



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107855523 A

(43)申请公布日 2018.03.30

(21)申请号 201711069299.6

(22)申请日 2017.11.03

(71)申请人 中国工程物理研究院材料研究所
地址 610000 四川省成都市双流区银河路
596号

(72)发明人 乐国敏 徐庆东 李晋锋 刘学
刘廷懿 雷代富

(74)专利代理机构 成都众恒智合专利代理事务
所(普通合伙) 51239
代理人 王育信

(51)Int.Cl.
B22F 3/105(2006.01)
B33Y 10/00(2015.01)
B33Y 30/00(2015.01)
G22C 27/04(2006.01)

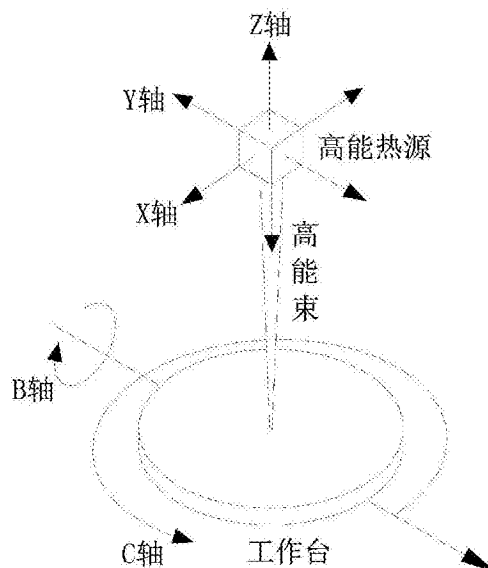
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法,解决了现有技术中依赖模具、制备周期长、易变形坍塌的问题。本发明包括以下步骤:取钨粉末和其他金属粉末混合均匀,真空干燥后装入送粉器的料筒中;采用氩气置换、循环净化方法,得到惰性气体保护的成形腔室;将基材表面打磨、清洗、真空干燥后置入惰性气体保护的成形腔室中,并固定在工作台上;确定扫描的填充方式与转台的转动策略,确定程序代码;用惰性气体将混合粉末送入成形腔室,利用高能束热源,采用点、线、面扫描,将钨合金连续熔化沉积在基材上,制成近净成形的钨合金零部件。本发明无需模具,制备周期短,制得的钨合金零部件不易变形坍塌。



1. 一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:原料准备:取钨粉末和其他金属粉末混合均匀后得混合粉末,将所述混合粉末真空干燥后装入送粉器的料筒中,所述混合粉末的质量按100%计,所述钨粉末的含量为50~85wt%,余量为所述其他金属粉末;

步骤2:成形腔室准备:先采用氩气置换成形腔室内气氛,再采用循环净化方法,降低所述成型腔室内的水氧含量,得到惰性气体保护的成形腔室;

步骤3:成形基材准备:采用不锈钢、碳钢作为成形基材,对所述基材的表面打磨、清洗、真空干燥后置入步骤2中的所述惰性气体保护的成形腔室中,并将所述基材固定装夹在工作台上;

步骤4:路径规划与代码生成:将所述零部件的三维模型进行分层切片,根据每层的几何形状确定扫描的填充方式与转台的转动策略,自行编写或采用软件自动生成相应的程序代码;

步骤5:零部件成形:采用惰性气体将步骤1中所述料筒中的混合粉末送入所述成形腔室中,根据步骤4中设定的所述扫描的填充方式与转台的转动策略,利用高能束热源,采用点、线、面扫描的方式,将钨合金连续熔化沉积在基材上,制成近净成形的钨合金零部件。

2. 根据权利要求1所述的一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法,其特征在于,所述步骤5中,将所述混合粉末采用同步送粉方式送入成形腔室内。

3. 根据权利要求2所述的一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法,其特征在于,步骤1中所述其他金属粉末选自铁元素、镍元素、钴元素中的任意一种或多种。

4. 根据权利要求3所述的一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法,其特征在于,所述钨粉末和其他金属粉末均为球形或类球形粉末,粉末的粒度均在+325~-80目之间。

5. 根据权利要求4所述的一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法,其特征在于,步骤2中,将所述成型腔室内的水氧含量降低至低于50ppm。

6. 根据权利要求5所述的一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法,其特征在于,步骤3中,所述工作台为具备两轴旋转功能的转台,且所述两轴的旋转面相互垂直。

7. 根据权利要求6所述的一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法,其特征在于,步骤5中,发射所述高能束热源的器件固定在机床或机械手上,通过所述机床或机械手的运动来实现所述高能束热源的扫描移动,所述机床或机械手能够在上下、左右、前后三个维度运动。

8. 根据权利要求7所述的一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法,其特征在于,所述高能束热源为激光束。

9. 根据权利要求8所述的一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法,其特征在于,所述零部件为薄壁件或块体,所述薄壁件包括圆管、方管、异形管、自由曲面薄壁件以及半球壳体。

10. 根据权利要求8所述的一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法,其特征在于,步骤4中,所述零部件为具有悬壁结构的构件时,需配合所述转台的旋转功能实现所述零部件的成形。

一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及材料制造领域,具体为一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法。

背景技术

[0002] 钨合金由于熔点高、密度高、硬度高、强度高、热膨胀系数小等特点在航空航天、武器、汽车、能源、医疗等国防工业和民用工业领域有着广泛的应用背景。

[0003] 现有钨合金零部件的制造通常采用粉末冶金的方式进行,一般是将各元素粉末机械混合,经过模压或冷等静压成形,然后采用液相烧结达到全致密形成毛坯件,最终采用机械加工的手段去除余量,得到最终零部件。

[0004] 在粉末冶金过程中,模压和冷等静压需首先根据最终零部件的形状与尺寸设计与制备相应的模具,该模具制作周期长,费用昂贵;且考虑到液相烧结易变形坍塌的特点,粉末冶金的方式只适用于具有简单形状且留有较大机加余量毛坯体的制备。因此,采用粉末冶金的方式制备钨合金一般材料利用率较低,生产周期较长,不适应于定制化、小批量产品的制备。

[0005] 为适应复杂钨合金零部件的小批量、定制化生产需求,金属粉末注射成形技术也应用在钨合金零部件的精密成形上。注射成形过程中,一般需将合适的黏结剂与各元素粉末混合,再进行制粒,然后注射进入特制的模具中,经过预烧脱脂和液相烧结制备出成品,得到最终零部件。

[0006] 在注射成形过程中,需根据零部件形状和尺寸的需求制备相应的模具,模具要求精度高,制备周期长,费用昂贵;且注射成形相比于传统粉末冶金,其工艺要更复杂,影响因素更多,如脱脂过程易产生孔隙和裂纹,液相烧结过程中易产生坍塌、变形和弯曲,导致复杂形状的零部件难以近净成形。

[0007] 因此,开发新的钨合金零部件的快速近净成形制备方法,工艺简单,操作简便,无需模具,且不易变形坍塌,成为了本领域技术人员亟待解决的问题。

发明内容

[0008] 本发明解决的技术问题是:提供一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法,该方法可以在不需要模具的情况下,快速制造具有复杂形状的钨合金零部件的近净成形件,解决了现有粉末冶金和注射成形方法依赖模具、制备周期长、液相烧结过程中易变形坍塌等问题。

[0009] 本发明采用的技术方案如下:

[0010] 本发明所述的一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法,包括以下步骤:

[0011] 步骤1:原料准备:取钨粉末和其他金属粉末混合均匀后得混合粉末,将所述混合粉末真空干燥后装入送粉器的料筒中,所述混合粉末的质量按100%计,所述钨粉末的含量为50~85wt%,余量为所述其他金属粉末;

[0012] 步骤2:成形腔室准备:先采用氩气置换成形腔室内气氛,再采用循环净化方法,降

低所述成型腔室内的水氧含量,得到惰性气体保护的成形腔室;

[0013] 步骤3:成形基材准备:采用不锈钢、碳钢作为成形基材,对所述基材的表面打磨、清洗、真空干燥干后置入步骤2中的所述惰性气体保护的成形腔室中,并将所述基材固定装夹在工作台上;

[0014] 步骤4:路径规划与代码生成:将所述零部件的三维模型进行分层切片,根据每层的几何形状确定扫描的填充方式与转台的转动策略,自行编写或采用软件自动生成相应的程序代码;

[0015] 步骤5:零部件成形:采用惰性气体将步骤1中所述料筒中的混合粉末送入所述成形腔室中,根据步骤4中设定的所述扫描的填充方式与转台的转动策略,利用高能束热源,采用点、线、面扫描的方式,将钨合金连续熔化沉积在基材上,制成近净成形的钨合金零部件。

[0016] 进一步地,所述步骤5中,将所述混合粉末采用同步送粉方式送入成形腔室内。

[0017] 进一步地,步骤1中所述其他金属粉末选自铁元素、镍元素、钴元素中的任意一种或多种。

[0018] 进一步地,所述钨粉末和其他金属粉末均为球形或类球形粉末,粉末的粒度均在+325~ -80目之间。

[0019] 进一步地,步骤2中,将所述成型腔室内的水氧含量降低至低于50ppm。

[0020] 进一步地,步骤3中,所述工作台为具备两轴旋转功能的转台,且所述两轴的旋转面相互垂直。

[0021] 进一步地,步骤5中,发射所述高能束热源的器件固定在机床或机械手上,通过所述机床或机械手的运动来实现所述高能束热源的扫描移动,所述机床或机械手能够在上下、左右、前后三个维度运动。

[0022] 进一步地,所述高能束热源为激光束。

[0023] 进一步地,所述零部件为薄壁件或块体,所述薄壁件包括圆管、方管、异形管、自由曲面薄壁件以及半球壳体。

[0024] 进一步地,步骤4中,所述零部件为具有悬壁结构的构件时,需配合所述转台的旋转功能实现所述零部件的成形。

[0025] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0026] 本发明工艺简单,操作简便,无需模具,制备周期短,制得的钨合金零部件不易变形坍塌,有效地提高了材料的利用率,降低了生产成本。

[0027] 本发明采用同步送粉式的增材制造方式制备近净成形的钨合金零部件,避免了现有技术中必须使用模具的缺陷,通过机械手或机床,并配合工作台的旋转,可实现五轴四连动或五轴连动功能,可以快速制造具有复杂形状的钨合金零部件的近净成形件。本发明通过对原材料粉末形状及粒度进行控制,能有效提高成品钨合金零部件的质量。本发明相比于现有技术,简化了制备工序,缩短了制造周期,提高了材料利用率及制造效率,解决了现有粉末冶金和注射成形方法中液相烧结复杂形状钨合金零部件易变形坍塌的问题。本发明还可以用于快速修复破损的钨合金零部件,节约成本,提高材料利用率。

附图说明

- [0028] 图1是成形腔室中工作台、机床、高能热源的布局示意图。
- [0029] 图2实施例3中钨合金半球壳体成形过程中熔池与高能束位置关系示意图。
- [0030] 图3是实施例3中钨合金半球壳体成形过程中半球壳体底部基座示意图。

具体实施方式

[0031] 下面结合具体的实施例对本发明做进一步的详细说明,所述是对本发明的解释而不是限定。具体方法如下各实施例所述。

[0032] 一种钨合金零部件的快速近净成形制备方法,包括以下步骤:

[0033] 步骤1:原料准备:取钨粉末和其他金属粉末混合均匀后得混合粉末,将所述混合粉末真空干燥后装入送粉器的料筒中,所述混合粉末的质量按100%计,所述钨粉末的含量为50~85wt%,余量为所述其他金属粉末;

[0034] 步骤2:成形腔室准备:先采用氩气置换成形腔室内气氛,再采用循环净化方法,降低所述成型腔室内的水氧含量,得到惰性气体保护的成形腔室;

[0035] 步骤3:成形基材准备:采用不锈钢、碳钢作为成形基材,对所述基材的表面打磨、清洗、真空干燥后置入步骤2中的所述惰性气体保护的成形腔室中,并将所述基材固定装夹在工作台上;

[0036] 步骤4:路径规划与代码生成:将所述零部件的三维模型进行分层切片,根据每层的几何形状确定扫描的填充方式与转台的转动策略,自行编写或采用软件自动生成相应的程序代码;

[0037] 步骤5:零部件成形:采用惰性气体将步骤1中所述料筒中的混合粉末送入所述成形腔室中,根据步骤4中设定的所述扫描的填充方式与转台的转动策略,利用高能束热源,采用点、线、面扫描的方式,将钨合金连续熔化沉积在基材上,制成近净成形的钨合金零部件。

[0038] 步骤5中,将所述混合粉末采用同步送粉方式送入成形腔室内。

[0039] 步骤1中所述其他金属粉末选自铁元素、镍元素、钴元素中的任意一种或多种。

[0040] 所述钨粉末和其他金属粉末均为球形或类球形粉末,粉末的粒度均在+325~-80目之间。

[0041] 步骤2中,将所述成型腔室内的水氧含量降低至低于50ppm。

[0042] 步骤3中,所述工作台为具备两轴旋转功能的转台,且所述两轴的旋转面相互垂直。

[0043] 步骤5中,发射所述高能束热源的器件固定在机床或机械手上,通过所述机床或机械手的运动来实现所述高能束热源的扫描移动,所述机床或机械手能够在上下、左右、前后三个维度运动。

[0044] 所述高能束热源为激光束。

[0045] 所述零部件为薄壁件或块体,所述薄壁件包括圆管、方管、异形管、自由曲面薄壁件以及半球壳体。

[0046] 步骤4中,所述零部件为具有悬壁结构的构件时,需配合所述转台的旋转功能实现所述零部件的成形。

[0047] 实施例1

[0048] 采用元素配比为 $W:Fe=50:50$ 以及 $W:Ni:Fe=85:10.5:4.5$ 的混合粉末制备得到钨合金叶片。

[0049] 如附图1所示,本实施例采用的工作台为具备两轴(B轴和C轴)旋转功能的转台,且所述两轴的旋转面相互垂直。发射所述高能束热源的器件固定在机床上,机床能在X轴、Y轴、Z轴三个方向移动。

[0050] 本实施例的制备方法具体包括以下步骤:

[0051] 步骤1:原料准备

[0052] 采用平均粒度均为100 μ m左右的类球形钨粉、铁粉和镍粉,按重量比取50%的钨粉末和50%的铁粉末(或者85%的平均粒度为45 μ m的钨粉末、10.5%的平均粒度为150 μ m的铁粉末和4.5%的平均粒度为150 μ m的镍粉末)在混料筒中混均得到混合粉末,将混合粉末在真空烘箱中采用80 $^{\circ}$ C烘2小时后装入送粉器的料筒中。

[0053] 步骤2:成形腔室准备

[0054] 关闭成形腔室的工件传输门和过渡舱,先将高纯氩气快速充入成形腔室中,使腔室内氧含量降至1000ppm左右,之后减缓氩气充入速度,使腔室内氧含量降至500ppm,最后打开循环系统,通过分子筛铜触媒的过滤作用,降低腔室内的水氧含量至50ppm以下。

[0055] 步骤3:成形基材准备

[0056] 采用316L不锈钢板材作为成形基材,采用2000#砂纸将板材表面机械打磨后用丙酮清洗,在真空烘箱中采用80 $^{\circ}$ C烘干后放置入步骤2中准备好的惰性气体保护的成形腔室中,通过压块将不锈钢板材固定装夹在工作台上。

[0057] 步骤4:路径规划与代码生成

[0058] 将叶片的三维模型进行分层切片,每层均可由单道直线扫描堆积而成,但每层扫描方向绕着工作台的C轴有一定角度的倾转。因此,该叶片可采用两种方式成形:一是算出每层直线的起始坐标,仅采用机床XY轴2轴的运动实现每层直线的扫描堆积,扫完一层后机床Z轴提升一定高度,如此循环;二是采用机床与工作台相配合的方式实现成形,机床在每层扫描中仅沿单轴/单向(X/Y轴或固定方向)扫描,扫完一层后机床Z轴提升一定高度且转台C轴转动一定角度,如此循环。本实施例中采用第二种方式成形,编写好相应G代码后输入总控系统。

[0059] 步骤5:叶片零件成形

[0060] 采用激光束作为能量源,根据步骤4生成的代码控制机床与转台的运动,采用以下工艺参数:激光功率0.8~2kW,光斑直径1.5~2mm,送粉速率8~15g/min,载粉氩气流速6~10L/min,扫描速率500~1000mm/min,Z轴抬升量0.3~0.8mm实现钨合金叶片的近净成形。

[0061] 实施例2

[0062] 采用元素配比为 $W:Ni=60:40$ 的混合粉末制备得到的钨合金圆管。

[0063] 本实施例采用的工作台和固定发射高能束热源的器件同实施例1。

[0064] 本实施例的制备方法具体包括以下步骤:

[0065] 步骤1:原料准备

[0066] 采用平均粒度均为100 μ m左右的类球形钨粉和镍粉,按重量比取60%的钨粉末和40%的镍粉末在混料筒中混均得到混合粉末,将混合粉末在真空烘箱中采用80 $^{\circ}$ C烘2小时后装入送粉器的料筒中。

[0067] 步骤2:成形腔室准备

[0068] 关闭成形腔室的工件传输门和过渡舱,先将高纯氩气快速充入成形腔室中,使腔室内氧含量降至1000ppm左右,之后减缓氩气充入速度,使腔室内氧含量降至500ppm,最后打开循环系统,通过分子筛铜触媒的过滤作用,降低腔室内的水氧含量至50ppm以下。

[0069] 步骤3:成形基材准备

[0070] 采用1Cr18Ni9Ti不锈钢板材作为成形基材,采用2000#砂纸将板材表面机械打磨后用丙酮清洗,在真空烘箱中采用80℃烘干后放置入惰性气体保护的成形腔室中,通过压块将板材固定装夹在工作台上;

[0071] 步骤4:路径规划与代码生成

[0072] 将圆筒的三维模型进行分层切片,每层均为同等直径的圆环。因此,圆筒可采用两种方式成形:一是仅采用机床XY轴2轴的运动实现每层圆环的扫描堆积,扫完一层后机床Z轴提升一定高度,如此循环;二是采用机床与转台相配合的方式实现成形,设定圆筒中心与转台中心重合,激光头离中心距离为圆筒半径,单层堆积时,使转台绕C轴转360度,扫完一层后机床Z轴提升一定高度,如此循环。本实施例中采用第一种方式成形,编写好相应G代码后输入总控系统。

[0073] 步骤5:圆筒零件成形

[0074] 采用激光束作为能量源,根据步骤4生成的代码控制机床运动,采用以下工艺参数:激光功率1~2kW,光斑直径1.5~2mm,送粉速率8~15g/min,载粉氩气流速6~10L/min,扫描速率500~1000mm/min,Z轴抬升量0.3~0.8mm实现钨合金圆筒的近净成形。

[0075] 实施例3

[0076] 采用元素配比为W:Ni=80:20的混合粉末制备得到的钨合金半球壳体。

[0077] 本实施例采用的工作台和固定发射高能束热源的器件同实施例1。

[0078] 本实施例的制备方法具体包括以下步骤:

[0079] 步骤1:原料准备

[0080] 采用平均粒度均为100m左右的类球形钨粉和镍粉,按重量比取80%的钨粉末和20%的镍粉末在混料筒中混均得到混合粉末,将混合粉末在真空烘箱中采用80℃烘2小时后装入送粉器的料筒中。

[0081] 步骤2:成形腔室准备

[0082] 关闭成形腔室的工件传输门和过渡舱,先将高纯氩气快速充入成形腔室中,使腔室内氧含量降至1000ppm左右,之后减缓氩气充入速度,使腔室内氧含量降至500ppm,最后打开循环系统,通过分子筛铜触媒的过滤作用,降低腔室内的水氧含量至50ppm以下。

[0083] 步骤3:成形基材准备

[0084] 采用1Cr18Ni9Ti不锈钢圆棒作为成形基材,采用2000#砂纸将棒材端面机械打磨后用丙酮清洗,在真空烘箱中采用80℃烘干后放置入惰性气体保护的成形腔室中,通过三爪卡盘将棒材固定装夹在工作台的转台中心。

[0085] 步骤4:路径规划与代码生成

[0086] 将半球壳体的三维模型进行分层切片,每层均为圆环,但圆环直径逐渐增加,属于悬壁结构,该零件的成形须机床与转台配合运动,保证成形过程中形成的熔池垂直于高能束作用方向,如图2所示。因此,半球壳体的成形采用如下方式:先成形半球壳底部基座部分

(如图3所示),再成形剩余壳体部分。底部基座的成形每层采用同心环搭接的方式,成形完一层后,机床Z轴向上抬升一定量,如此循环;剩余壳体部分每层采用单道圆环扫描的方式,成形完一层后,转台B轴倾转一定角度,保证熔池与高能束呈垂直关系,同时移动机床XY轴至下一起始扫描点,机床Z轴向上抬升一定量,如此循环。编写好相应G代码后输入总控系统。

[0087] 步骤5:半球壳体零件成形

[0088] 采用激光束作为能量源,根据步骤4生成的代码控制机床与转台的运动,采用以下工艺参数:激光功率1~2kW,光斑直径1.5~2mm,送粉速率8~15g/min,载粉氩气流速6~10L/min,扫描速率500~1000mm/min,Z轴抬升量0.3~0.8mm实现钨合金半球壳体的近净成形。

[0089] 上述实施例仅为本发明的优选实施方式之一,不应当用于限制本发明的保护范围,但凡在本发明的主体设计思想和精神上作出的毫无实质意义的改动或润色,其所解决的技术问题仍然与本发明一致的,均应当包含在本发明的保护范围之内。

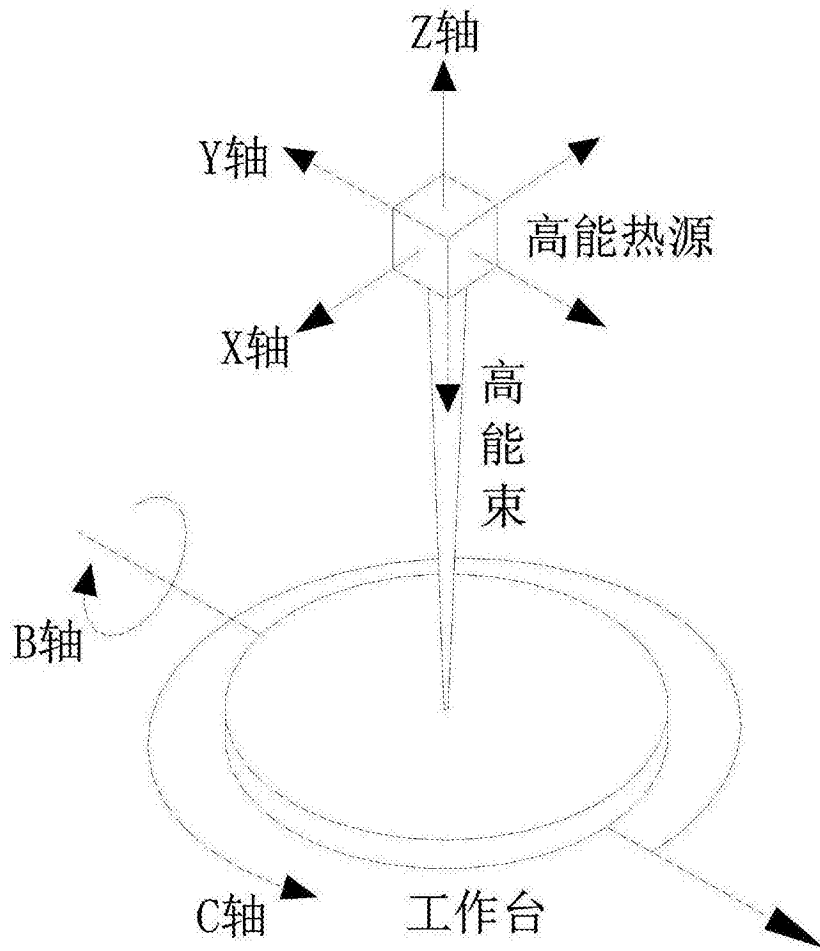


图1

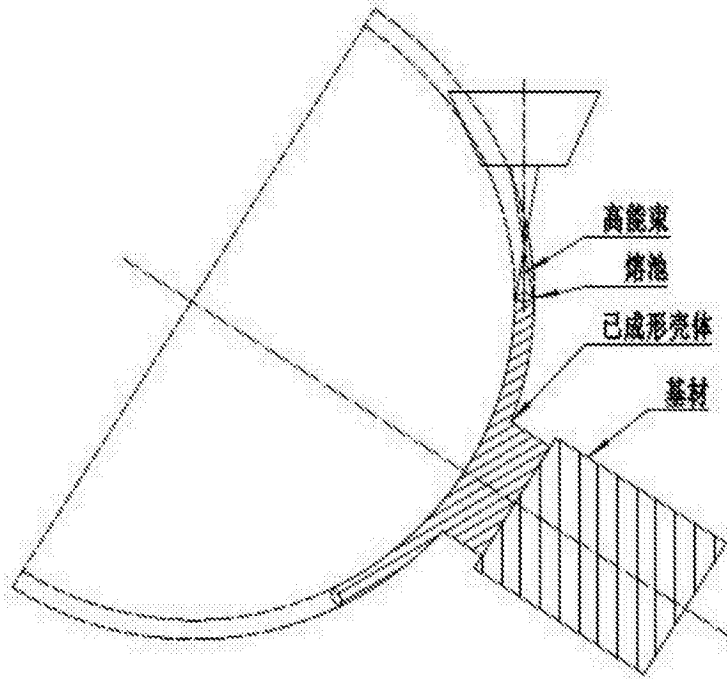


图2

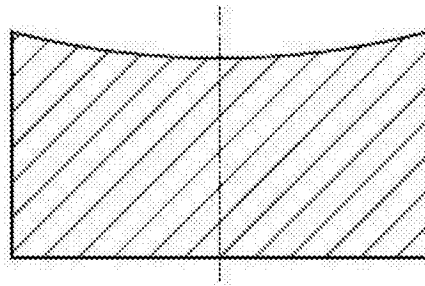


图3