



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109439950 A

(43)申请公布日 2019.03.08

---

(21)申请号 201811600234.4	<i>G21D 6/00</i> (2006.01)
(22)申请日 2018.12.26	<i>G21D 9/00</i> (2006.01)
(71)申请人 广东越科新材料有限公司	<i>G22C 1/05</i> (2006.01)
地址 514021 广东省梅州市平远县东石镇	<i>G22C 29/12</i> (2006.01)
凉庭村工人镇	<i>G22C 30/00</i> (2006.01)
申请人 广东省材料与加工研究所	<i>G22C 33/02</i> (2006.01)
(72)发明人 王娟 郑开宏 罗铁钢 邓超	<i>G22C 33/04</i> (2006.01)
董晓蓉 郑志斌	<i>G22C 38/02</i> (2006.01)
(74)专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569	<i>G22C 38/04</i> (2006.01)
代理人 刘奇	<i>G22C 38/18</i> (2006.01)
(51)Int.Cl.	<i>G22C 38/46</i> (2006.01)
<i>G22C 38/50</i> (2006.01)	
<i>G22C 1/10</i> (2006.01)	
<i>B22F 3/04</i> (2006.01)	
<i>B22F 3/10</i> (2006.01)	
<i>B22F 3/14</i> (2006.01)	

权利要求书1页 说明书7页

---

(54)发明名称

一种钢基复合锤头及其制备方法

(57)摘要

本发明提供了一种钢基复合锤头的制备方法,属于复合材料技术领域,本发明通过控制原料的种类、用量比以及制备方法,制得的陶瓷增强体包括陶瓷硬质相和非硬质相的铁,陶瓷硬质相包含氧化铝、氧化锆、碳化钒、碳化钛和碳化铬,一方面解决了高组分(>50%)、小粒径(<1000 μm)的陶瓷微粒弥散分布在钢铁材料的壁垒,另一方面解决含陶瓷增强体在高温钢铁液冲刷易溃散的难题,同时消除陶瓷增强体在后期铸造复合过程中易产生气孔、夹渣、裂纹等缺陷,制得的钢基复合锤头缺陷明显减少,提高了耐磨性能。实施例的数据表明,本发明提供的钢基复合锤头耐磨性能优异。

1. 一种钢基复合锤头的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 将原料混合,得到混合微粉,所述原料包括以下重量百分比的组分:10~60%的硬质陶瓷粉、10~22%的高碳铬铁粉、2~4.5%的钒铁粉、1~2.5%的碳化钛粉、1.5~3.5%的镍粉以及25~70%的还原铁粉;

(2) 将所述步骤(1)得到的混合微粉与无水乙醇混合后球磨,得到球磨产物;

(3) 将所述步骤(2)得到的球磨产物干燥后进行等静压成型,得到陶瓷增强体坯体;

(4) 将所述步骤(3)得到的陶瓷增强体坯体热压烧结,得到陶瓷增强体;

(5) 将所述步骤(4)得到的陶瓷增强体固定在锤头砂型中后浇铸钢熔体,得到钢基复合锤头胚体;

(6) 将所述步骤(5)得到的钢基复合锤头胚体进行热处理,得到钢基复合锤头。

2. 根据权利要求1所述的制备方法,其特征在于,所述步骤(1)中硬质陶瓷粉的平均粒径小于1000 $\mu\text{m}$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的制备方法,其特征在于,所述步骤(1)中硬质陶瓷粉包括 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{ZrO}_2$ 复相陶瓷微粉和/或 $\text{ZrO}_2$ 微粉。

4. 根据权利要求1所述的制备方法,其特征在于,所述步骤(3)中等静压成型的压力为180~300MPa,所述等静压成型的保压时间为0.5~1h。

5. 根据权利要求1所述的制备方法,其特征在于,所述步骤(4)中热压烧结的温度为1230~1550 $^{\circ}\text{C}$ ,所述热压烧结的压力为20~50MPa,所述热压烧结的时间为0.5~2h。

6. 根据权利要求1所述的制备方法,其特征在于,所述步骤(2)中球磨的时间为12~36h,所述球磨的转速为100~300rpm。

7. 根据权利要求1所述的制备方法,其特征在于,所述步骤(3)中干燥的温度为100~250 $^{\circ}\text{C}$ ,所述干燥的时间为2~5h。

8. 根据权利要求1所述的制备方法,其特征在于,所述步骤(4)中浇铸的温度为1500~1600 $^{\circ}\text{C}$ 。

9. 根据权利要求1所述的制备方法,其特征在于,所述步骤(6)中热处理的温度为1020~1070 $^{\circ}\text{C}$ ,时间为1~2h。

10. 权利要求1~9任意一项所述制备方法制得的钢基复合锤头。

## 一种钢基复合锤头及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及复合材料技术领域,尤其涉及一种钢基复合锤头及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 金属材料是最重要的工程材料,在金属材料中,90%为钢铁,钢铁材料具有价格便宜、资源丰富、性能优越及易实现规模化生产等特点,获得了广泛使用。如何提高钢铁材料的性能也成为国内外众多学者研究的目标,其中一个重要的研究方向就是铁基复合材料的开发和应用。低密度、高刚度和高强度的增强体颗粒加入到钢铁基体中制备颗粒增强钢铁基复合材料,在降低材料密度的同时,提高它的弹性模量、硬度、耐磨性和高温性能,广泛应用于耐磨零件等工业领域。

[0003] 硬质陶瓷微粉,如 $ZrO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、WC等致密化微粉,硬度普遍比钢铁材料高,是理想的钢铁基复合材料增强颗粒。研究表明,颗粒尺寸较小的复合材料具有较高的屈服应力,而在摩擦磨损等工况条件下,通常还要求磨损工作面的增强颗粒体积分数大于50%,常规的制备工艺难以实现。

[0004] 赵散梅等报道了可以制备出2~3mmZTA陶瓷颗粒增强钢铁基复合材料(参见《ZTA/高铬铸铁基复合材料的制备及磨损性能研究》,赵散梅等,铸造技术,2011,32(12):1673-1676),但是对于粒径 $<50\mu m$ 的ZTA陶瓷微粒,由于微粒间孔隙过小、材料间润湿性和钢铁的流动性等因素限制,采用铸渗法很难制备。CN1297798A公开先制备增强体坯体,再通过铸造烧结技术,利用铸造过程高温钢水或铁水的热量,使粘贴在铸型壁上的压坯烧结致密化并发生高温化学反应,从而在铸件表面生成表面平整、厚度稳定的表面复合材料层。利用铁水充型过程中的热量,在增强体内原位生成VC、TiC等,同时完成增强体与基体的界面冶金结合。但是,该方法增强体存在三个问题:1)内部反应剧烈,热量、体积波动巨大,增强体与基体界面出现缩孔、应力集中等缺陷,又由于铁水浇铸充型时间短,铁合金迅速凝固,内部气孔、应力等无法短时间排出或释放,将导致形成大量初始裂纹源;2)在高温钢铁液冲刷易溃散;3)在浇铸充型时间短的情况下,热容量导致加入的石墨反应不完全,在铸件内部残留石墨点缺陷,降低材料力学性能。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种钢基复合锤头及其制备方法。本发明提高增强体中硬质相的含量,使小粒径( $<1000\mu m$ )的陶瓷微粒弥散分布在钢铁材料的壁垒,同时消除增强体在后期铸造复合过程中易产生气孔、夹渣、裂纹等缺陷,提高钢基复合锤头的耐磨性能。

[0006] 为了实现上述发明目的,本发明提供以下技术方案:

[0007] 一种钢基复合锤头的制备方法,包括以下步骤:

[0008] (1)将原料混合,得到混合微粉,所述原料包括以下重量百分比的组分:10~60%的硬质陶瓷粉、10~22%的高碳铬铁粉、2~4.5%的钒铁粉、1~2.5%的碳化钛粉、1.5~

3.5%的镍粉以及25~70%的还原铁粉；

[0009] (2) 将所述步骤(1)得到的混合微粉与无水乙醇混合后球磨,得到球磨产物；

[0010] (3) 将所述步骤(2)得到的球磨产物干燥后进行等静压成型,得到陶瓷增强体坯体；

[0011] (4) 将所述步骤(3)得到的陶瓷增强体坯体热压烧结,得到陶瓷增强体；

[0012] (5) 将所述步骤(4)得到的陶瓷增强体固定在锤头砂型中后浇铸钢熔体,得到钢基复合锤头胚体；

[0013] (6) 将所述步骤(5)得到的钢基复合锤头胚体进行热处理,得到钢基复合锤头。

[0014] 优选地,所述步骤(1)中硬质陶瓷粉的平均粒径小于1000 $\mu\text{m}$ 。

[0015] 优选地,所述步骤(1)中硬质陶瓷粉包括 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{ZrO}_2$ 复相陶瓷微粉和/或 $\text{ZrO}_2$ 微粉。

[0016] 优选地,所述步骤(3)中等静压成型的压力为180~300MPa,所述等静压成型的保压时间为0.5~1h。

[0017] 优选地,所述步骤(4)中热压烧结的温度为1230~1550 $^{\circ}\text{C}$ ,所述热压烧结的压力为20~50MPa,所述热压烧结的时间为0.5~2h。

[0018] 优选地,所述步骤(2)中球磨的时间为12~36h,所述球磨的转速为100~300rpm。

[0019] 优选地,所述步骤(3)中干燥的温度为100~250 $^{\circ}\text{C}$ ,所述干燥的时间为2~5h。

[0020] 优选地,所述步骤(4)中浇铸的温度为1500~1600 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0021] 优选地,所述步骤(6)中热处理的温度为1020~1070 $^{\circ}\text{C}$ ,时间为1~2h。

[0022] 本发明还提供了上述技术方案所述制备方法制得的钢基复合锤头。

[0023] 本发明提供了一种钢基复合锤头的制备方法,将原料混合,得到混合微粉,所述原料包括以下重量百分比的组分:10~60%的硬质陶瓷粉、10~22%的高碳铬铁粉、2~4.5%的钒铁粉、1~2.5%的碳化钛粉、1.5~3.5%的镍粉以及25~70%的还原铁粉;将混合微粉与无水乙醇混合后球磨,得到球磨产物;将球磨产物干燥后进行等静压成型,得到陶瓷增强体坯体;将陶瓷增强体坯体热压烧结,得到陶瓷增强体;将陶瓷增强体固定在锤头砂型中后浇铸钢熔体,得到钢基复合锤头胚体;将钢基复合锤头胚体进行热处理,得到钢基复合锤头。本发明与铸造烧结法相比,通过热压烧结工艺,使陶瓷增强体中VC、 $\text{Cr}_7\text{C}_3$ 等增强相的合成反应在这一工艺环节中进行,使材料的吸热、放热,体积的收缩、膨胀等提前发生,这样避免在铸造过程中短时间的物理化学转变,造成复合材料残留气孔缺陷、界面残余应力过大、反应不完全、产物性能不理想等问题;与重力或压力铸渗法相比,制得的陶瓷增强体孔隙均匀,钢熔体能够更好地渗入;与搅拌-离心铸造法相比,避免了陶瓷微粒团聚现象,且陶瓷微粒的粒径均匀分布,有利于产业应用;同时本发明成本低廉,可机械化程度高,能适应大规模生产,推广前景十分广阔。本发明通过控制原料的种类、用量比以及制备方法,制得的陶瓷增强体包括陶瓷硬质相和非硬质相的铁,陶瓷硬质相包含氧化铝、氧化锆、碳化钒、碳化钛和碳化铬,一方面解决了高组分( $>50\%$ )、小粒径( $<1000\mu\text{m}$ )的陶瓷微粒弥散分布在钢铁材料的壁垒,另一方面解决含陶瓷增强体在高温钢铁液冲刷易溃散的难题,同时消除陶瓷增强体在后期铸造复合过程中易产生气孔、夹渣、裂纹等缺陷,制得的钢基复合锤头缺陷明显减少,提高了耐磨性能。实施例的数据表明,本发明提供的钢基复合锤头比钢基体制得的锤头的耐磨性能提高了1.5~2倍。

## 具体实施方式

[0024] 本发明提供了一种钢基复合锤头的制备方法,包括以下步骤:

[0025] (1) 将原料混合,得到混合微粉,所述原料包括以下重量百分比的组分:10~60%的硬质陶瓷粉、10~22%的高碳铬铁粉、2~4.5%的钒铁粉、1~2.5%的碳化钛粉、1.5~3.5%的镍粉以及25~70%的还原铁粉;

[0026] (2) 将所述步骤(1)得到的混合微粉与无水乙醇混合后球磨,得到球磨产物;

[0027] (3) 将所述步骤(2)得到的球磨产物干燥后进行等静压成型,得到陶瓷增强体坯体;

[0028] (4) 将所述步骤(3)得到的陶瓷增强体坯体热压烧结,得到陶瓷增强体;

[0029] (5) 将所述步骤(4)得到的陶瓷增强体固定在锤头砂型中后浇铸钢熔体,得到钢基复合锤头胚体;

[0030] (6) 将所述步骤(5)得到的钢基复合锤头胚体进行热处理,得到钢基复合锤头。

[0031] 本发明将原料混合,得到混合微粉,所述原料包括以下重量百分比的组分:10~60%的硬质陶瓷粉、10~22%的高碳铬铁粉、2~4.5%的钒铁粉、1~2.5%的碳化钛粉、1.5~3.5%的镍粉以及25~70%的还原铁粉。

[0032] 在本发明中,所述原料中硬质陶瓷粉的重量百分比优选为45%。在本发明中,所述硬质陶瓷粉的平均粒径优选小于1000 $\mu\text{m}$ ,更优选为小于900 $\mu\text{m}$ 。

[0033] 在本发明中,所述硬质陶瓷粉优选包括 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{ZrO}_2$ 复相陶瓷微粉和/或 $\text{ZrO}_2$ 微粉。本发明对所述 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{ZrO}_2$ 复相陶瓷微粉和 $\text{ZrO}_2$ 微粉的来源没有特殊的限定,采用本领域技术人员熟知的市售商品即可。

[0034] 在本发明中,所述原料中高碳铬铁粉的重量百分比优选为17.6%。在本发明中,所述高碳铬铁粉优选包含以下质量分数的组分:C 6.0~10.0%,Cr 62~72%,Fe 20~35%。本发明对所述高碳铬铁粉的来源没有特殊的限定,采用本领域技术人员熟知的市售商品即可。

[0035] 在本发明中,所述原料中钒铁粉的重量百分比优选为3.6%。在本发明中,所述钒铁粉优选包含以下质量分数的组分:V 35~65%,Fe 35~65%。本发明对所述钒铁粉的来源没有特殊的限定,采用本领域技术人员熟知的市售商品即可。

[0036] 在本发明中,所述原料中碳化钛粉的重量百分比优选为1.8%。本发明对所述碳化钛粉的来源没有特殊的限定,采用本领域技术人员熟知的市售商品即可。

[0037] 在本发明中,所述原料中镍粉的重量百分比优选为2%。本发明对所述镍粉的来源没有特殊的限定,采用本领域技术人员熟知的市售商品即可。

[0038] 在本发明中,所述原料中还原铁粉的重量百分比优选为30%。本发明对所述还原铁粉的来源没有特殊的限定,采用本领域技术人员熟知的市售商品即可。

[0039] 得到混合微粉后,本发明将所述混合微粉与无水乙醇混合后球磨,得到球磨产物。在本发明中,所述球磨的时间优选为12~36h,所述球磨的转速优选为100~300rpm。

[0040] 在本发明中,所述混合微粉与无水乙醇的用量比优选为100g:40~60mL。

[0041] 得到球磨产物后,本发明将所述球磨产物干燥后进行等静压成型,得到陶瓷增强体坯体。在本发明中,所述干燥的温度优选为100~250 $^{\circ}\text{C}$ ,更优选为150 $^{\circ}\text{C}$ ,所述干燥的时间优选为2~5h,更优选为3h。在本发明中,所述干燥优选在真空干燥箱中进行。

[0042] 在本发明中,所述等静压成型的压力优选为180~300MPa,更优选为250MPa,所述等静压成型的保压时间优选为0.5~1h。

[0043] 得到陶瓷增强体坯体后,本发明将所述陶瓷增强体坯体热压烧结,得到陶瓷增强体。

[0044] 在本发明中,所述热压烧结的温度优选为1230~1550℃,更优选为1250℃,所述热压烧结的压力优选为20~50MPa,更优选为30MPa,所述热压烧结的时间优选为0.5~2h,更优选为1h。本发明通过热压烧结工艺,使陶瓷增强体中VC、Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>等增强相的合成反应在这一工艺环节中发生,使材料的吸热、放热,体积的收缩、膨胀等提前发生,这样避免在铸造过程中短时间的物理化学转变,造成复合材料残留气孔缺陷、界面残余应力过大、反应不完全、产物性能不理想等问题。

[0045] 本发明中,陶瓷增强体包括陶瓷硬质相和非硬质相的铁。在本发明中,所述陶瓷硬质相优选包含氧化铝、氧化锆、碳化钒、碳化钛和碳化铬。在本发明中,所述陶瓷增强体的形状优选与构件需复合的区域匹配,更优选为条状、块状或多孔状。在本发明中,所述陶瓷增强体的厚度优选为3~80mm。

[0046] 得到所述陶瓷增强体后,本发明将所述陶瓷增强体固定在锤头砂型中后浇铸钢熔体,得到钢基复合锤头胚体。本发明对所述锤头砂型或制备方法没有特殊的限定,采用本领域技术人员熟知的制备方法制得的锤头砂型即可。

[0047] 在本发明中,所述浇铸的温度优选为1500~1600℃,更优选为1550~1580℃,更优选为1560℃。

[0048] 在本发明中,所述钢熔体优选来自合金钢。本发明对所述合金钢的具体成分没有特殊的限定。

[0049] 得到钢基复合锤头胚体后,本发明将所述钢基复合锤头胚体进行热处理,得到钢基复合锤头。

[0050] 在本发明中,所述热处理的温度优选为1020~1070℃,更优选为1040~1060℃,时间优选为1~2h,更优选为1~1.5h。

[0051] 本发明还提供了上述技术方案所述制备方法制得的钢基复合锤头。本发明通过陶瓷增强体制备钢基复合锤头,陶瓷增强体中包括陶瓷硬质相和非硬质相的铁,陶瓷硬质相优选包含氧化铝、氧化锆、碳化钒、碳化钛和碳化铬。本发明通过控制原料的种类、用量比以及制备方法,制得的陶瓷增强体包括陶瓷硬质相和非硬质相的铁,陶瓷硬质相包含氧化铝、氧化锆、碳化钒、碳化钛和碳化铬,一方面解决了高组分(>50%)、小粒径(<1000μm)的陶瓷微粒弥散分布在钢铁材料的壁垒,另一方面解决含陶瓷增强体在高温钢铁液冲刷易溃散的难题,同时消除陶瓷增强体在后期铸造复合过程中易产生气孔、夹渣、裂纹等缺陷,制得的钢基复合锤头缺陷明显减少,提高了耐磨性能。

[0052] 下面结合实施例对本发明提供的钢基复合锤头及其制备方法进行详细的说明,但是不能把它们理解为对本发明保护范围的限定。

[0053] 本发明所有实施例中硬质陶瓷粉的平均粒径小于1000μm,高碳铬铁粉优选包含以下质量分数的组分:C 6.0%,Cr 64%,Fe 30%,钒铁粉包含以下质量分数的组分:V 35%,Fe 65%。

[0054] 实施例1

[0055] 1) 原材料与配比;

[0056] 陶瓷增强体各原料配比如表1所示。

[0057] 表1陶瓷增强体各原料配比

[0058]

原料	致密 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·ZrO <sub>2</sub> 复相陶瓷微粉	高碳铬铁粉	钒铁粉	碳化钛	镍粉	还原铁粉
比例 (质量百分比)	60	10	2	1	1.5	25.5

[0059] 2) 将上述混合微粉放入球磨罐,按照每100g微粉加入40mL的无水乙醇的比例混合,球磨机转速300r/min,混料时间12h;

[0060] 3) 将上述经球磨处理后的混合微粉放入真空干燥箱中干燥,温度为100℃,干燥时间5h;

[0061] 4) 将上述混合微粉放入模具进行等静压成型,压力180MP,保压1h;

[0062] 5) 将上述制得的陶瓷增强体坯体进行热压烧结,烧结温度为1230℃,压力为50MPa,保压时间2h,保温2h;

[0063] 6) 陶瓷增强体中的陶瓷增强相包含氧化铝、氧化锆、碳化钒、碳化钛和碳化铬,增强体厚度40mm;

[0064] 7) 制作锤头砂型,将上述制得的陶瓷增强体切成Φ20×30mm尺寸,放置在砂型中,合箱;在中频感应电炉中熔炼合金钢,合金钢成分C:0.2%,Cr:2.5%,Si:0.5%,Mn:0.5%,P:0.05%,S:0.05%,余量为Fe;浇入钢水,浇铸温度为1550℃,冷却后,得到钢基复合锤头胚体;

[0065] 8) 将所述钢基复合锤头胚体于1020℃下进行热处理2h,得到钢基复合锤头。

[0066] 该钢基复合锤头的增强体中有原有的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·ZrO<sub>2</sub>复相陶瓷和新生成的TiC、VC、(Fe、Cr)<sub>7</sub>C<sub>3</sub>等多种硬质增强相,且界面结合良好。

[0067] 本实施例制得的钢基复合锤头缺陷明显减少,对本实施例制得的钢基复合锤头进行耐磨性能测试,结果发现本实施例制得的钢基复合锤头比钢基体制得的锤头提高了1.5倍。

[0068] 实施例2

[0069] 1) 原材料与配比;

[0070] 陶瓷增强体各原料配比如表2所示。

[0071] 表2陶瓷增强体各原料配比

[0072]

原料	致密 ZrO <sub>2</sub> 微粉	高碳铬铁粉	钒铁粉	碳化钛粉	镍粉	还原铁粉
比例 (质量百分比)	10	22	4.5	2.5	3.5	57.5

[0073] 2) 上述混合微粉放入球磨罐,按照每100g微粉加入60mL的无水乙醇的比例混合,球磨机转速100r/min,混料时间36h;

[0074] 3) 将上述混合微粉放入真空干燥箱中干燥,温度为250℃,干燥时间2h;

[0075] 4) 将上述经球磨处理后的混合微粉放入模具进行等静压成型,压力300MP,保压0.5h;

[0076] 5) 将上述制得的陶瓷增强体坯体进行热压烧结,烧结温度为1230℃,压力为

20MPa,保压时间0.5h,保温0.5h;

[0077] 6) 陶瓷增强体中的陶瓷增强相包含氧化铝、氧化锆、碳化钒、碳化钛和碳化铬等,增强体厚度60mm;

[0078] 7) 制作锤头砂型,将上述制得的陶瓷增强体切成 $\Phi 20 \times 30$ mm尺寸,放置在砂型中,合箱;在中频感应电炉中熔炼合金钢,合金钢成分C:0.3%,Cr:2.5%,Si:0.5%,Mn:0.5%,P:0.05%,S:0.0.5%,余量为Fe;浇入钢水,浇铸温度为1560℃,冷却后,得到钢基复合锤头胚体;

[0079] 8) 将所述钢基复合锤头胚体于1070℃下进行热处理1h,得到钢基复合锤头。

[0080] 该钢基复合锤头的增强体中有原有的ZrO<sub>2</sub>复相陶瓷和新生成的TiC、VC、(Fe、Cr)<sub>7</sub>C<sub>3</sub>等多种硬质增强相,且界面结合良好。

[0081] 本实施例制得的钢基复合锤头缺陷明显减少,对本实施例制得的钢基复合锤头进行耐磨性能测试,结果发现本实施例制得的钢基复合锤头比钢基体制得的锤头提高了2倍。

[0082] 实施例3

[0083] 1) 原材料与配比;

[0084] 陶瓷增强体各原料配比如表3所示。

[0085] 表3陶瓷增强体各原料配比

[0086]

原料	致密 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·ZrO <sub>2</sub> 复相陶瓷微粉	高碳铬铁粉	钒铁粉	碳化钛	镍粉	还原铁粉
比例(质量百分比)	45	17.6	3.6	1.8	2	30

[0087] 2) 将上述混合微粉放入球磨罐,按照每100g微粉加入40mL的无水乙醇的比例混合,球磨机转速300r/min,混料时间12h;

[0088] 3) 将上述经球磨处理后的混合微粉放入真空干燥箱中干燥,温度为150℃,干燥时间5h;

[0089] 4) 将上述混合微粉放入模具进行等静压成型,压力250MP,保压1h;

[0090] 5) 将上述制得的陶瓷增强体坯体进行热压烧结,烧结温度为1250℃,压力为30MPa,保压时间1h,保温1h;

[0091] 6) 陶瓷增强体中的陶瓷增强相包含氧化铝、氧化锆、碳化钒、碳化钛和碳化铬等,增强体厚度50mm;

[0092] 7) 制作锤头砂型,将上述制得的陶瓷增强体切成 $\Phi 20 \times 30$ mm尺寸,放置在砂型中,合箱;在中频感应电炉中熔炼合金钢,合金钢成分C:0.35%,Cr:2.5%,Si:0.5%,Mn:0.5%,P:0.05%,S:0.0.5%,余量为Fe;浇入钢水,浇铸温度为1580℃,冷却后,得到钢基复合锤头胚体;

[0093] 8) 将所述钢基复合锤头胚体于1050℃下进行热处理1.5h,得到钢基复合锤头。

[0094] 该钢基复合锤头的增强体中有原有的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·ZrO<sub>2</sub>复相陶瓷和新生成的TiC、VC、(Fe、Cr)<sub>7</sub>C<sub>3</sub>等多种硬质增强相,且界面结合良好。

[0095] 本实施例制得的钢基复合锤头缺陷明显减少,对本实施例制得的钢基复合锤头进行耐磨性能测试,结果发现本实施例制得的钢基复合锤头比钢基体制得的锤头提高了1.7倍。

[0096] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。