



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114101628 A

(43) 申请公布日 2022. 03. 01

(21) 申请号 202111482071.6

F16H 55/17 (2006.01)

(22) 申请日 2021.12.07

(71) 申请人 兰州理工大学

地址 730050 甘肃省兰州市七里河区兰工
坪路287号

(72) 发明人 李春玲 梁彪 董利江 付小强
寇生中 张淑珍

(74) 专利代理机构 北京市邦道律师事务所
11437

代理人 段君峰

(51) Int. Cl.

B22D 18/00 (2006.01)

G22C 45/10 (2006.01)

G22C 1/02 (2006.01)

F16H 55/06 (2006.01)

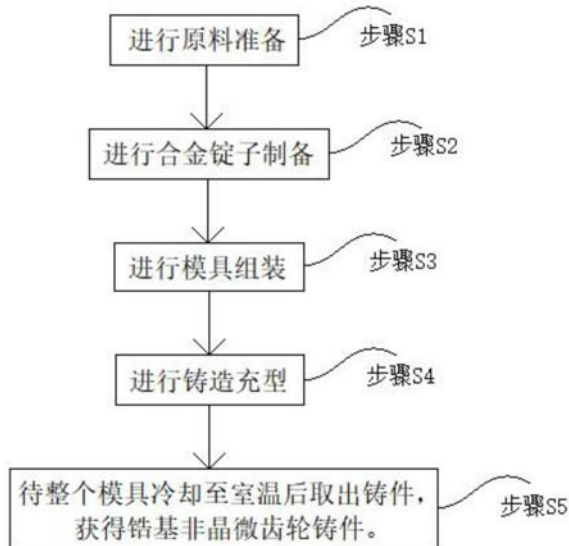
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种非晶合金齿轮及其铸造模具和方法

(57) 摘要

本发明属于非晶合金齿轮的制备技术领域。本发明公开了一种非晶合金齿轮铸造方法,通过依次进行原料准备、合金锭子制备、模具组装和铸造充型,就可以待整个模具冷却至室温后取出铸件,从而获得非晶合金结构的微齿轮铸件,并且与传统硬质合金、调质钢等高强度、高耐磨材料相比,该非晶合金结构的微齿轮铸件具有更高的屈服强度和疲劳强度,同时该非晶合金微齿轮铸件表面可以复制模具的微纳尺度精细形貌,其铸件的尺寸精度远远高于相应的晶体合金,具有更好的表面光洁度,尺寸精度,从而在后续不需要或只需少量的加工工序,即可提高齿轮产品质量稳定性和综合力学性能。



1. 一种非晶合金齿轮的铸造模具,其特征在于,包括盖子、上模、下模和固定环;其中,所述盖子上设有通气孔,所述上模设有沿其轴向贯穿的气道,所述下模设有型腔和直浇道,所述型腔的内部设有轮齿并且与所述直浇道连接,所述直浇道用于引入合金熔体至所述型腔;所述盖子用于与铸造连杆连接,并且所述盖子能够与所述上模形成连接,使所述气道与所述通气孔连通;所述固定环用于所述上模与所述下模之间的轴向密闭连接,并且所述气道与所述型腔形成连通。

2. 根据权利要求1所述非晶合金齿轮的铸造模具,其特征在于,所述上模与所述下模之间采用可拆卸式固定连接,并且所述上模与所述下模之间的接触面采用硅脂密封。

3. 根据权利要求2所述非晶合金齿轮的铸造模具,其特征在于,所述固定环与所述上模和所述下模均采用螺纹连接;其中,所述上模和所述下模均设有外螺纹,所述固定环设有相应内螺纹。

4. 根据权利要求1所述非晶合金齿轮的铸造模具,其特征在于,该非晶合金齿轮的铸造模具还包括石英玻璃管;所述石英玻璃管的一端与所述直浇道连接,另一端与熔体连通。

5. 根据权利要求4所述非晶合金齿轮的铸造模具,其特征在于,所述石英玻璃管与所述直浇道之间采用硅胶密封连接。

6. 根据权利要求1-5中任意一项所述非晶合金齿轮的铸造模具,其特征在于,所述盖子、所述下模和所述固定环均采用黄铜材质制备,所述上模采用紫铜材质制备。

7. 一种非晶合金齿轮的铸造方法,其特征在于,采用权利要求1-6中任意一项所述的铸造模具进行非晶合金齿轮的铸造,具体包括以下步骤:

步骤S1,进行原料准备;根据待制备非晶合金的原子百分比进行原料的称量,并且对原料进行超声清洗和晾干;

步骤S2,进行合金锭子制备;将步骤S1中获得的原料置于氩气保护的水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉中进行加热熔炼,首先以每30s增加0.1Kw熔炼功率的速度将功率升至1Kw,接着以每30s增加0.5Kw熔炼功率的速度将功率伸至8Kw功率,然后停止升温并在8Kw功率下保温1分钟,最后卸载功率至0并且待冷却至常温后取出制备获得的合金锭子;

步骤S3,进行模具组装;首先对所述铸造模具进行清洗晾干,接着对所述上模和所述下模之间的分型面进行硅脂密封,其次将石英玻璃管插装至所述直浇道并且与所述直浇道形成密封连接,然后利用所述固定环对所述上模和所述下模进行固定连接,最后进行所述盖子与所述上模连接并将所述铸造连杆与所述盖子进行连接;

步骤S4,进行铸造充型;首先将步骤S2中获得的合金锭子置于真空状态的水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉中进行加热熔炼再次获得合金熔体,其中先将功率升至8Kw并保温一分钟后,再将功率降至6Kw保温一分钟,接着将石英玻璃管伸入合金熔体并且使所述型腔的两端形成压差,使合金熔体通过所述石英玻璃管进入所述型腔完成充型,然后将所述模具提离合金熔体;

步骤S5,待所述模具冷却至室温,取出铸件,获得非晶合金齿轮铸件。

8. 根据权利要求7所述非晶合金齿轮的铸造方法,其特征在于,在所述步骤S2中,还包括二次熔炼处理;当卸载功率至0并且待冷却至常温后,再以每30s增加0.1Kw熔炼功率的速度将功率升至1Kw,之后以每30s增加0.5Kw熔炼功率的速度将功率伸至8Kw功率,接着停止升温并在8Kw功率下保温1分钟,然后再次卸载功率至0并且待冷却至常温后取出制备获得

最终的合金锭子。

9. 根据权利要求7所述非晶合金齿轮的铸造方法,其特征在于,在所述步骤S4中,通过氩气供给装置向所述水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉中供给氩气,使所述水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉内的压力升高并保持在0.04MPa,从而将合金熔体压入所述型腔。

10. 一种非晶合金齿轮,其特征在于,采用权利要求7-9中任意一项所述的方法制备获得,并且所述非晶合金齿轮的材料为 $Zr_{61}Ti_2Cu_{25}Al_{12}$ 非晶合金。

一种非晶合金齿轮及其铸造模具和方法

技术领域

[0001] 本发明属于非晶合金齿轮的制备技术领域,具体涉及一种非晶合金齿轮及其铸造模具和方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着大规模集成电路和信息技术的飞速发展,集成信息获取、信号传感、机械传动等多功能于一体的微机电系统(MEMS)由于具有体积小、重量轻、功耗低、耐用性好、性能稳定等优势,在汽车工业、航天、军事、医疗、生物技术等领域得到广泛发展并开始走向实用阶段,被看作是21世纪新的国民经济增长点的重要技术途径。其中,微齿轮作为MEMS器件的重要组成部分,其低成本、高效率、高精度、大批量加工制造技术已经成为国内外学者对MEMS器件研究的重要核心内容。

[0003] 目前,微齿轮的制备材料主要采用传统的硬质合金或调质钢等高强度、高耐磨材料。然而,非晶合金与传统金属合金比较,由于具有特殊的微观结构,如原子排列长程无序、短程有序,没有晶体材料的位错、晶界等缺陷,因而具有优异的力学性能,同时其独特的玻璃化特性,在过冷液相区间具有超塑性。

发明内容

[0004] 为了获得非晶合金材质的齿轮,本发明提出了一种非晶合金齿轮及其铸造模具和方法。

[0005] 一种非晶合金齿轮的铸造模具,包括盖子、上模、下模和固定环;其中,所述盖子上设有通气孔,所述上模设有沿其轴向贯穿的气道,所述下模设有型腔和直浇道,所述型腔的内部设有轮齿并且与所述直浇道连接,所述直浇道用于引入合金熔体至所述型腔;所述盖子用于与铸造连杆连接,并且所述盖子能够与所述上模形成连接,使所述气道与所述通气孔连通;所述固定环用于所述上模与所述下模之间的轴向密闭连接,并且所述气道与所述型腔形成连通。

[0006] 优选的,所述上模与所述下模之间采用可拆卸式固定连接,并且所述上模与所述下模之间的接触面采用硅脂密封。

[0007] 进一步优选的,所述固定环与所述上模和所述下模均采用螺纹连接;其中,所述上模和所述下模均设有外螺纹,所述固定环设有相应内螺纹。

[0008] 优选的,该非晶合金齿轮的铸造模具还包括石英玻璃管;所述石英玻璃管的一端与所述直浇道连接,另一端与熔体连通。

[0009] 进一步优选的,所述石英玻璃管与所述直浇道之间采用硅胶密封连接。

[0010] 优选的,所述盖子、所述下模和所述固定环均采用黄铜材质制备,所述上模采用紫铜材质制备。

[0011] 一种非晶合金齿轮的铸造方法,采用上述铸造模具进行非晶合金齿轮的铸造,具体包括以下步骤:

[0012] 步骤S1,进行原料准备;根据待制备非晶合金的原子百分比进行原料的称量,并且对原料进行超声清洗和晾干;

[0013] 步骤S2,进行合金锭子制备;将步骤S1中获得的原料置于氩气保护的水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉中进行加热熔炼,首先以每30s增加0.1Kw熔炼功率的速度将功率升至1Kw,接着以每30s增加0.5Kw熔炼功率的速度将功率伸至8Kw功率,然后停止升温并在8Kw功率下保温1分钟,最后卸载功率至0并且待冷却至常温后取出制备获得的合金锭子;

[0014] 步骤S3,进行模具组装;首先对所述铸造模具进行清洗晾干,接着对所述上模和所述下模之间的分型面进行硅脂密封,其次将石英玻璃管插装至所述直浇道并且与所述直浇道形成密封连接,然后利用所述固定环对所述上模和所述下模进行固定连接,最后进行所述盖子与所述上模连接并将所述铸造连杆与所述盖子进行连接;

[0015] 步骤S4,进行铸造充型;首先将步骤S2中获得的合金锭子置于真空状态的水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉中进行加热熔炼再次获得合金熔体,其中先将功率升至8Kw并保温一分钟后,再将功率降至6Kw保温一分钟,接着将石英玻璃管伸入合金熔体并且使所述型腔的两端形成压差,使合金熔体通过所述石英玻璃管进入所述型腔完成充型,然后将所述模具提离合金熔体;

[0016] 步骤S5,待所述模具冷却至室温,取出铸件,获得非晶合金齿轮铸件。

[0017] 优选的,在所述步骤S2中,还包括二次熔炼处理;当卸载功率至0并且待冷却至常温后,再以每30s增加0.1Kw熔炼功率的速度将功率升至1Kw,之后以每30s增加0.5Kw熔炼功率的速度将功率伸至8Kw功率,接着停止升温并在8Kw功率下保温1分钟,然后再再次卸载功率至0并且待冷却至常温后取出制备获得最终的合金锭子。

[0018] 进一步优选的,在所述步骤S4中,通过氩气供给装置向所述水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉中供给氩气,使所述水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉内的压力升高并保持在0.04MPa,从而将合金熔体压入所述型腔。

[0019] 一种非晶合金齿轮,采用以上所述的方法制备获得,并且所述非晶合金齿轮的材料为Zr61Ti2Cu25Al12非晶合金。

[0020] 在本发明的方法中,通过依次进行原料准备、合金锭子制备、模具组装和铸造充型,就可以待整个模具冷却至室温后取出铸件,从而获得非晶合金结构的微齿轮铸件,并且与传统硬质合金、调质钢等高强度、高耐磨材料相比,该非晶合金结构的微齿轮铸件具有更高的屈服强度和疲劳强度,同时该非晶合金微齿轮铸件表面可以复制模具的微纳尺度精细形貌,其铸件的尺寸精度远远高于相应的晶体合金,具有更好的表面光洁度,尺寸精度,从而在后续不需要或只需少量的加工工序,即可提高齿轮产品质量稳定性和综合力学性能。

附图说明

[0021] 图1为采用本实施例非晶合金齿轮的铸造方法进行锆基非晶微齿轮铸造的流程示意图;

[0022] 图2为本实施例非晶合金齿轮的铸造方法中铸造模具的结构示意图;

[0023] 图3为采用本实施例非晶合金齿轮的铸造方法制备获得锆基非晶微齿轮铸件的XRD图。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图和具体实施例对本发明的技术方案进行详细介绍。

[0025] 结合图1所示,采用本实施例非晶合金齿轮的铸造方法,进行锆基非晶微齿轮的制备过程,具体步骤如下:

[0026] 步骤S1,进行原料准备。

[0027] 针对锆基非晶微齿轮所选用的材料 $Zr_{r61}Ti_2Cu_{25}Al_{12}$,按材料 $Zr_{r61}Ti_2Cu_{25}Al_{12}$ 中不同原子之间的百分比进行相应质量比且纯度为99.99%的Zr块体、Cu块体、Ti块体和Al块体的称量,并且按比例准确称量之后,对原料进行超声清洗和晾干。其中,通过将原料置于装有无水乙醇的广口瓶内,并在超声波中清洗15min以上,以去除原料表面杂质完成清洗操作,之后再原料从广口瓶内取出并置于干净的称量纸上进行晾干。

[0028] 步骤S2,进行合金锭子制备。

[0029] 将步骤S1中完成清洗和晾干的原料置于氩气保护的水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉中进行加热熔炼,具体过程如下:

[0030] 首先,开启感应设备,以每30s增加0.1Kw熔炼功率的速度将水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉的功率升至1Kw。接着,以每30s增加0.5Kw熔炼功率的速度将水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉功率升至8Kw功率。然后,停止升温并在8Kw功率下进行水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉的保温1分钟。最后,卸载水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉的功率至0,并且待水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉冷却至常温后取出制备获得的合金锭子。

[0031] 步骤S3,进行模具组装。

[0032] 结合图2所示,在本实施例非晶合金齿轮的铸造方法中,采用的非晶合金齿轮的铸造模具,包括盖子1、上模2、下模3和固定环4。其中,盖子1用于与铸造连杆连接,并且在盖子1上设有通气孔11。在上模2上设有沿其轴向贯穿的气道21。下模3设有型腔31和直浇道32,型腔31的内部设有轮齿并且与直浇道32连接,而直浇道32则用于引入合金熔体至型腔31中。盖子1能够与上模2形成连接,固定环4用于上模2与下模3之间的轴向密闭连接,并且使气道21与型腔31形成连通关系,而气道21则与通气孔11保持连通。

[0033] 此时,通过直浇道将合金熔体引入型腔的过程中,位于型腔内部的气体通过气道和通气孔进行排出,从而使合金熔体顺利快速进入下模的型腔中完成充型操作。同时,利用铸造连杆与盖子的连接以及盖子与上模的连接,就可以通过铸造连杆对该铸造模具进行位置转移,以实现非晶合金齿轮的充型铸造。

[0034] 其中,下模中型腔内设置的轮齿可以根据所需铸造齿轮的齿型进行调整,从而实现对不同齿型参数的齿轮的铸造制备。甚至,在其他实施例中,根据待铸造元件的不同,还可以将型腔设计为其他结构形式,例如三角形、圆形等其他形状,从而实现对不同形状元件的铸造操作。

[0035] 优选的,在本实施例中上模2和下模3之间采用可拆卸式固定连接,并且上模2与下模3之间的接触面利用硅脂密封。这样,通过将上模和下模设计为可拆卸式固定连接,从而可以根据所需铸造非晶合金元件的形状不同,快速更具有不同型腔的下模,提高该模具的使用效率,同时通过在上模与下模之间的接触面设置硅脂密封,从而保证上模与下模连接位置的气密性,进而保证非晶合金元件的铸造质量。

[0036] 其中,在本实施例中,通过在上模2和下模3上同时设置外螺纹,并且在固定环4上

设置相应的内螺纹,从而可以利用固定环4对上模2和下模3之间的螺纹连接,实现上模2与下模3之间的可拆卸式固定连接。同样,在其他实施例中,根据上模和下模的尺寸形状,也可以采用其他方式进行上模和下模之间的可拆卸式固定连接,例如法兰连接。

[0037] 此外,在本实施例中,针对材料为 $Zr_{61}Ti_2Cu_{25}Al_{12}$ 的锆基非晶微齿轮铸造,在非晶合金齿轮的铸造模具中还设有一个石英玻璃管。其中,石英玻璃管的一端与直浇道插装连接,另一端则用于伸入合金熔体中,从而将合金熔体引入下模的型腔内。

[0038] 进一步,在本实施例中,利用硅胶进行石英玻璃管与直浇道之间的密封连接,即通过在石英玻璃管与直浇道形成插装连接的接触面设置硅胶,从而在石英玻璃管与直浇道的插装连接过程中,实现两者之间的密封连接,提高石英玻璃管与直浇道之间的连接气密性,保证对非晶合金元件的铸造质量。

[0039] 此外,在本实施例中,盖子、下模和固定环均采用黄铜材质制备,而上模则采用紫铜材质制备。这样,利用铜材的较大导热系数,更容易形成非晶合金,而且便于模具加工,保证型腔的尺寸精度,提高对非晶合金元件的铸造精度。

[0040] 针对上述模具的组装过程如下:

[0041] 首先,对铸造模具进行清洗晾干。其中,选用金属擦亮膏(Metal Polish)对盖子、上模、下模和固定环进行去除表面氧化皮及油污等粘附杂质的清理操作,以及借助脱脂棉加酒精进行清洗晾干。

[0042] 接着,对上模和下模之间的分型面进行硅脂密封,保证上模与下模之间具有良好的气密性。

[0043] 其次,利用硅胶进行石英玻璃管与下模之间的连接,即将石英玻璃管插入下模的直浇道中,并且在石英玻璃管与下模的连接处设置硅胶进行密封。

[0044] 然后,待石英玻璃管与下模之间的硅胶晾干后,将固定环套设在上模和下模的外部,利用固定环对上模和下模进行螺纹固定连接。

[0045] 最后,将盖子与上模进行螺纹连接以及将铸造连杆与盖子进行连接,并且使上盖的通气孔与铸造连杆连通。其中,在本实施例中,盖子与铸造连杆之间同样采用螺纹连接,以便于铸造连杆与该模具的快速拆装连接,提高该模具的使用便捷性。

[0046] 步骤S4,进行铸造充型。

[0047] 首先,将步骤S2中获得的合金锭子置于真空状态的水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉中再次进行加热熔炼获得合金熔体。其中,先将水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉的功率升至8Kw并保温一分钟,再将水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉的功率降至6Kw保温一分钟。

[0048] 接着,将石英玻璃管伸入合金熔体表面以下的三分之二处,在下模中型腔两端形成的压力差作用下,使合金熔体通过石英玻璃管进入下模的型腔,完成充型操作。

[0049] 然后,通过铸造连杆将整个模具提离合金熔体,同时关闭水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉的感应设备,进行功率卸载。

[0050] 优选的,在步骤S4中对合金锭子进行再次加热熔炼之前,预先对合金锭子进行清洗打磨,去除合金锭子表面的氧化层,提高对合金锭子进行再次加热熔炼所获得合金熔体的质量,进而保证后续所获得非晶微齿轮的质量。

[0051] 步骤S5,待整个模具冷却至室温后取出铸件,获得锆基非晶微齿轮铸件。之后,对铸造模具和水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉进行清洗,就可以进行下一次非晶合金齿轮的铸

造。

[0052] 接下来,对步骤S5获得的锆基非晶微齿轮铸件进行检测,获得图3所示的XRD图。根据图3的XRD图显示,通过本实施例铸造方法制备获得的齿轮铸件为非晶合金结构,并且通过对该锆基非晶微齿轮铸件进行力学性能测试,与传统硬质合金、调质钢等高强度、高耐磨材料相比,该锆基非晶合金微齿轮铸件具有更高的屈服强度和疲劳强度,同时该锆基非晶合金微齿轮铸件表面可以复制模具的微纳尺度精细形貌,其铸件的尺寸精度远远高于相应的晶体合金,具有更好的表面光洁度,尺寸精度,从而在后续不需要或只需少量的加工工序,即可提高齿轮产品质量稳定性和综合力学性能。

[0053] 此外,在本实施例中,与水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉连接设置的还有真空负压装置和氩气供给置,并且水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉通过设有真空隔离阀的真空管道与真空负压装置和氩气供给置进行连接。这样,利用氩气供给装置向水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉中供给氩气,对水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉中残留的空气进行稀释,再通过真空负压装置将水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉中氩气与残留空气的混合物抽出,经过多次“供给氩气-抽真空-供给氩气-抽真空”的循环,就可以快速建立高真空低氧含量的非晶合金熔炼环境,防止熔炼过程中合金熔体被氧化,提高水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉对合金熔体的制备质量。同时,在步骤S4中,利用氩气供给装置向水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉中充入一定压力的氩气,例如快速充入0.04MPa的氩气,使下模的型腔两端瞬间产生压差,从而将合金熔体通过石英玻璃管压入型腔,而型腔内的气体经由通气孔和气道快速排出,进而实现充型操作。

[0054] 优选的,在本实施例非晶合金齿轮的铸造方法的步骤S2中,还包括二次熔炼处理。其中,二次熔炼处理的具体过程如下:当水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉卸载功率至0并且冷却至常温后,再以每30s增加0.1Kw熔炼功率的速度将水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉的功率升至1Kw,之后以每30s增加0.5Kw熔炼功率的速度继续将水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉的功率伸至8Kw功率,接着停止升温并在8Kw功率下对水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉进行保温1分钟,然后再次对水冷铜坩埚磁悬浮感应熔炼炉卸载功率至0并且待冷却至常温后再取出制备获得的合金锭子。此时,通过对合金锭子进行二次熔炼处理,可以提高对合金的熔炼均匀性,提高合金锭子的制备质量。

[0055] 另外,在本实施例非晶合金齿轮的铸造模具中,盖子的外表面还设有滚花。通过在盖子外表面设置滚花,可以增加盖子外表面的摩擦力,以便于操作人员对盖子进行相对于上模的旋转,从而可以进行盖子与上模之间快速便捷的拆装连接。同理,在固定环的外表面也设有滚花,以提高固定环对上模和下模进行连接的便捷性。

[0056] 此外,将通气孔的直径尺寸设计为不小于气道的直径尺寸,从而使型腔内的气体快速通过气道进入通气孔,进而实现快速排出的效果。其中,结合图2所示,在本实施例中,通气孔11设置在盖子1的中心位置并且直径为1mm,气道21位于上模2的中心位置并且直径也为1mm,同时型腔31和直浇道32位于下模3的中心位置。这样,在将盖子与上模进行连接之后,就可以使通气孔与气道形成对齐连接关系,并且气道与通气孔形成等截面气体通道,从而在充型过程中可以使型腔内的气体快速顺利的通过通气孔和气道排出,进而保证充型的质量和效果。

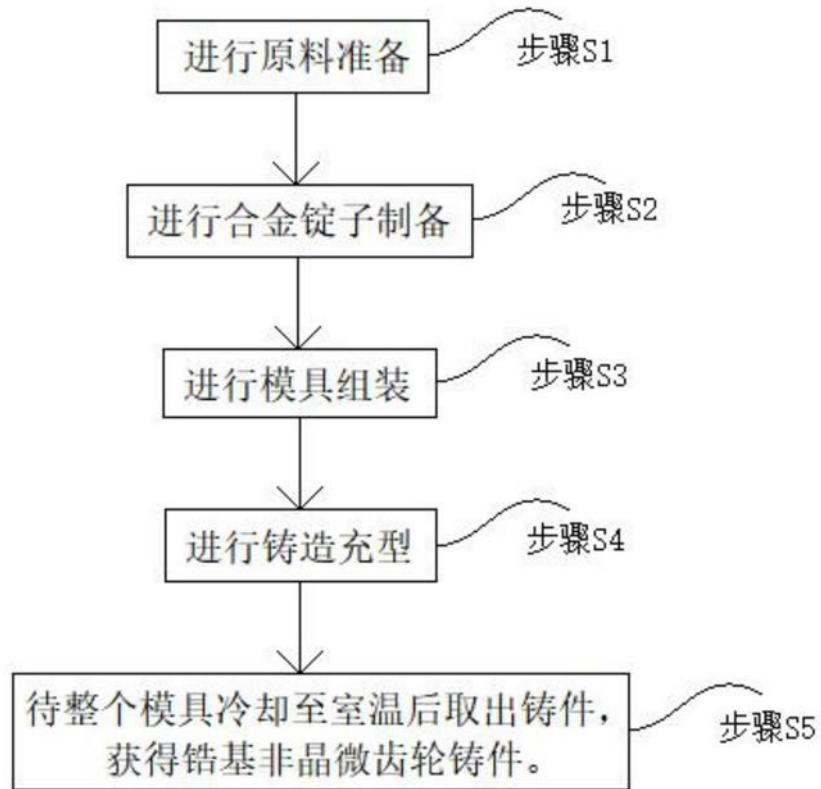


图1

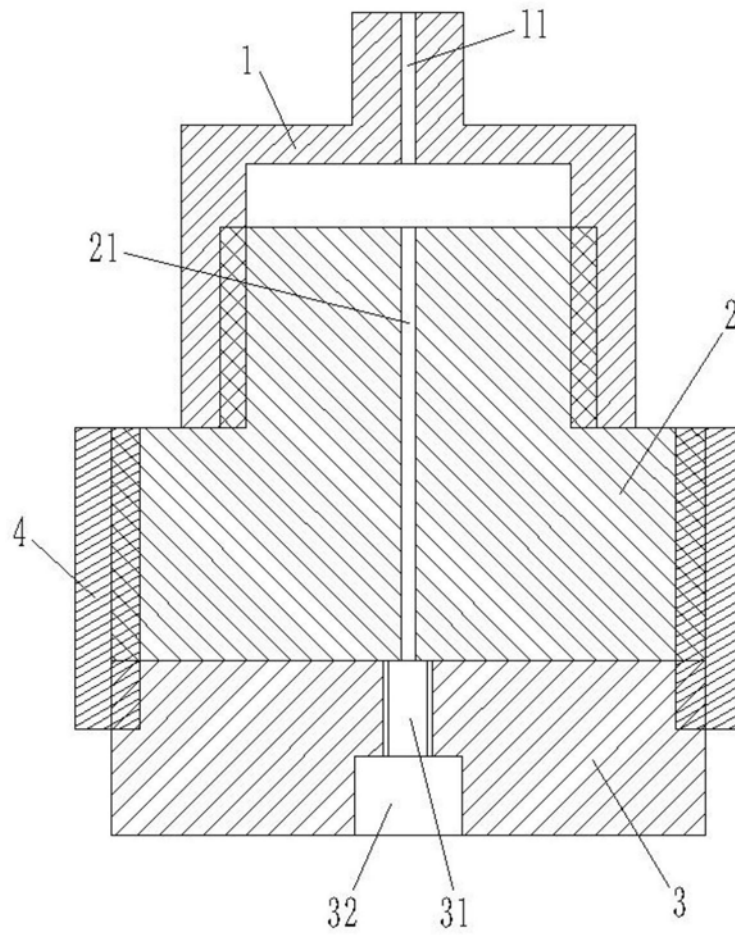


图2

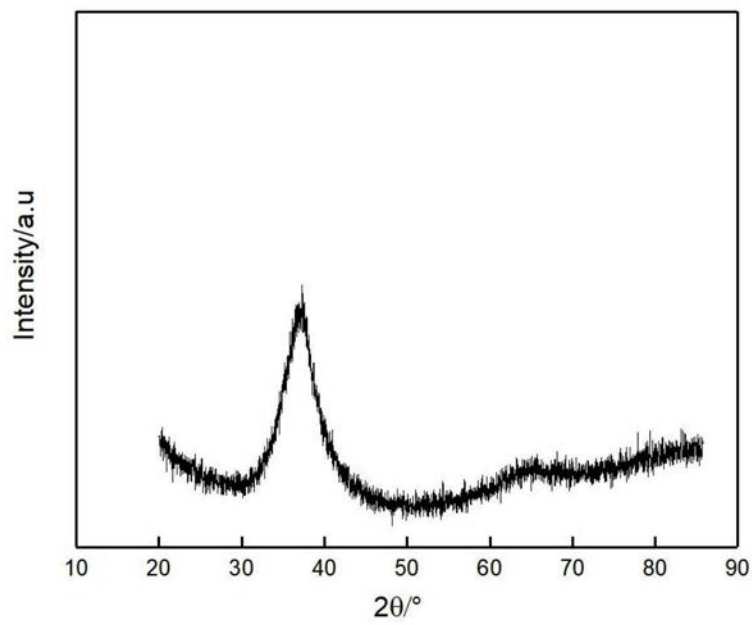


图3