



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111745157 B

(45) 授权公告日 2022.06.28

(21) 申请号 202010482082.3

B22F 1/00 (2022.01)

(22) 申请日 2020.05.29

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 102776413 A, 2012.11.14

申请公布号 CN 111745157 A

CN 104911381 A, 2015.09.16

(43) 申请公布日 2020.10.09

审查员 梁秀兰

(73) 专利权人 中国航发北京航空材料研究院
地址 100095 北京市海淀区北京市81号信箱科技发展部

(72) 发明人 方爽 熊华平 于秋颖 张敏聪

(74) 专利代理机构 中国航空专利中心 11008
专利代理师 陈宏林

(51) Int. Cl.

B22F 3/08 (2006.01)

B22F 3/03 (2006.01)

B22F 3/14 (2006.01)

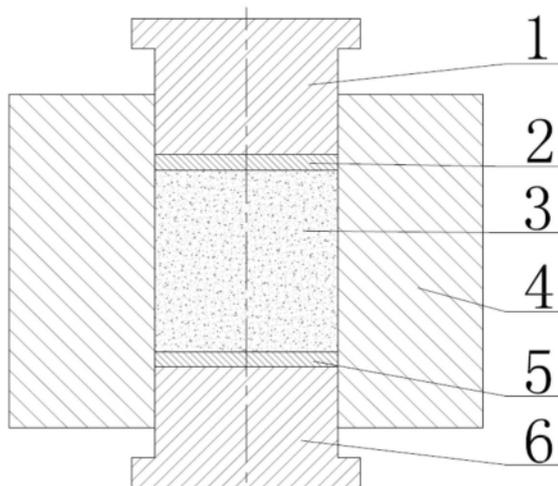
权利要求书2页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于热爆反应的钛铝基高温合金块体的制备方法

(57) 摘要

本发明是一种基于热爆反应的钛铝基高温合金块体的制备方法,该方法以Ti/Al混合粉末为原料,并添加适量的钛合金粉末进行合金化,通过热爆反应和热压烧结制备新型钛铝合金材料,相对于常规的-TiAl将明显提高室温延伸率,同时在750°C拥有稳定的高温断裂强度和抗氧化性。我国武器装备对长期工作温度能稳定达到750°C的高温钛合金材料需求十分迫切,例如高压压气机叶片、高压压气机盘和机匣等等,但是已有的-TiAl材料的室温脆性太大。本项目所研究的新型钛铝合金将基本保留-TiAl的热强性,但将明显降低其室温脆性,显著提升其工程实用性,体现出显著的技术进步,为航空推重比1215发动机和高性能航天推进器上耐热部件的研制提供重要技术支持。



1. 一种基于热爆反应的钛铝基高温合金块体的制备方法,其特征在于:该制备方法是将Ti粉末、Al粉末在真空环境下混合后进行热爆反应,再将热爆反应后的产物和钛合金粉末在真空环境下进行混合,热压烧结后得到钛铝基高温合金块体;

所述钛合金粉末的材料为Ti₂AlNb或Ti-Al-Fe,所述Ti粉末、Al粉末的质量比与两者的相对原子质量比一致,钛合金粉末占钛铝基高温合金块体体积的5%~30%;

用于热爆反应的热爆模具是热爆筒(8)和热爆盖(7)两部分组成,热爆筒(8)和热爆盖(7)均是由石墨制成,热爆盖(7)上加工有通气孔,该通气孔的直径与热爆盖(7)的直径比例是0.05~0.1。

2. 根据权利要求1所述的基于热爆反应的钛铝基高温合金块体的制备方法,其特征在于:所述热爆反应的温度为900℃~1300℃,烧结时间为0.5h~2h,然后随炉冷却至300℃以下取出。

3. 根据权利要求1所述的基于热爆反应的钛铝基高温合金块体的制备方法,其特征在于:所述热压烧结的温度为900℃~1300℃,压力为10MPa~50MPa,烧结时间为0.5h~2h,然后随炉冷却至300℃以下取出。

4. 根据权利要求1所述的基于热爆反应的钛铝基高温合金块体的制备方法,其特征在于:所述热压烧结模具包括一个热压烧结筒(4),热压烧结筒(4)的上端口内设置有上垫片(2)和上压头(1),热压烧结筒(4)的下端口设置有下垫片(5)和下压头(6),上压头(1)、上垫片(2)、下垫片(5)和下压头(6)与热压烧结筒(4)的内壁之间为过渡配合。

5. 根据权利要求1所述的基于热爆反应的钛铝基高温合金块体的制备方法,其特征在于:进行热爆反应前,用氮化硼乳浊液涂覆热爆模具,然后自然晾干。

6. 根据权利要求1所述的基于热爆反应的钛铝基高温合金块体的制备方法,其特征在于:进行热压烧结前,用酒精擦净热压烧结模具,并用氮化硼乳浊液涂覆热压烧结模具,然后自然晾干。

7. 根据权利要求1所述的基于热爆反应的钛铝基高温合金块体的制备方法,其特征在于:该制备方法的步骤如下:

步骤一、粉末准备

根据钛铝基高温合金块体的重量称取粉末粒度一致的纯Ti粉末、纯Al粉末和钛合金粉末,其中Ti粉末、Al粉末的质量比与两者的相对原子质量比一致,钛合金粉末的体积占钛铝基高温合金块体体积的5%~30%;

步骤二、热爆模具准备

用酒精擦净热爆模具,并用氮化硼乳浊液涂饰热爆模具,然后自然晾干;

步骤三、热爆反应

将称取好的纯Ti粉末和纯Al粉末放入研钵中,在真空环境下进行混合,混合好后倒入热爆模具内,将热爆模具放入真空烧结炉中,在900℃~1300℃的温度下烧结0.5h~2h,然后随炉冷却至300℃以下取出;

步骤四、热压烧结模具准备

用酒精擦净热压烧结模具,并用氮化硼乳浊液涂饰热压烧结模具,然后自然晾干;

步骤五、热压烧结

将热爆反应后的产物和钛合金粉末放入研钵中,在真空环境下进行混合,混合好后倒

入热压烧结模具中,将热压烧结模具放入真空烧结炉中,在900℃~1300℃的温度及10MPa~50MPa下烧结0.5h~2h,然后随炉冷却至300℃以下取出,即得到钛铝基高温合金块体。

一种基于热爆反应的钛铝基高温合金块体的制备方法

技术领域

[0001] 本发明是一种基于热爆反应的钛铝基高温合金块体的制备方法,属于热加工技术领域。

背景技术

[0002] γ -TiAl金属间化合物具有密度低,比强度、比刚度高,高温性能好等一系列优点,一般认为其长期使用温度甚至可达750℃~800℃(典型的高温性能数据:800℃,拉伸强度500MPa左右)。一方面, γ -TiAl金属间化合物可以代替常规Ti基合金,从而提高材料的使用温度;另一方面,可以代替Ni基高温合金达到减重的目的,而且减重效果相对于Ti₂AlNb合金更为明显,这对于满足高性能航空发动机的高温服役要求和减重要求是非常具有吸引力的。

[0003] 但是, γ -TiAl金属间化合物存在的最大问题是室温塑性差,比如这类材料经锻造及热处理后室温延伸率一般仅为1.0%~3.0%左右,很难超过3.5%~4.0%,这样造成材料的冷热加工成形性较差、构件的机加工难度较大,也严重影响构件的安全可靠性,从而使得 γ -TiAl材料在飞机、发动机很多高温部件的设计和应用都很受局限。

[0004] Ti₂AlNb合金是一种具有正交结构 θ 相为基体的Ti-Al系金属间化合物,由于它在650℃~700℃具有较好的强度、塑韧性和抗蠕变性能(典型的室温性能数据:拉伸强度1100MPa左右,延伸率8-14%),且密度低,所以在航空、航天领域有较好的应用潜力。尽管如此,一般认为这种材料长期稳定的工作温度还是难以超过700℃。

[0005] 应该说,目前在航空、航天领域国际上都缺少一种长期工作温度能达到700℃~750℃的实用性强(室温延伸率达到3.5%~5.0%)的钛基高温合金。

发明内容

[0006] 本发明正是针对上述现有国内现有技术中存在的不足而设计提供了一种基于热爆反应的钛铝基高温合金块体的制备方法,其目的是研究高性能的新型TiAl系材料,将为我国新一代装备相关耐热部件的研制提供重要理论依据和制造技术储备。

[0007] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的:

[0008] 该种基于热爆反应的钛铝基高温合金块体的制备方法是将Ti粉末、Al粉末在真空环境下混合后进行热爆反应,再将热爆反应后的产物和钛合金粉末在真空环境下进行混合,热压烧结后得到钛铝基高温合金块体;

[0009] 所述Ti粉末、Al粉末的质量比与两者的原子比一致,钛合金粉末占钛铝基高温合金块体体积的5%~30%。

[0010] 在一种实施中,所述钛合金粉末的材料为Ti₂AlNb或Ti-Al-Fe。

[0011] 在一种实施中,所述热爆反应的温度为900℃~1300℃,烧结时间为0.5h~2h,然后随炉冷却至300℃以下取出。

[0012] 在一种实施中,所述热压烧结的温度为900℃~1300℃,压力为10MPa~50MPa,烧

结时间为0.5h~2h,然后随炉冷却至300℃以下取出。

[0013] 在一种实施中,用于热爆反应的热爆模具是热爆筒8和热爆盖7两部分组成,热爆筒8和热爆盖7均是由石墨制成,热爆盖7上加工有通气孔。

[0014] 进一步,热爆盖7上的通气孔的直径与热爆盖7的直径比例是0.05~0.1。

[0015] 在一种实施中,所述热压烧结模具包括一个热压烧结筒4,热压烧结筒4的上端口内设置有上垫片2和上压头1,热压烧结筒4的下端口设置有下列垫片5和下压头6,上压头1、上垫片2、下垫片5和下压头6与热压烧结筒4的内壁之间为过渡配合。

[0016] 在一种实施中,进行热爆反应前,用氮化硼乳浊液涂覆热爆模具,然后自然晾干。

[0017] 在一种实施中,进行热压烧结前,用酒精擦净热压烧结模具,并用氮化硼乳浊液涂覆热压烧结模具,然后自然晾干。

[0018] 在一种实施中,该制备方法的步骤如下:

[0019] 步骤一、粉末准备

[0020] 根据钛铝基高温合金块体的重量称取粉末粒度一致的纯Ti粉末、纯Al粉末和任意钛合金粉末,其中纯Ti粉末和纯Al粉末的质量比为与原子比一致,任意钛合金粉末的体积占钛铝基高温合金块体体积的5%~30%;

[0021] 步骤二、热爆模具准备

[0022] 用酒精擦净热爆模具,并用氮化硼乳浊液涂饰热爆模具,然后自然晾干;

[0023] 步骤三、热爆反应

[0024] 将称取好的纯Ti粉末和纯Al粉末放入研钵中,在真空环境下进行混合,混合好后倒入热爆模具内,将热爆模具放入真空烧结炉中,在900℃~1300℃的温度下烧结0.5h~2h,然后随炉冷却至300℃以下取出;

[0025] 步骤四、热压烧结模具准备

[0026] 用酒精擦净热压烧结模具,并用氮化硼乳浊液涂饰热压烧结模具,然后自然晾干;

[0027] 步骤五、热压烧结

[0028] 将热爆反应后的产物和任意钛合金粉末放入研钵中,在真空环境下进行混合,混合好后倒入热压烧结模具中,将热压烧结模具放入真空烧结炉中,在900℃~1300℃的温度及10MPa~50MPa下烧结0.5h~2h,然后随炉冷却至300℃以下取出,及得到钛铝基高温合金块体。

[0029] 本发明技术方案具有的特点和有益效果是:

[0030] 本发明技术方案以钛+铝+钛合金混合粉末作为原材料,通过热爆反应和热压烧结制备新型高温钛铝材料。该制备方法的技术途径是全新和探索性的,具有很好的前瞻性。本发明技术方案所制备的钛铝基高温合金材料能够基本保留 γ -TiAl的热强性,但将明显降低其室温脆性,经锻造及热处理后室温延伸率能够达到5.0%,体现出显著的技术进步。该研究成果可应用于高推重比航空发动机的高压压气机叶片、高压压气机盘和机匣、压气机整体导向器、导叶内环、燃烧室机匣、涡轮盘件等多种耐热部件。

附图说明

[0031] 图1为本发明技术方案中热压烧结模具的结构示意图

[0032] 图2为本发明技术方案中热爆模具的结构示意图

[0033] 图3为本发明技术方案中热爆盖的结构示意图

具体实施方式

[0034] 以下将结合实施例对本发明技术方案作进一步地详述：

[0035] 参见附图1~3所示，本实施例中所述的基于热爆反应的钛铝基高温合金块体的制备方法的步骤如下：

[0036] 步骤一、粉末准备

[0037] 根据钛铝基高温合金块体的重量称取粉末粒度一致的纯Ti粉末、纯Al粉末和钛合金粉末，所述Ti粉末、Al粉末的质量比与两者的原子比一致，钛合金粉末占钛铝基高温合金块体体积的5%~30%；

[0038] 所述钛合金粉末的材料为Ti₂AlNb或Ti-Al-Fe；

[0039] 步骤二、热爆模具准备

[0040] 用于热爆反应的热爆模具是热爆筒8和热爆盖7两部分组成，热爆筒8和热爆盖7均是由石墨制成，热爆盖7上加工有通气孔，热爆盖7上的通气孔的直径与热爆盖7的直径比例是0.05~0.1；

[0041] 用酒精擦净热爆模具，并用氮化硼乳浊液涂饰热爆模具，然后自然晾干；

[0042] 步骤三、热爆反应

[0043] 将称取好的纯Ti粉末和纯Al粉末3放入研钵中，在真空环境下进行混合，混合好后倒入热爆模具内，将热爆模具放入真空烧结炉中，在900℃~1300℃的温度下烧结0.5h~2h，然后随炉冷却至300℃以下取出；

[0044] 步骤四、热压烧结模具准备

[0045] 所述热压烧结模具包括一个热压烧结筒4，热压烧结筒4的上端口内设置有上垫片2和上压头1，热压烧结筒4的下端口设置有下垫片5和下压头6，上压头1、上垫片2、下垫片5和下压头6与热压烧结筒4的内壁之间为过渡配合；

[0046] 用酒精擦净热压烧结模具，并用氮化硼乳浊液涂饰热压烧结模具，然后自然晾干；

[0047] 步骤五、热压烧结

[0048] 将热爆反应后的产物和钛合金粉末放入研钵中，在真空环境下进行混合，混合好后倒入热压烧结模具中，将热压烧结模具放入真空烧结炉中，在900℃~1300℃的温度及10MPa~50MPa下烧结0.5h~2h，然后随炉冷却至300℃以下取出，及得到钛铝基高温合金块体。

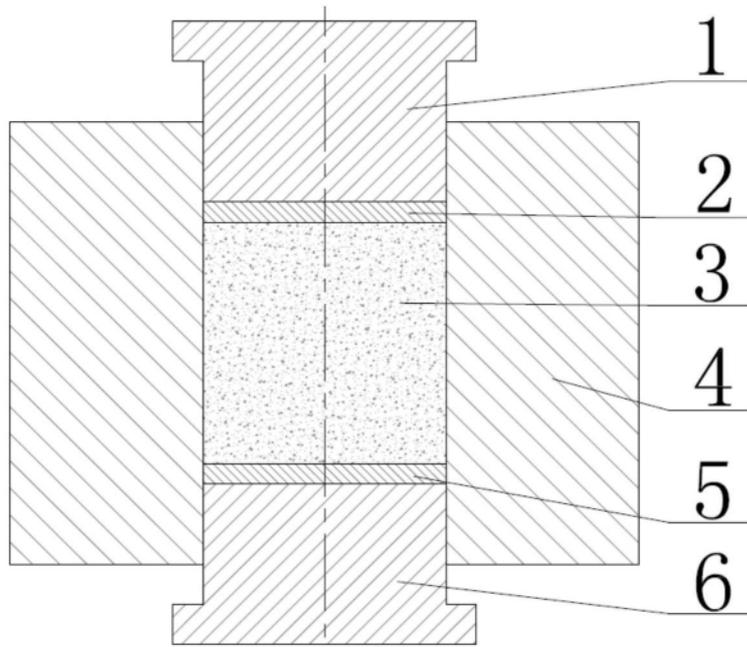


图1

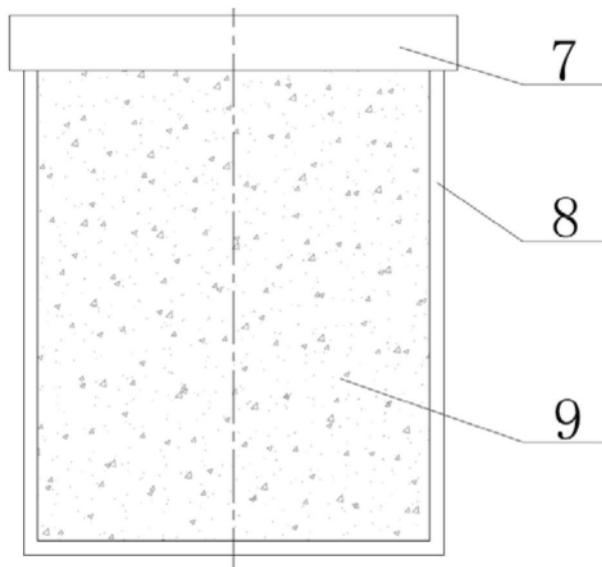


图2

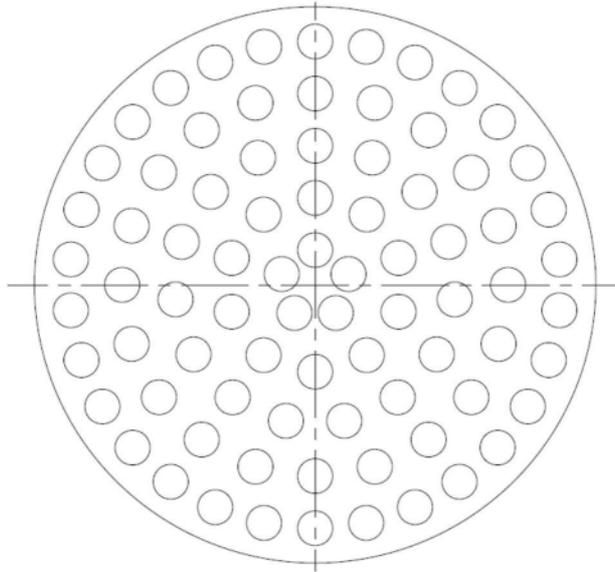


图3