



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109926564 A

(43)申请公布日 2019.06.25

(21)申请号 201910192823.1

(22)申请日 2019.03.14

(71)申请人 昆明理工大学

地址 650093 云南省昆明市五华区学府路  
253号

(72)发明人 周荣锋 王静波 李璐 李永坤  
蔡培霖 蒋业华

(51)Int.Cl.

B22D 18/02(2006.01)

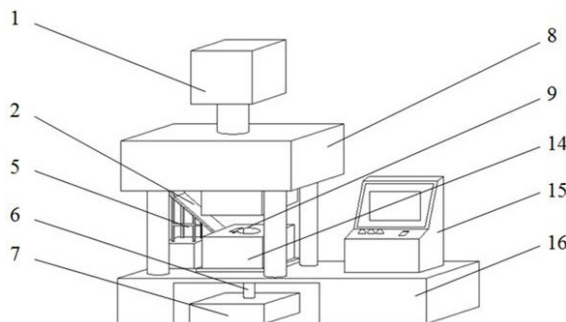
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

## (54)发明名称

一种ZCuSn10P1合金半固态浆料的制浆成型一体化装置和方法

## (57)摘要

本发明涉及一种ZCuSn10P1合金半固态浆料的制浆成型的制浆成型一体化装置和方法,属于材料科学技术领域。该ZCuSn10P1合金半固态浆料的制浆成型一体化装置,包括半固态浆料制备装置、冷却装置和底注式间接挤压铸造模具。本发明将铸造生产中合金熔体的主要凝固阶段和零件成形阶段相结合,先对合金熔体进行阶段控制冷却,然后在模具中进行短时间类等温处理,以促使组织较均匀的熔体流入零件部位,通过对该熔体进行挤压铸造,获得固相内整体锡含量提高或者固相内较高锡含量面积显著增大的高强韧铸件,并且成形零件的组织均匀、晶粒为蔷薇状或等轴状。



1. 一种ZCuSn10P1合金半固态浆料的制浆成型一体化装置,其特征在于:包括半固态浆料制备装置、冷却装置和底注式间接挤压铸造模具;

所述半固态浆料制备装置包括中频感应炉,冷却装置包括阶段控制冷却装置(2),阶段控制冷却装置(2)包括浇口杯(3)、倾斜板(4)和支架(5),底注式间接挤压铸造模具包括挤压铸造模具(14)、挤压机控制器(15)和操作台(16),挤压铸造模具(14)包括下模具和上模具,上模具包括液压机连接块(1),下模具包括冲头(6)、底座(7)、料筒(9)、通道阀门(10)和加压装置(17);

所述中频感应炉中制备得到的ZCuSn10P1合金熔液输送到冷却装置中的浇口杯(3)中;

所述冷却装置中浇口杯(3)底部设有倾斜板(4),倾斜板(4)底部连通挤压铸造模具(14)中料筒(9)侧部,倾斜板(4)下方设有支架(5);

所述底注式间接挤压铸造模具中操作台(16)上设有挤压铸造模具(14),挤压铸造模具(14)连接挤压机控制器(15),挤压铸造模具(14)中下模具固定在操作台(16)上,下模具正上方对应上模具,上模具通过液压机连接块(1)连接液压机带动上模具上下移动,倾斜板(4)与下模具中料筒(9)侧部连接处设有能上下移动的通道阀门(10),下模具中料筒(9)内部底部设有加压装置(17),加压装置(17)底部依次连接冲头(6)、底座(7),冲头(6)穿过操作台(16)。

2. 根据权利要求1所述的ZCuSn10P1合金半固态浆料的制浆成型一体化装置,其特征在于:所述倾斜板(4)倾斜角度为 $45^{\circ}$ 。

3. 根据权利要求1所述的ZCuSn10P1合金半固态浆料的制浆成型一体化装置,其特征在于:所述通道阀门(10)上设有卡槽(11)和卡齿(12),料筒(9)上部侧面上设有与卡槽(11)配合的卡销(13)。

4. 根据权利要求1所述的ZCuSn10P1合金半固态浆料的制浆成型一体化装置,其特征在于:所述加压装置(17)包括加压装置顶板(18)、加力板(19)、固定轴(20)和加压装置底板(21),加压装置底板(21)顶部对称设有两块加力板(19),加力板(19)上设有固定轴(20),两块加力板(19)顶部压住对称设置的另外两块加力板(19)底部,另外两块加力板(19)上也设置有固定轴(20),另外两块加力板(19)顶部顶住加压装置顶板(18),当冲头(6)向上运动,带动加压装置底板(21)向上运动,将向上的力传递给通过四块加力板(19)传递给加压装置顶板(18),加压装置顶板(18)在料筒(9)内部向上运动。

5. 一种ZCuSn10P1合金半固态浆料的制浆成型一体化方法,其特征在于具体步骤如下:

步骤1、将中频感应炉 $1100^{\circ}\text{C}$ 的ZCuSn10P1合金熔液输送到冷却装置中的浇口杯(3)中,金属熔体以薄层形式快速流经倾斜板(4),熔体温度快速冷却至 $950^{\circ}\text{C}$ ,然后通过倾斜板(4)底部流到挤压铸造模具(14)的料筒(9)中,利用凝固潜热的作用使熔体进行 $850\sim 900^{\circ}\text{C}$ 类等温过程处理;

步骤2、关闭下模具中料筒(9)的通道阀门(10),上模具通过液压机向下与下模具进行合模,然后带动冲头(6)向上挤压,在此过程中通过下模具内部的电阻棒加热系统控制温度为 $400^{\circ}\text{C}$ ,挤压速度为 $21\text{mm/s}$ ,挤压力为 $200\text{MPa}$ ,制备得到半固态挤压铸造轴套零件。

## 一种ZCuSn10P1合金半固态浆料的制浆成型一体化装置和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种ZCuSn10P1合金半固态浆料的制浆成型一体化装置和方法,属于材料科学技术领域。

### 背景技术

[0002] 锡青铜因强度高、弹性模量大、摩擦系数低、耐磨耐蚀性好等优点,成为继铜银合金后高铁接触线的首选材料。高锡含量铸造铜锡合金高硬度特性能满足重载、高速和高温并受强烈摩擦工况要求,广泛用于高铁、船舶、航空等行业的衬套、轴套、轴承座、齿轮、蜗轮等。以我国铁路为例,到2020年运营里程要达到12万公里,电气化率要达到60%,铜锡合金市场需求量巨大。

[0003] 但是,铜锡合金被称为最为典型的凝固偏析合金之一,其偏析广泛出现于含4.7-15%锡的系列合金连铸坯、铸锭的凝固组织中。合金锡含量越高,偏析倾向越大。偏析还会向铸坯表面迁移(逆偏析)形成“锡汗”。文献资料表明,随着石膏型、壳型、砂型、金属型的冷却速度依次增大,其铸造试样的逆偏析程度依次变得严重。

[0004] 可见,金属型铸造铜锡合金极易产生偏析和逆偏析,极大程度上约束了其高品质铸件的开发。长期以来,我国高强韧铜锡合金轴套类零件常采用连铸棒材或管材进行机加工生产。抑制铸造铜锡合金凝固偏析或逆偏析,成为获得高强韧压铸、挤压铸造铸件的重点和难点,也是当今高速重载高铁等行业快速发展迫切需要解决的热点问题。

[0005] 由于铜锡合金中锡原子的扩散速度明显快于铜原子,凝固过程中容易通过初生相与液相间界面快速向液相迁移,形成低熔点富锡物的晶间偏析。砂型铸造固液界面推进速度较慢,较容易出现偏析;金属型铸造垂直于枝晶主轴方向界面推进速度相对较低,偏析常出现于长枝晶轴间,同时又由于其铸件壁内外温差较大,在凝固体收缩对心部产生液态静压力,以及表面壳层内晶间细小孔隙产生的毛细管吸力共同作用下,偏析物沿枝晶间通道向铸坯表层移动产生逆偏析。这是砂型铸造、金属型铸造ZCuSn10P1合金延伸率分别只有2%和4%的主要原因,屈服强度也仅仅分别要求达到130MPa和170MPa(中国国家标准《铸造铜及铜合金》GB/T 1176-2013和美国标准《Standard Specification for Copper Alloy Continuous Castings》)。

[0006] 连续铸造能够有效地控制界面移动速度和移动方向,促使锡原子固溶于铜基体当中,减轻或抑制锡元素的偏析,提高合金的塑性,如连续铸造ZCuSn10P1合金的延伸率可以提高到6%(美国10%),但屈服强度也仅为170MPa(中国国家标准《铸造铜及铜合金》GB/T 1176-2013和美国标准《Standard Specification for Copper Alloy Continuous Castings》ASTM B505/B505M-14);Cu-4.7%Sn合金两相区连铸时,提高连铸速度以获得较高的板坯(5mm厚)横向和纵向凝固速度,形成沿连铸方向为主的柱状铜基单一固溶体,有效防止锡在连铸板坯表面的富集或偏析并抑制“锡汗”的形成。因此,熔体内液固界面推进速度快于锡原子的扩散速度,锡原子将能固溶在初生相内部,这是抑制铜锡合金中低熔点锡偏

析的共性关键技术,从而进一步抑制逆偏析,达到强韧化的目的。

[0007] 但是,铸件铸造凝固过程中液固界面的形态、移动方向及数量比较复杂,要在铸型中直接控制熔体复杂固液界面的推进过程几乎难以实现。

## 发明内容

[0008] 针对上述现有技术存在的问题及不足,本发明提供一种ZCuSn10P1合金半固态浆料的制浆成型一体化装置和方法。本发明将铸造生产中合金熔体的主要凝固阶段和零件成形阶段相结合,先对合金熔体进行阶段控制冷却,然后在模具中进行短时间类等温处理,以促使组织较均匀的熔体流入零件部位,通过对该熔体进行挤压铸造,获得固相内整体锡含量提高或者固相内较高锡含量面积显著增大的高强韧铸件,并且成形零件的组织均匀、晶粒为蔷薇状或等轴状。本发明通过以下技术方案实现。

[0009] 一种ZCuSn10P1合金半固态浆料的制浆成型一体化装置,包括半固态浆料制备装置、冷却装置和底注式间接挤压铸造模具;

所述半固态浆料制备装置包括中频感应炉,冷却装置包括阶段控制冷却装置2,阶段控制冷却装置2包括浇口杯3、倾斜板4和支架5,底注式间接挤压铸造模具包括挤压铸造模具14、挤压机控制器15和操作台16,挤压铸造模具14包括下模具和上模具,上模具包括液压机连接块1,下模具包括冲头6、底座7、料筒9、通道阀门10和加压装置17;

所述中频感应炉中制备得到的ZCuSn10P1合金熔液输送到冷却装置中的浇口杯3中;

所述冷却装置中浇口杯3底部设有倾斜板4,倾斜板4底部连通挤压铸造模具14中料筒9侧部,倾斜板4下方设有支架5;

所述底注式间接挤压铸造模具中操作台16上设有挤压铸造模具14,挤压铸造模具14连接挤压机控制器15,挤压铸造模具14中下模具固定在操作台16上,下模具正上方对应上模具,上模具通过液压机连接块1连接液压机带动上模具上下移动,倾斜板4与下模具中料筒9侧部连接处设有能上下移动的通道阀门10,下模具中料筒9内部底部设有加压装置17,加压装置17底部依次连接冲头6、底座7,冲头6穿过操作台16。

[0010] 所述倾斜板4倾斜角度为 $45^{\circ}$ 。

[0011] 所述通道阀门10上设有卡槽11和卡齿12,料筒9上部侧面上设有与卡槽11配合的卡销13。

[0012] 所述加压装置17包括加压装置顶板18、加力板19、固定轴20和加压装置底板21,加压装置底板21顶部对称设有两块加力板19,加力板19上设有固定轴20,两块加力板19顶部压住对称设置的另外两块加力板19底部,另外两块加力板19上也设置有固定轴20,另外两块加力板19顶部顶住加压装置顶板18,当冲头6向上运动,带动加压装置底板21向上运动,将向上的力传递给通过四块加力板19传递给加压装置顶板18,加压装置顶板18在料筒9内部向上运动。

[0013] 上述挤压铸造模具14模具为40Cr或3Cr2W8V材质的金属型,其水平分型面通过轴套主轴线,一腔4~6模,内径为80mm的垂直料筒9设于下模具中心位置。

[0014] 一种ZCuSn10P1合金半固态浆料的制浆成型一体化方法,其具体步骤如下:

步骤1、将中频感应炉1100℃的ZCuSn10P1合金熔液输送到冷却装置中的浇口杯3中,金属熔体以薄层形式快速流经倾斜板4,熔体温度快速冷却至950℃,然后通过倾斜板4底部流

到挤压铸造模具14的料筒9中,利用凝固潜热的作用使熔体进行850~900℃类等温过程处理,类等温过程处理促使液相中的锡元素进一步通过固相和液相之间的界面扩散至固相内部,获得Sn在初生相内的固溶度明显提高的合金熔体,并进行间接挤压铸造,获得形态为近等轴状的初生相,其中含11~15%锡元素面积明显提高,且组织致密的高强度、高塑性的轴套类铸件;

步骤2、关闭下模具中料筒9的通道阀门10,上模具通过液压机向下与下模具进行合模,然后带动冲头6向上挤压,在此过程中通过下模具内部的电阻棒加热系统控制温度为400℃,挤压速度为21mm/s,挤压力为200MPa,制备得到半固态挤压铸造轴套零件。

[0015] 本发明的有益效果是:

本发明制备得到的半固态挤压铸造轴套零件屈服强度从液态挤压铸造中的190MPa左右提高至230~250MPa,延伸率从液态挤压铸造的6~7%提高至16~22%,以满足高铁刹车系统中对ZCuSn10P1合金轴套的屈服强度 $\geq 240$ MPa、延伸率 $\geq 15\%$ 的性能要求。

## 附图说明

[0016] 图1是本发明装置结构示意图;

图2是本发明剖面结构示意图;

图3是本发明通道阀门结构示意图;

图4是本发明加压装置结构示意图;

图5是本发明实施例1制备得到的ZCuSn10P1合金轴套零件组织图。

[0017] 图中:1-液压机连接块,2-阶段控制冷却装置,3-浇口杯,4-倾斜板,5-支架,6-冲头,7-底座,8-底注式挤压机,9-料筒,10-通道阀门,11-卡槽,12-卡齿,13-卡销,14-挤压铸造模具,15-挤压机控制器,16-操作台,17-加压装置,18-加压装置顶板,19-加力板,20-固定轴,21-加压装置底板。

## 具体实施方式

[0018] 下面结合附图和具体实施方式,对本发明作进一步说明。

[0019] 实施例1

如图1至4所示,该ZCuSn10P1合金半固态浆料的制浆成型一体化装置,包括半固态浆料制备装置、冷却装置和底注式间接挤压铸造模具;

所述半固态浆料制备装置包括中频感应炉,冷却装置包括阶段控制冷却装置2,阶段控制冷却装置2包括浇口杯3、倾斜板4和支架5,底注式间接挤压铸造模具包括挤压铸造模具14、挤压机控制器15和操作台16,挤压铸造模具14包括下模具和上模具,上模具包括液压机连接块1,下模具包括冲头6、底座7、料筒9、通道阀门10和加压装置17;

所述中频感应炉中制备得到的ZCuSn10P1合金熔液输送到冷却装置中的浇口杯3中;

所述冷却装置中浇口杯3底部设有倾斜板4,倾斜板4底部连通挤压铸造模具14中料筒9侧部,倾斜板4下方设有支架5;

所述底注式间接挤压铸造模具中操作台16上设有挤压铸造模具14,挤压铸造模具14连接挤压机控制器15,挤压铸造模具14中下模具固定在操作台16上,下模具正上方对应上模具,上模具通过液压机连接块1连接液压机带动上模具上下移动,倾斜板4与下模具中料筒9

侧部连接处设有能上下移动的通道阀门10,下模具中料筒9内部底部设有加压装置17,加压装置17底部依次连接冲头6、底座7,冲头6穿过操作台16。

[0020] 其中倾斜板4倾斜角度为 $45^{\circ}$ ;通道阀门10上设有卡槽11和卡齿12,料筒9上部侧面上设有与卡槽11配合的卡销13;加压装置17包括加压装置顶板18、加力板19、固定轴20和加压装置底板21,加压装置底板21顶部对称设有两块加力板19,加力板19上设有固定轴20,两块加力板19顶部压住对称设置的另外两块加力板19底部,另外两块加力板19上也设置有固定轴20,另外两块加力板19顶部顶住加压装置顶板18,当冲头6向上运动,带动加压装置底板21向上运动,将向上的力传递给通过四块加力板19传递给加压装置顶板18,加压装置顶板18在料筒9内部向上运动;挤压铸造模具14模具为40Cr或3Cr2W8V材质的金属型,其水平分型面通过轴套主轴线,一腔4~6模,内径为80mm的垂直料筒9设于下模具中心位置。

[0021] 该ZCuSn10P1合金半固态浆料的制浆成型一体化方法,其具体步骤如下:

步骤1、将中频感应炉 $1100^{\circ}\text{C}$ 的ZCuSn10P1合金熔液输送到冷却装置中的浇口杯3中,金属熔体以薄层形式快速流经倾斜板4(倾斜板长度300mm),熔体温度快速冷却至 $950^{\circ}\text{C}$ ,然后通过倾斜板4底部流到挤压铸造模具14的料筒9中,利用凝固潜热的作用使熔体进行 $850\sim 900^{\circ}\text{C}$ 类等温过程处理,类等温过程处理促使液相中的锡元素进一步通过固相和液相之间的界面扩散至固相内部,获得Sn在初生相内的固溶度明显提高的合金熔体,并进行间接挤压铸造,获得形态为近等轴状的初生相,其中含11~15%锡元素面积明显提高,且组织致密的高强度、高塑性的轴套类铸件;

步骤2、关闭下模具中料筒9的通道阀门10,上模具通过液压机向下与下模具进行合模,然后带动冲头6向上挤压,在此过程中通过下模具内部的电阻棒加热系统控制温度为 $400^{\circ}\text{C}$ ,挤压速度为21mm/s,挤压力为200MPa,制备得到半固态挤压铸造轴套零件。

[0022] 本实施例制备得到的半固态挤压铸造轴套零件组织图如图5所示,从图5中可以看出半固态挤压铸造轴套零件组织呈蔷薇状且无缩松等铸造缺陷。

[0023] 以上结合附图对本发明的具体实施方式作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施方式,在本领域普通技术人员所具备的知识范围内,还可以在不脱离本发明宗旨的前提下作出各种变化。

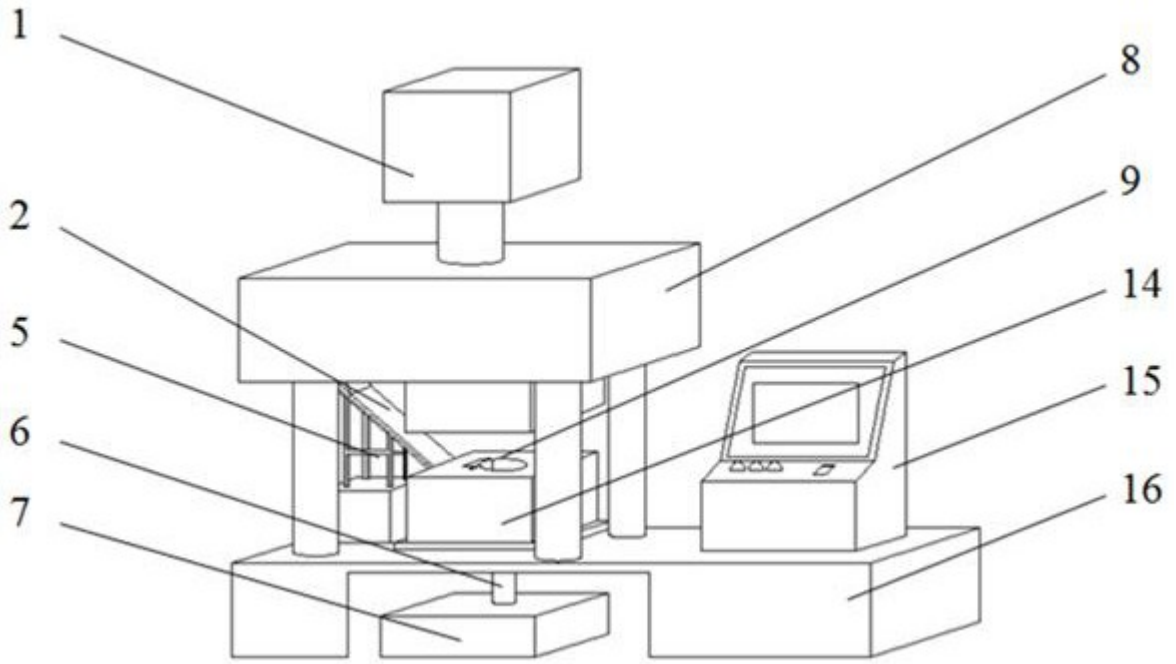


图1

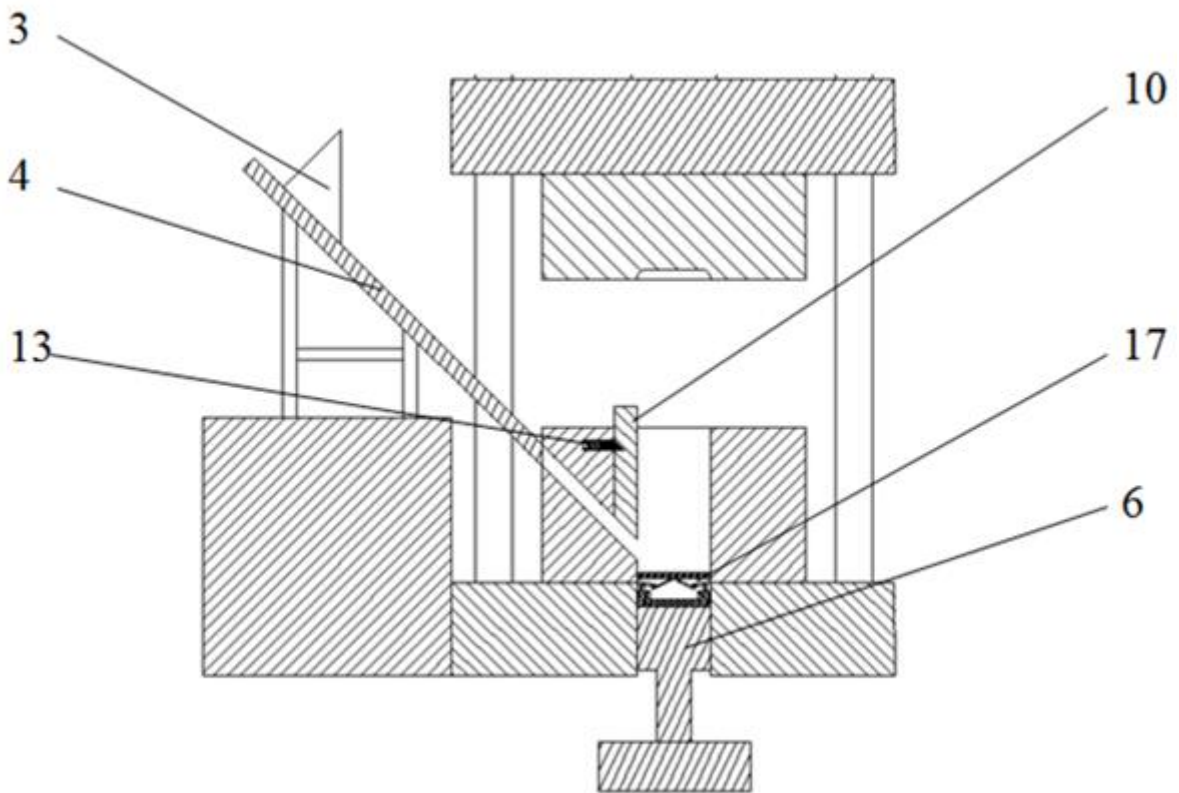


图2

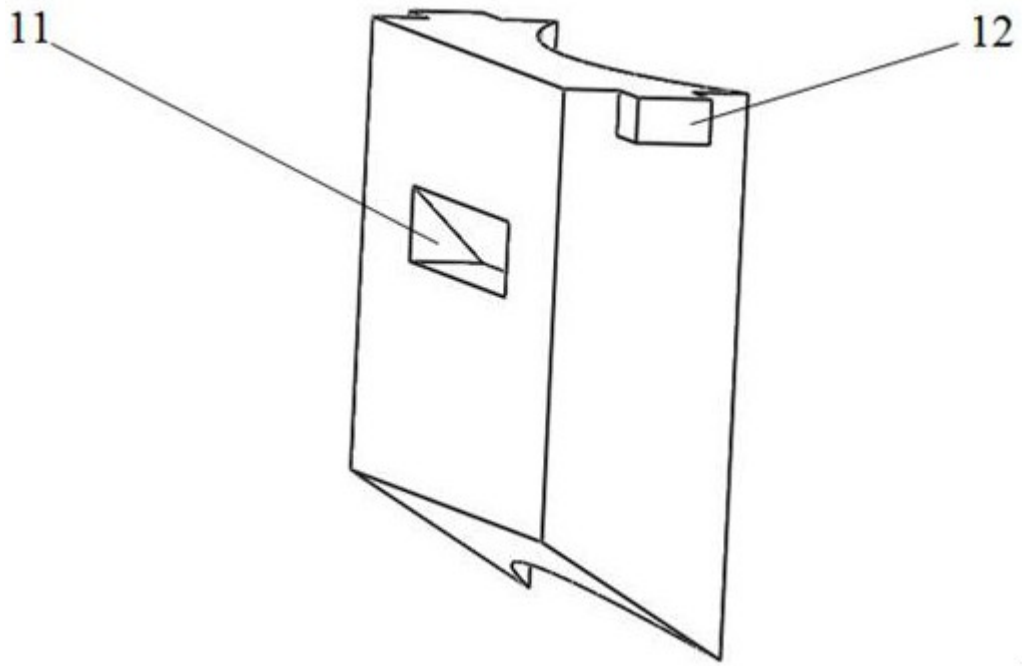


图3

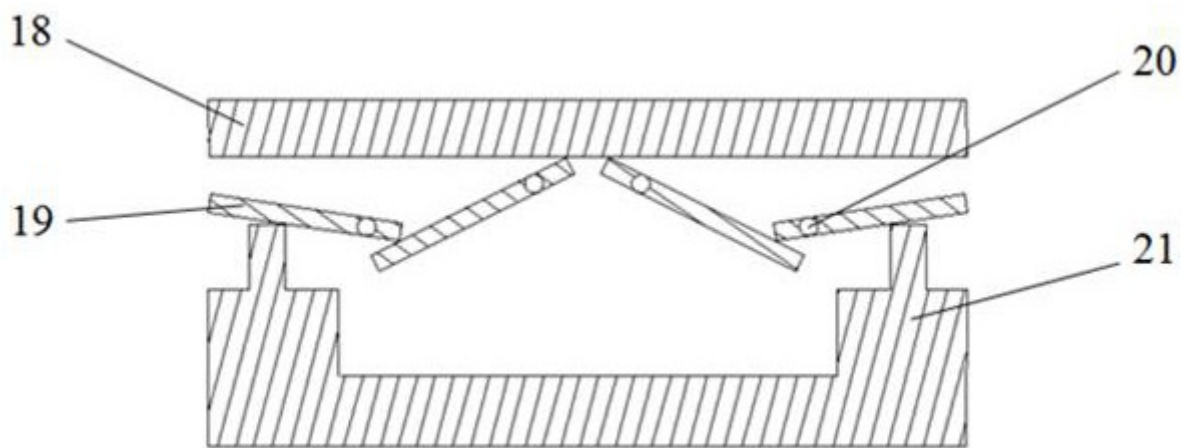


图4



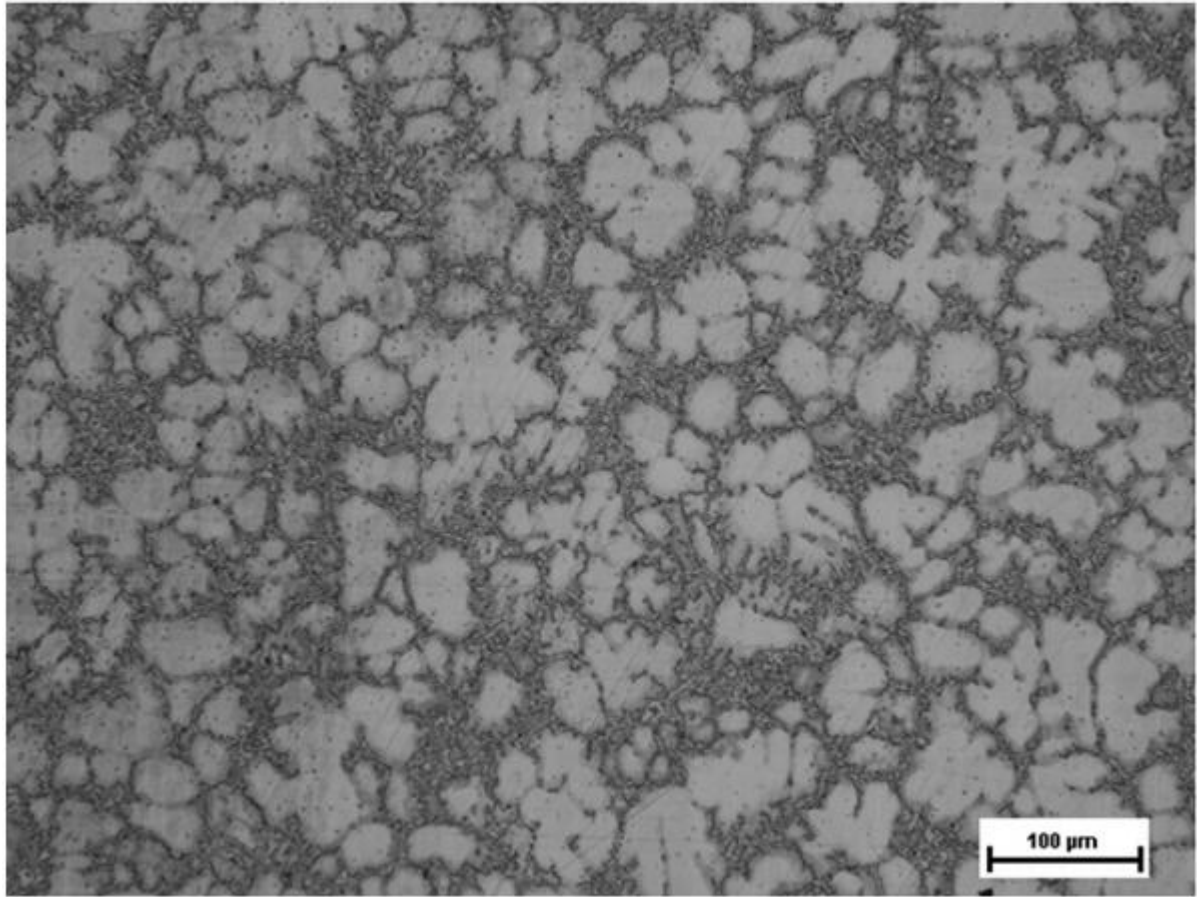


图5