳化硅多孔骨架 2 具备 7.34MPa 以上的抗压强度，受到铝液 6 的压力后不会出现坍塌现象，碳化硅多孔骨架 2 内部的孔隙互相连通，为铝液 6 的流动提供了畅通的通道，随着铝液 6 的不断浸渗，附着在碳化硅多孔骨架隙的气体，一部分上浮排出；一部分在铝液 6 的挤压作用下向下排出，向下排出的气体通过石墨底板 1 的排气孔 9，流经缓冲孔 8 而排出凹模 3，当从缓冲孔 8 流出的铝液接触压力机工作台后，冷凝而把石墨底板的排气孔 9 堵塞，碳化硅多孔骨架 2 中剩余的气体可以被压缩至石墨底板 1 顶部的阶梯孔 7 中，阶梯孔 7 设计了足够的空间，可以容纳从碳化硅多孔骨架 2 向下排出的气体，附着在碳化硅多孔骨架孔隙的气体排空后，继续对铝液 6 施加压力，由于，上方：石墨隔离块 4 与凹模 3 的型腔紧密接触，铝液 6 不能从上方溅出；下方：石墨底板 1 的排气孔 9 已经被堵塞，石墨底板 1 的顶部与凹模 3 底部的圆环 12 紧密接触且石墨底板 1 与凹模 3 的配合孔在径向紧密接触，铝液 6 也不能从下方泄露，因此，继续对铝液施加压力时，铝液对碳化硅多孔骨架的浸渗压力可以维持稳定，因而，铝液 6 可以充分地包裹碳化硅颗粒的表面，两者之间可以进行很好的界面反应。复合材料冷却后，脱模，即获得碳化硅体积分数为 45% 的碳化硅铝基复合材料，经过对碳化硅体积分数为 45% 的碳化硅铝基复合材料性能检测，结果表明：复合材料抗弯强度达到 696MPa ，在 $25^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ 的热膨胀系数为 $11.1024 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，复合材料线切割的割口平整，采用金刚石车刀车削复合材料，车削的表面光洁度可以达到 $12.5\mu\text{m}$ 。

[0076] 实施例 2：体积分数为 60% 的碳化硅铝基复合材料的制备

[0077] 制备装置同实施例 1。

[0078] 制备方法除已下工艺条件之外同实施例 1：

[0079] 粗、细颗粒碳化硅的质量比为 1:1.5；粗颗粒碳化硅平均粒径为 $58\mu\text{m}$ ，质量为 299.6g ；细颗粒碳化硅平均粒径为 $6.5\mu\text{m}$ ，质量为 499.3g ；

[0080] 压制碳化硅多孔骨架的压强为 10MPa ；

[0081] 获得体积分数为 60% 的碳化硅铝基复合材料，经过对碳化硅体积分数为 60% 的碳化硅铝基复合材料性能检测，结果表明：复合材料抗弯强度达到 606MPa ，在 $25^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ 的热膨胀系数为 $9.8032 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，复合材料线切割的割口较为平整，采用金刚石车刀车削复合材料，车削的表面光洁度可以接近 $12.5\mu\text{m}$ 。

[0082] 实施例 3：体积分数为 70% 的碳化硅铝基复合材料的制备

[0083] 制备装置同实施例 1。

[0084] 制备方法除已下工艺条件之外同实施例 1：

[0085] 粗、细颗粒碳化硅的质量比为 1:0.4；粗颗粒碳化硅平均粒径为 58 μm ，质量为 624.1g，细颗粒碳化硅平均粒径为 6.5 μm ，质量为 249.6g。

[0086] 压制碳化硅多孔骨架的压强为 15MPa

[0087] 获得体积分数为 70% 的碳化硅铝基复合材料，经过对碳化硅体积分数为 70% 的碳化硅铝基复合材料性能检测，结果表明：复合材料抗弯强度达到 542MPa，在 25℃～120℃ 的热膨胀系数为 $6.8721 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，复合材料线切割的割口不平整，采用金刚石车刀车削复合材料，车削的表面光洁度可以接近 25 μm 。

[0088] 实施例 4：体积分数为 45% 的碳化硅铝基复合材料的制备

[0089] 制备装置同实施例 1。

[0090] 制备方法除已下工艺条件之外同实施例 1：

[0091] 粗、细颗粒碳化硅的质量比为 1:4；粗颗粒碳化硅平均粒径为 45 μm ，质量为 112.3g；细颗粒碳化硅平均粒径为 2.6 μm ，质量为 549.2g；

[0092] 获得体积分数为 45% 的碳化硅铝基复合材料，经过对碳化硅体积分数为 45% 的碳化硅铝基复合材料性能检测，结果表明：复合材料抗弯强度达到 696MPa，在 25℃～120℃ 的热膨胀系数为 $11.1024 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，复合材料线切割的割口非常平整，采用金刚石车刀车削复合材料，车削的表面光洁度可以接近 6.3 μm 。

[0093] 实施例 5：体积分数为 60% 的碳化硅铝基复合材料的制备

[0094] 制备装置同实施例 1。

[0095] 制备方法除已下工艺条件之外同实施例 1：

[0096] 粗颗粒碳化硅的平均粒径选 45 μm ，质量为 299.6g；细颗粒碳化硅的平均粒径选用 2.6 μm ，质量为 499.3g；粗、细颗粒碳化硅的质量比为 1:1.5；

[0097] 压制碳化硅多孔骨架的压强为 10MPa；

[0098] 获得体积分数为 60% 的碳化硅铝基复合材料，经过对碳化硅体积分数为 60% 的碳化硅铝基复合材料性能检测，结果与实施例 2 基本一致。

[0099] 实施例 6：体积分数为 70% 的碳化硅铝基复合材料的制备

[0100] 制备装置同实施例 1。

[0101] 制备方法除已下工艺条件之外同实施例 1：

[0102] 粗颗粒碳化硅的平均粒径选用 45 μm ，质量为 624.1g；细颗粒碳化硅的平均粒径选用 2.6 μm ，质量为 249.6g；粗、细颗粒碳化硅的质量比为 1:0.4；

[0103] 压制碳化硅多孔骨架的压强为 15MPa；

[0104] 获得体积分数为 70% 的碳化硅铝基复合材料，经过对碳化硅体积分数为 70% 的碳化硅铝基复合材料性能检测，结果表明：复合材料抗弯强度达到 542MPa，在 25℃～120℃ 的热膨胀系数为 $6.8721 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，复合材料线切割的割口不平整，采用金刚石车刀车削复合材料，车削的表面光洁度可以接近 12.5 μm 。

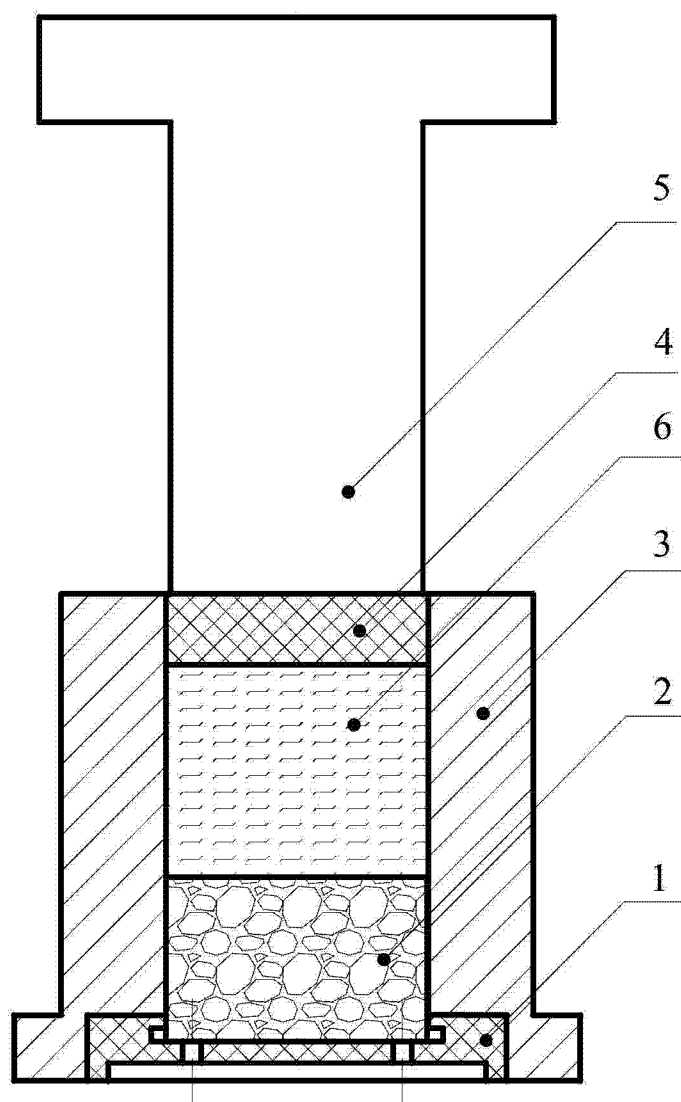


图 1

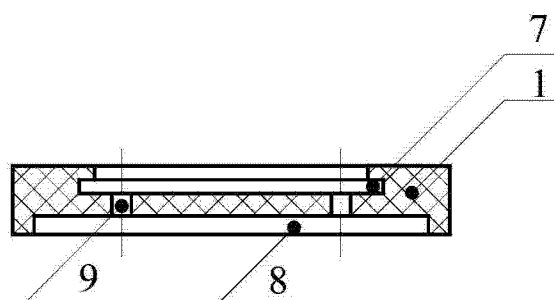


图 2

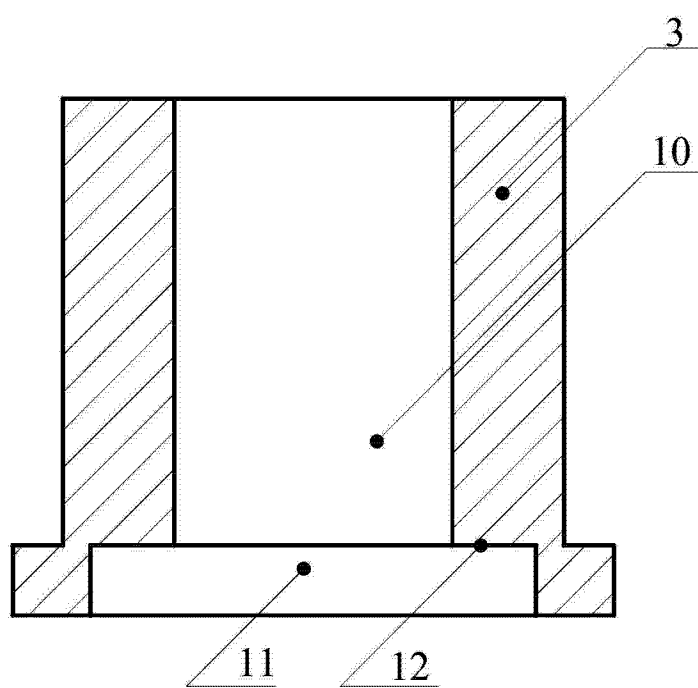


图 3