



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103878346 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 13

(21) 申请号 201410089306. 9

(22) 申请日 2014. 03. 12

(73) 专利权人 昆明理工大学

地址 650093 云南省昆明市五华区学府路  
253 号

(72) 发明人 卢德宏 熊艳春 余晶 王健  
蒋业华

(51) Int. Cl.

B22D 19/02(2006. 01)

B22F 1/00(2006. 01)

审查员 董琼

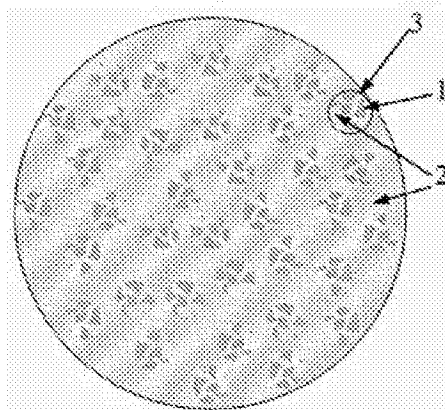
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

### (54) 发明名称

一种陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料的制备方法

### (57) 摘要

本发明涉及一种陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料的制备方法,属于材料科学技术领域。陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料的结构为金属基体中均匀分散有球状复合材料,球状复合材料的结构是金属基体中均匀分散有陶瓷颗粒。首先用陶瓷颗粒和粘接剂制备陶瓷颗粒球,然后在将陶瓷颗粒球与粘结剂按照粘结剂为陶瓷颗粒质量的3~10wt%的比例球磨混合均匀,并压制成预制体,最终在模具中制得致密的陶瓷颗粒多尺度增强金属基复合材料。



1. 一种陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料的制备方法,陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料结构为金属基体(2)中均匀分散有球状复合材料(3),球状复合材料(3)的结构是金属基体(2)中均匀分散有陶瓷颗粒(1),其特征在于具体步骤包括:

(1)陶瓷颗粒球的制备:将陶瓷颗粒均匀分散于粘接剂溶液中,其中粘结剂为陶瓷颗粒质量的10~40wt%,然后将混合物浇注到直径为0.5~10毫米的球形模具中,干燥脱模后在100℃~1200℃条件下焙烧30分钟~2小时,随炉冷却,获得具有较好强度的陶瓷颗粒球;

(2)预制体的制备:将陶瓷颗粒球与粘结剂按照粘结剂为陶瓷颗粒质量的3~10wt%的比例球磨混合均匀,并压制成预制体;

(3)将预制体在100℃~1200℃的条件下焙烧30分钟~2小时,然后置于所需形状的模具中,浇注金属基体熔融液,并采用重力铸造、负压铸造或挤压铸造方法,使得金属液浸渗到陶瓷颗粒球之间的间隙以及陶瓷颗粒球内部间隙中,最终制得致密的陶瓷颗粒多尺度增强金属基复合材料。

2. 根据权利要求1所述的陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料的制备方法,其特征在于:所述粘接剂溶液为模数为1.5~3的水玻璃溶液、浓度为10%~40%的硅溶胶、浓度为5%~20%的偏磷酸铝溶液、含水量为5%~30%的水泥、浓度为10%~20%的聚乙烯醇溶液或浓度为5%~20%的淀粉溶液的一种或几种任意比例混合物。

3. 根据权利要求1所述的陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料的制备方法,其特征在于:所述干燥是在常温条件下放置24小时以上。

4. 根据权利要求1所述的陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料的制备方法,其特征在于:所述球磨混合时间为30分钟~2小时,球磨速度为20~300r/min。

5. 根据权利要求1所述的陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料的制备方法,其特征在于:所述压制的压力为5~40MPa。

## 一种陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料的制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料的制备方法,属于材料科学技术领域。

### 背景技术

[0002] 陶瓷颗粒弥散均匀增强金属基复合材料具有优异的耐磨性,但是,其塑性和韧性也很差,在较高的冲击磨损工况下,复合材料会过早地断裂和剥落。这成为了耐磨金属基复合材料发展的瓶颈,极大地限制了金属基复合材料的应用范围。为了解决这个问题:

[0003] 中国发明专利 CN101898239A 利用 WC 颗粒在真空高温中烧结成一定形状的坯体,置于铸型端面,采用负压浇铸使得金属液浸入 WC 颗粒间隙中,形成局部增强复合材料。该工艺的缺点是只能采用 WC 陶瓷,具有成本高的缺点。

[0004] 中国发明专利 CN102211196 在金属本体上开设盲孔,在其中填入陶瓷粉与自熔性合金粉的混合粉末,经过 1000℃~1150℃ 真空烧结后,在盲孔的位置形成陶瓷增强金属基耐磨复合材料。该工艺将陶瓷颗粒增强金属基复合材料分布在金属本体中,构成局部增强复合材料,能够提高材料整体的抗冲击磨损能力。但是该工艺要将金属本体也加热到高温,能耗较高,效率较低。

[0005] 中国发明专利 CN101912957A 公开了一种网络互穿型陶瓷-金属复合材料及其制备方法。其中,将 SiC 陶瓷做成三维支架,至于铸型中,再浇注入钢铁液,形成一种网络互穿陶瓷-金属复合材料。该工艺将陶瓷的耐磨性和金属的韧性有效结合起来,克服了服役过程中陶瓷单元易脱落的问题,能够适用于一定冲击载荷下的磨损。但是,该发明中 SiC 陶瓷支架的制造较为复杂。

[0006] 中国发明专利 CN101899585A 将碳化物陶瓷颗粒或硬质合金破碎颗粒与金属粉末混合,并在高温下烧结成柱状、条状、块状、蜂窝状预制体,在铸型端面规则排列,然后浇注金属液,使金属液浸入陶瓷颗粒的缝隙,形成复合材料,并且复合材料与母体金属共同组成耐磨件的表面。该工艺制备的复合材料具有高的抗冲击能力。但是,其中只能使用与金属液有浸润能力的碳化物或硬质合金颗粒,成本仍然较高。

### 发明内容

[0007] 为克服现有技术的不足,本发明提供一种陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料及其制备方法,陶瓷颗粒多尺度增强金属基复合材料具有在较高的冲击磨损工况下应用的能力,工艺较为简单,适合工业化生产。

[0008] 本发明的陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料的结构为金属基体 2 中均匀分散有球状复合材料 3,球状复合材料 3 的结构是金属基体 2 中均匀分散有陶瓷颗粒 1。

[0009] 所述金属基体 2 为铸钢、铸铁、Al 合金、Cu 合金、Zn 合金、Mg 合金、Ti 合金或 Ni 合金中的任意一种。

[0010] 所述陶瓷颗粒 1 为  $Al_2O_3$ 、 $ZrO_2$ 、 $SiO_2$ 、SiC、 $B_4C$ 、 $Si_3N_4$ 、TiN 或  $TiB_2$  中的一种或几种

任意比例混合物,其颗粒直径为 10 微米~ 500 微米,分布在球状复合材料 3 中的体积分数为 10%~ 70%。

[0011] 所述球状复合材料 3 的直径为 1 毫米~ 10 毫米,分布在金属基体中的体积分数为 10%~ 70%。

[0012] 为获得上述陶瓷颗粒多尺度增强金属基复合材料,本发明公开的制备方法如下:

[0013] (1)陶瓷颗粒球的制备:将陶瓷颗粒均匀分散于粘接剂溶液中,其中粘接剂为陶瓷颗粒质量的 10~ 40wt%,然后将混合物浇注到直径为 0.5~ 10 毫米的球形模具中,干燥脱模后在 100℃~ 1200℃条件下焙烧 30 分钟~ 2 小时,随炉冷却,获得具有较好强度的陶瓷颗粒球;

[0014] (2)预制体的制备:将陶瓷颗粒球与粘接剂按照粘接剂为陶瓷颗粒质量的 3~ 10wt% 的比例球磨混合均匀,并压制成预制体;

[0015] (3)将预制体在 100℃~ 1200℃的条件下焙烧 30 分钟~ 2 小时,然后置于所需形状的模具中,浇注金属基体熔融液,并采用重力铸造、负压铸造或挤压铸造方法,使得金属液浸渗到陶瓷颗粒球之间的间隙以及陶瓷颗粒球内部间隙中,最终制得致密的陶瓷颗粒多尺度增强金属基复合材料。

[0016] 所述粘接剂溶液为模数为 1.5~ 3 的水玻璃溶液、浓度为 10%~ 40% 的硅溶胶、浓度为 5%~ 20% 的偏磷酸铝溶液、含水量为 5%~ 30% 的水泥、浓度为 10%~ 20% 的聚乙烯醇溶液或浓度为 5%~ 20% 的淀粉溶液的一种或几种任意比例混合物。

[0017] 所述干燥是在常温条件下放置 24 小时以上。

[0018] 所述球磨混合时间为 30 分钟~ 2 小时,球磨速度为 20~ 300r/min。

[0019] 所述压制的压力为 5~ 40MPa。

[0020] 本发明的陶瓷颗粒多尺度增强金属基复合材料具有在较高的冲击磨损工况下应用的能力。这是因为,当高冲击载荷作用下,在第一增强尺度的陶瓷颗粒内或陶瓷颗粒/基体界面产生裂纹时,裂纹在扩展过程中,必然在第二增强尺度的球状复合材料增强体/基体界面受阻,从而阻碍了复合材料的断裂和剥落,提高了复合材料的耐磨性。

[0021] 本发明具有以下有益效果和优点:

[0022] 1、所述陶瓷颗粒多尺度增强金属基复合材料具有在较高的冲击磨损工况下应用的能力,其工艺较为简单,适合工业化生产。

[0023] 2、陶瓷颗粒多尺度增强金属基复合材料耐磨性比普通的金属基复合材料提高了两到三倍左右,其使用寿命也有所提高。

[0024] 3、采用挤压铸造方法制备复合材料,对陶瓷颗粒和金属基体间的润湿性能没有特别要求。

[0025] 4、采用挤压铸造方法,陶瓷颗粒多尺度增强金属基复合材料一次浸渗和成形,工艺较为简单,适合工业化生产。

## 附图说明

[0026] 图 1 是本发明复合材料的结构示意图。

[0027] 图中:1- 陶瓷颗粒,2- 金属基体,3- 球状复合材料。

## 具体实施方式

[0028] 下面结合附图和具体实施方式,对本发明作进一步说明。

[0029] 实施方式一:如图 1 所示,本实施方式的陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料结构为金属基体 2 中均匀分散有球状复合材料 3,球状复合材料 3 的结构是金属基体 2 中均匀分散有陶瓷颗粒 1。金属基体 2 为 Ni 合金。陶瓷颗粒 1 为  $TiB_2$ ,其颗粒直径为 10 微米~200 微米,分布在球状复合材料 3 中的体积分数为 10%。球状复合材料 3 的直径为 1 毫米~3 毫米,分布在金属基体中的体积分数为 10%。具体制备方法为:

[0030] (1) 陶瓷颗粒球的制备:将陶瓷颗粒均匀分散于粘接剂溶液中,其中粘接剂为陶瓷颗粒质量的 10wt%,然后将混合物浇注到直径为 0.5 毫米的球形模具中,干燥脱模后在 1200℃条件下焙烧 30 分钟,随炉冷却,获得具有较好强度的陶瓷颗粒球;

[0031] (2) 预制体的制备:将陶瓷颗粒球与粘接剂按照粘接剂为陶瓷颗粒质量的 10wt% 的比例球磨混合均匀,并压制成预制体;

[0032] (3) 将预制体在 100℃的条件下焙烧 30 分钟,然后置于所需形状的模具中,浇注金属基体熔融液,并采用重力铸造、负压铸造或挤压铸造方法,使得金属液浸渗到陶瓷颗粒球之间的间隙以及陶瓷颗粒球内部间隙中,最终制得致密的陶瓷颗粒多尺度增强金属基复合材料。

[0033] 实施方式二:如图 1 所示,本实施方式的陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料结构为金属基体 2 中均匀分散有球状复合材料 3,球状复合材料 3 的结构是金属基体 2 中均匀分散有陶瓷颗粒 1。金属基体 2 为 Mg 合金中的任意一种。陶瓷颗粒 1 为 TiN,其颗粒直径为 200~500 微米,分布在球状复合材料 3 中的体积分数为 70%。球状复合材料 3 的直径为 10 毫米,分布在金属基体中的体积分数为 70%。具体制备方法为:

[0034] (1) 陶瓷颗粒球的制备:将陶瓷颗粒均匀分散于粘接剂溶液中,其中粘接剂为陶瓷颗粒质量的 40wt%,然后将混合物浇注到直径为 10 毫米的球形模具中,干燥脱模后在 100℃条件下焙烧 2 小时,随炉冷却,获得具有较好强度的陶瓷颗粒球;

[0035] (2) 预制体的制备:将陶瓷颗粒球与粘接剂按照粘接剂为陶瓷颗粒质量的 3wt% 的比例球磨混合均匀,并压制成预制体;

[0036] (3) 将预制体在 1200℃的条件下焙烧 1 小时,然后置于所需形状的模具中,浇注金属基体熔融液,并采用重力铸造、负压铸造或挤压铸造方法,使得金属液浸渗到陶瓷颗粒球之间的间隙以及陶瓷颗粒球内部间隙中,最终制得致密的陶瓷颗粒多尺度增强金属基复合材料。

[0037] 实施方式三:如图 1 所示,本实施方式的陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料结构为金属基体 2 中均匀分散有球状复合材料 3,球状复合材料 3 的结构是金属基体 2 中均匀分散有陶瓷颗粒 1。金属基体 2 为 Cu 合金。陶瓷颗粒 1 为  $SiO_2$ ,其颗粒直径为 10 微米~500 微米,分布在球状复合材料 3 中的体积分数为 20%。球状复合材料 3 的直径为 1 毫米~10 毫米,分布在金属基体中的体积分数为 30%。具体制备方法为:

[0038] (1) 陶瓷颗粒球的制备:将陶瓷颗粒均匀分散于粘接剂溶液中,其中粘接剂为陶瓷颗粒质量的 30wt%,然后将混合物浇注到直径为 5 毫米的球形模具中,干燥脱模后在 800℃条件下焙烧 1.5 小时,随炉冷却,获得具有较好强度的陶瓷颗粒球;

[0039] (2) 预制体的制备:将陶瓷颗粒球与粘接剂按照粘接剂为陶瓷颗粒质量的 8wt% 的

比例球磨混合均匀,并压制成预制体;

[0040] (3)将预制体在 800℃的条件下焙烧 2 小时,然后置于所需形状的模具中,浇注金属基体熔融液,并采用重力铸造、负压铸造或挤压铸造方法,使得金属液浸渗到陶瓷颗粒球之间的间隙以及陶瓷颗粒球内部间隙中,最终制得致密的陶瓷颗粒多尺度增强金属基复合材料。

[0041] 实施方式四:如图 1 所示,本实施方式的陶瓷颗粒多尺度增强金属基体复合材料结构为金属基体 2 中均匀分散有球状复合材料 3,球状复合材料 3 的结构是金属基体 2 中均匀分散有陶瓷颗粒 1。金属基体 2 为 Al 合金。陶瓷颗粒 1 为  $ZrO_2$ ,其颗粒直径为 400 微米,分布在球状复合材料 3 中的体积分数为 30%。球状复合材料 3 的直径为 2 毫米,分布在金属基体中的体积分数为 40%。具体制备方法为:

[0042] (1)陶瓷颗粒球的制备:将陶瓷颗粒均匀分散于粘接剂溶液中,其中粘结剂为陶瓷颗粒质量的 20wt%,然后将混合物浇注到直径为 7 毫米的球形模具中,干燥脱模后在 900℃条件下焙烧 0.8 小时,随炉冷却,获得具有较好强度的陶瓷颗粒球;

[0043] (2)预制体的制备:将陶瓷颗粒球与粘结剂按照粘结剂为陶瓷颗粒质量的 6wt% 的比例球磨混合均匀,并压制成预制体;

[0044] (3)将预制体在 600℃的条件下焙烧 1.7 小时,然后置于所需形状的模具中,浇注金属基体熔融液,并采用重力铸造、负压铸造或挤压铸造方法,使得金属液浸渗到陶瓷颗粒球之间的间隙以及陶瓷颗粒球内部间隙中,最终制得致密的陶瓷颗粒多尺度增强金属基复合材料。

[0045] 实施方式五:本实施方式制备得到  $Al_2O_3$ 陶瓷颗粒多尺度增强 40Cr 钢基复合材料:用 100~120 微米大小的  $Al_2O_3$ 陶瓷颗粒与 40Cr 钢基体构成直径 3 毫米的球状复合材料(第一尺度增强), $Al_2O_3$ 陶瓷颗粒的体积分数为 60%,然后球状复合材料又均匀分散到 40Cr 钢基体中作为增强体(第二尺度增强),其体积分数为 55%,从而形成  $Al_2O_3$ 陶瓷颗粒多尺度增强 40Cr 钢基复合材料。复合材料的制备方法如下:

[0046] 步骤 A:陶瓷颗粒球的制备:将  $Al_2O_3$ 陶瓷颗粒搅拌分散于 30% 硅溶胶粘溶液中,浇注到直径 3 毫米的球形模具中,24 小时干燥,脱模,获得陶瓷颗粒球坯,然后 120℃~1000℃逐步升温焙烧 2 小时,炉冷,获得具有较好强度的陶瓷颗粒球;

[0047] 步骤 B:预制体的制备:将陶瓷颗粒球与 5% 的模数为 2.2 的水玻璃粘接剂在球磨机中混合 30 分钟,在 10MPa 压力下压制所需形状的预制体;

[0048] 步骤 C:铸造:将预制体在 800℃焙烧 1 小时,出炉后快速置于铸型型腔中,然后浇注 40Cr 钢液,采用挤压铸造,使得金属液浸渗到陶瓷颗粒球之间的间隙以及陶瓷颗粒球内部间隙中,最终制得致密的  $Al_2O_3$ 陶瓷颗粒多尺度增强 40Cr 钢基复合材料。制得的复合材料比普通的  $Al_2O_3$ 陶瓷颗粒增强 40Cr 钢基复合材料耐磨性提高了 1.5~3 倍,使用寿命大大增强。

[0049] 实施方式六:本实施方式制备得到 SiC 陶瓷颗粒多尺度增强 45 钢基复合材料:用 80~100 微米大小的 SiC 陶瓷颗粒与 45 钢基体构成直径 4 毫米的球状复合材料(第一尺度增强),SiC 陶瓷颗粒的体积分数为 50%,然后球状复合材料又均匀分散到 45 钢基体中作为增强体(第二尺度增强),其体积分数为 55%,从而形成 SiC 陶瓷颗粒多尺度增强 45 钢基复合材料。所述复合材料的制备方法如下:

[0050] 步骤 A:陶瓷颗粒球的制备:将 SiC 陶瓷颗粒搅拌分散于 12% 的偏磷酸铝溶液中,浇注到直径 3 毫米的球形模具中,经过 24 小时干燥,脱模,获得陶瓷颗粒球坯,然后在 120℃~1000℃逐步升温,焙烧 2 小时,炉冷,获得具有较好强度的陶瓷颗粒球;

[0051] 步骤 B:预制体的制备:将陶瓷颗粒球与 5% 的模数为 2.2 的水玻璃粘接剂在球磨机中混合 60 分钟,在 10MPa 压力下压制所需形状的预制体;

[0052] 步骤 C:铸造:将预制体在 800℃焙烧 1 小时,出炉后快速置于铸型型腔中,然后浇注 45 钢液,采用重力铸造,使得金属液浸渗到陶瓷颗粒球之间的间隙以及陶瓷颗粒球内部间隙中,最终制得致密的 SiC 陶瓷颗粒多尺度增强 45 钢基复合材料。这种复合材料比普通的 SiC 陶瓷颗粒增强 45 钢基复合材料耐磨性提高了 1.5~2 倍,使用寿命也有所提高。

[0053] 实施方式七:本实施方式制备 SiC 陶瓷颗粒多尺度增强铝基复合材料:将 20~80 微米大小的 SiC 陶瓷颗粒与铝基体构成直径 5 毫米的球状复合材料(第一尺度增强),SiC 陶瓷颗粒的体积分数为 65%,然后球状复合材料又均匀分散到铝基体中作为增强体(第二尺度增强),其体积分数为 55%,从而形成 SiC 陶瓷颗粒多尺度增强铝基复合材料。所述复合材料的制备方法如下:

[0054] 步骤 A:陶瓷颗粒球的制备:将 SiC 陶瓷颗粒搅拌分散于 12% 的偏磷酸铝溶液中,浇注到直径 3 毫米的球形模具中,经过 24 小时干燥,脱模,获得陶瓷颗粒球坯,然后在 120℃~1000℃焙烧 2 小时,炉冷,获得具有较好强度的陶瓷颗粒球;

[0055] 步骤 B:预制体的制备:将 SiC 陶瓷颗粒球与 5% 的模数为 2.2 的水玻璃粘接剂在球磨机中混合 60 分钟,在 20MPa 压力下压制所需形状的预制体;

[0056] 步骤 C:铸造:将预制体在 600℃焙烧 1 小时,出炉后快速置于铸型型腔中,然后浇注铝液,采用负压铸造,使得金属液浸渗到陶瓷颗粒球之间的间隙以及陶瓷颗粒球内部间隙中,获最终制得致密的 SiC 陶瓷颗粒多尺度增强铝基复合材料。这种复合材料比普通的 SiC 陶瓷颗粒增强铝基复合材料耐磨性提高了 2~3 倍,使用寿命也有所提高。

[0057] 实施方式七:本实施方式制备 B<sub>4</sub>C 陶瓷颗粒多尺度增强铁基复合材料:用 80~120 微米大小的 B<sub>4</sub>C 陶瓷颗粒与灰铁基体构成直径 3 毫米的球状复合材料(第一尺度增强),B<sub>4</sub>C 陶瓷颗粒的体积分数为 65%,然后球状复合材料又均匀分散到灰铁基体中作为增强体(第二尺度增强),其体积分数为 55%,从而形成 B<sub>4</sub>C 陶瓷颗粒多尺度增强铁基复合材料;所述复合材料的制备方法如下:

[0058] 步骤 A:陶瓷颗粒球的制备:将 B<sub>4</sub>C 陶瓷颗粒搅拌分散于 25% 硅溶胶粘溶液中,浇注到直径 5 毫米的球形模具中,经过 24 小时干燥,脱模,获得陶瓷颗粒球坯,然后在 120℃~1000℃逐步升温焙烧 2 小时,炉冷,获得具有较好强度的陶瓷颗粒球;

[0059] 步骤 B:预制体的制备:将陶瓷颗粒球与 5% 的模数为 2.2 的水玻璃粘接剂在球磨机中混合 60 分钟,在 10MPa 压力下压制所需形状的预制体;

[0060] 步骤 C:铸造:将预制体在 800℃焙烧 1 小时,出炉后快速置于铸型型腔中,然后浇注灰铁液,采用挤压铸造,使得金属液浸渗到陶瓷颗粒球之间的间隙以及陶瓷颗粒球内部间隙中,最终制得致密的 B<sub>4</sub>C 陶瓷颗粒多尺度增强铁基复合材料。这种复合材料比普通的 B<sub>4</sub>C 陶瓷颗粒增强铁基复合材料耐磨性提高了 1.5~2.5 倍,使用寿命有所提高。

[0061] 实施方式八:本实施方式制备的 TiN 陶瓷颗粒多尺度增强铝基复合材料:用 100~120 微米大小的 TiN 陶瓷颗粒与 A356 铝基体构成直径 3 毫米的球状复合材料(第一

尺度增强),TiN 陶瓷颗粒的体积分数为 60%,然后球状复合材料又均匀分散到 A356 铝基体中作为增强体(第二尺度增强),其体积分数为 55%,从而形成 TiN 陶瓷颗粒多尺度增强铝基复合材料。所述复合材料的制备方法如下:

[0062] 步骤 A:陶瓷颗粒球的制备:将 TiN 陶瓷颗粒搅拌分散于 30% 硅溶胶粘溶液中,浇注到直径 3 毫米的球形模具中,经过 24 小时干燥,脱模,获得陶瓷颗粒球坯,然后

[0063] 在 120℃~1000℃逐步升温焙烧 2 小时,炉冷,获得具有较好强度的陶瓷颗粒球;

[0064] 步骤 B:预制体的制备:将陶瓷颗粒球与 5% 的模数为 2.2 的水玻璃粘接剂在球磨机中混合 60 分钟,在 10MPa 压力下压制所需形状的预制体;

[0065] 步骤 C:铸造:将预制体在 600℃焙烧 1 小时,出炉后快速置于铸型型腔中,然后浇注 A356 铝液,采用挤压铸造,使得金属液浸渗到陶瓷颗粒球之间的间隙以及陶瓷颗粒球内部间隙中,最终制得致密的 TiN 陶瓷颗粒多尺度增强铝基复合材料。这种复合材料比普通的 TiN 陶瓷颗粒增强铝基复合材料耐磨性提高了 1.5~3 倍,使用寿命有所提高。

[0066] 以上结合附图对本发明的具体实施方式作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施方式,在本领域普通技术人员所具备的知识范围内,还可以在不脱离本发明宗旨的前提下作出各种变化。



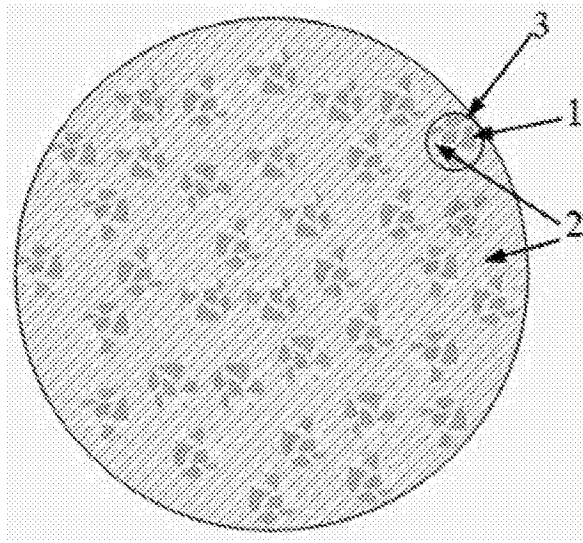


图 1