



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102528002 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 04

(21) 申请号 201110451614. 8

(22) 申请日 2011. 12. 30

(71) 申请人 洛阳理工学院

地址 471023 河南省洛阳市洛龙区王城大道
90 号

(72) 发明人 金文中 张庆丰 李素芳 沈俊芳
贾平

(74) 专利代理机构 郑州中原专利事务所有限公
司 41109

代理人 霍彦伟 孙诗雨

(51) Int. Cl.

B22D 27/02 (2006. 01)

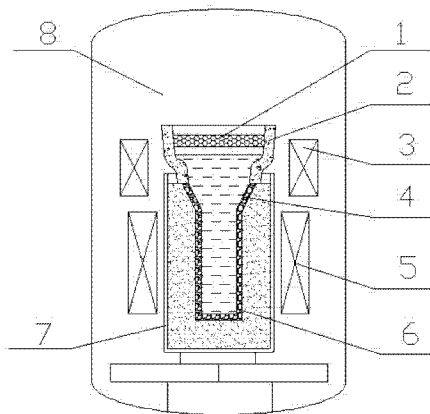
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种施加复合电磁场的高温合金细晶铸造工
艺方法和装置

(57) 摘要

一种施加复合电磁场的高温合金细晶铸造工
艺方法和装置, 该装置在奥氏体不锈钢砂箱的外
侧上下部位依次设置两个电磁场发生器, 上部为
稳恒直流电磁场发生器, 下部为双向低频交流旋
转电磁场。本发明在下部的双向低频交流旋转电
磁场发生器输入双向低频交流电后产生双向旋转
电磁场, 其在金属液中产生的双向旋转电磁搅拌
作用可以使高温合金真空精密铸件的晶粒细化至
95 μm 、断面等轴晶比例达到 100%。上部的稳恒
直流电磁场发生器输入直流电后产生稳恒的直流
电磁场, 其在金属液面处产生的电磁制动力抑制
了因型内电磁搅拌引起的金属液面的剧烈波动,
消除了金属液面的波动对高温合金铸件凝固过程
中夹杂物上浮、缩孔补缩的不利影响。



1. 一种施加复合电磁场的高温合金细晶铸造装置,包括真空中频感应熔炼炉(8),其特征在于:在真空中频感应熔炼炉(8)中心处设有奥氏体不锈钢砂箱(7),在奥氏体不锈钢砂箱(7)外侧设有直流电磁场发生器(3)和双向低频交流旋转电磁场发生器(5),在奥氏体不锈钢砂箱(7)上部设有浇冒口系统(2)和泡沫陶瓷过滤器(1)。

2. 根据权利要求1所述的施加复合电磁场的高温合金细晶铸造装置,其特征为:在奥氏体不锈钢砂箱(7)外侧,距其上端面10-100 mm处设置一个磁感应强度为100-300mT的直流电磁场发生器(3)。

3. 根据权利要求1所述的施加复合电磁场的高温合金细晶铸造装置,其特征为:在奥氏体不锈钢砂箱(7)外侧,距其下端20-250 mm处设置一个频率为3-60 Hz、输入电流为60-200A的双向低频交流旋转电磁场发生器(5)。

4. 一种施加复合电磁场的高温合金细晶铸造工艺方法,采用权利要求1所述的装置,该方法包括以下步骤:

(1) 将型壳(6)置于奥氏体不锈钢砂箱(7)内,并在型壳(6)周围充满一定粒度大小的填砂材料。

5. 将整个砂箱(7)放入电阻加热炉中加热到1273K,保温1小时后取出,置于真空中频感应熔炼炉(8)中的磁场发生器(3)和(5)内待浇;

(2) 将高温合金炉料加入真空中频感应熔炼炉(8)的坩埚中,通电加热、熔化和精炼;

(3) 将金属液(4)经泡沫陶瓷过滤器(1)过滤后通过浇冒口系统(2)浇注到奥氏体不锈钢砂箱(7)内的型壳(6)中,当金属液(4)液面和直流电磁场发生器(3)的中心面平齐时停止浇注;

(4) 分别接通直流电磁场发生器(3)、双向低频交流旋转电磁场发生器(5)的电源,30-240秒钟后,当金属液(4)完全凝固时分别断开直流电磁场发生器(3)、双向低频交流旋转电磁场发生器(5)的电源。

一种施加复合电磁场的高温合金细晶铸造工艺方法和装置

技术领域

[0001] 本发明属于金属材料制备领域,具体涉及一种施加复合电磁场的高温合金细晶铸造工艺方法和装置。

背景技术

[0002] 航空发动机的低压涡轮叶片、机匣和工业燃气轮机的涡轮盘等高温合金部件的使用温度大都在等强温度 760℃ 以下,因而希望其铸造组织为整体均匀细小的等轴晶以提高其抗疲劳性能。为了细化铸造高温合金的晶粒组织,国内外先后开发了热控法、机械法和化学法三种高温合金细晶铸造技术的工艺方法。热控法是在凝固过程中控制结晶热流,即采用低的熔体均匀化处理温度、低的浇注温度、控制模温和降低合金熔体与型壳之间的温度梯度,使铸件晶粒整体上获得细化。可以获得尺寸为 0.25 ~ 0.18mm 的等轴晶。机械法是在合金浇注和凝固过程中通过旋转铸型、机械振动搅拌熔体,使晶粒细化。可以获得尺寸为 0.3 ~ 0.1mm 的等轴晶。化学法是通过向熔体中加入有效形核剂,形成大量非均质晶核而使晶粒细化。可以获得尺寸为 0.6 ~ 0.12mm 的等轴晶。上述工艺方法均存在着局限性和缺陷。热控法极低的过热温度和严格的温度控制限制了它的广泛应用,其突出的缺点是铸件的纯净度较低,不易生产重要及尺寸大的部件。机械法设备复杂,铸型在旋转或振动时的容易损坏现象降低了铸件的成品率和纯净度,晶粒细化的效果受部件形状的影响比较大。化学法的缺点是难以控制化学成分,外加形核剂易在熔体中形成氧化夹杂物而成为疲劳源。因此晶粒细化一直是铸造高温合金熔模铸造领域的研究热点之一。

[0003] 2000 年公开的专利 00110151.X 提出了一种真空行波电磁细化高温合金精密铸造方法,其特征在于在合金开始凝固时,对合金熔体施加一对对称但方向相反的行波磁场,可以获得晶粒细小的高温合金铸件。但是,该方法对高温合金铸件凝固组织的细化效果有限,特别是在金属液未浇入铸型时就进行电磁搅拌,这会导致金属液的上表面波动较大,金属液在电磁力的作用下会沿着模壁攀升后凝固形成大飞边,从而恶化了铸件凝固过程中缩孔缩松的补缩条件。

[0004] 2008 年申请人在《稀有金属材料与工程》刊登的文章“电磁场和表面孕育剂作用下 K417 高温合金的晶粒细化”中提出了在高温合金金属液凝固过程中施加双向旋转电磁搅拌与表面孕育剂相结合的方法来实现高温合金凝固组织的晶粒细化,该方法能够将高温合金铸件的凝固组织细化到 0.1mm,但该方法通过延迟电磁搅拌的开始时间来解决金属液刚浇入铸型内就进行旋转电磁搅拌会导致未形成表面凝壳的金属液面波动比较大、金属液在电磁力的作用下会沿着模壁攀升后凝固形成大飞边从而恶化铸件凝固过程中缩孔的补缩条件这一问题,因此使用该方法很难获得断面等轴晶比例达到 100% 的高温合金细晶铸件。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种施加复合电磁场的高温合金细晶铸造工艺方法和装置。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案如下:

本发明的施加复合电磁场的高温合金细晶铸造装置,包括真空中频感应熔炼炉,在真空中频感应熔炼炉中心处设有奥氏体不锈钢砂箱,在奥氏体不锈钢砂箱外侧设有直流电磁场发生器和双向低频交流旋转电磁场发生器,在奥氏体不锈钢砂箱上部设有浇冒口系统和泡沫陶瓷过滤器。

[0007] 在奥氏体不锈钢砂箱外侧,距其上端面 10-100 mm 处设置一个磁感应强度为 100-300mT 的直流电磁场发生器。

[0008] 在奥氏体不锈钢砂箱(7) 外侧,距其下端 20-250 mm 处设置一个频率为 3-60 Hz、输入电流为 60-200A 的双向低频交流旋转电磁场发生器(5)。

[0009] 本发明的施加复合电磁场的高温合金细晶铸造工艺方法,该方法包括以下步骤:

(1)将型壳置于奥氏体不锈钢砂箱内,并在型壳周围充满一定粒度大小的填砂材料。将整个砂箱放入电阻加热炉中加热到 1273K,保温 1 小时后取出,置于真空中频感应熔炼炉中的磁场发生器和内待浇;

(2) 将高温合金炉料加入真空中频感应熔炼炉的坩埚中,通电加热、熔化和精炼;

(3) 将金属液经泡沫陶瓷过滤器过滤后通过浇冒口系统浇注到奥氏体不锈钢砂箱内的型壳中,当金属液液面和直流电磁场发生器的中心面平齐时停止浇注;

(4)分别接通直流电磁场发生器、双向低频交流旋转电磁场发生器的电源,30-240 秒钟后,当金属液完全凝固时分别断开直流电磁场发生器、双向低频交流旋转电磁场发生器的电源。

[0010] 本发明的基本构思是真空感应炉熔模铸造高温合金件所用的型壳采用填砂造型浇注方式,即将型壳置于奥氏体不锈钢砂箱内,并在型壳周围充满一定粒度大小的填砂材料,然后将整个砂箱放入电阻加热炉中加热到 1273K,保温 1 小时后取出,置于真空中频感应熔炼炉中。此外,在奥氏体不锈钢砂箱的外侧上、下部位依次设置两个电磁场发生器,上部为稳恒直流电磁场发生器,其中心面与型壳中的金属液面平齐,下部为双向低频交流旋转电磁场发生器。当金属液刚被浇入奥氏体不锈钢砂箱内的型壳中就接通稳恒直流电磁场发生器和双向低频交流旋转电磁场发生器的电源。

[0011] 下部的双向低频交流旋转电磁场发生器输入双向低频交流电后产生双向旋转电磁场,当其以一定的速度切割金属液时,便在金属液内产生频率相同的感生电流,液态金属作为载流导体,在外加电磁场的作用下产生电磁力($f = J \times B$),该电磁力能够驱动金属液进行有规律的运动,从而实现对金属液的双向旋转电磁搅拌。在旋转电磁搅拌作用下,液穴内金属液的运动加剧。金属液的强力流动通过对已凝固枝晶的动力折断和熔断作用而形成大量的枝晶碎片,这些枝晶碎片进入液态金属后就形成了更多的有效晶核,从而提高了液态金属非均匀形核的形核率。此外,金属液的强力流动还能加速液穴的传热,使液穴中的温度梯度减小;加速液穴的传质过程,使固液界面前沿的扩散边界层减薄,溶质的浓度梯度增加,从而使固液界面前沿液相区的成分过冷增加。这些因素都不利于柱状晶的发展而有利于等轴晶的形成。因此在金属液凝固过程中施加双向旋转电磁搅拌能够细化晶粒、增加等轴晶率、减轻中心缩孔和偏析,得到优质的高温合金细晶铸件。

[0012] 上部的稳恒直流电磁场发生器输入直流电后产生稳恒的直流电磁场,金属液在此稳恒电磁场中流动时便产生感生电流,金属液作为载流导体,在外加电磁场的作用下会受

到与其流动方向相反的电磁力的作用。因此在金属液面处施加直流稳恒电磁场,其在金属液面处产生的电磁制动力能够抑制因型内电磁搅拌引起的为形成凝壳的金属液面的剧烈波动,从而消除金属液面的波动对高温合金铸件凝固过程中缩孔补缩的不利影响。

[0013] 与现有技术相比,本发明具有以下优点和效果:1、在奥氏体不锈钢砂箱的外侧下部设置的双向低频交流旋转电磁场发生器,输入双向低频交流电后产生双向旋转电磁场,其在金属液中产生的双向旋转电磁搅拌作用能够细化晶粒、增加等轴晶率、减轻中心缩孔和偏析,得到优质的高温合金细晶铸件。2、在奥氏体不锈钢砂箱的外侧上部设置的稳恒直流电磁场发生器,输入直流电后产生稳恒的直流电磁场,其在金属液面处产生的电磁制动力能够抑制因型内电磁搅拌引起的为形成凝壳的金属液面的剧烈波动,从而消除金属液面的波动对高温合金铸件凝固过程中缩孔补缩的不利影响。3、本方法工艺原理可靠,可适用于各种高温合金细晶铸件的生产。

[0014] 附图说明:

附图 1 是施加复合电磁场的高温合金细晶铸造工艺原理结构示意图。

[0015] 图中,1. 泡沫陶瓷过滤器,2. 浇冒口系统,3. 直流电磁场发生器,4. 金属液,5. 双向低频交流旋转电磁场发生器,6. 型壳,7. 奥氏体不锈钢砂箱,8. 真空中频感应熔炼炉。

具体实施方式

[0016] 以下结合附图,详细叙述本发明的具体实施方案。

[0017] 本发明施加复合电磁场的高温合金细晶铸造装置,包括真空中频感应熔炼炉 8,在真空中频感应熔炼炉 8 中心处设有奥氏体不锈钢砂箱 7,在奥氏体不锈钢砂箱 7 外侧,距其上端面 10-100 mm 处设置一个磁感应强度为 100-300mT 的直流电磁场发生器 3。在奥氏体不锈钢砂箱 7 外侧,距其下端部 20-250 mm 处设置一个频率为 3-60 Hz、输入电流为 60-200A 的双向低频交流旋转电磁场发生器 5。在奥氏体不锈钢砂箱 7 上部设有浇冒口系统 2 和泡沫陶瓷过滤器 1。

[0018] 本发明的施加复合电磁场的高温合金细晶铸造装置设有相应的电源系统及水冷系统,电源系统及水冷系统的设置采用现有技术。

[0019] 利用所发明的施加复合电磁场的高温合金细晶铸造工艺方法与装置来制备 K417 高温合金细晶铸件,具体步骤如下:

步骤 1:采用填砂造型浇注方式的型壳的准备

将型壳 6 置于奥氏体不锈钢砂箱 7 内,并在型壳 6 周围充满一定粒度大小的填砂材料。将整个砂箱 7 放入电阻加热炉中加热到 1273K,保温 1 小时后取出,置于真空中频感应熔炼炉 8 的浇注工位。

[0020] 步骤 2:复合电磁场发生器的准备

在奥氏体不锈钢砂箱 7 外侧,距其上端面 10-100 mm 处设置一个磁感应强度为 100-300mT 的直流电磁场发生器 3。在奥氏体不锈钢砂箱 7 外侧,距其下端部 20-250 mm 处设置一个频率为 3-60 Hz、输入电流为 60-200A 的双向低频交流旋转电磁场发生器 5。

[0021] 步骤 3:K417 高温合金金属液的熔炼和浇注

将 K417 高温合金炉料加入真空中频感应熔炼炉 8 的坩埚中,通电加热、熔化和精炼。然后将 K417 高温合金金属液 4 经泡沫陶瓷过滤器 1 过滤后通过浇冒口系统 2 浇注到奥氏体

不锈钢砂箱 7 内的型壳 6 中,当金属液 4 液面和直流电磁场发生器 3 的中心面平齐时停止浇注。

[0022] 步骤 4:复合电磁场作用下 K417 高温合金的细晶铸造

分别接通直流电磁场发生器 3、双向低频交流旋转电磁场发生器 5 的电源,并使直流电磁场发生器 3 的输入电流达到 120A、磁场强度达到 240mT,双向低频交流旋转电磁场发生器 5 的输入电流达到 160A、磁场强度达到 110mT。30-240 秒钟后,当金属液 4 完全凝固时分别断开直流电磁场发生器 3、双向低频交流旋转电磁场发生器 5 的电源。

[0023] 步骤 5:质量检查

观察 K417 高温合金铸件,与不施加复合电磁场的铸件相比,可以观察到冒口上表面没有出现飞边,对铸件的纵剖面 and 横剖面进行宏观凝固组织观察,结果为铸件的晶粒细化到 0.095mm、断面等轴晶比例达到 100%,冒口的补缩效果良好,铸件中的缩孔缩松较少。

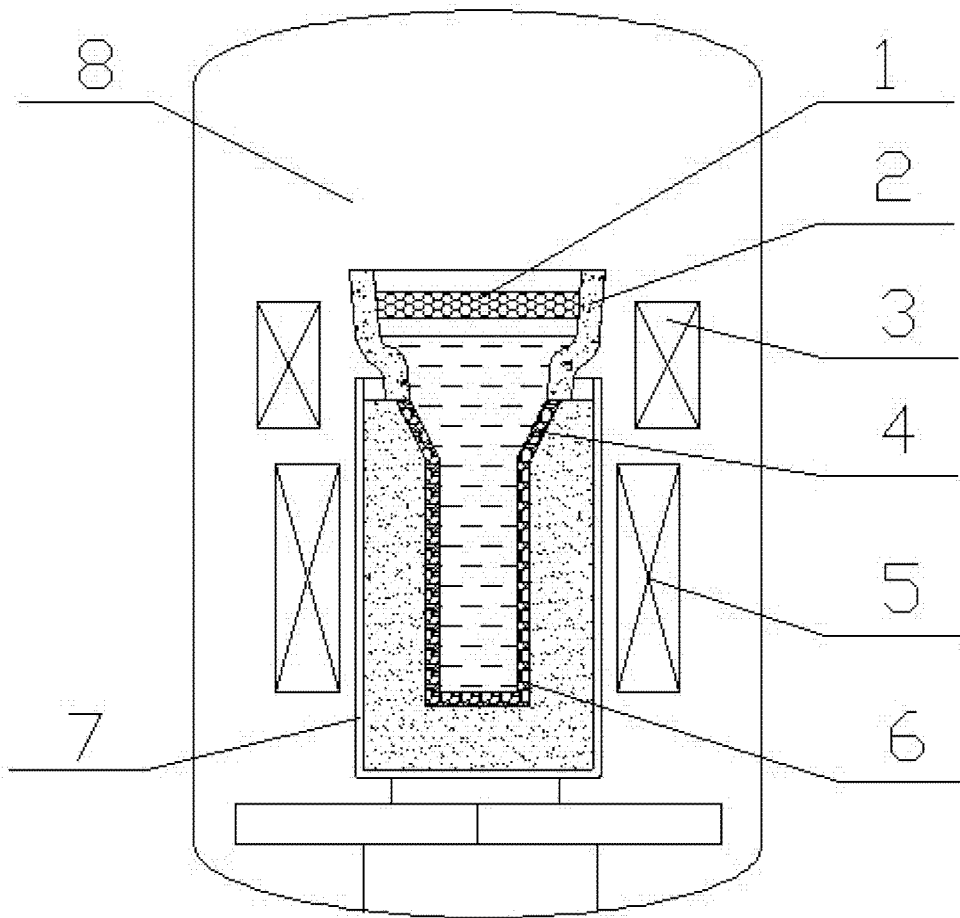


图 1