



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104384449 B

(45)授权公告日 2016.07.20

(21)申请号 201410598213.9

EP 1980343 A1,2008.10.15,

(22)申请日 2014.10.29

WO 2012/052665 A1,2012.04.26,

CN 103537652 A,2014.01.29,

(73)专利权人 西安航空动力股份有限公司

地址 710021 陕西省西安市未央区凤城十路

审查员 陈轶鑫

(72)发明人 尹冬梅 陈杰 宋建兵 海潮

刘晓飞 赵虹 常涛岐 李长青

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任

公司 61200

代理人 蔡和平

(51)Int.Cl.

B22C 9/04(2006.01)

B22C 9/12(2006.01)

(56)对比文件

CN 1683099 A,2005.10.19,

权利要求书1页 说明书4页

(54)发明名称

一种控制精铸涡轮叶片晶粒度的方法

(57)摘要

本发明公开了一种控制精铸涡轮叶片晶粒度的方法,通过在铸件蜡模的排气边搭接干扰筋,再向表层涂覆面层浆料,再涂覆作为加固层的背层涂料,最后脱蜡并进行焙烧,取出残留的蜡,然后将铸件型壳放入保温桶中并升温后进行浇注。本发明操作步骤简单,在蜡模组合阶段搭接干扰筋就达到了控制该型叶片晶粒度的目的,不需要增加额外成本和能源消耗,操作方便安全且无污染。本发明利用高温合金板材制作与铸件型壳高度一致的保温桶,将型壳放置在保温桶中进行焙烧,由于桶吸热的保温作用以及阻止了型壳与空气的直接对流传热,使得型壳在成型及抽真空过程中的温度降低减小,保证了铸件型壳与浇注温度之间的温度差,有利于铸件晶粒度的改善。

1. 一种控制精铸涡轮叶片晶粒度的方法,其特征在于,包括以下步骤:
  - 1) 根据铸件的形状采用压蜡机压制铸件蜡模,将铸件蜡模进行组合;
  - 2) 在组合后的铸件蜡模的排气边搭接干扰筋,干扰筋与叶片排气边之间留有间隙;干扰筋长度为叶身长度的一半,干扰筋的方向平行于叶片排气边;
  - 3) 将步骤2)处理后的铸件蜡模浸入到面层涂料中,使铸件蜡模的表面与面层涂料充分接触,然后取出铸件蜡模并通过撒砂机均匀的向铸件蜡模的表面撒砂;
  - 4) 将步骤3)处理后的铸件蜡模浸入到背层涂料中,使铸件蜡模的表面与背层涂料充分接触,然后取出铸件蜡模并通过撒砂机均匀的向铸件蜡模的表面撒砂;
  - 5) 重复步骤4)使砂砾充满叶片排气边与干扰筋之间的间隙;
  - 6) 脱蜡,制得铸件型壳;
  - 7) 对铸件型壳进行焙烧,去除残留的蜡,降至室温后用水清洗,晾干;
  - 8) 将铸件型壳放入保温桶中并升温至950~1050℃后进行浇注。
2. 根据权利要求1所述的控制精铸涡轮叶片晶粒度的方法,其特征在于:所述叶片的干扰筋长200mm,宽10mm,厚10mm,距离叶片排气边10mm。
3. 根据权利要求1所述的控制精铸涡轮叶片晶粒度的方法,其特征在于:所述的步骤3)中,面层涂料为含有铝酸钴的硅溶胶-锆英粉细化料浆。
4. 根据权利要求1所述的控制精铸涡轮叶片晶粒度的方法,其特征在于:所述的步骤4)中,背层涂料作为加固层,采用硅酸乙酯水解液-上店土料浆。
5. 根据权利要求1所述的控制精铸涡轮叶片晶粒度的方法,其特征在于:所述的步骤8)中,浇注是在真空环境下进行的。

## 一种控制精铸涡轮叶片晶粒度的方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于燃气轮机发动机叶片精密铸造技术领域,具体涉及一种控制精铸涡轮叶片晶粒度的方法。

### 背景技术

[0002] 采用精密铸造工艺制得的等轴晶涡轮叶片,在浇注过程中易产生表面晶粒粗大、柱状晶长度超标等表面晶粒缺陷。其中,晶粒过大、超出标准要求的柱状晶会使叶片表层的抗疲劳性能降低。因此,在涡轮叶片生产中,如何对其晶粒度进行有效控制,对于改善涡轮叶片质量、避免缺陷、提高产品合格率具有十分重要的意义。一般细化晶粒有三种方法:热控法、机械法和化学法。因机械法和化学法受设备和适用范围限制,应用空间小,且具有针对性;而热控法是工业上比较简单实用的晶粒细化方法,是通过严格控制型壳温度和浇注温度,调整合金凝固过程中的温度梯度、合金的过冷度和细化剂中细化颗粒的非均匀形核数,达到限制晶粒长大的目的,从而获得细晶铸件。因此法需要较低的浇注温度,对厚大叶片而言,不存在欠铸问题,但对于燃气轮机发动机动力涡轮工作叶片而言,使得铸件在排气边处易存在柱状晶,温度过低会带来疏松缺陷且不能完全解决排气边柱状晶问题,为获得较细的晶粒,用较低的温度浇注叶片,致使铸件合格率极低,成本较高。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于解决上述问题,提供了一种改善铸型温度场,进而解决铸件排气边柱状晶的控制精铸涡轮叶片晶粒度的方法,该方法在适当的浇注温度下,消除叶片叶身厚大、排气边薄、叶片晶粒度超差的目的。

[0004] 为了实现上述目的,本发明所采用的技术方案包括以下步骤:

[0005] 1)根据铸件的形状采用压蜡机压制铸件蜡模,将铸件蜡模进行组合;

[0006] 2)在组合后的铸件蜡模的排气边搭接干扰筋,干扰筋与叶片排气边之间留有间隙;

[0007] 3)将步骤2)处理后的铸件蜡模浸入到面层涂料中,使铸件蜡模的表面与面层涂料充分接触,然后取出铸件蜡模并通过撒砂机均匀的向铸件蜡模的表面撒砂;

[0008] 4)将步骤3)处理后的铸件蜡模浸入到背层涂料中,使铸件蜡模的表面与背层涂料充分接触,然后取出铸件蜡模并通过撒砂机均匀的向铸件蜡模的表面撒砂;

[0009] 5)重复步骤4)使砂砾充满叶片排气边与干扰筋之间的间隙;

[0010] 6)脱蜡,制得铸件型壳;

[0011] 7)对铸件型壳进行焙烧,去除残留的蜡,降至室温后用水清洗,晾干;

[0012] 8)将铸件型壳放入保温桶中并升温至950~1050℃后进行浇注。

[0013] 所述的步骤2)中,干扰筋长度为叶身长度的一半,干扰筋的方向平行于叶片排气边。

[0014] 所述叶片的干扰筋长200mm,宽10mm,厚10mm,距离叶片排气边10mm。

- [0015] 所述的步骤3)中,面层涂料为含有铝酸钴的硅溶胶-锆英粉细化料浆。
- [0016] 所述的步骤4)中,背层涂料作为加固层,采用硅酸乙酯水解液-上店土料浆。
- [0017] 所述的步骤8)中,浇注是在真空环境下进行的。
- [0018] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:
- [0019] 本发明操作步骤简单,在蜡模组合阶段搭接干扰筋就达到了控制该型叶片晶粒度的目的,不需要增加额外成本和能源消耗,操作方便安全且无污染。本发明利用高温合金板材制作与铸件型壳高度一致的保温桶,将型壳放置在保温桶中进行焙烧,由于桶吸热的保温作用以及阻止了型壳与空气的直接对流传热,使得型壳在出型及抽真空过程中的温度降低减小,保证了铸件型壳与浇注温度之间的温度差,有利于铸件晶粒度的改善。浇注后所获得的晶粒尺寸如下:叶片进、排气边10mm范围内晶粒度级别小于4级,且不不存在柱状晶,除进、排气边以外的区域晶粒度级别小于5级,符合技术条件要求。

### 具体实施方式

- [0020] 下面结合具体实施例对本发明做进一步详细的说明:
- [0021] 本发明包括以下步骤:
- [0022] 1)根据铸件的形状采用压蜡机压制铸件蜡模,将铸件蜡模进行组合;
- [0023] 2)在组合后的铸件蜡模的排气边搭接干扰筋,干扰筋与叶片排气边之间留有间隙;干扰筋长度为叶身长度的一半,干扰筋的方向平行于叶片排气边。叶片的干扰筋长200mm,宽10mm,厚10mm,距离叶片排气边10mm。
- [0024] 3)将步骤2)处理后的铸件蜡模浸入到面层涂料中,使铸件蜡模的表面与面层涂料充分接触,然后取出铸件蜡模并通过撒砂机均匀的向铸件蜡模的表面撒砂;面层涂料为含有铝酸钴的硅溶胶-锆英粉细化料浆。
- [0025] 4)将步骤3)处理后的铸件蜡模浸入到背层涂料中,使铸件蜡模的表面与背层涂料充分接触,然后取出铸件蜡模并通过撒砂机均匀的向铸件蜡模的表面撒砂;背层涂料作为加固层,采用硅酸乙酯水解液-上店土料浆。
- [0026] 5)重复步骤4)使砂砾充满叶片排气边与干扰筋之间的间隙;
- [0027] 6)脱蜡,制得铸件型壳;
- [0028] 7)对铸件型壳进行焙烧,去除残留的蜡,将至室温后用水清洗,晾干;
- [0029] 8)将铸件型壳放入保温桶中并升温至950~1050℃后进行真空浇注。
- [0030] 本发明的原理:
- [0031] 以叶片晶粒度超差控制为例:
- [0032] 叶片在叶冠处叶型厚薄差距较小,在榫头处叶型厚薄差距较大,是典型的叶型薄厚差大超长等轴晶涡轮工作叶片。因技术条件中对于该型叶片晶粒度的要求严格,既要有稳定的冶金质量,又要获得较细的晶粒度且排气边不允许存在柱状晶,难度较大。为达到标准要求,通过调整组合方案、调整面层细化剂含量、改变型壳保温方式,降低浇注温度等方法均不能彻底解决该型叶片排气边存在柱状晶这种晶粒度超差问题。
- [0033] 原来的试制方案:
- [0034] 1)蜡模压制并组合:
- [0035] 将压制并检验合格的蜡模进行组合,蜡模组合时一组两件,一字型浇道,在浇道中

间有一中注管,在中注管两边各一件蜡模;

[0036] 2)涂料面层料浆铝酸钴含量改变:

[0037] 根据涡轮叶片表面晶粒细化的机理可知,铝酸钴细化剂的含量不同,单位面积内与合金液接触到的核心质点数不同,因此还原出成为非均质形核有效核心的Co微粒数也不同,从而直接影响到涡轮叶片表面的最终晶粒度。一般细化剂的含量在1%~16%变化时;因此,该叶片选择实验了细化剂含量为6%、8%、10%、12%、14%、16%含量的细化剂,效果均不明显。

[0038] 3)排气边采取保温措施:

[0039] 在叶片排气边包裹陶瓷棉,增加该处保温效果,改变铸件凝固的温度梯度,减少温度流失。

[0040] 4)提高型壳温度:

[0041] 将型壳温度提高50℃;

[0042] 5)浇注温度降低:

[0043] 为减小排气边与叶身厚大部位温度梯度,降低40℃浇注。

[0044] 使用该方法后铸件在排气边依然存在柱状晶且超过标准要求。

[0045] 本发明具体包括如下步骤:

[0046] 1)蜡模压制与组合

[0047] 将压制并检验合格的蜡模进行组合,蜡模组合时一组两件,一字型浇道,在浇道中间有一中注管,在中注管两边各粘接一件蜡模;在组合后,在叶片排气边搭接干扰筋,干扰筋长度为叶身开始出现超标柱状晶处,即到叶身长度的一半处,搭接时的方向应垂直于叶片排气边,距离应保证在涂料涂挂后(6层)叶片排气边与干扰筋之间的间隙堵实,以保证较好的保温效果,因此该叶片的干扰筋长200mm,宽10mm,厚10mm,距离叶片排气边10mm且平行于叶片排气边。

[0048] 2)涂料制壳

[0049] 表面层为含有10%铝酸钴的硅溶胶-锆英粉细化料浆,加固层是硅酸乙酯水解液-上店土料浆;涂挂涂料与砂子时,蜡模表面形成一定厚度的型壳,在涂挂制壳6层后,干扰筋与叶片排气边已粘贴在一起;由于排气处的型壳厚度比叶身厚度处的型壳厚度增加,此处的保温性能加强,在铸件浇注后减缓此处散热,减小了排气边与叶身之间的温度梯度。

[0050] 3)将型壳放置在保温桶中进行焙烧后浇注;从而减少型壳热量的流失,使铸件型壳与浇注温度之间的温度差减小。去掉叶片排气边所包裹陶瓷棉,减小操作者劳动强度,无陶瓷棉使用,减少环境污染。

[0051] 4)其余实施方式同原方案即浇注温度为降低40℃之后的温度浇注。

[0052] 本发明改进后的技术方案:

[0053] 在真空浇注时,高温合金液在接触型壳的一瞬间,因高温合金液受到激冷在型壳表面开始结晶形核,随着浇注过程的进行,形成的晶核不断的被冲刷到合金液中,使得冲刷与形核不断进行,直至浇注完成。之后,合金液进入冷却凝固阶段,合金液将继续过冷结晶形核并长大,此阶段是影响晶粒生长的关键阶段。

[0054] 合金液的冷却是能量释放的过程,能量释放本身是一种热量传递的过程,高温合金液在真空炉内冷却时主要为热辐射传热,高温合金液在真空炉内冷却时有合金液的热辐

射以及型壳自身的热辐射;铸件排气边薄,蓄含的能量少,降温相对较快;叶身厚大部位蓄热多,降温相对较慢,因此在叶片排气边与叶身之间形成较大的温度梯度,铸件在结晶过程中形成柱状晶。

[0055] 因型壳厚度直接影响到合金凝固过程的散热,进而影响到铸件的晶粒度。为解决叶片排气边与叶身之间形成的较大温度梯度这一问题,考虑可以使铸件排气边与叶身之间的模壳存在厚度差,即增加排气边模壳厚度以增加该处热量,保证铸件浇注散热后温度梯度较小。为实现该方案,采取在叶片排气边处搭接干扰筋,干扰筋长度为叶身开始出现超标柱状晶处,即到叶身长度的一半处,根据热辐射的传热方式,所搭接的干扰筋垂直叶片排气边;为保证叶片排气边处的保温性能,在制壳6层后,应该使得干扰筋与叶片排气边所涂挂的模壳能够粘贴在一起,从而增加该处模壳壁厚以达到增加该处热量,减缓该处散热,以减小叶身与排气边最薄处的温度梯度,从而达到改善叶片排气边处晶粒度的目的。

[0056] 一般的,当型壳预热温度较低时,涡轮叶片表面易形成细小晶粒,特别是在涡轮叶片排气边和缘板部位,但由于型壳温度与浇注温度之间存在较大的温度差,在涡轮叶片中部、尺寸较厚部位和缘板与叶身的转接半径处易形成粗晶和柱状晶,而且型壳预热温度较低还容易产生激冷晶、浇不足等缺陷,因此应避免采用较低的型壳温度浇注涡轮叶片。减小铸件型壳温度与浇注温度之间的温度差是非常重要的。在实际操作中,铸件浇注时,往往存在浇注前的型壳提前出炉后放置在铸型室抽真空,在出炉过程以及抽真空到浇注,型壳的温度已降低很多,达不到预期设定的型壳温度,使得铸件型壳温度与浇注温度之间的温度差增加,不利于等轴晶的形成。利用高温合金板材制作与铸件型壳高度一致的保温桶,将型壳放置在保温桶中进行焙烧,由于保温桶吸热以后的保温作用以及其阻止了型壳与空气的直接对流传热,使得型壳在出炉及抽真空过程中的温度降低减小,保证了铸件型壳与浇注温度之间的温度差,有利于铸件晶粒度的改善。

[0057] 本方法的优点:

[0058] 1)操作步骤简单,在蜡模组合阶段搭接干扰筋就达到了控制该型叶片晶粒度的目的,不需要增加额外成本和能源消耗,操作方便安全且无污染;

[0059] 2)保温箱的制作简单,方便无污染,可重复使用(高温合金材料制成),成本较低,在使用过程中操作简单,操作者劳动强度低。

[0060] 3)去掉陶瓷棉的使用,减少材料使用(陶瓷棉为一次损耗品),降低成本,并减少了环境污染与操作者劳动强度。

[0061] 以上内容仅为说明本发明的技术思想,不能以此限定本发明的保护范围,凡是按照本发明提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本发明权利要求书的保护范围之内。