



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107116217 A

(43)申请公布日 2017.09.01

(21)申请号 201710288211.3

(22)申请日 2017.04.27

(71)申请人 哈尔滨理工大学

地址 150080 黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路52号

(72)发明人 于彦东 李磊 李剑 李毅  
霍晓春

(74)专利代理机构 哈尔滨市伟晨专利代理事务所(普通合伙) 23209

代理人 陈润明

(51)Int.Cl.

B22F 3/105(2006.01)

G22C 1/05(2006.01)

G22C 29/10(2006.01)

B33Y 10/00(2015.01)

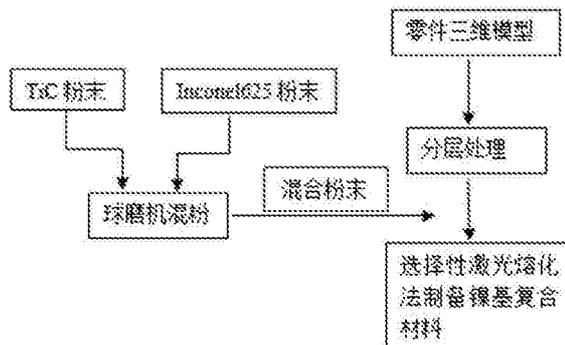
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

选择性激光熔化成形法制备TiC增强镍基复合材料的方

(57)摘要

选择性激光熔化成形法制备TiC增强镍基复合材料的方



1. 一种选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,其特征在于:包括如下步骤:

步骤1、按照重量份数分别称量1~4份的Inconel 625合金粉、96~99份的TiC粉,待用;

步骤2、将称量好的Inconel 625合金粉和TiC粉置于球磨罐后锁紧球磨罐,将球磨罐静置后抽真空,然后通入高纯度氩气;

步骤3、将球磨罐放入低温行星球磨机中进行混粉,混粉过程中对球磨罐进行空冷降温;

步骤4、将球磨罐取出,放入真空手套箱中取出复合粉末,将复合粉末放入干燥箱中干燥,干燥后的复合粉末待用;

步骤5、在选择性激光熔化成形机器的控制计算机中进行三维模型切片和分层处理,并在选择性激光熔化成形机器的控制计算机中储存激光扫描路径;

步骤6、将步骤4中制备的复合粉末放入选择性激光熔化成形机器的储粉缸中;

步骤7、开启选择性激光熔化成形机器,设置激光熔化成形工艺参数,在基板上逐层的固化粉末,得到选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料工件。

2. 根据权利要求1所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,其特征在于:步骤1中所述的Inconel 625粉的直径为45~90 $\mu\text{m}$ ,TiC粉的直径为5~8 $\mu\text{m}$ 。

3. 根据权利要求1所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,其特征在于:步骤2中静置时间为5~15min。

4. 根据权利要求1所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,其特征在于:步骤3中球磨过程中球磨转速为100~300r/s,球磨时间为6~10h。

5. 根据权利要求1所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,其特征在于:步骤3中,所述的空冷温度恒定在5~15 $^{\circ}\text{C}$ 。

6. 根据权利要求1所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,其特征在于:步骤4中干燥箱干燥时间1~2h。

7. 根据权利要求1所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,其特征在于:步骤5中所述的激光扫描路径采用分组变相的扫描方式,相邻的层之间扫描方向相互垂直。

8. 根据权利要求1所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,其特征在于:步骤7中激光熔化成形工艺参数为激光功率100~500W,扫描速度800~2000mm/s,加工层厚0.03~0.05,扫描间距0.04~0.10mm。

9. 根据权利要求1所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,其特征在于:步骤7中所述的基板为45号钢。

## 选择性激光熔化成形法制备TiC增强镍基复合材料的方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于复合材料制备领域,具体涉及一种选择性激光熔化成形法制备TiC增强镍基复合材料的方法。

### 背景技术

[0002] 镍基高温合金自发明以来就获得了较为广泛的应用,其应用范围主要包括各种工业燃气轮机、航空发动机和核反应堆中的热端部件,如涡轮叶片、导向叶片、涡轮盘以及燃烧室。随着工业的发展,高性能发动机的需求日益扩大,涡轮入口处温度不断提高,因此对涉及到镍基高温合金的零部件的综合力学性能提出了更高要求。为了满足航空发动机和工业燃气轮机的发展需求,需不断提高镍基高温合金的承温能力,这就要求不断发展和改善高温合金的成分和加工工艺,并随之促使了高温合金的快速发展。

[0003] 传统的镍基合金成形方法有铸造、粉末冶金和精密加工等方法,但上述方法生产周期长、生产成本低。对于复杂零件的成形,多采用精密铸造的方法,但母模的制造周期长,且采用此方法制造的复杂零件成品率较低。为了获得性能、结构复杂的镍基合金零件,增材制造方法成为一种很具潜力的方法。

[0004] 为了制备综合力学性能好的镍基高温合金,本专利通过向Inconel 625合金中添加TiC粉末,从而制备颗粒增强金属基复合材料,能够提高镍基合金的高温性能、强度、硬度和耐磨性等综合力学性能。

### 发明内容

[0005] 本发明目的是提供一种选择性激光熔化成形法制备TiC增强镍基复合材料的方法,用于提高Inconel 625的高温性能、强度、硬度和耐磨性等综合力学性能。

[0006] 本发明通过以下技术方案实现:

[0007] 一种选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,包括如下步骤:

[0008] 步骤1、按照重量份数分别称量1~4份的Inconel 625合金粉、96~99份的TiC粉,待用;

[0009] 步骤2、将称量好的Inconel 625合金粉和TiC粉置于球磨罐后锁紧球磨罐,将球磨罐静置后抽真空,然后通入高纯度氩气;

[0010] 步骤3、将球磨罐放入低温行星球磨机中进行混粉,混粉过程中对球磨罐进行空冷降温;

[0011] 步骤4、将球磨罐取出,放入真空手套箱中取出复合粉末,将复合粉末放入干燥箱中干燥,干燥后的复合粉末待用;

[0012] 步骤5、在选择性激光熔化成形机器的控制计算机中进行三维模型切片和分层处理,并在选择性激光熔化成形机器的控制计算机中储存激光扫描路径;

[0013] 步骤6、将步骤4中制备的复合粉末放入选择性激光熔化成形机器的储粉缸中;

[0014] 步骤7、开启选择性激光熔化成形机器,设置激光熔化成形工艺参数,在基板上逐

层的固化粉末,得到选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料工件。

[0015] 本发明所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤1中所述的Inconel 625粉的直径为45~90 $\mu\text{m}$ ,TiC粉的直径为5~8 $\mu\text{m}$ 。

[0016] 本发明所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤2中静置时间为5~15min。

[0017] 本发明所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤3中球磨过程中球磨转速为100~300r/s,球磨时间为6~10h。

[0018] 本发明所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤3中,所述的空冷温度恒定在5~15 $^{\circ}\text{C}$ 。空冷降温采用空冷装置实现,空冷装置型号为XQM-6。

[0019] 本发明所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤4中干燥箱干燥时间1~2h。

[0020] 本发明所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤5中所述的激光扫描路径采用分组变相的扫描方式,相邻的层之间扫描方向相互垂直。

[0021] 本发明所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤7中激光熔化成形工艺参数为激光功率100~500W,扫描速度800~2000mm/s,加工层厚0.03~0.05,扫描间距0.04~0.10mm。

[0022] 本发明所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤7中所述的基板为45号钢。

[0023] 本发明所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,设备简单,并且生产工序少,成本低,易于在生产实践中推广。

[0024] 本发明制备选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的激光扫描路径为扫描方式采用逐层交替扫描的方式,即每层的扫描方向都与相邻层相互垂直。

[0025] 本发明通过所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法制备的材料,其塑性可提高20%以上,屈服强度提高15%以上,高温氧化性能提高10%以上。。

## 附图说明

[0026] 图1是本发明制备选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的流程图;

[0027] 图2是本发明制备选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的激光扫描路径;

[0028] 图3是选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料成形件上表面的100倍金相照片;

[0029] 图4是选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料成形件侧面的100倍金相照片。

## 具体实施方式

[0030] 具体实施方式一:

[0031] 一种选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,包括如下步骤:

[0032] 步骤1、按照重量份数分别称量2.5份的Inconel 625合金粉、97.5份的TiC粉,待用;

[0033] 步骤2、将称量好的Inconel 625合金粉和TiC粉置于球磨罐后锁紧球磨罐,将球磨罐静置后抽真空,然后通入高纯度氩气;

[0034] 步骤3、将球磨罐放入低温行星球磨机中进行混粉,混粉过程中对球磨罐进行空冷降温;

[0035] 步骤4、将球磨罐取出,放入真空手套箱中取出复合粉末,将复合粉末放入干燥箱中干燥,干燥后的复合粉末待用;

[0036] 步骤5、在选择性激光熔化成形机器的控制计算机中进行三维模型切片和分层处理,并在选择性激光熔化成形机器的控制计算机中储存激光扫描路径;

[0037] 步骤6、将步骤4中制备的复合粉末放入选择性激光熔化成形机器的储粉缸中;

[0038] 步骤7、开启选择性激光熔化成形机器,设置激光熔化成形工艺参数,在基板上逐层的固化粉末,得到选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料工件。

[0039] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤1中所述的Inconel 625粉的直径为45 $\mu\text{m}$ ,TiC粉的直径为5 $\mu\text{m}$ 。

[0040] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤2中静置时间为10min。

[0041] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤3中球磨过程中球磨转速为200r/s,球磨时间为8h。

[0042] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤3中,所述的空冷装置型号为XQM-6,空冷温度恒定在10 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0043] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤4中干燥箱干燥时间1h。

[0044] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤5中所述的激光扫描路径采用分组变相的扫描方式,相邻的层之间扫描方向相互垂直。

[0045] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤7中激光熔化成形工艺参数为激光功率200W,扫描速度1000mm/s,加工层厚0.03,扫描间距0.04mm。

[0046] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤7中所述的基板为45号钢。

[0047] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,最终获得的材料抗拉强度为1079.5Mpa,屈服强度为649.6Mpa,延伸率为19.8%。

[0048] 具体实施方式二:

[0049] 一种选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,包括如下步骤:

[0050] 步骤1、按照重量份数分别称量3份的Inconel 625合金粉、97份的TiC粉,待用;

[0051] 步骤2、将称量好的Inconel 625合金粉和TiC粉置于球磨罐后锁紧球磨罐,将球磨罐静置后抽真空,然后通入高纯度氩气;

[0052] 步骤3、将球磨罐放入低温行星球磨机中进行混粉,混粉过程中对球磨罐进行空冷装置降温;

[0053] 步骤4、将球磨罐取出,放入真空手套箱中取出复合粉末,将复合粉末放入干燥箱中干燥,干燥后的复合粉末待用;

[0054] 步骤5、在选择性激光熔化成形机器的控制计算机中进行三维模型切片和分层处理,并在选择性激光熔化成形机器的控制计算机中储存激光扫描路径;

[0055] 步骤6、将步骤4中制备的复合粉末放入选择性激光熔化成形机器的储粉缸中;

[0056] 步骤7、开启选择性激光熔化成形机器,设置激光熔化成形工艺参数,在基板上逐层的固化粉末,得到选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料工件。

[0057] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤1中所述的Inconel 625粉的直径为45 $\mu\text{m}$ ,TiC粉的直径为5 $\mu\text{m}$ 。

[0058] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤2中静置时间为10min。

[0059] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤3中球磨过程中球磨转速为200r/s,球磨时间为8h。

[0060] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤3中,所述的空冷装置型号为XQM-6,空冷温度恒定在10 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0061] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤4中干燥箱干燥时间1h。

[0062] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤5中所述的激光扫描路径采用分组变相的扫描方式,相邻的层之间扫描方向相互垂直。

[0063] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤7中激光熔化成形工艺参数为激光功率180W,扫描速度800mm/s,加工层厚0.03,扫描间距0.06mm。

[0064] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,步骤7中所述的基板为45号钢。

[0065] 本实施方式所述的选择性激光熔化成形法制备TiC增强的镍基复合材料的方法,最终获得的材料抗拉强度为998.5Mpa,屈服强度为599.6Mpa,延伸率为18.8%。

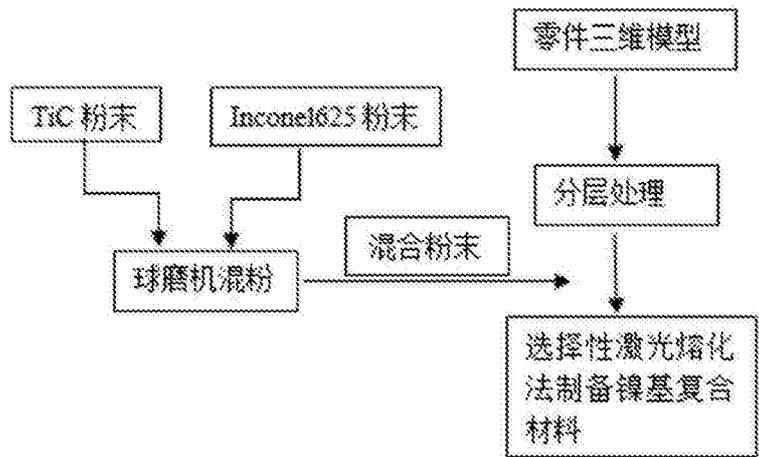


图1

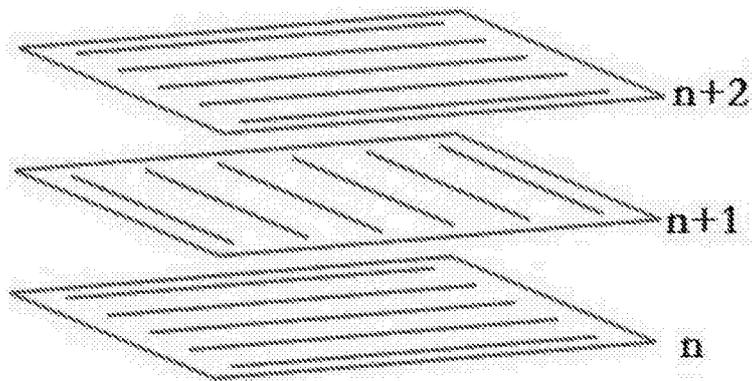


图2

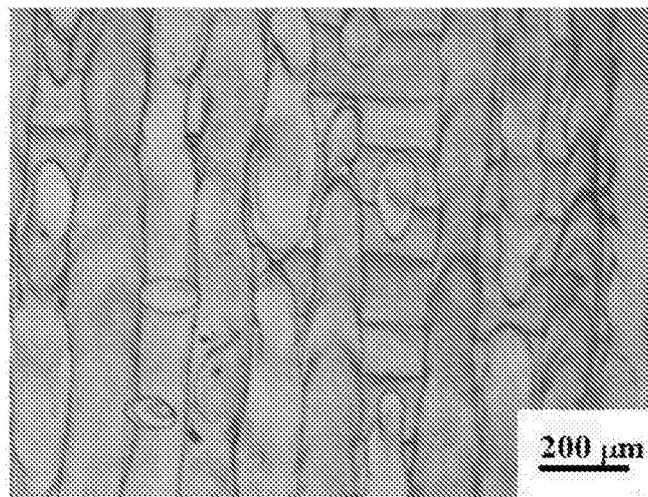


图3

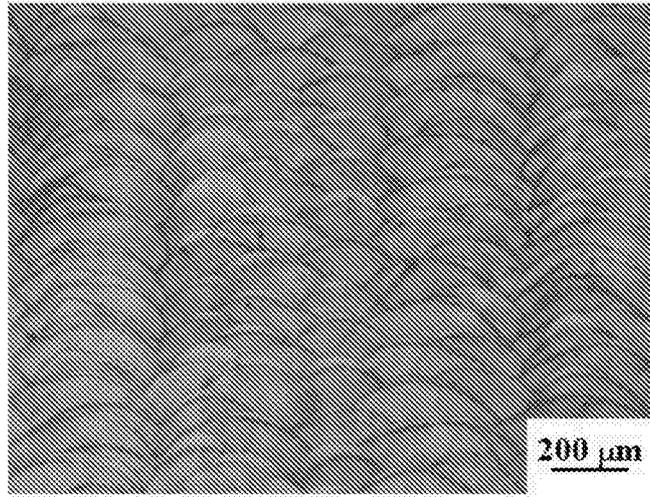


图4