



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103212689 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201310139419. 0

SE 0203768 A, 2004. 06. 20,

(22) 申请日 2013. 04. 22

WO 9218323 A1, 1992. 10. 29,

WO 9709141 A1, 1997. 03. 13,

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所

审查员 陈轶鑫

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 陈光南 李正阳 彭青 王红才  
肖京华 罗耕星 张坤

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11390

代理人 胡剑辉

(51) Int. Cl.

B22D 17/00(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 10-272554 A, 1998. 10. 13,

EP 0833237 A2, 1998. 04. 01,

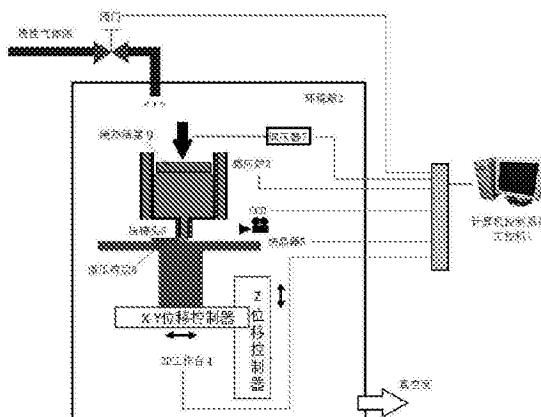
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

金属构件移动微压铸成型方法

(57) 摘要

本发明公开了一种金属构件移动微压铸成型方法,包括如下步骤:1)建立欲制造构件的3D图形数据库,选择图形的切片方向与分切厚度以及与之相应的熔体压铸程序和运动轨迹;2)在气氛保护环境下,压铸头以预定的流速和压力,将熔体填充到其出口端部与结晶平台之间的空间;3)压铸头以预定的速度和轨迹在结晶器上移动;4)当压铸头的移动轨迹填满设定形状时,一个厚度在微米尺度的金属层片便成型完成;5)然后,结晶器沿金属层片的厚度方向上移动一个层片厚度,压铸头开始执行下一层片的熔体压铸作业。本发明适于直接成型各种金属构件,特别是难以采用传统方法制造的形状复杂或需要异质结合的金属构件。



1. 一种金属构件移动微压铸成型方法,其特征在于,包括如下步骤:

1) 建立欲制造构件的 3D 图形数据库,并依据构件性能与精度的设计要求,选择图形的切片方向与分切厚度以及与之相应的熔体压铸程序和运动轨迹;

2) 在气氛保护环境下,当结晶器的指定部位,对准压铸头出口、且二者之间距达到指定层片厚度时,压铸头以预定的流速和压力,将熔体填充到其出口端部与结晶平台之间的空间;

3) 压铸头以预定的速度和运动轨迹在结晶器上移动,移出压铸头内的熔体迅速凝固,压铸头向其下方不断产生的新的空间继续填充并压铸熔体;

4) 当压铸头的运动轨迹填满设定形状时,一个厚度在微米尺度的金属层片便成型完成;压铸头熔体输出管道的内径依据熔体的毛细原理设定,对于铝、镁、钛合金,压铸头熔体输出管道的内径尺寸在毫米尺度范围;

5) 然后,结晶器沿金属层片的厚度方向上移动一个层片厚度,压铸头开始执行下一层片的熔体压铸作业;重复步骤 2) 至 4),直至整个金属构件成型完成。

## 金属构件移动微压铸成型方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种金属构件移动微压铸成型方法。

### 背景技术

[0002] 近些年发展起来的激光立体成型技术已在大尺寸薄壁钛合金构件的直接制造和工程应用方面取得了重要进展。然而,该技术也存在明显的局限性:首先,与常规制造方法相比,其制造成本高昂、加工效率较低,因而只能用于制造难以采用常规方法而又不惜工本的那类金属构件;其次,它必须以金属粉末为原料,并且对粉末的粒度有严格要求。过细,颗粒易于烧损,会降低粉末的利用率。过大,颗粒又可能熔化不充分不均匀,因而影响成型构件的性能。

[0003] 电子束立体成型技术,其方法原理以及制造效果与激光立体成型技术相当,因此也存在上述同样的局限性。此外,因电子束加工需要真空环境,这进一步限制了其应用范围。

[0004] 现代精密压铸技术也可以近净成型或直接制造金属结构,但对于复杂构件,特别是大而薄的薄壁构件,其成型能力有限。譬如,对于 1mm 和 2mm 厚的金属薄壁构件,一个浇铸口的最大压铸面积也只能分别达到大约 100mm×100mm 和 100mm×200mm。对于更薄的薄壁构件,精密压铸的难度更大、能够压铸的面积更小,甚至无法成功压铸。

[0005] 喷射成型技术将金属熔体雾化成微尺度液滴并令其高速撞击基板,通过不断地沉积并凝固成型金属构件。该技术可成型大尺寸金属构件,其成型效率也较高,但难以成型形状复杂或尺寸精度要求高的金属构件。因其总有一定的孔隙率,对于致密度和机械性能要求高的金属构件,喷射成型后还须对其进行热静压加工。

[0006] 液滴成型技术目前尚处于研发状态。该技术通过排列和堆积液滴成型金属构件。其优势是可以成型尺度小而形状复杂的薄壁金属构件。其不足是所制造的金属构件的致密度、表面质量和机械性能尚无法比肩用常规技术制造的同材质构件。

### 发明内容

[0007] 针对现有技术存在的问题,本发明的目的在于提供一种通过移动微压铸熔体直接成型金属构件的方法,该方法直接采用金属熔体,无需粉末或细丝,也无需激光或电子束等能源装备,因此能够低成本高效率实现复杂薄壁、特别是难成型金属构件的直接制造。

[0008] 本发明的一种金属构件移动微压铸成型方法是:

[0009] 1) 利用计算机辅助设计(CAD)或实物扫描的方法建立欲制造构件的 3D 图形数据库,并依据构件性能与精度的设计要求,选择图形的切片方向与分切厚度以及与之相应的熔体压铸程序和运动轨迹;

[0010] 2) 在保护环境(如氮气、氩气或真空等)下,当结晶器(压铸基板)的指定部位,对准压铸头出口、且二者之间距达到指定层片厚度(以微米尺度为宜)时,压铸头以预定的流速和压力,将熔体填充到其出口端部与结晶平台之间的空间;

[0011] 3) 压铸头以预定的速度和轨迹在结晶器上移动(也可以是压铸器不动而结晶器相对其移动),移出压铸头内的熔体迅速凝固,压铸头向其下方不断产生的新的空间继续填充并压铸熔体;

[0012] 4)当压铸头的移动轨迹填满设定形状时,一个厚度可达微米尺度(1微米到100微米)的金属层片便成型完成;

[0013] 5)然后,结晶器沿金属层片的厚度方向上移动一个层片厚度,压铸头开始执行下一层片的熔体压铸作业;如此往复,直至整个金属构件成型完成。

[0014] 优选地,所述压铸系统包括感应炉系统、调压器和压铸头;熔体的温度以及对熔体所施加的压力均采用闭环控制。压铸头具有输出管道,输出管道外部设置有感应加热器,输出管道的内径依据毛细原理设计,可确保仅有重力作用时熔体不会自然流出,但在有外加压力作用的情况下,熔体能够顺畅稳定地输出。这里的感应加热器可在输出管道内壁出现熔体凝固和熔体流动受阻时发挥作用。

[0015] 优选地,所述微压铸,是指压铸层的厚度以限制在微米尺度为宜。

[0016] 优选地,所述结晶器(压铸基板)上的压铸部位,是随着压铸头或结晶器的移动而连续移动的。结晶器可根据需求调节温度。因此,所述方法可以通过调整熔体的流量、压力、压铸层厚度、熔体的凝固速度以及压铸头的移动轨迹,逐点逐层调控构件材料的组织形态(包括晶粒尺寸、相成分和界面结构等)、残余应力状态(包括大小与分布)和表面质量。

[0017] 本发明不仅可以按设定的形状和尺寸成型金属构件,还能实现对能对其机械性能进行有效调控。

[0018] 本发明适于直接成型各种金属构件,特别是难以采用传统方法制造的形状复杂或需要异质结合的金属构件、在常温下难以成形加工的镁合金和钛合金构件,以及不得不采用粉末烧结才能成型的硬质合金构件。

## 附图说明

[0019] 图1为本发明所采用的装置结构示意图。

## 具体实施方式

[0020] 如图1所示,本发明具体包括如下步骤:

[0021] 1)数据准备工作。即利用数据采集分析和图形生成与处理系统,针对实物或设计数据构建待制造金属构件的3D结构图像,将其按预定厚度(一般在微米尺度)沿方便熔体微压铸的方向切分成层片,并将相关数据传送给控制中心;在本发明实施例中,信息处理与控制的任務由工控机1承担。

[0022] 2)压铸准备工作。首先,控制中心指令环境箱2,建立保护环境(输入氮气、氩气或抽真空);在环境箱内含氧量降低到指定值后,感应炉3开始预热,或投入金属原料自熔,或由外部冶炼炉输入金属熔体;熔体温度达到压铸温度(考虑过热度)后,坩埚处于保温待铸状态。与此同时,安装在3D工作台4上的结晶器5启动,通过工作介质将其温度调控到压铸熔体时所需的范围。

[0023] 3)压铸工作。当工作台按控制中心的指令,将结晶器5上的指定部位运行到压铸头6下的指定位置时,调压器7开始施压,推动绝热活塞9感应炉3中的熔体,通过压铸头

6 的输出管道, 填充压铸头管口与结晶器之间的空间 - ; 充满后, 结晶器 5 (或压铸头 6) 按指定轨迹和移动速度移动, 管道内的熔体也随着压铸头 6 的移动不断填充其下方由移动形成的新的压铸空间; 在结晶器 5 和环境温度的作用下, 从压铸头 6 下移出的熔体逐渐凝固, 当压铸头 6 移动轨迹填满整个层片, 该层的压铸工作即告完成, 形成微压铸层 8; 然后, 结晶器 6 沿 Z 轴移动一个层片厚度, 压铸头 6 进行下一层片的压铸作业; 如此往复, 直至整个构件制造完成。

[0024] 本发明在材料成分给定的情况下, 构件的机械性能取决于材料的晶粒尺寸、组织形态、固液界面的生长环境、以及成型构件的内应力状态, 而这些都可以通过对熔体微制造过程的设计和实施加以调控。也就是说, 本方法可以通过调控熔体的流速、流量、层片厚度和结晶温度, 来实现对所制造构件的质量调控, 使其达到用常规制造方法制造的同材质构件的质量水平。

[0025] 在本发明中, 各系统的功能如下:

[0026] 工控机 1 是整个移动微压铸装备的控制中心, 它负责信息处理, 譬如依据采集的数据生成待制造构件的 3D 图像及其 2D 层片结构数据等, 根据设计要求决定工作方案并向各分系统发出协同操作指令。

[0027] 环境箱 2 为整个熔体的移动微压铸成型提供(氩气、氮气或真空)环境保障, 箱壁上开有多个操作窗口为工艺实施提供方便, 其中的 CCD 系统提供压铸工艺的实时情况。

[0028] 感应炉 3 的功能是, 储存熔体, 通过感应加热器熔化金属原料, 保持压铸所需的熔体温度。

[0029] 3D 工作台 4 的功能是, 负责执行控制中心的指令, 完成移动微压铸成型金属构件所需的各种动作。3D 工作台 4 包括 X-Y 位移控制器和 Z 位移控制器。

[0030] 结晶器(压铸基板)5 的功能是, 作为整个构件微压铸成型的承载台, 为压铸熔体的凝固与结晶提供所需温度条件。

[0031] 压铸头 6 的功能是, 向结晶器输出熔体, 熔体输出的开关机构, 通过与结晶器的相对移动为压铸熔体提供新的空间。压铸头 6 熔体输出管道的内径依据熔体的毛细原理设定, 对于铝、镁、钛合金, 其内径的尺寸在毫米尺度范围。

[0032] 调压器 7 的功能是, 通过绝热活塞 9 向熔体并通过熔体向压铸层施加设定的压力。

[0033] 微压铸层 8 原本是熔体的一部分, 在压铸头 6 移走之后, 它通过与结晶器 5 和环境气体进行热交换而凝固结晶, 成为成型金属构件的一个部分。如前所述, 微压铸层 8 的厚度是可以在一定尺度范围内调整的。控制在微米尺度范围内, 其综合效果最好。大于微米尺度, 加工效率较高, 加工成本较低, 但成型件的尺寸精度和光洁度相对差一些。小于微米尺度, 成型件的尺寸精度和光洁度较高, 但加工效率相对低一些, 加工成本也相应高一些。

[0034] 具体应用实例:

[0035] 超高强硬铝合金(7075); 用氩气保护; 熔体压注温度: 700℃; 压铸力: 两个大气压; 压铸头输出管径: 3mm; 压铸层厚度: 100 μm。按照上述方法进行压铸, 即可形成超高强硬铝合金的金属构件。

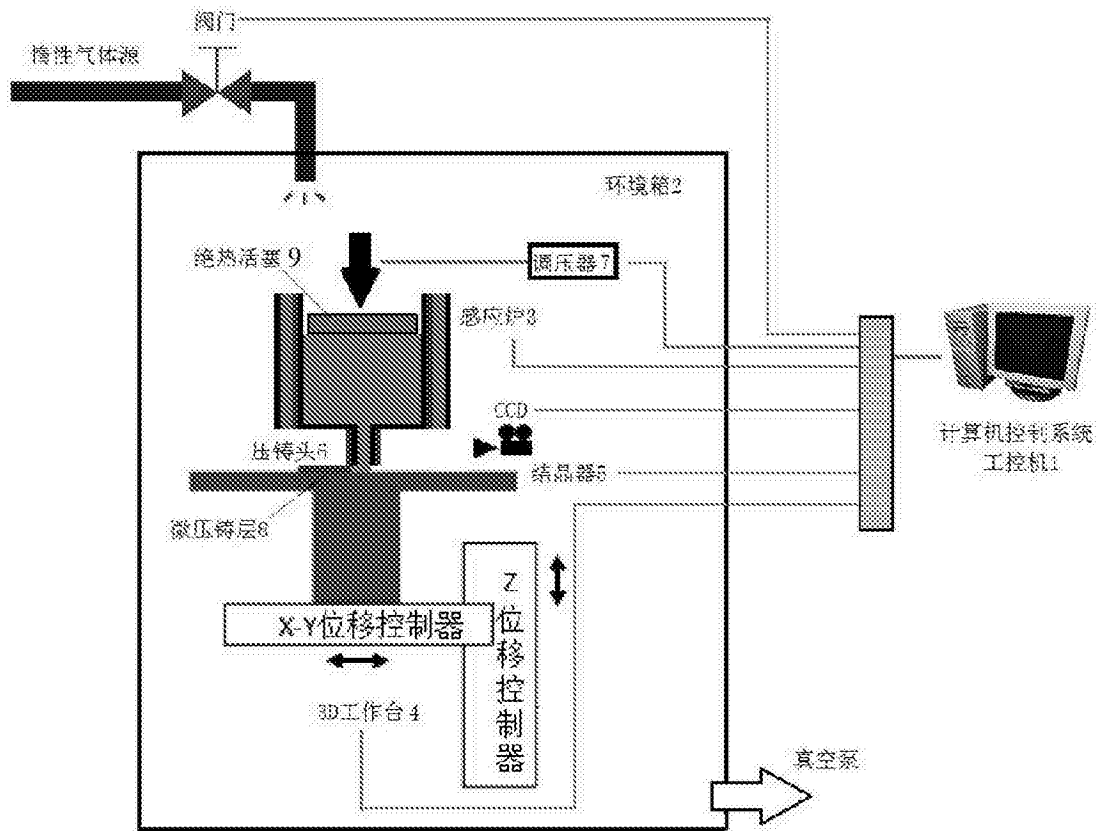


图 1