



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104588610 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 06

(21) 申请号 201510037178. 8

(22) 申请日 2015. 01. 26

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

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 罗晓强 彭青  
罗耕星 王红才 张坤 肖京华

(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)

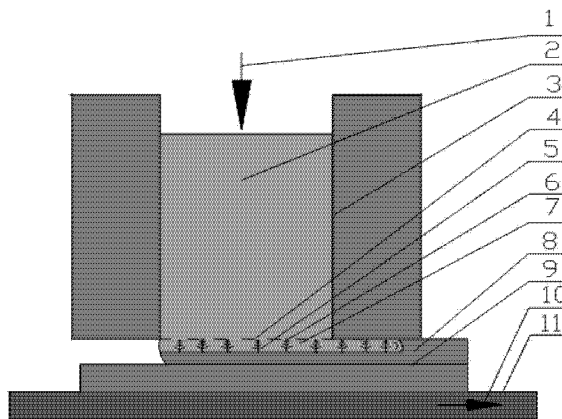
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

整体壁板类薄壁金属构件同步铸轧无模成型方法

(57) 摘要

整体壁板类薄壁金属构件同步铸轧无模成型方法。本发明涉及一种微尺度同步铸轧方法和装置,采用本发明的方法,可直接制备出结构复杂,力学性能要求高的整体壁板类薄壁金属构件,如高速运载工具的铝合金或钛合金整体壁板零部件。本发明所述的制备方法可以大幅缩短制造金属构件的生产流程,省却常规制造方法中需要反复进行的机械加工和热处理工艺,因而可以大幅度降低能量消耗和提高材料的利用效率。该方法可以通过调控堆积层的厚度来调控构件的尺寸精度和表面质量,还可以通过调控同步铸轧空间内的温度场和应力场来调控构件的致密程度与晶粒的细化程度以及堆积层界面的冶金结合质量,实现金属构件的近净成型甚至净成型。



1. 一种金属构件微尺度同步铸轧无模成型方法,其特征在於,包括如下步骤:

1) 从熔炼炉获取液态金属;

2) 将上述液态金属引入下方有出料口的中间包,并通过控制温度和搅拌速度,使进入中间包内的金属从全液态逐渐转变为液固两相共存且其温度呈上高下低梯度分布的熔体,对于非共晶合金,控制其固相比例不超过 30%;对于共晶合金,控制其出口处温度高于其凝固点至少 5%.,由此调制为同步铸轧所需的熔体;

3) 将上述熔体经出料口压入其下方与结晶器或附着在其上的堆积层之间的开放空间,并利用表面张力将其约束在该空间之内;

4) 在与之接触的熔体朝来流方向定向凝固的同时,结晶器以一定的速度和指定轨迹平行于出料口运动,带出凝固组织,并通过凝固组织与熔体之间的摩擦力抑制和破坏其结晶前沿的枝晶生长,重复步骤 3) 即可得到具有指定厚度和形状的细晶化凝固组织。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在於,还包括步骤 5) 按照待制造零部件的三维数字切分图形的切片方向与分切厚度,设定结晶器的运动轨迹,逐层加工和堆积上述凝固组织并使其层间界面实现冶金结合。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在於,所述步骤 1) -5) 在真空或者惰性气体的保护下进行。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在於,步骤 1) 中,所述液态金属是全液态金属。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在於,步骤 2) 中,所述金属熔体的搅拌速度为 0.5Hz-1.5Hz。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在於,步骤 3) 中,所述开放空间位于中间包出料口的下方和结晶器或附着在结晶器表面上的堆积层的上方,其高度为毫米至微米尺度范围内;优选的,对于希望实现近净或者净成型的金属构件,所述开放空间的高度不超过 100 微米。

7. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在於,步骤 4) 中,所述的结晶器的运动速度为 1-50 厘米 / 秒范围之内。

8. 如权利要求 1-7 任一所述的方法采用的装置,其特征在於,包括熔炼炉、中间包、结晶器,以及保护气氛提供装置,其中熔炼炉用于提供液态金属,其出口与中间包入口连接;所述中间包包括搅拌装置和温度梯度控制系统,其底部设置出口,所述中间包出口下方设置结晶板;所述保护气氛提供装置提供保护气氛,用于保护所述液态金属从熔炼炉出口直至结晶板上冷却成型的整个过程。

9. 如权利要求 8 所述的装置,其特征在於,所述中间包底部出口的形状:当堆积层的宽度为毫米尺度,出料口为相应尺度的圆形;若堆积层的宽度大于毫米尺度,则出料口为方形,其短边为毫米尺度、其长边对应堆积层的宽度;所述中间包还包括压力控制系统,所述压力控制系统用于将金属熔体压出中间包的出口,同时控制该熔体不溢出出料口下方与结晶器或附着在其上的堆积层之间的开放空间。

10. 如权利要求 8 所述的装置,其特征在於,所述结晶器还包括能够使结晶器在 x, y, z 轴方向移动的运动部件;所述结晶器还包括水循环系统,所述水循环系统用于加快压出出口的金属熔体的冷却速度。

## 整体壁板类薄壁金属构件同步铸轧无模成型方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及金属材料加工技术领域,具体的说,涉及一种利用同步铸轧制备整体壁板类薄壁金属构件的方法。

### 背景技术

[0002] 金属的加工工艺从最初的铸造和轧制分开进行的工艺,发展到连续铸轧工艺,再到连铸连轧工艺,每次工艺路线的革新都带动了生产效率的大幅、快速提升。

[0003] 金属整体壁板,即蒙皮与肋条一体化的金属结构件,其特点是大型、薄壁、轻量、结构复杂、形状尺寸精度要求高,是航空、航天和高铁等高速运载工具的重要构成部件。它既要满足高速运载工具的气动外形需求,又要承受高速运行过程中外部环境给予的强大载荷并确保运行的安全。

[0004] 传统金属整体壁板的制作程序是:将冶炼好的选定成分的液态金属,通过铸、轧或连铸连轧制成厚板坯(其厚度大于蒙皮厚度与肋条高度之和),采用机加工手段去除厚板坯上蒙皮和肋条之外的多余部分(因此其材料利用率不足10%),最后通过喷丸、时效、或二者复合等成形方法,赋予其满足气动需求的曲面外形(肋条的厚度和高度尺寸越大,其成形难度也越大)。周期冗长、成本高昂和技术难度大是金属整体壁板制造的基本特点。

[0005] 3D打印技术的出现,特别是激光熔覆技术的日臻成熟,为金属构件的无模直接制造开辟了新的途径。采用激光增量成型技术,辅以热等静压技术,制备的钛合金构件的成功应用,更是大大推动了激光(也包括电子束、等离子体以及其它高密度能源)增量成型技术的工业化进程。但采用这类方法制造金属构件存在两方面局限:一是都需要以粉末为原料,即先将所需金属或合金制成粉末,再用高密度能源将粉末按照指定的轨迹和图形逐层熔覆和堆积,而熔覆工艺对粉末的粒度范围有严格要求,粒度过大不易熔透,粒度过小容易烧蚀;二是熔覆和堆积过程难以充分消除粉末颗粒之间的孔隙,其成型件的致密度和力学性能与锻件和轧件存在差距。因此,对于整体壁板而言,采用上述3D方法制造,周期并不短,成本并不低,性能更是难以保障。

[0006] 近些年发展起来的搅拌摩擦焊和激光焊接技术,也可以应用于金属整体壁板的制造。其具体制作方法是:先分别制造整体壁板的肋条和蒙皮(包括冶金、模铸、轧板、成形等工序),然后再采取搅拌摩擦焊或激光焊接技术,将它们逐一熔合成具有所需气动外形、能够直接装配使用的整体壁板零件。虽然通过技术进步,现在已经可以大大降低焊接残余应力和焊接缺陷给整体壁板零件带来的安全隐患,但其高昂的设备需求和生产成本仍然是它们扩大应用范围的重大阻碍。

[0007] 当前,一种新的金属加工工艺——同步铸轧工艺的出现很大程度上提高金属产品加工的质量和效率。

[0008] 本发明涉及一种金属整体壁板同步铸轧无模成型方法及装置。

### 发明内容

[0009] 本发明涉及一种整体壁板类金属构件的同步铸轧无模成型方法及装置。

[0010] 所述制备方法能够将液态金属直接制备为金属整体壁板,无需焊接或机加工,且在制备过程中,可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,从而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。

[0011] 本发明所述的金属整体壁板同步铸轧无模成型方法,包括如下步骤:

[0012] 1) 从熔炼炉获取液态金属;

[0013] 2) 将上述液态金属引入下方有出料口的中间包,并通过控制温度和搅拌速度,使进入中间包内的金属从全液态逐渐转变为液固两相共存且其温度呈上高下低梯度分布的熔体,对于非共晶合金,控制其固相比例不超过 30%;对于共晶合金,控制其出口处温度高于其凝固点至少 5%,由此调制为同步铸轧所需的金属熔体;

[0014] 3) 将上述熔体经出料口压入其下方与结晶器或附着在其上的堆积层之间的开放空间,熔体量控制为可利用表面张力阻止其溢出该空间;

[0015] 4) 在与之接触的熔体朝物流方向定向凝固的同时,结晶器以一定的速度和指定轨迹平行于出料口运动,带出凝固组织,为后续熔体腾出位置并重复步骤 3),形成金属整体壁板特定方向的切向单层组织。

[0016] 在步骤 4) 中,在随结晶器平行于出料口运动移动的过程中,派生于凝固组织与熔体之间的界面上的摩擦力,会抑制和破坏初生枝晶的生长,获得类似轧制工艺的细晶效果,实现本发明的目的,即同步铸轧制备金属整体壁板。

[0017] 在实际制备的过程中,步骤 3) 和步骤 4) 是连续进行的。

[0018] 进一步的,为制备出结构复杂,垂直于切向的厚度大于切向单层组织的厚度的金属构件,本发明所述的方法还包括步骤 5) 按照待制造零部件的三维数字切分图形的切片方向与分切厚度,设定结晶板的运动轨迹,逐层加工和堆积上述凝固组织并使其层间界面实现冶金结合;其中,所述待制造零部件的三维数字切分图形的切片方向与分切厚度,还包括结晶板的运动轨迹,是依据构件性能与精度的设计要求预先设定的,

[0019] 该方法采用了金属熔体来制备金属构件(金属整体壁板),为避免金属熔体的表面被氧化,所有的工艺过程都需要在真空或者惰性气体(譬如氩气)的保护下完成。

[0020] 步骤 1) 中,所述液态金属可选用本领域常用的各种合金,一般可选用铝合金或钛合金,但不限于这两种合金;从熔炼炉获取的液态金属是全液态金属,其成分要求满足金属构件的设计要求;

[0021] 步骤 2) 中,所述中间包包括搅拌装置和温度梯度控制系统。

[0022] 其中所述搅拌装置可为电磁搅拌和机械搅拌中的一种。

[0023] 步骤 2) 中,所述金属熔体的搅拌速度控制为使金属熔体成分不偏析且其中固相颗粒的粒度控制在微米尺度即可;一般,可采用的搅拌频率范围为 0.5Hz-1.5Hz。

[0024] 步骤 2) 中,所述中间包还包括压力控制系统,所述压力控制系统控制金属熔体的压力,可以采用压缩气体、也可以采用机械方式;

[0025] 所述压力控制系统可将金属熔体从出口,将熔体压入同步铸轧空间,并作用于熔体凝固的全过程。

[0026] 步骤3)中,所述开放式同步铸轧空间位于中间包出料口的下方和结晶器(或附着在结晶器表面上的堆积层)的上方,其高度即堆积层厚度,一般限制在毫米至微米尺度范围内;对于希望实现近净或者净成型的金属构件,建议该空间的高度不超过100微米。

[0027] 所述开放性空间主要是由于该型腔只有其下底面(结晶器或附着其上的凝固层的表面)以及其上底面的边沿(出料口的口沿)是实体,其余都是开放的和柔性的。

[0028] 控制堆积层厚度的主要原因是为了控制成型件表面的粗糙度和其力学性能,在不使熔体溢出同步铸轧区域的前提下,堆积层的厚度越薄,成型件的表面粗糙度越低。当堆积层的厚度小于100微米时,其成型件表面的粗糙度可以达到肉眼不能分辨的程度。

[0029] 步骤4)中,所述的结晶器的运动速度建议不超过1厘米-50厘米/秒的范围,该速度范围通过凝固组织移动时与熔体间的摩擦阻滞和破坏初生枝晶的生长,使凝固组织获得类似轧制的细化和致密效果。在这种因相对移动产生的剪切应力的作用下,初生的枝晶被不断剪切和破碎,由此进一步细化涂层内的凝固组织。使宏观的无模成型工艺具备了一定的微观有模成型对于熔体的约束功能。又通过型腔上壁(压铸头底面)和下壁(基板或已在基板上凝固的前一涂层的表面)的相对移动,实现通过熔体对初生凝固组织进行剪切和破碎的组织细化效应。与此同时,通过由熔体传递的压力和热量(垂直于基板移动方向),使前后两涂层间的界面更加致密并形成冶金结合。

[0030] 步骤4)中,所述的结晶器还可以包括水循环系统,以加快凝固速度,从而在结晶器运动时能有效利用摩擦效应阻滞和破坏枝晶生长,获取细晶效果,以及利用逐点同步铸轧有效降低应力集中风险。

[0031] 步骤5)中,所述的界面结合状态控制实际上是通过其他步骤中规定熔体的固相分数和温度范围以及结晶器移动的速度范围来达到的,通过控制上述参数,可以让后续熔体与前一堆积层表面接触时,有足够的热量和时间,通过界面互熔实现冶金结合。

[0032] 本发明还提供能够实现本发明所述的方法的装置。

[0033] 本发明所述金属整体壁板同步铸轧无模成型的装置,包括熔炼炉、中间包、结晶器,以及保护气氛提供装置,其中熔炼炉用于提供液态金属,其出口与中间包入口连接;所述中间包包括搅拌装置和温度梯度控制系统,其底部设置出口,所述中间包出口下方设置结晶板;所述保护气氛提供装置提供保护气氛,用于保护所述液态金属从熔炼炉出口直至结晶板上冷却成型的整个过程。

[0034] 所述中间包的搅拌装置和温度梯度控制系统主要用于将上述液态金属从全液态逐渐转变为液固两相共存且其温度呈上高下低梯度分布的熔体,同时使固相颗粒保持在微米级大小,且控制金属熔体中合金成分不偏析。

[0035] 所述的搅拌装置为电磁搅拌或机械搅拌。

[0036] 所述中间包底部出口的形状:中间包底部出料口的形状和尺寸取决于堆积层的宽度,若其宽度为毫米尺度,出料口可以设计成相应尺度的圆形;若其宽度大于毫米尺度,则出料口可以设计为方形,其短边为毫米尺度、其长边对应堆积层的宽度。

[0037] 所述中间包还包括压力控制系统,所述压力控制系统用于将金属熔体压出中间包的出口,同时控制该熔体不溢出出料口下方与结晶器(或附着在其上的堆积层)之间的开放空间。

[0038] 所述压力控制系统可为机械压力控制系统或压缩气体压力控制系统。

[0039] 另外,所述结晶器还包括能够使结晶器在  $x, y, z$  轴方向移动的运动部件。

[0040] 进一步的,所述结晶器还包括水循环系统,所述水循环系统用于加快压出出口的金属熔体的冷却速度。

[0041] 与现有技术相比,本发明的方法主要通过如下措施实现对液态金属的同步铸轧并保障其成型件的性能和质量:

[0042] 1、同步铸轧无模成型工艺。从熔炼炉引出成分满足设计要求的全液态金属;在中间包内将其调制其固相比比例不超过 30%、颗粒粒度为微米尺度且分布均匀(对于非共晶合金)、或其温度高于其凝固点至少 5% 的熔体(对于共晶合金);将熔体从中间包的出料口压入其与结晶器之间厚度为堆积层厚度的开放空间,并利用其自身的表面张力阻止熔体溢出;与此同时,结晶器按照设定的速度和轨迹平行于出料口运动,不断移出初凝固组织并阻滞和破坏其结晶前沿的枝晶生长;按照指定的图形和轨迹逐点延伸和逐层堆积上述凝固组织,即可获得所需成型件。

[0043] 2、具备温度和压力控制以及搅拌功能的中间包。这里的温度控制是指:使进入包内的金属从全液态逐渐转变为可以液固两相共存且其温度呈上高下低梯度分布的熔体,以满足同步铸轧对于来料的要求(固相分数不超过 30%、输出温度高于其凝固点 5%)。这里的搅拌,可以是电磁搅拌亦可以是机械搅拌,建议的搅拌频率范围为 0.5Hz-1.5Hz,其主要作用是防止熔体出现偏析,并将其中固相颗粒的粒度控制在微米尺度。这里的压力是指对于中间包内熔体的压力,可以通过压缩气体、也可以通过机械方式施加,其主要作用是将熔体压入同步铸轧空间,并作用于熔体凝固的全过程。中间包底部出料口的形状和尺寸取决于堆积层的宽度,若其宽度为毫米尺度,出料口可以设计成相应尺度的圆形,若其宽度大于毫米尺度,则出料口可以设计为方形,其短边为毫米尺度、其长边对应堆积层的宽度。

[0044] 3、设置开放式同步铸轧空间。该空间位于中间包出料口的下方和结晶器(或附着在结晶器表面上的堆积层)的上方,其高度即堆积层厚度,一般限制在毫米至微米尺度范围内,它通过表面张力抗衡熔体传递的压力并约束其流动,其作用类似于模具的型腔。不过,这型腔只有其下底面(结晶器或附着其上的凝固层的表面)以及其上底面的边沿(出料口的口沿)是实体,其余都是开放的和柔性的。该型腔的下底面不仅具有促进熔体凝固的结晶器功能,还具有以一定速度(1 厘米-50 厘米/秒范围内)向外输送凝固组织的功能,以及通过凝固组织移动时与熔体间的摩擦阻滞和破坏初生枝晶的生长,使凝固组织获得类似轧制的细化和致密效果。

[0045] 4、同步铸轧成型件的质量保障措施。主要包括:①原料控制。譬如,使进入同步铸轧空间的熔体处于液固两相状态、且固相比比例不超过 30%、固相颗粒粒度不超过微米尺度(对于非共晶金属)或其温度高于凝固点 5%(对于共晶金属)。②堆积层厚度控制。在不使熔体溢出同步铸轧区域的前提下,堆积层的厚度越薄,成型件的表面粗糙度越低。当堆积层的厚度小于 100 微米时,其成型件表面的粗糙度可以达到肉眼不能分辨的程度。③堆积层性能控制。即利用结晶器内的循环水系统提高凝固速度,利用摩擦效应阻滞和破坏枝晶生长获取细晶效果,以及利用逐点同步铸轧有效降低应力集中风险。④界面结合状态控制。规定熔体的固相分数和温度范围以及结晶器移动的速度范围,就都是为了让后续熔体与前一堆积层表面接触时,有足够的热量和时间,通过界面互熔实现冶金结合。

[0046] 采用本发明的方法,可直接制备出结构复杂,力学性能要求高的高速运载工具结

构零部件,如金属整体壁板,且晶粒细小,内部缺陷少,结构致密,同连续轧铸加工相比为无模加工,同用 3D 打印相比为有模加工。同时,本发明所述的制备方法避免了重复高温制备金属构件的过程,大幅度降低了生产中的能量消耗;该工艺避免了材料过程中的切削,提高了产成品的收率;该方法提高了产品的致密度,确保了构件制品的冶金结构,提高了产品的力学性能,加工工艺成本低。

[0047] 本发明的方法特别适用于制备金属整体壁板,但也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

[0048] 图 1 为本发明所述同步铸轧无膜成形工作过程示意图,其中:1 压力控制;2 金属熔体;3 中间包;4 出料口;5 枝晶;6 剪断的枝晶;7 同步铸轧区;8 金属堆积层;9 层间结构;10 结晶板运动方向;11 结晶板;

[0049] 图 2 为 ZL104 铝合金球面伞形整体壁板示意图;

[0050] 图 3 为 ZL101 铝合金环形整体壁板示意图。

### 具体实施方式

[0051] 以下实施例仅用于说明本发明,但不用来限制本发明的发明范围。该领域的技术工程师可根据上述发明的内容对本发明作出一些非本质的改进和调整。如无特别说明,所采用的方法是本领域常用的方法和设备。

[0052] 实施例 1

[0053] 本实施例采用的进行同步铸轧制备金属薄板的设备见图 1。

[0054] 图 1 也为本发明所述同步铸轧无膜成形工作过程示意图,进入中间包 3 的金属熔体 2,通过中间包 3 的温度控制系统和搅拌系统调制成适合同步铸轧所需的金属熔体 2;通过压力控制 1 控制金属熔体 2 的压力,使金属熔体 2 通过中间包 3 的底部出料口 4 进入同步铸轧区 7,金属熔体 2 在出料口 4 和结晶板 11 之间的型腔同步铸轧区 7 下界面开始凝固,迅速形成枝晶 5,此时结晶板 11 向图示的结晶板运动方向 10 运动,枝晶 5 在剪切力的作用下成为剪短的枝晶 6,从而达到细化晶粒的目的,同时凝固成金属堆积层 8,当一层完毕后,结晶板 11 向 z 轴方向行进入一个层间距,在金属堆积层 8 上进行下一层的成型过程,其层间结构 9 为冶金结构,见附图 1。

[0055] 按照以下步骤,采用本发明所述的同步铸轧方式无模成型整体壁板的方法制备 ZL104 铝合金球面伞形整体壁板(见图 2):

[0056] 1 准备工作

[0057] 1.1 准备 ZL104 原料,材料成分如表 1 示:

[0058] 表 1ZL104 的组成(Wt%)

[0059]

Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ni	Al
0.1	9.1	0.2	0.25	0.5	0.3	0.2	余量

[0060] 1.2 由工控机 (DCS) 对 ZL104 铝合金球面伞形整体壁板图形信息进行处理, 每层设置厚度为 100 微米, 基板运动速度设置为 10cm/s., 编制制备程序并对制备过程进行控制;

[0061] 1.3 建立同步铸轧工艺的水路、电气、气路工作系统, 制备过程在氩气的保护下进行, 调整工作压力为 0.09MPa (表压), 控制循环冷却水的温度在 10℃ 左右, 电路为 380 伏工业用电;

[0062] 1.4 对石墨坩埚炉和辅助电炉进行升温, 对投入冶炼炉的金属原料加热, 温度达到 750℃ 左右观察熔化状态, 石墨坩埚炉温度加热到压铸设定温度 650℃ 左右, 辅助电炉和石墨坩埚炉处于保温待铸状态, 启动控制系统给石墨坩埚炉供料。

[0063] 2 同步铸轧工作

[0064] 2.1 铝合金球面伞形整体壁板的制备按照从下到上逐层同步铸轧制备, 工作台按工控机 (DCS) 的指令, 将结晶器 (基板) 调节并运行到指定部位, 一般以水口为准, 其间距为层厚度 100 微米左右;

[0065] 2.2 调节电动推杆的压力开始施压, 推动石墨推杆活塞把石墨坩埚炉中的熔体, 通过石墨堵头的水口输出并填充水口与结晶器 (基板) 之间的空间, 这个空间就是同步铸轧型腔, 同步铸轧型腔充满后, 石墨堵头按指定轨迹和速度移动, 输送系统内的熔体随着石墨堵头的移动不断填充, 保持同步铸轧型腔物料处于充满状态; 在移动过程中, 保持对输出温度为 610℃ 左右的流体金属施加压力和微剪切力, 对流体金属进行铸轧成形;

[0066] 2.3 在结晶器 (基板) 和环境温度的作用下, 从石墨堵头下移出的熔体经过同步铸轧后逐渐凝固, 当石墨堵头出来的熔体填满整个层片, 该层的压铸工作即告完成, 形成同步铸轧层; 然后, 结晶器 (基板) 沿 Z 轴移动一个层片厚度, 石墨堵头进行上一层片的压铸; 往复完成整个构件的制造。如图 1 示;

[0067] 3 检测

[0068] 对制备的铝合金球面伞形整体壁板产品进行密度及热导率、硬度、强度、外观及耐磨性测试, 结果满足设计要求。

[0069] 4 结论

[0070] 同步铸轧方式无模成型整体壁板的方法可以通过调控熔体的流速、流量、层片厚度和结晶温度, 实现对制备的整体壁板进行质量控制, 使其达到并优于用常规制造方法制造的同材质整体壁板的质量水平。

[0071] 实施例 2

[0072] 按照以下步骤, 采用本发明所述的同步铸轧方式无模成型整体壁板的方法制备 ZL101 铝合金环形板 (见图 3) 的过程如下:

[0073] 1 准备工作

[0074] 1.1 准备 ZL101 原料, 材料成分如表 2 示,

[0075] 表 2 ZL101 的组成 (Wt%)

[0076]

Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ni	Al
0.15	7.5	0.3	0.25	0.6	0.2	0.2	余量

[0077] 1.2 由工控机 (DCS) 对 ZL101 铝合金环形整体壁板图形信息进行处理, 每层设置厚



度为 140 微米,基板运动速度设置为 15cm/s.,编制制备程序并对制备过程进行控制;

[0078] 1.3 建立同步铸轧工艺的水路、电气、气路工作系统,制备过程在氩气的保护下进行,调整工作压力为 0.09MPa(表压),控制循环冷却水的温度在 10℃左右,电路为 380 伏工业用电;

[0079] 1.4 对石墨坩埚炉和辅助电炉进行升温,对投入冶炼炉的金属原料加热,温度达到 750℃左右观察熔化状态,石墨坩埚炉温度加热到压铸设定温度 640℃左右,辅助电炉和石墨坩埚炉处于保温待铸状态,启动控制系统给石墨坩埚炉供料。

[0080] 2 同步铸轧工作

[0081] 2.1 铝合金环形整体壁板的制备按照从下到上逐层同步铸轧制备,工作台按工控机(DCS)的指令,将结晶器(基板)调节并运行到指定部位,一般以水口为准,其间距为层厚度 140 微米左右;

[0082] 2.2 调节电动推杆的压力开始施压,推动石墨推杆活塞把石墨坩埚炉中的熔体,通过石墨堵头的水口输出并填充水口与结晶器(基板)之间的空间,这个空间就是同步铸轧型腔,同步铸轧型腔充满后,石墨堵头按指定轨迹和速度移动,输送系统内的熔体随着石墨堵头的移动不断填充,保持同步铸轧型腔物料处于充满状态;在移动过程中,保持对输出温度为 600℃左右的流体金属施加压力和微剪切力,对流体金属进行铸轧成形;

[0083] 2.3 在结晶器(基板)和环境温度的作用下,从石墨堵头下移出的熔体经过同步铸轧后逐渐凝固,当石墨堵头出来的熔体填满整个层片,该层的压铸工作即告完成,形成同步铸轧层;然后,结晶器(基板)沿 Z 轴移动一个层片厚度,石墨堵头进行上一层片的压铸;往复完成整个构件的制造。如图 1 示;

[0084] 3 检测

[0085] 对制备的铝合金环形整体壁板产品进行密度及热导率、硬度、强度、外观及耐磨性测试,结果满足设计要求。

[0086] 4 结论

[0087] 同步铸轧方式无模成型整体壁板的方法可以通过调控熔体的流速、流量、层片厚度和结晶温度,实现对制备的整体壁板进行质量控制,使其达到并优于用常规制造方法制造的同材质整体壁板的质量水平。

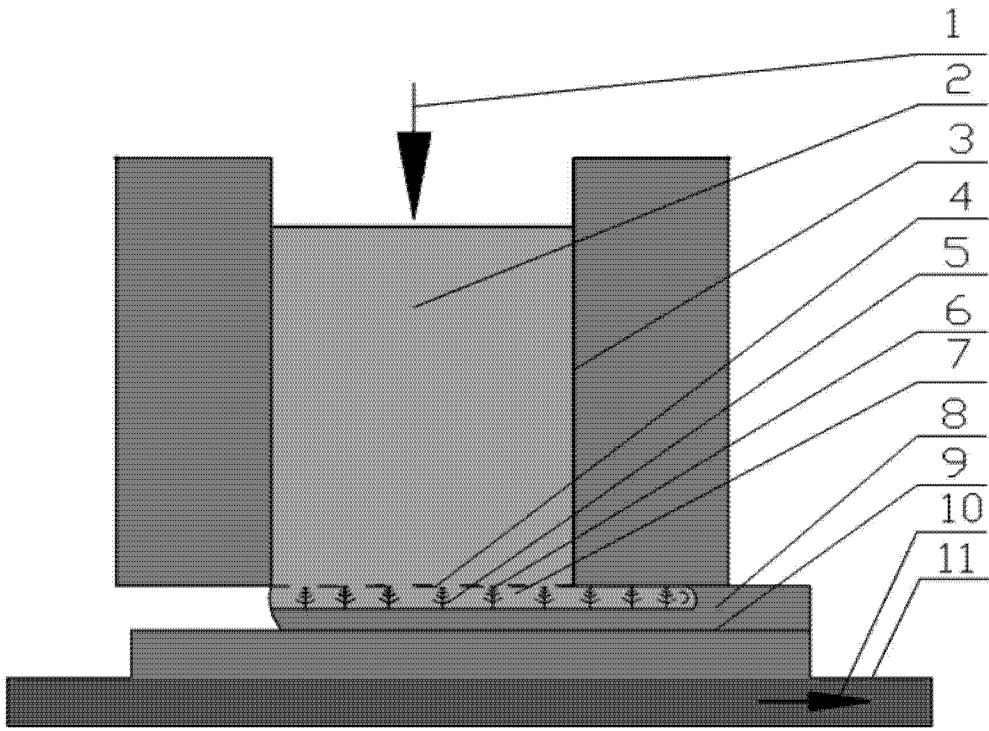


图 1

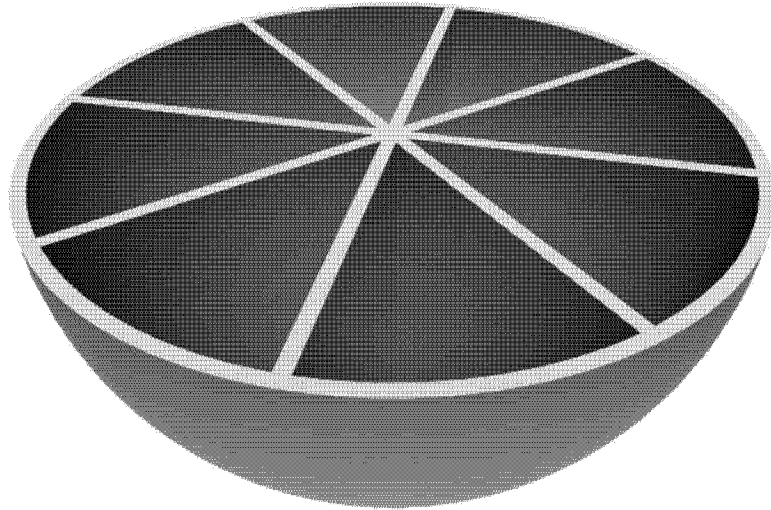


图 2

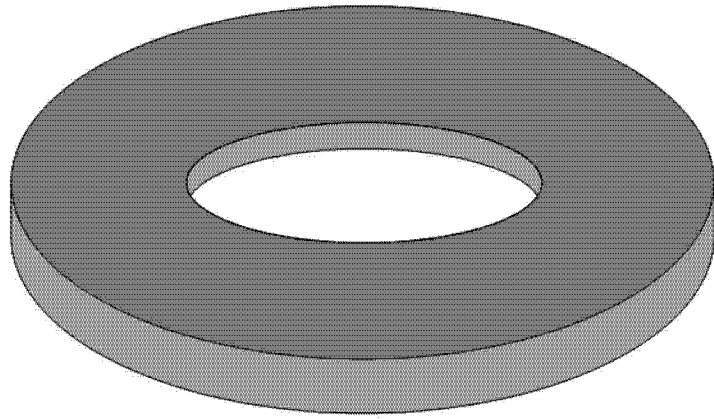


图 3