



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115156725 B

(45) 授权公告日 2024.10.22

(21) 申请号 202210880688.1

(22) 申请日 2022.07.25

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115156725 A

(43) 申请公布日 2022.10.11

(73) 专利权人 西安中科微精光子科技股份有限公司

地址 710119 陕西省西安市高新区纬二十六路3300号

(72) 发明人 吕广明 麻丁龙 张鹏 田东坡

(74) 专利代理机构 西安维英格知识产权代理事务所(普通合伙) 61253

专利代理师 归莹 姚勇政

(51) Int. Cl.

B23K 26/362 (2014.01)

(56) 对比文件

CN 102905823 A, 2013.01.30

CN 108031981 A, 2018.05.15

审查员 文海燕

权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于激光扫描策略的刻蚀成形方法

(57) 摘要

本发明实施例公开了一种基于激光扫描策略的刻蚀成形方法,该方法可以包括:依据待加工模型的三维刻蚀模型,提取n层二维平面刻蚀图形,其中,n为大于等于3的整数,以比较面积比率大小的方式分别对所述n层二维平面刻蚀图形进行区域划分,针对划分后的二维平面刻蚀图形上的各个区域输入不同的激光扫描能量进行刻蚀。通过上述方法解决了激光刻蚀加工的表面尺寸精度低、刻蚀曲面的表面质量差及刻蚀深度失真的问题,另一方面,解决激光刻蚀工艺周期长,激光刻蚀加工效率低,且对待刻蚀的零件存在特征曲面选择性的问题。

依据待加工模型的三维刻蚀模型,提取n层二维平面刻蚀图形

以比较面积比率大小的方式分别对所述n层二维平面刻蚀图形对进行区域划分

针对划分后的二维平面刻蚀图形上的各个区域输入不同的激光扫描能量进行刻蚀

1. 一种基于激光扫描策略的刻蚀成形方法,其特征在于,所述方法包括:

依据待加工模型的三维刻蚀模型,提取n层二维平面刻蚀图形;其中,n为大于等于3的整数;

以比较面积比率大小的方式分别对所述n层二维平面刻蚀图形进行区域划分;

针对划分后的二维平面刻蚀图形上的各个区域输入不同的激光扫描能量进行刻蚀,

其中,所述依据待加工模型的三维刻蚀模型,提取n层二维平面刻蚀图形,包括:

第一步,将所述待加工模型的三维刻蚀模型导入特定坐标系,所述特定坐标系包括工作坐标系和笛卡尔坐标系;

第二步,获取所述待加工模型的三维刻蚀模型的曲面轮廓坐标集合 $L_m = \{x_{cm}, y_{cm}, z_{cm}, i_m, j_m, k_m\}$,其中,m代表点坐标数量且m为整数; x_{cm}, y_{cm}, z_{cm} 代表所述待加工模型的三维刻蚀模型在工作坐标系中在x、y、z方向的矢量投影, i_m, j_m, k_m 代表所述待加工模型的三维刻蚀模型在笛卡尔坐标系中的法向矢量投影;

第三步,基于所述集合 L_m 沿所述待加工模型的三维刻蚀的法线方向将所述加工模型的三维刻蚀模型划分为n层平面刻蚀图形,获得n层平面刻蚀图形合集 $D = \{D_1, D_2, D_3 \cdots D_n\}$,

其中,所述以比较面积比率大小的方式分别对所述n层二维平面刻蚀图形进行区域划分,包括:

第一步,计算所述合集D中每层平面刻蚀图形的面积并获得集合 $S = \{S_1, S_2, S_3 \cdots S_n\}$,同时确定所述集合S中的最小面积 S_{min} ;

第二步,计算平面刻蚀图形 D_ξ 的曲率半径集合 $R_\xi = \{R_1, R_2 \cdots R_g\}$,其中, $D_\xi \in D, \xi \in [1, n]$ 且 ξ 为整数,g为所述平面刻蚀图形 D_ξ 的曲率半径的数量,g为整数;

第三步,根据公式 $\delta_\xi = \frac{|S_\xi - S_{min}|}{S_{min}}$ 获得所述n层平面刻蚀图形的面积比率,其中, $S_\xi \in S, \xi \in [1, n]$ 且 ξ 为整数,依据面积比率的大小依次对所述n层平面刻蚀图形从小到大进行排序并生成排序后的面积集合 $S' = \{S'_1, S'_2, S'_3 \cdots S'_n\}$,并依据所述集合S'获得排序后的平面刻蚀图形合集 $D' = \{D'_1, D'_2, D'_3 \cdots D'_n\}$;

第四步,在所述集合S'中当 $S'_\sigma < S'_\varphi$ 时,则将 D'_σ 的曲率半径集合投影至 D'_φ ,以对 D'_φ 进行区域划分,其中 $\sigma, \varphi \in [1, n]$ 且 σ, φ 为整数,依次比较所述集合S'中的n个面积,对所述合集D'中的每个平面刻蚀图形进行区域划分获得区域划分后的平面刻蚀图形合集 $D'' = \{D''_1, D''_2, D''_3 \cdots D''_n\}$,其中,平面刻蚀图形 D''_ξ 上具有 $\xi - 1$ 个平面刻蚀图形的曲率半径集合的投影,存在 ξ 个刻蚀能量填充区域,其中 $D''_\xi \in D'', \xi \in [1, n]$ 且 ξ 为整数。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述以比较面积比率大小的方式分别对所述n层二维平面刻蚀图形进行区域划分,还包括:

在所述平面刻蚀图形 D''_ξ 外增加附加轮廓形成合并后的平面刻蚀图形。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述针对划分后的二维平面刻蚀图形上的各个区域输入不同的激光扫描能量进行刻蚀,包括:

第一步,扫描光路启动,对所述合集D''中的每个平面刻蚀图形进行激光束扫描,获得平面刻蚀图形 D''_ξ 上不同的刻蚀能量填充区域的分布, $\xi \in [1, n]$ 且 ξ 为整数;

第二步,在所述不同的刻蚀能量填充区域进行差异化刻蚀激光能量填充,生成相应的

激光加工程序；

第三步,进行激光刻蚀步骤；

第四步,激光刻蚀结束后,扫描光路停止出光,加工结束。

4.根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述在所述不同的刻蚀能量填充区域进行差异化刻蚀激光能量填充,生成相应的激光加工程序,具体是指:

在所述不同的刻蚀能量填充区域中填充激光束扫描填充向量,所述不同的刻蚀能量填充区域中,所述激光束扫描填充向量的加工参数不一致。

5.根据权利要求1所述的刻蚀成形方法,其特征在于,所述计算所述合集D中每层平面刻蚀图形的面积并获得集合 $S = \{S_1, S_2, S_3 \dots S_n\}$,包括:

第一步,获取 D_ξ 的图形轮廓点坐标 $C_\xi = \{x_\xi, y_\xi, z_\xi, i_\xi, j_\xi, k_\xi\}$,其中, $\xi \in [1, n]$,且 ξ 为整数;

第二步,依据所述图形轮廓点坐标 C_ξ 生成连续轮廓曲线,并以函数关系式 $P(x, y)$ 和 $Q(x, y)$ 表示,计算对应二维XOY平面的 D_ξ 刻蚀图形的面积 S_ξ :

$$S_\xi = \iint_{D_\xi} \left| \begin{array}{cc} \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} \\ P(x, y) & Q(x, y) \end{array} \right| dx dy;$$

第三步,计算n个平面刻蚀图形的面积,并生成面积集合 $S = \{S_1, S_2, S_3 \dots S_n\}$ 。

6.根据权利要求1所述的刻蚀成形方法,其特征在于,所述计算所述平面刻蚀图形 D_ξ 的曲率半径集合 $R_\xi = \{R_1, R_2 \dots R_g\}$,包括:

第一步,计算所述平面刻蚀图形 D_ξ 的图形轮廓点坐标为 $C_\xi = \{x_\xi, y_\xi, z_\xi, i_\xi, j_\xi, k_\xi\}$,其中, $\xi \in [1, n]$,且 ξ 为整数,以及所述平面刻蚀图形 D_ξ 的几何中心点坐标 $M_\xi(x_\xi, y_\xi)$;

第二步,获取所述平面刻蚀图形 D_ξ 的图形轮廓的曲线函数关系式: $x_\xi = x(t), y_\xi = y(t)$,

依据公式 $R_\xi = \frac{((x'(t))^2 + (y'(t))^2)^{\frac{3}{2}}}{((x'(t) * y''(t)) - (x''(t) * y'(t)))}$ 计算所述平面刻蚀图形 D_ξ 的曲率半

径集合 $R_\xi = \{R_1, R_2 \dots R_g\}$,其中g为所述平面刻蚀图形 D_ξ 的曲率半径的数量,g为整数,

其中, $((x'(t) * y''(t)) - (x''(t) * y'(t))) \neq 0$,

$$\text{且 } x'(t) = \frac{dx(t)}{dt}, x''(t) = \frac{d^2x(t)}{dt^2}, y'(t) = \frac{dy(t)}{dt}, y''(t) = \frac{d^2y(t)}{dt^2};$$

第三步,计算n个平面刻蚀图形的曲率半径集合。

一种基于激光扫描策略的刻蚀成形方法

技术领域

[0001] 本发明涉及激光加工刻蚀领域,具体涉及一种基于激光扫描策略的刻蚀成形方法。

背景技术

[0002] 激光加工作为一种先进的制造技术,因其光束具有较高的准直性、高度集中的能量输出,微米级的光斑直径且加工时与零件无相互作用力存在,被广泛的运用到生产制造中,尤其是航空航天领域等对产品精度和加工质量要求高的行业。激光刻蚀作为激光加工的一种工艺重要应用分支之一,其主要面向产品三维尺度的微纳刻蚀加工,其对产品的尺寸精度和刻蚀深度要求极高。

[0003] 目前,基于激光微刻蚀工艺的数控精密机床已经在国内外广泛应用。其主要原理是,使用数控精密机床,使待刻蚀零件在三维空间多自由度实现运动,激光束通过扩束镜、准直镜、偏转镜片、扫描振镜、场镜和保护镜片,进入工作区域内待加工零件表面,当前层扫描区域加工完成后,Z轴实时进给,直至所有加工曲面扫描完成,实现既定刻蚀三维模型的微刻蚀加工。其中,激光束在扫描振镜作用下,伺服电机驱动扫描振镜的X轴、Y轴激光平面反射镜反射,实现在特定区域的XOY面激光束扫描轨迹偏转,场镜是保证激光束在XOY面的轨迹都处于特定焦深位置,保证激光束具有特定束腰尺寸、均匀一致的能量密度输出。

发明内容

[0004] 本发明实施例期望提供一种刻蚀精度高、刻蚀表面质量好并且刻蚀深度不会失真的基于激光扫描策略的刻蚀成形方法,同时通过该刻蚀成形方法能够解决蚀工艺周期长,激光刻蚀加工效率低,且对待刻蚀的零件存在特征曲面选择性的问题。

[0005] 本发明的技术方案是这样实现的:

[0006] 一种基于激光扫描策略的刻蚀成形方法,所述方法包括:依据待加工模型的三维刻蚀模型,提取n层二维平面刻蚀图形,其中,n为大于等于3的整数,以比较面积比率大小的方式分别对所述n层二维平面刻蚀图形进行区域划分,针对划分后的二维平面刻蚀图形上的各个区域输入不同的激光扫描能量进行刻蚀。

[0007] 本发明提供了一种基于激光扫描策略的刻蚀成形方法,通过在同一坐标系中,通过将提取的平面二维刻蚀图形进行区域划分,并对每层刻蚀图形不同区域生成对应的填充向量,控制激光束在同一激光刻蚀图形的不同分区的能量输入,实现刻蚀加工的零件尺寸精度高、刻蚀曲面表面质量高,刻蚀深度不失真的效果,同时,经过比较,在使用上述刻蚀策略后,激光刻蚀三维模型的效率提升了30%~60%,缩短激光刻蚀工艺周期,提高激光刻蚀加工效率,且对待刻蚀的零件无特征曲面选择性,加工成品率较高。

附图说明

[0008] 图1为本发明实施例提供的一种基于激光扫描策略的刻蚀成形方法的流程图;

- [0009] 图2为本发明实施例中的待加工模型的三维刻蚀模型在XOZ平面的投影；
- [0010] 图3为本发明实施例中的待加工模型的三维刻蚀模型在XOY平面的投影；
- [0011] 图4为本发明实施例中完成区域划分之后的平面刻蚀图形的示意图；
- [0012] 图5为本发明实施例中向完成区域划分之后的平面刻蚀图形增加附加轮廓的示意图。

具体实施方式

[0013] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。

[0014] 现有技术中,针对于激光刻蚀的方法,国内诸多学者提出了许多策略,在现有技术1(专利号为CN201110048935.3)中曹宇等人提出了一种适用于复杂曲面的激光加工方法及装置,其主要是通过连续复杂曲面,以曲面片的最小长方体包围盒中与曲面片外表面相对的底面为X-Y基准平面,以该底面几何中心处的法线正方向为Z轴正方向坐标系,将连续曲面分割成不同曲面坐标系,在对应曲面及相应的坐标系中,比较曲面任意位置的法线方向与Z轴正方向夹角,若夹角小于 90° ,且曲面片内包含的待加工图形沿曲面片坐标系的Z轴方向平行投影至Z-Y基准平面,则可实现扫描振镜在此特定曲面及对应坐标系中的扫描运动轨迹,进而实现零件的刻蚀加工。此种方法,使用多个坐标系实现复杂曲面的激光刻蚀加工,但是在进行激光刻蚀程序生成过程中,存在如下问题:1)被分割的各子曲面间,激光束存在扫描轨迹的向量“缝合”问题;连续曲面基于过渡曲面任一点的法线方向与Z轴正向夹角被分割成子曲面,多个曲面之间的面临大量的激光束扫描轨迹的向量“缝合”,激光器处于频繁的开关光过程,若开关光参数设置不当,子曲面过渡处,会产生过渡缺陷,如“凹槽”“缺肉”等,另一方面,激光器的频繁开关光,对于激光器启停存在过渡损耗。2)连续曲面分割存在曲面过渡角度限制;在子曲面及相应的子坐标系中,曲面任一点位置的法线方向与Z轴正方向夹角,若 $\geq 90^\circ$,则此种特征的曲面无法提取对应的刻蚀二维平面扫描轨迹。

[0015] 另一方面,对于微米级的三维曲面零件微刻蚀加工,在激光刻蚀尺寸精度和深度控制方面,仍存在一些尺寸精度失真问题。现有技术2(专利号为201910751233.8)中大连理工大学的马建伟提出了一种低侧壁锥角盲槽的激光加工方法,基于待加工零件的锥角盲槽特征,计算刻蚀所需深度的激光加工参数组合,并进行盲槽的初步刻蚀,通过预设槽底理想残余高度与预测截面烧蚀轮廓模型比较,将当前激光扫描轨迹以微小行距形成偏置曲线,作为后续盲槽侧壁再加工的激光扫描轨迹,实现盲槽宽度精度,减少盲槽侧壁锥角的效果。基于此,此种方法,存在以下问题:1)待加工低侧壁锥角盲槽加工分阶段进行,盲槽加工对设备精度要求高,且盲槽加工效率低;对于待加工盲槽,先进行初步刻蚀,再通过槽底残余高度与预测烧蚀轮廓模型比较,计算形成激光轨迹的偏置曲线,对盲槽侧壁锥度逐步修正,直至达到图纸的尺寸要求。2)此种刻蚀方法,对加工的盲槽类型具有选择性,不具有普适性。

[0016] 基于现有技术的不足,本发明实施例提供了一种基于激光扫描策略的刻蚀成形方法,该方法用于对在平面的投影具有锥度 γ ,且 $\gamma \in [0^\circ, 180^\circ)$ 的待加工模型,参见附图1,该方法包括:

[0017] 依据待加工模型的三维刻蚀模型,提取n层二维平面刻蚀图形,其中,n为大于等于

3的整数；

[0018] 以比较面积比率大小的方式分别对所述n层二维平面刻蚀图形进行区域划分；

[0019] 针对划分后的二维平面刻蚀图形上的各个区域输入不同的激光扫描能量进行刻蚀。

[0020] 通过上述方法,能够解决激光刻蚀加工的表面尺寸精度低、刻蚀曲面的表面质量差及刻蚀深度失真的问题,同时,还能够解决激光刻蚀工艺周期长,激光刻蚀加工效率低,且对待刻蚀的零件存在特征曲面选择性的问题。

[0021] 本发明实施例中的一种基于激光扫描策略的刻蚀成形方法包括:

[0022] 步骤一,所述依据待加工模型的三维刻蚀模型,提取3层二维平面刻蚀图形,包括:

[0023] 将所述待加工模型的三维刻蚀模型导入特定坐标系,所述特定坐标系包括工作坐标系和笛卡尔坐标系,所述工作坐标系是激光刻蚀设备中为本领域技术人员所熟知的机床坐标系,该步骤的主要目的是为了提取并生成待加工模型的三维刻蚀模型的二维平面刻蚀图形,通过将待加工模型的三维刻蚀模型倒入至特定坐标系中,解决了上述现有技术1中提出的将同一刻蚀模型的连续复杂曲面,分割成不同部分放置在不同坐标系中,形成的模型数据处理前段数据量过大,及对应的不同部分曲面拼接而造成激光扫描填充向量易造成刻蚀缺陷的问题,同时通过本步骤实现了将待刻蚀的三维模型作为整体考虑的思想,在同一坐标系中进行剖切呈待加工的二维平面待刻蚀图形,使用降维分解,实现了化繁为简的效果;

[0024] 将待加工的三维刻蚀模型倒入特定坐标系中,如附图2所示,为待加工模型的三维刻蚀模型的XOZ平面的主视示意图,在坐标系中按三维刻蚀模型的法线方向计算曲面轮廓坐标集合 $L_m = \{x_{cm}, y_{cm}, z_{cm}, i_m, j_m, k_m\}$,其中,m代表点坐标数量且m为整数, x_{cm}, y_{cm}, z_{cm} 代表所述待加工模型的三维刻蚀模型在工作坐标系中在x、y、z方向的矢量投影, i_m, j_m, k_m 代表所述待加工模型的三维刻蚀模型在笛卡尔坐标系中的法向矢量投影;

[0025] 基于所述集合 L_m 沿所述待加工模型的三维刻蚀的法线方向,如附图3所示,将所述加工模型的三维刻蚀模型划分为XOY平面上的3层平面刻蚀图形,分别为获得3层平面刻蚀图形合集 $D = \{D_1, D_2, D_3\}$ 。

[0026] 步骤二,以比较面积比率大小的方式分别对所述3层二维平面刻蚀图形进行区域划分,包括:

[0027] 计算所述合集D中3个平面刻蚀图形的面积而获得集合 $S = \{S_1, S_2, S_3\}$,同时确定所述集合S中的最小面积 S_{min} ,具体过程为通过获取 D_1, D_2, D_3 的图形轮廓点坐标 $C_\xi = \{x_\xi, y_\xi, z_\xi, i_\xi, j_\xi, k_\xi\}$,其中, $\xi \in [1, 3]$,且 ξ 为整数,同时依据图形轮廓点坐标 C_ξ 生成连续的轮廓曲线,

在以函数关系式 $P(x, y)$ 和 $Q(x, y)$ 表示,通过 $S_\xi = \iint_D \begin{vmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} \\ P(x, y) & Q(x, y) \end{vmatrix} dx dy$ 计算对

应二维XOY平面的 D_1, D_2, D_3 刻蚀图形的面积 S_1, S_2, S_3 ,获得面积合集 $S = \{S_1, S_2, S_3\}$,通过比较

可知其中面积最小的平面刻蚀图形为 D_3 其面积为 S_3 ,根据公式 $\delta_\xi = \frac{|S_\xi - S_1|}{S_1}$ 计算出每个平面

刻蚀图形的面积比率集合,基于算出的集合确定出最小面积比率,通过最小面积比率确定出最小面积 S_{min} ,在该实施例,其中的具有最小面积的图形为 D_1 ;

[0028] 计算所述平面刻蚀图形 D_ξ 的曲率半径集合 $R_\xi = \{R_1, R_2 \cdots R_g\}$, 其中, $D_\xi \in D, \xi \in [1, n]$ 且 ξ 为整数, g 为所述平面刻蚀图形 D_ξ 的曲率半径的数量, g 为整数, 依据 D_1 的图形轮廓点坐标 $C_1 = \{x_1, y_1, z_1, i_1, j_1, k_1\}$, 计算出3个平面刻蚀图形的几何中心点坐标 $M_1(x_1, y_1)$, 并计算出平面刻蚀图形 D_ξ 的图形轮廓的曲线函数关系式: $x_1 = x(t), y_1 = y(t)$, 依据公式

$$R_1 = \frac{((x'(t))^2 + (y'(t))^2)^{\frac{3}{2}}}{((x'(t) * y''(t)) - (x''(t) * y'(t)))}$$
 计算所述平面刻蚀图形 D_1 的曲率半径集合 $R_1 = \{r_1, r_2 \cdots r_g\}$, 其中 g 为所述平面刻蚀图形 D_1 的曲率半径的数量, g 为整数, 其中, $((x'(t) * y''(t)) - (x''(t) * y'(t))) \neq 0$, 且 $x'(t) = \frac{dx(t)}{dt}, x''(t) = \frac{d^2x(t)}{dt^2}, y'(t) = \frac{dy(t)}{dt}, y''(t) = \frac{d^2y(t)}{dt^2}$, 依据上述计算方式分别计算出平面刻蚀图形 D_2, D_3 的曲率半径集合 R_2 和 R_3 ;

[0029] 在获得 D_1, D_2, D_3 三个平面刻蚀图形后, 通过面积比率比较的方式对三个图形进行排序, 并且通过投影曲率半径的方式实现对平面刻蚀图形的区域划分解决了平面刻蚀图形的扫描区域划分问题, 实现了同一刻蚀图形, 不同区域激光扫描输入的能量大小不同效果,

[0030] 根据公式 $\delta_\xi = \frac{|S_\xi - S_{min}|}{S_{min}}$ 获得所述3层平面刻蚀图形的面积比率, 其中, $S_\xi \in S, \xi \in [1, 3]$ 且 ξ 为整数, 依据所述面积比率的大小依次对所述3层平面刻蚀图形从小到大进行排序并生成排序后的面积集合 $S' = \{S_1', S_2', S_3'\}$, 并依据所述集合 S' 获得排序后的平面刻蚀图形合集 $D' = \{D_1', D_2', D_3'\}$, 通过生成平面刻蚀图形的曲率半径集合以及所对应的曲面面积集合进行不同层之间的面积比率计算和比对, 对杂乱无序的不同二维待刻蚀图形的面积排序, 解决了后续的不同待刻蚀平面图形的划区的问题, 实现了刻蚀图形区域划分的技术效果;

[0031] 在所述集合 S' 中当 $S_\sigma' < S_\phi'$ 时, 参见附图3和附图4, 则将 D_σ' 的曲率半径集合投影至 D_ϕ' , 以对 D_ϕ' 进行区域划分, 其中 $\sigma, \phi \in [1, 3]$ 且 σ, ϕ 为整数, 依次比较所述集合 S' 中的3个面积, 对所述合集 D' 中的每个平面刻蚀图形进行区域划分获得区域划分后的平面刻蚀图形合集 $D'' = \{D_1'', D_2'', D_3''\}$, 其中, 平面刻蚀图形 D_ξ'' 上具有 $\xi - 1$ 个平面刻蚀图形的曲率半径集合的投影, 存在 ξ 个刻蚀能量填充区域, 其中 $D_\xi'' \in D''$, $\xi \in [1, 3]$ 且 ξ 为整数, 也就是说在附图3中 D_3'' 的面积最大, 与其相比 D_1'', D_2'' 的面积必然小于 D_3'' , 那么将 D_1'', D_2'' 上的曲率半径分别投影至 D_3'' 以对 D_3'' 进行区域划分, 平面刻蚀图形 D_3'' 上具有2个其他平面刻蚀图形的投影, 将其分割为3个刻蚀能量填充区域, 具体可参见附图4, 同理, 与 D_2'' 相比只有 D_1'' 的面积小于 D_2'' , 那么将 D_1'' 的曲率半径投影至 D_2'' 上对其进行区域划分, 平面刻蚀图形 D_2'' 上具有1个其他平面刻蚀图形的投影, 将其分割为2个刻蚀能量填充区域,

[0032] 在完成区域划分的平面刻蚀图形中, $S_{\xi-\gamma}$ 表示平面刻蚀图形 D_γ'' 投影至所述平面刻蚀图形 D_ξ'' 上形成的能量填充区域, 其中 $D_\gamma'' \in D_\xi''$, $\gamma \in [1, \xi - 1]$, γ 为整数, 具体参见附图4, S_{3-2} 表示平面刻蚀图形 D_2'' 投影至所述平面刻蚀图形 D_3'' 上形成的能量填充区域, S_{3-1} 表示平面刻蚀图形 D_1'' 投影至所述平面刻蚀图形 D_3'' 上形成的能量填充区域; S_{2-1} 表示平面刻蚀图形 D_1'' 投影至所述平面刻蚀图形 D_2'' 上形成的能量填充区域, 根据面积比率以从小到大的方式将3层平面刻蚀图形进行排序, 将平面刻蚀图形集合中面积小的刻蚀图形的曲率半径集合投影至面积比其大的刻蚀图形中, 解决了刻蚀深度的问题。

[0033] 步骤三, 针对划分后的二维平面刻蚀图形上的各个区域输入不同的激光扫描能量

进行刻蚀,包括:

[0034] 扫描光路启动,对所述合集D”中的每个平面刻蚀图形进行激光束扫描,获得平面刻蚀图形 D_{ξ} ”上不同的刻蚀能量填充区域的分布, $\xi \in [1, n]$ 且 ξ 为整数;

[0035] 在所述不同的刻蚀能量填充区域进行差异化刻蚀激光能量填充,生成相应的激光加工程序,即在所述不同的刻蚀能量填充区域中填充激光束扫描填充向量,所述不同的刻蚀能量填充区域中,所述激光束扫描填充向量的加工参数、例如扫描间距和或扫描速度不一致,通过控制同一层,不同区域不同的激光扫描能量输入大小差异,解决了同一刻蚀图形,不同区域的差异化能量输入大小;不同刻蚀图形,不同的能量输入大小问题,解决了激光扫描能量输入问题以及实现了刻蚀深度具有更高的精度效果;

[0036] 进行激光刻蚀步骤,待激光刻蚀结束后,扫描光路停止出光,加工结束。

[0037] 在本发明的另一实施例中,当平面刻蚀图形完成区域划分之后,向划分结束的平面刻蚀图形增加附加轮廓,并将其与原始平面刻蚀图形的最外层区域进行合并解决了较深刻蚀模型表面尺寸精度的问题,参见附图5,其示出了针对本发明实施例中增加附加轮廓 C_0 的效果图,其中, A_1 为附加轮廓填充向量区域1, A_2 为附加轮廓填充向量区域2, A_3 为附加轮廓填充向量区域3,将 A_3 区域与 S_{3-3} 区域合并,将 A_2 区域与 S_{2-2} 区域合并,将 A_1 区域与 S_1 区域合并,通过对合并完成附加轮廓的平面刻蚀区域进行激光扫描向量填充,解决了激光刻蚀轨迹速度,以及同一层平面刻蚀区域中不同区域能量输入大小差异的问题,实现了激光刻蚀深度更精确的技术效果。通过增加附加轮廓的方法优化了与当前平面刻蚀图形外轮廓合并的区域划分策略,并将合并后的整个区域进行激光扫描向量填充策略,对需要刻蚀深度较大的三维模型,在实现最优刻蚀深度和表面质量的基础上,实现了更优的刻蚀模型外形角度与尺寸精度控制的技术效果。

[0038] 本发明通过提供一种基于激光扫描策略的刻蚀成形方法,主要解决激光刻蚀加工的表面尺寸精度低、刻蚀曲面的表面质量差及刻蚀深度失真的问题,另一方面,解决激光刻蚀工艺周期长,激光刻蚀加工效率低,且对待刻蚀的零件存在特征曲面选择性的问题,通过在同一坐标系中,通过将提取的平面二维刻蚀图形进行区域划分,并对每层刻蚀图形不同区域生成对应的填充向量,控制激光束在同一激光刻蚀图形的不同分区的能量输入,实现刻蚀加工的零件尺寸精度高、刻蚀曲面表面质量高,刻蚀深度不失真的效果,同时,经过比较,在使用上述刻蚀策略后,激光刻蚀三维模型的效率提升了30%~60%,缩短激光刻蚀工艺周期,提高激光刻蚀加工效率,且对待刻蚀的零件无特征曲面选择性,加工成品率较高。

[0039] 需要说明的是:本发明实施例所记载的技术方案之间,在不冲突的情况下,可以任意组合。

[0040] 以上所述,仅为本发明的具体实施例,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

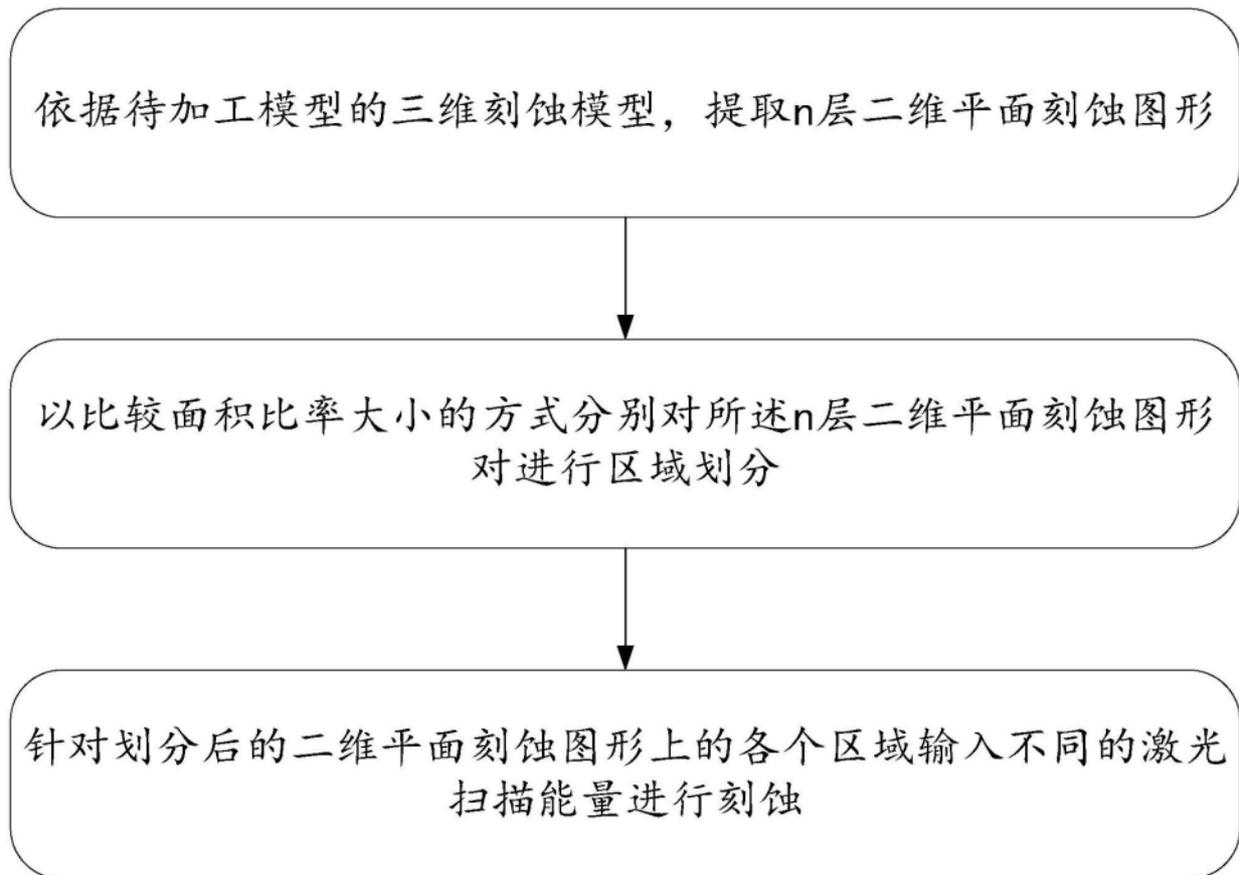


图1

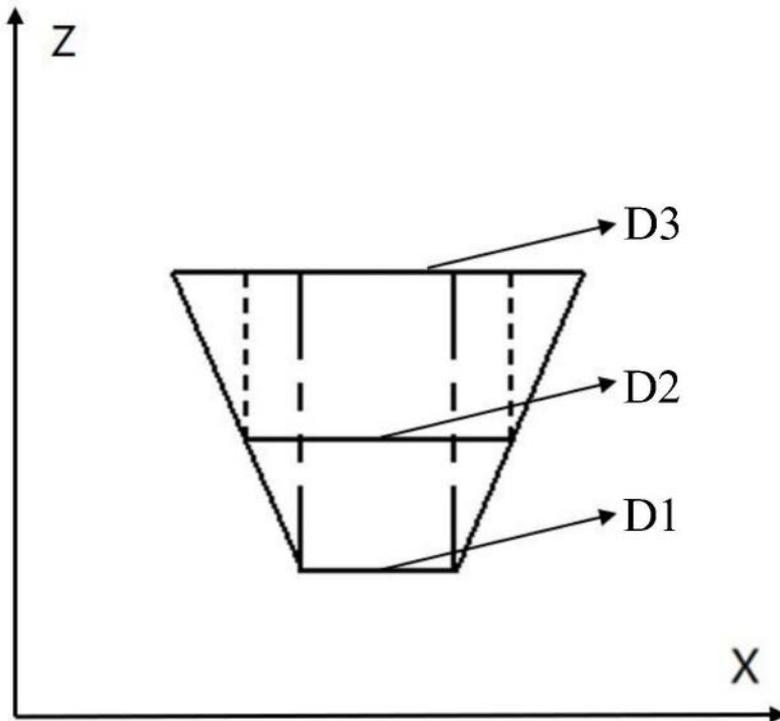


图2

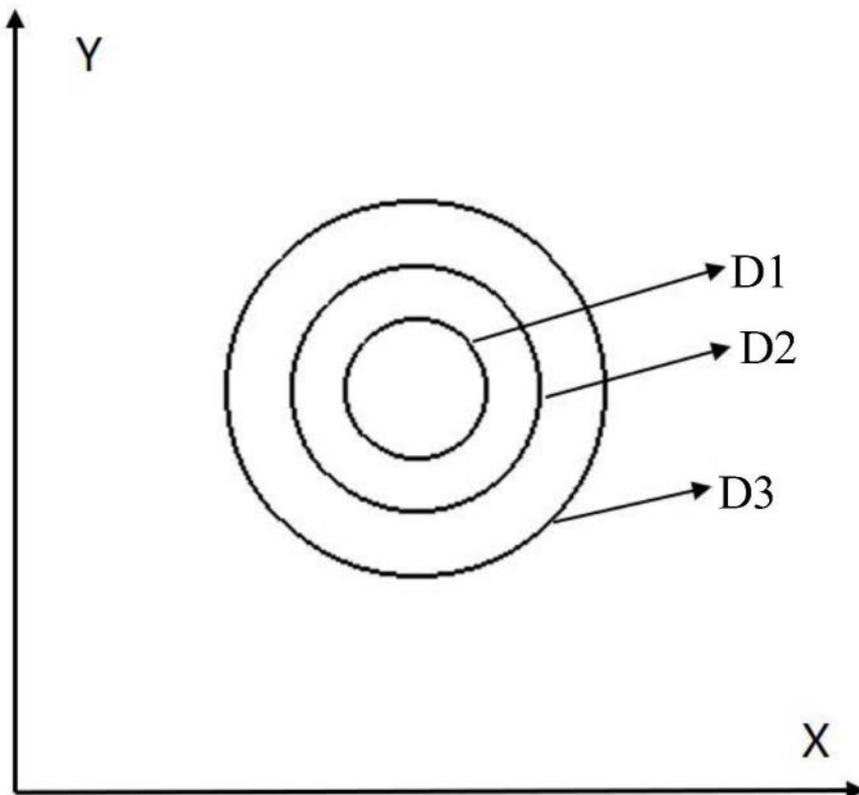


图3

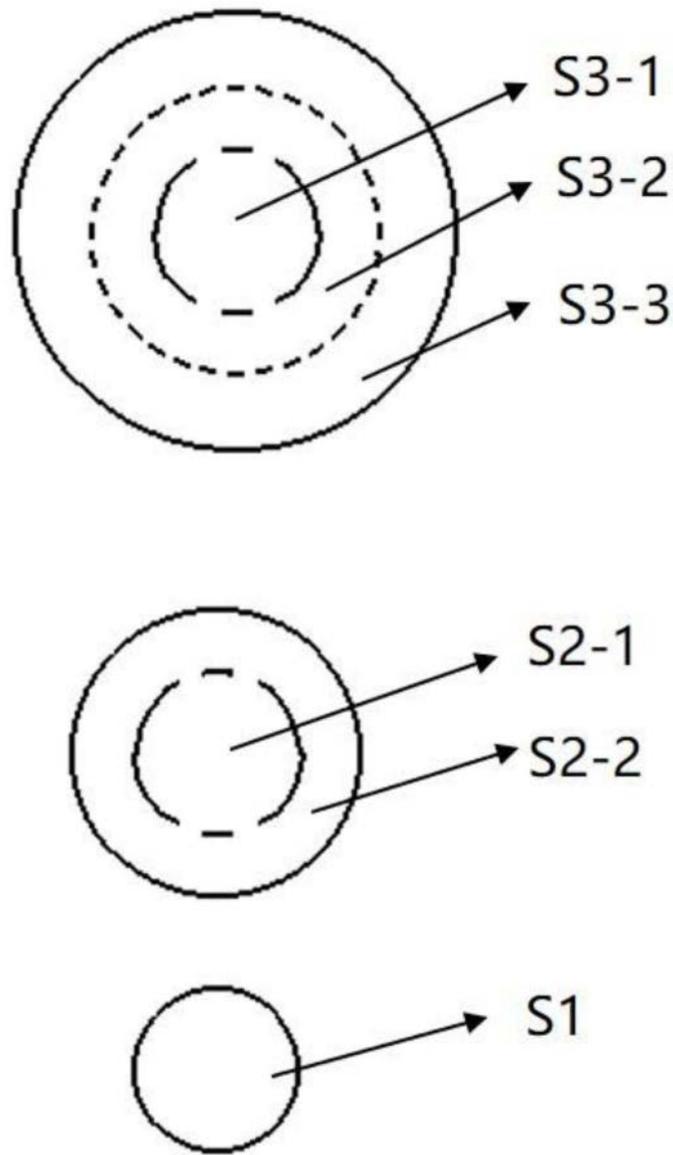


图4

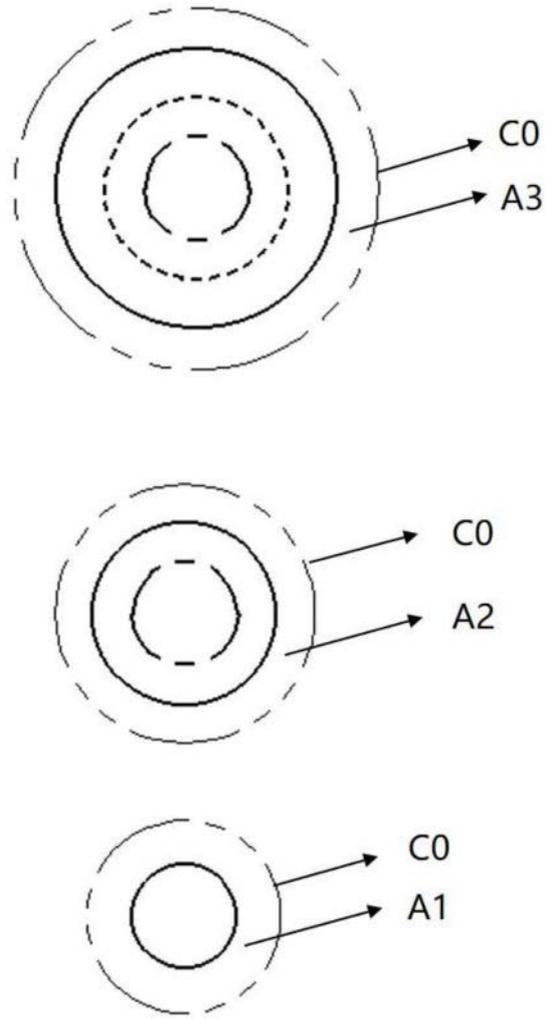


图5