



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107127343 A

(43)申请公布日 2017.09.05

(21)申请号 201710312694.6

G22C 19/05(2006.01)

(22)申请日 2017.05.05

G22C 32/00(2006.01)

(71)申请人 桂林电子科技大学

地址 541004 广西壮族自治区桂林市金鸡路1号

(72)发明人 刘海浪 张国培 黄以平 余志彪
祁正伟 王波

(74)专利代理机构 桂林市华杰专利商标事务所
有限责任公司 45112

代理人 周雯

(51)Int.Cl.

B22F 3/105(2006.01)

B22F 7/08(2006.01)

B33Y 10/00(2015.01)

B33Y 70/00(2015.01)

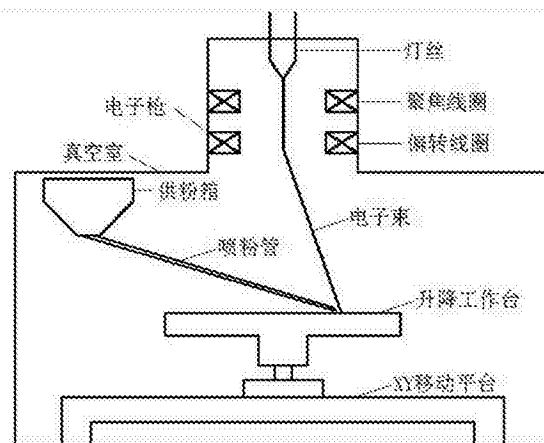
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54)发明名称

一种镍基合金结构件的电子束增材制造方法

(57)摘要

本发明公开了一种镍基合金结构件的电子束增材制造方法,是在真空室条件下,将镍基合金基体预先放入工作台,使腔室内压强达到 4.8×10^{-2} Pa,利用特制的送粉装置将一定质量配比混合均匀的Ni粉、Nb粉、Mo粉、Cr粉,稀土CeO₂超细金属粉末喷射到电子束产生的熔池中,形成与基体冶金结合的电子束熔覆层,然后通过每一层的数控加工程序实现逐层电子束熔覆,最终得到三维金属零件。从而制造出具有快速凝固组织特性的高性能、全致密、形状复杂的镍基合金结构件。该制造方法的制造成本低、制造周期短、材料利用率高、性能稳定,可快速制作复杂零部件,并能较大幅度提高镍基合金结构件的结构强度,减少合金内部气孔、裂纹、残余应力等组织缺陷。



1. 一种镍基合金结构件的电子束增材制造方法,其特征在于,具体包括如下步骤:

1) 将镍基合金基体材料用砂纸打磨、抛光,用5%~10%的盐酸洗30分钟以上,再用清水清洗,放入100℃的烘干箱烘干1小时以上,取出处理后的镍基合金基体材料自然冷却至室温待用;

2) 采用真空等离子旋转电极雾化工艺制备出Ni粉、Nb粉、Mo粉、Cr粉,稀土CeO₂五种粉末,将上述各粉末按比例配制,并采用球磨机均匀混合6小时以上,粉末混合均匀后放入150℃的烘干箱烘干10小时以上,再置于电子束加工综合平台的供粉箱中备用;

3) 在镍基合金结构件CAD三维实体模型切片数据的驱动下,利用切片技术将镍基合金结构件的连续三维CAD数模离散成具有一定层厚及顺序的分层切片,切片的厚度为一般为400~800μm,并将镍基合金结构件的三维数据信息转换成一系列的二维平面数据,提取每一层切片所产生的轮廓,并根据切片轮廓,设计路径及电子束熔覆的工艺参数,沿着由二维平面数据所确定的扫描轨迹生成每一层的数控加工程序,并传递给电子束系统中的数控加工模块;

4) 将镍基合金基体放置于工作台上,将足量的经步骤2)混合均匀后的粉末置于的供粉箱中,关闭电子束设备门,抽真空;

5) 开启电子束加工系统,将预先设定的程序调入数控加工模块,确定加工坐标原点,点击运行按钮,电子束按照预定的加工程序轨迹运行,与此同时,供粉箱将加热后混合的粉末喷射到电子束产生的熔池中,形成与基体冶金结合的电子束熔覆层,通过每一层的数控加工程序实现逐层电子束熔覆,获得一个熔覆截面层,一层熔覆过后,工作台下降一个切片厚度的高度,再熔覆第2层,并使第2层与第1层冶金结合在一起,逐层熔覆,最终得到所需的三维镍基合金结构件;

经过上述步骤,最终得到所需的三维镍基合金结构件。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤1)中,所述基体材料为任何系列的镍基合金,表面粗糙度Ra<10μm。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤2)中,各粉末粒度为0.02~0.15mm。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤2)中,所述各粉末的质量百分比为: Ni:50%~70%,Nb:10%~15%,Mo:10%~15%,Cr:10%~20%,稀土CeO₂:4%~6%。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤3)中,所述电子束熔覆的工艺参数为:束流为30mA,聚焦为380mA,加速电压为60kV,束斑直径2~8mm,扫描速度200~800mm/min,搭接率10%~30%。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤4)中,抽真空的时间60min以上,真空度为 4.8×10^{-2} Pa及以下。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤5)中,所述的每个熔覆截面层厚度为400~600μm。

一种镍基合金结构件的电子束增材制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电子束增材制造技术领域,具体是一种镍基合金结构件的电子束增材制造方法。

背景技术

[0002] 作为增材制造技术一种典型工艺,电子束沉积制造技术是增材制造技术的一种,以合金粉末为原料,以粉末同步送进为特征,通过电子束熔化/快速凝固逐层沉积制造,由零件CAD模型一步完成全致密、高性能金属结构件的“近净成形制造”。因其独特技术优势,被誉为是一种“变革性”“控形/控性”一体化制造技术,在航空、航天等重大装备制造中具有广阔发展前景。该技术材料利用率高,可实现力学性能与锻件相当的复杂高性能构件制造,且其同步材料送进特征,还可实现梯度结构制造,可用于损伤构件的高性能修复。镍基合金在650℃~1000℃高温下有较高的强度与一定的抗氧化腐蚀能力,由于足够高的高温强度与抗氧化腐蚀能力,所以常用于制造航空发动机叶片和火箭发动机、核反应堆、能源转换设备上的高温零部件。

[0003] 现有制备镍基合金结构件的加工方法一般包括:建模→编程→出图→选择毛坯→拟定工艺路线→确定各工序尺寸及公差→硬加工(主要包括车削加工,磨床加工,CNC加工,放电加工)→热处理→检测尺寸OK→完成产品。现有的方法不仅流程繁琐,而且中间任何工序出错,就需要重新开始制造,浪费人力及材料费用。并且结构件毛坯的成分是固定的,不能根据实际需求选择更合适的毛坯成分。

发明内容

[0004] 本发明的目的是为了克服传统制造方法制备镍基合金结构件的不足,而提供一种镍基合金结构件的电子束增材制造方法,该方法只需要以下步骤即可完成:建模→编程→选择粉末→电子束增材制造→检测尺寸OK→完成产品,是通过计算机的编程控制在基材表面熔覆成型镍基合金结构件的技术和制备方法,该方法根据实际需求选择毛坯成分,还可以简化加工流程,修补破损零件,从而大大节约了制造时间及成本,且该表面涂层具有结构强度高,凝固组织晶粒细小,无组织缺陷,可大量节约金属材料,制造成本低的特点。

[0005] 实现本发明目的的技术方案是:

一种镍基合金结构件的电子束增材制造方法,具体包括如下步骤:

1) 将镍基合金基体材料用砂纸打磨、抛光,用5%~10%的盐酸洗30分钟以上,再用清水清洗,放入100℃的烘干箱烘干1小时以上,取出处理后的镍基合金基体材料自然冷却至室温待用;

2) 采用真空等离子旋转电极雾化工艺制备出Ni粉、Nb粉、Mo粉、Cr粉,稀土CeO₂五种粉末,将上述各粉末按比例配制,并采用球磨机均匀混合6小时以上,粉末混合均匀后放入150℃的烘干箱烘干10小时以上,再置于电子束加工综合平台的供粉箱中备用;

3) 在镍基合金结构件CAD三维实体模型切片数据的驱动下,利用切片技术将镍基合金

结构件的连续三维CAD数模离散成具有一定层厚及顺序的分层切片,切片的厚度为一般为400~800 μm ,并将镍基合金结构件的三维数据信息转换成一系列的二维平面数据,提取每一层切片所产生的轮廓,并根据切片轮廓,设计路径及电子束熔覆的工艺参数,沿着由二维平面数据所确定的扫描轨迹生成每一层的数控加工程序,并传递给电子束系统中的数控加工模块;

4)将镍基合金基体放置于工作台上,将足量的经步骤2)混合均匀后的粉末置于的供粉箱中,关闭电子束设备门,抽真空;

5)开启电子束加工系统,将预先设定的程序调入数控加工模块,确定加工坐标原点,点击运行按钮,电子束按照预定的加工程序轨迹运行,与此同时,供粉箱将加热后混合的粉末喷射到电子束产生的熔池中,形成与基体冶金结合的电子束熔覆层,通过每一层的数控加工程序实现逐层电子束熔覆,获得一个熔覆截面层,一层熔覆过后,工作台下降一个切片厚度的高度,再熔覆第2层,并使第2层与第1层冶金结合在一起,逐层熔覆,最终得到所需的三维镍基合金结构件;

经过上述步骤,最终得到所需的三维镍基合金结构件。

[0006] 步骤1)中,所述基体材料为任何系列的镍基合金,表面粗糙度 $Ra < 10\mu\text{m}$ 。

[0007] 步骤2)中,各粉末粒度为0.02~0.15mm。

[0008] 步骤2)中,所述各粉末的质量百分比为: Ni:50%~70%, Nb:10%~15%, Mo:10%~15%, Cr:10%~20%, 稀土 CeO_2 :4%~6%。

[0009] 步骤3)中,所述电子束熔覆的工艺参数为:束流为30mA,聚焦为380mA,加速电压为60kV,束斑直径2~8mm,扫描速度200~800mm/min,搭接率10%~30%。

[0010] 步骤4)中,抽真空的时间60min以上,真空度为 $4.8 \times 10^{-2}\text{Pa}$ 及以下。

[0011] 步骤5)中,所述的每个熔覆截面层厚度为400~600 μm 。

[0012] 有益效果:将3D打印技术,高功率电子束熔覆技术,电子束增材制造技术,稀土改性技术与先进材料制备技术融为一体,在CAD三维实体模型切片数据的驱动下,采用镍基合金作为基体材料,制备出高性能的镍基合金结构件,在无需任何专用模具和任何专用工装条件下直接快速制造出具有快速凝固组织特征的高性能、全致密、形状复杂的镍基合金结构件,可用于航空器机体内部结构如框架、加强肋、不规则零件、接头件等;且电子束增材制造具有以下优点:(1)能量密度高、利用率高,约为90%;(2)其冷却速度为106—108 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$,形成致密性熔覆层;(3)加工深宽比为:20:1~70:1;(4)电子束加工是在真空条件下进行的,既不产生粉尘,也不排放有害气体和废液,对环境几乎不造成污染,加工表面不产生氧化,特别适合于加工易氧化的金属及合金材料,以及纯度要求极高的半导体材料。

附图说明

[0013] 图1为实施例结构件三维模型图;

图2为实施例结构件切片后零件模型图;

图3为实施例单层切片轮廓图;

图4为实施例电子束增材制造设备示意图。

具体实施方式

[0014] 下面结合附图和实施例对本发明内容做进一步的阐述,但不是对本发明的限定。

[0015] 实施例:

(1) 基体预处理

试样基体为incone1617合金,基体尺寸为长×宽×高=100mm×100mm×10mm,用砂纸对基体进行打磨、抛光,使材料表面粗糙度 $Ra < 10\mu\text{m}$,之后用5%~10%的盐酸洗30分钟左右,再用清水清洗,然后放入100℃的烘干箱烘干1小时以上,取出处理后的镍基合金基体材料自然冷却至室温待用;

(2) 粉末配置

采用真空等离子旋转电极雾化工艺制备出Ni粉、Nb粉、Mo粉、Cr粉,稀土 CeO_2 五种粉末,各粒度为0.02~0.15mm,最优粒度为0.07mm;将上述各粉末按质量百分比为: Ni粉:60%, Nb粉:10%, Mo粉:10%, Cr粉:15%, 稀土 CeO_2 粉末:5%配制,并采用球磨机均匀混合6小时以上,粉末混合均匀后放入150℃的烘干箱烘干10小时以上,再置于电子束加工综合平台的供粉箱中备用;

(3) 切片数据

如图1所示,经过步骤(1)处理后的基体镍合金的成形尺寸为长×宽×高=100mm×100mm×50mm,镍合金零件CAD三维实体模型切片数据的驱动下,利用切片技术将连续的三维CAD数模离散成具有一定层厚及顺序的分层切片,如图2所示,切片的厚度为500 μm ,将镍合金结构件的三维数据信息转换成一系列的二维平面数据,如图3所示,提取每一层切片所产生的轮廓并根据切片轮廓设计合理的路径和电子束熔覆的工艺参数,电子束熔覆的工艺参数微:束流为30mA,聚焦为380mA,加速电压为60kV,束斑直径6mm,扫描速度600mm/min,搭接率20%;沿着由二维平面数据所确定的扫描轨迹生成每一层的数控加工程序,并传递给电子束系统中的数控加工模块;所述电子束熔覆的工艺参数为:束流为30mA,聚焦为380mA,加速电压为60kV,束斑直径2~8mm,扫描速度200~800mm/min,搭接率10%~30%。

[0016] (4) 抽真空

将incone1617合金基体放置于工作台上,足量的经步骤(2)混合均匀后的粉末置于的供粉箱中,然后关闭电子束设备门,使抽真空度达到 $4.8 \times 10^{-2}\text{Pa}$;

(5) 熔覆制造

开启电子束加工系统,将预先设定的程序调入数控加工模块,确定加工坐标原点,点击运行按钮,电子束按照预定的加工程序轨迹运行,与此同时,供粉箱将加热后混合的粉末喷射到电子束产生的熔池中,形成与incone1617合金基体冶金结合的电子束熔覆层,如图4所示;通过每一层的数控加工程序实现逐层电子束熔覆,获得一个熔覆截面,一层熔覆过后,工作台下降一个切片厚度的高度,再熔覆第2层,并使第2层与第1层冶金结合在一起,逐层熔覆,每个熔覆截面层厚度为500 μm ,最终得到三维金属零件,产品尺寸为长×宽×高=100mm×100mm×50mm。

[0017] 产品经检测:从incone1617合金成形外表面光洁,颜色为亮灰色,形状规则,无宏观裂纹。

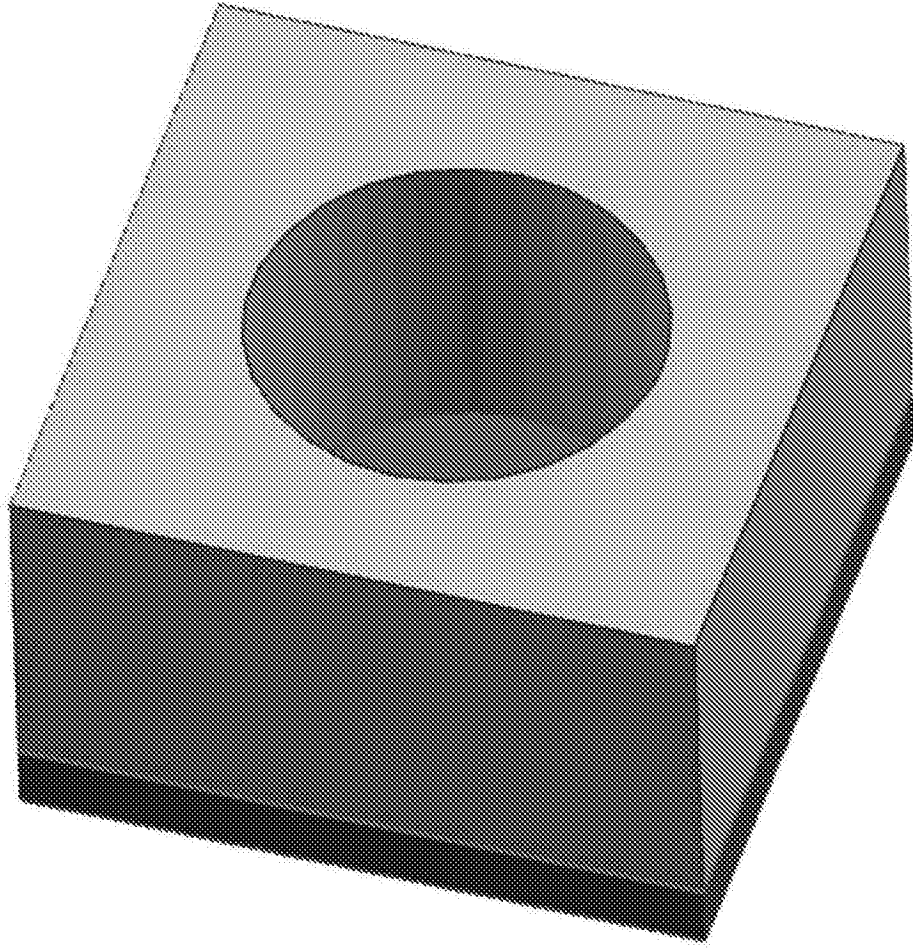


图1

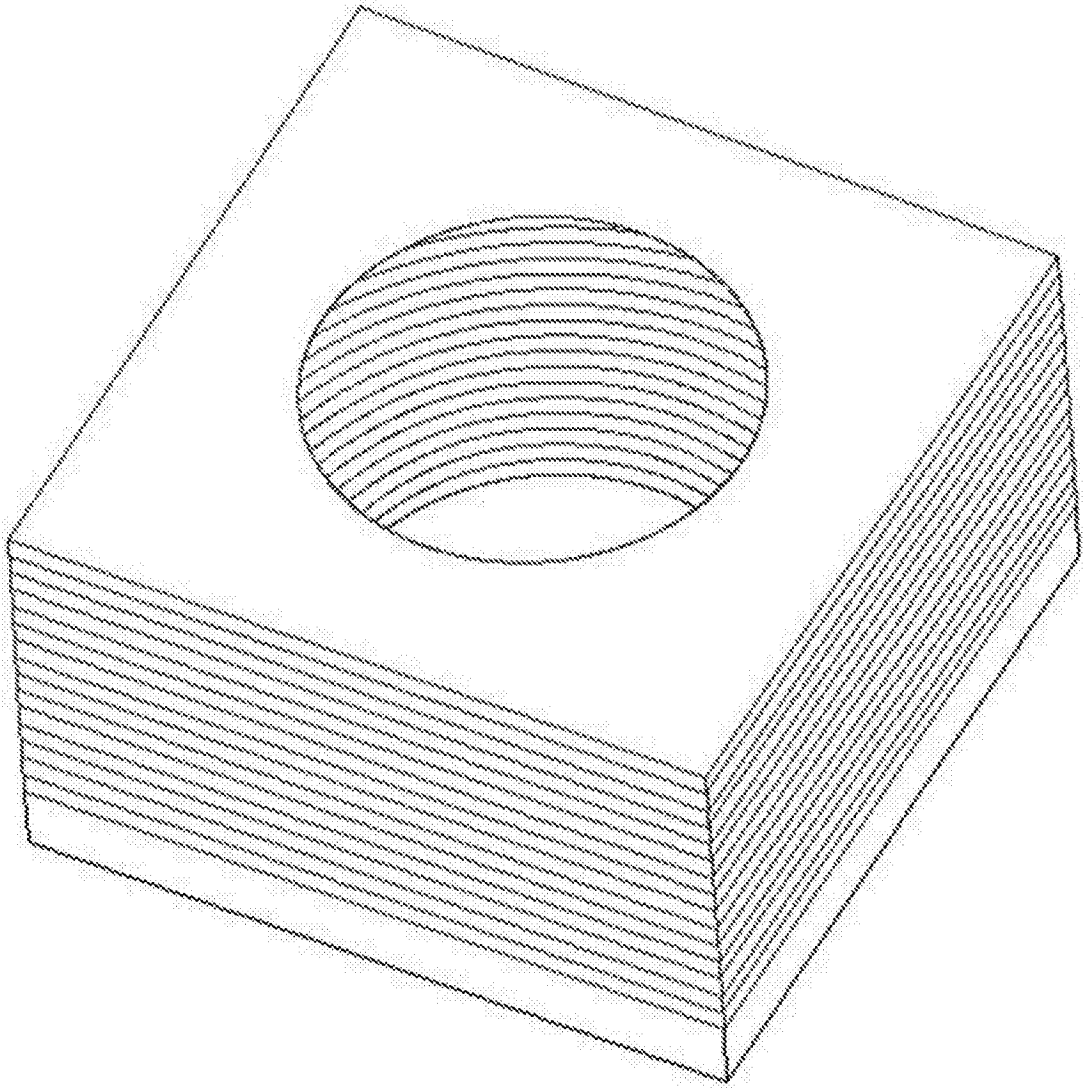


图2

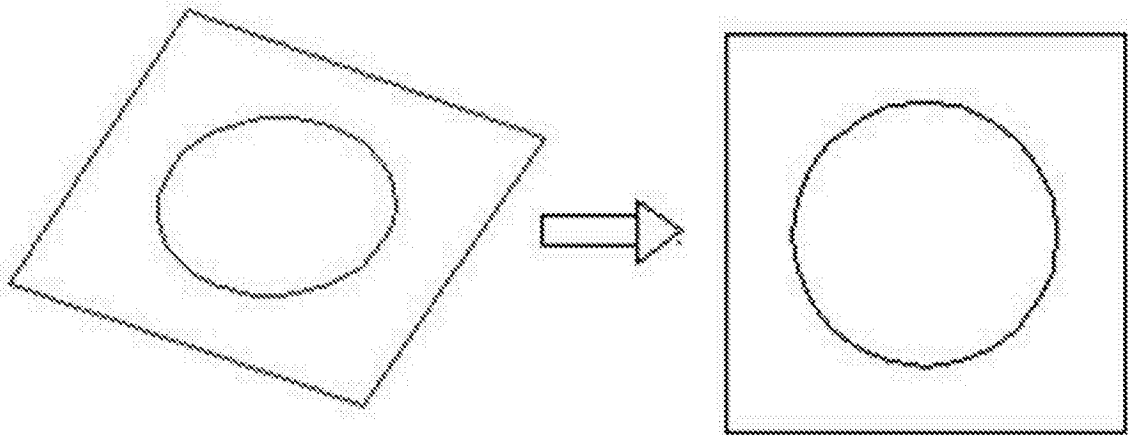


图3

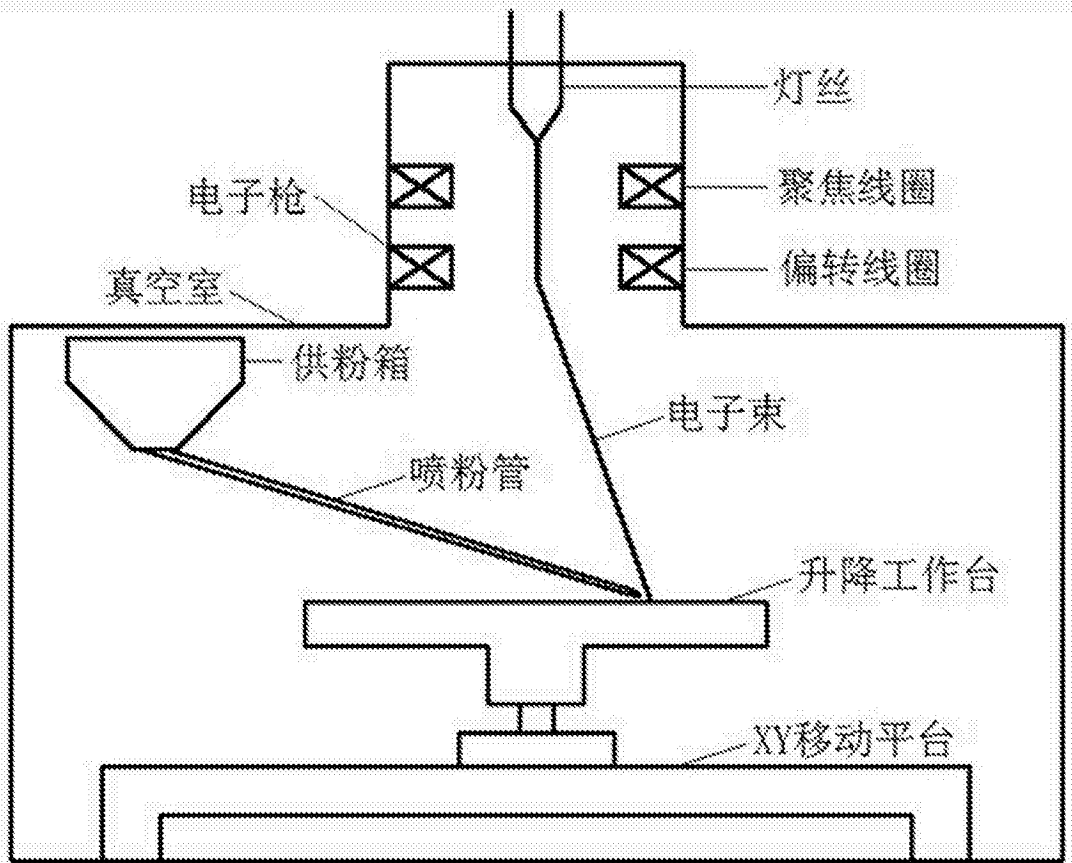


图4