



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107717631 B

(45)授权公告日 2019.07.16

(21)申请号 201711050107.7

(22)申请日 2017.10.31

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107717631 A

(43)申请公布日 2018.02.23

(73)专利权人 中国科学院合肥物质科学研究院

地址 230000 安徽省合肥市蜀山湖路350号

(72)发明人 朱锷鹏 戴宜全 余小龙 施云高

(74)专利代理机构 常州佰业腾飞专利代理事务

所(普通合伙) 32231

代理人 刘娟娟

(51)Int.Cl.

B23Q 17/09(2006.01)

(56)对比文件

CN 103586740 A,2014.02.19,全文.

CN 102699763 A,2012.10.03,全文.

CN 101758423 A,2010.06.30,全文.

CN 102501140 B,2013.11.06,说明书第

[0006]-[0105]段,附图3-5.

CN 104385059 A,2015.03.04,全文.

审查员 王楠

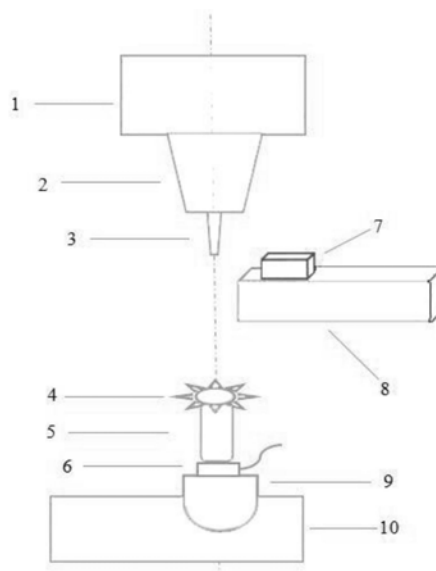
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种高速铣削刀具磨损自动监测方法

(57)摘要

本发明公开了一种高速铣削刀具磨损自动监测方法,属于精密制造领域。成像装置在数控程序设定的加工间歇正对刀具端部并多次采集图像,刀具为数控铣床的铣刀,对采集到的每张图像的中部区域(包含刀具所在的区域)进行灰度均方差统计,均方差最大的图像选为聚焦的目标图像,在目标图像中有因磨损而形成的白色区域,提取该白色区域的磨损参数特征,磨损参数包含长度、宽度和面积,将磨损参数特征作为刀具磨损的表征形式。本发明是一种实现对微铣削刀具的磨损量监测的高速铣削刀具磨损自动监测方法,可实现刀具寿命预测的方法,能够避免过损刀具对待加工工件半成品的破坏或降低加工精度。



CN 107717631 B

1. 一种高速铣削刀具磨损自动监测方法,其特征在于:成像装置在加工间歇正对刀具(3)端部并多次采集图像,刀具(3)为数控铣床的微铣刀,对采集到的每张图像中部含刀具区域进行灰度均方差统计,均方差最大的图像选为聚焦的目标图像,在目标图像中有因磨损而形成的白色区域,提取该白色区域的磨损参数特征,磨损参数包含长度、宽度和面积,将磨损参数特征作为刀具(3)磨损的表征形式;对目标图像白色区域参数特征的获取方法,包括如下步骤,1)边界保持滤波图像预处理;2)统计目标图像每行和每列像素强度,根据统计得到图像灰度值曲线极值点确定刀具(3)在图像中的区域以及刀具(3)中心点在目标图像中的坐标,刀具(3)所在区域为ROI区域;3)搜索过刀具(3)中心点的直线,统计亮度最大时的直线角度,旋转目标图像将主刀具(3)磨损线在图中调整为水平状态便于后续统计;4)提取ROI区域的尺寸特征,由于刀具(3)本身的实际物理尺寸是已知的,提取的ROI区域的尺寸与刀具(3)本身的相应的实际物理尺寸二者的比例关系为标定系数,完成自标定;5)对ROI区域通过图像二值化分割,并对分割后的白色区域计算以获得磨损参数。

2. 如权利要求1所述的一种高速铣削刀具磨损自动监测方法,其特征在于:每个刀口对应目标图像中有一个磨损的白色区域,提取所有白色区域在边界处的边界点,与初始状态比较,提取刀具(3)磨损后的宽度磨损量,用以表征后刀面磨损量。

3. 如权利要求1所述的一种高速铣削刀具磨损自动监测方法,其特征在于:工件(7)在加工过程中设有多次加工间歇,每次加工间歇,成像装置均在正对刀具(3)端部多次采集图像后选定目标图像,并提取目标图像中白色区域的磨损参数特征。

4. 如权利要求1所述的一种高速铣削刀具磨损自动监测方法,其特征在于:包括成像装置,成像装置包括摄像云台(9)和设置在摄像云台(9)上的摄像头,摄像头为CCD摄像头(6)或CMOS摄像头,摄像头和摄像云台(9)均电连接PC电脑。

## 一种高速铣削刀具磨损自动监测方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于精密制造领域,尤其涉及一种高速铣削刀具磨损自动监测方法。

### 背景技术

[0002] 微刀具磨损状态监测是精密机械加工中一个困难而又极其关键的问题。特别是对钛合金等难加工材料制作小型叶片零件而进行的高速微铣削加工,微刀具磨损速度很快,需要及时检测更换。由于刀具尺度较小,实际测量刀具磨损量的操作非常困难,极大地影响了加工进度。虽然目前已经有文献提出了一些间接测量监控手段,关注电流、切削力、振动、声发射、温度、工件表面纹理等,这些方法尚有待进一步完善,尤其对于微铣削加工,类似间接测量手段受噪声、机床自身运动控制能力影响严重。另一方面,目前直接测量刀具磨损量主要关注点在于后刀面磨损,大量文献实验确实反映了后刀面磨损与刀具加工历程有很好的关联度,并形成了国际参考标准推广。问题在于,由于微铣刀几何构造的不规则性及尺寸较小,对后刀面磨损量的测量很不方便。实际上,目前也没有普遍认可的办法来根据磨损量进行后续加工补偿校准的报道。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种实现对微铣削刀具的磨损量监测的高速铣削刀具磨损自动监测方法。

[0004] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:一种高速铣削刀具磨损自动监测方法,成像装置在加工间歇正对刀具端部并多次采集图像,刀具为数控铣床的铣刀,对实时采集到的每张图像的中部区域进行灰度均方差统计,均方差最大的图像选为目标图像,在目标图像中有因磨损而形成的白色区域,提取该白色区域的磨损参数特征,磨损参数包含长度、宽度和面积,将磨损参数特征作为刀具磨损的表征形式。

[0005] 每个刀口对应目标图像中一个磨损的白色区域,提取所有白色区域在边界处的边界点,与初始状态比较,提取刀具磨损后的直径变化量,用以表征后刀面磨损量。

[0006] 对目标图像白色区域参数特征的获取方法,包括如下步骤,1) 边界保持滤波图像预处理;2) 统计目标图像每行和每列像素强度,根据统计得到图像灰度值曲线极值点确定刀具在图像中的区域以及刀具中心点在目标图像中的坐标,刀具所在区域为ROI区域;3) 搜索过刀具中心点的直线,统计亮度最大时的直线角度,旋转目标图像将刀具磨损线在图中调整为水平状态便于后续统计;4) 提取ROI区域的尺寸特征,由于刀具本身的实际物理尺寸是已知的,提取的ROI区域的尺寸与刀具本身的相应的实际物理尺寸二者的比例关系为标定系数,完成自标定;5) 对ROI区域通过图像二值化分割,并对分割后的白色区域计算以获得磨损参数。

[0007] 工件在加工过程中设有多次加工间歇,每次加工间歇,成像装置均在正对刀具端部多次采集图像后选定目标图像,并提取目标图像中白色区域的磨损参数特征。

[0008] 成像装置包括摄像云台和设置在摄像云台上的摄像头,摄像头为CCD摄像头或

CMOS摄像头,摄像头和摄像云台均电连接PC电脑。

[0009] 本发明所述的一种高速铣削刀具磨损自动监测方法及装置,具有如下有益效果:1)通过数控机床编程控制,在细分加工步的间歇,程控刀具姿态,以便对刀具端部进行成像;2)通过图像分析算法对刀具磨损量进行提取;3)可提取磨损量与预存刀具磨损量-加工历程关系数据库进行关联,并控制后续加工的补偿。特别地,也可以根据磨损量突增来判断是否需要跟换刀具。

[0010] 本发明与已有现有技术相比较,对于铣刀,特别是微铣刀,由于刀口螺旋几何构造的不规则,准确测量其后刀背磨损量在实际操作中非常困难,本发明则创造性地采用铣刀端部成像的方法,通过对端部取像进行图像分析,不仅可以测量刀具直径变化,还创造性地定义了新的磨损变量,而且实验证明了新磨损变量与刀具使用时长有更好的关联度,能更好地反映刀具磨损极限,方便走刀补偿校准以提高加工精度,可实现刀具寿命预测,能够避免过损刀具对待加工工件半成品的破坏或降低加工精度。

## 附图说明

[0011] 图1是本发明的结构示意图;

[0012] 图2是随加工历程对刀具端部获得的五个目标图像序列;

[0013] 图3是对目标图像白色区域参数特征的获取方法的部分步骤展示图;

[0014] 图4是磨损变量定义图,其中白色区域面积 $S_1$ 与 $S_2$ 为对应两个刀齿的磨损面积, $VB_1$ 与 $VB_2$ 为对应两个刀齿的后刀背宽度磨损量;

[0015] 图5是宽度磨损量随加工进度变化的曲线图,背宽度磨损量为 $VB_1$ 与 $VB_2$ 的平均值;

[0016] 图6是磨损面积随加工进度变化的曲线图,面积磨损量为 $S_1$ 与 $S_2$ 的平均值;

[0017] 图中:机床主轴1,刀具固定夹2,刀具3,环形LED光源4,镜头5;CCD摄像头6,工件7,工件支撑夹持平台8;摄像云台9,摄像模块支撑夹持平台10。

## 具体实施方式

[0018] 由图1-图6所示一种高速铣削刀具磨损自动监测方法,成像装置在加工间歇正对刀具3工作端的端部并多次采集图像,并获得多张图像,加工间歇是通过程序设定的,意为在数控加工程序里面人为的增加多次间歇,用来拍摄图片;刀具3为数控铣床的铣刀,优选为微铣刀,对在加工间隙中实时采集到的每张图像的中部区域进行灰度均方差统计,所述中部区域包含刀具所在区域,均方差最大的图像选为目标图像,每张图像的中部区域优选为中心区域;目标图像是刀具3端部正投影的图像,在目标图像中有因磨损而形成的白色区域,提取该白色区域的磨损参数特征,磨损参数包含白色区域的长度、宽度和面积,将磨损参数特征作为刀具3磨损的表征形式。

[0019] 磨损参数特征可以为目标图像中白色磨损区域的特征尺寸,例如在目标图像中的白色区域的长度、宽度和面积。目标图像中一个像素代表的实际尺寸,即标定系数,可以通过刀具直径(可提前量取或刀具制造商提供)与目标图像中刀具直径所占的像素数进行比较得到。利用未加工初始阶段取得的标定系数可用于后续磨损特征尺寸的换算,从而得到以微米为单位的磨损特征参数的发展趋势。

[0020] 每个刀口对应目标图像中有一个磨损的白色区域,提取所有白色区域在边界处的

边界点,与初始状态比较,提取刀具(3)磨损后的宽度磨损量,用以表征后刀面磨损量。

[0021] 每个刀口(即刀刃接触待加工材料的部分)对应目标图像中一个磨损的白色区域,刀具3的刀口与目标图像中的白色区域一一对应。

[0022] 对目标图像白色区域参数特征的获取方法,包括如下步骤,1)边界保持滤波图像预处理,所述边界指白色区域的边界;2)统计目标图像每行和每列像素强度,根据统计得到图像灰度值曲线极值点确定刀具3在图像中的区域以及刀具3中心点在目标图像中的坐标,刀具3所在区域为ROI区域region of interest;3)搜索过刀具3中心点的直径线,以直径线上像素灰度值累计和最大为基准作为目标直径线。这样得到的目标直径线必然是过两个磨损区域和刀具中心点的直线,并平行与刀口。根据目标直径线与水平线的夹角角度,将图像旋转以使得目标直径线水平,方便后续统计磨损参数。

[0023] 在水平和垂直两个方向均最大时坐标;4)提取ROI区域的尺寸特征,由于刀具3本身的实际物理尺寸是已知的,提取ROI区域的尺寸与刀具3本身的相应的实际物理尺寸二者的比例关系为所述标定系数,完成自标定;5)对ROI区域通过图像二值化分割,并对图像二值化分割后的白色区域计算以获得磨损参数,计算图像二值化分割后的白色区域的长度、宽度和面积(此时得到的长度、宽度和面积为图片尺寸),进一步地,可将图像二值化分割后得到的白色区域的长度、宽度和面积分别经过标定系数换算得到白色区域实际的长度、宽度和面积。

[0024] 更优地,工件7在加工过程中设置多次加工间歇,每次加工间歇,成像装置均正对刀具3工作端端部在加工间隙实时采集图像,实时统计均方差最大对应的图像选为该次加工间歇的目标图像,并提取目标图像中白色区域的磨损参数特征、在该次加工间隙中计算后刀面磨损量。

[0025] 图2-图6是对某次加工间隙中的某刀具3(该刀具3具有两个刀口)的目标图像采集及处理的示意图:

[0026] 图2是加工历程中,五次加工间隙对刀具3端部的五张目标图像序列,可见,刀具3磨损增量图中白色部分逐渐增大与刀具3使用历程有非常好的关联关系,证明了本发明中刀具3磨损表征的实用性。

[0027] 图3是针对某张目标图像进行白色区域参数特征的获取方法的算法部分结果展示,其中左上图为采集到的目标图像预处理结果;右上图为算法步骤2对每行像素进行统计的结果,左下图为对每列像素进行统计的结果;右下图为步骤2最终处理结果。可见,统计结果图中的统计峰位坐标可以很好的确定ROI,再进一步完成步骤4)-5)则更加准确。

[0028] 图4是磨损变量定义图,其中白色区域面积S1与S2为对应两个刀齿(刀口)的磨损面积,VB1与VB2为对应两个刀齿(刀口)的后刀背宽度磨损量;

[0029] 图5是宽度磨损量(也称为后刀背宽度磨损量)随加工进度的变化,可见有明显的分段,在后期磨损量突增时即表示刀具3磨损已经足够大,应该替换刀具3。大致趋势与理论趋势吻合良好。

[0030] 图6是磨损面积随加工进度的变化,其趋势更加陡峭,更利于刀具3磨损量突增的识别,而对面积的提取因不用考虑旋转校准,提取更加方便快捷。

[0031] 所述成像装置包括摄像云台9和设置在摄像云台9上的摄像头,摄像头和摄像头云台均电连接PC电脑;

[0032] 摄像头为CCD摄像头6或CMOS摄像头,摄像头的镜头5可以是普通镜头5或远心显微镜镜头5,摄像头的镜头5外接环形LED光源,环形LED光源外设有保护盖。

[0033] 所述摄像云台9也可以是多轴运动可调装置,摄像云台9对摄像模块做旋转调整,方便摄像头在数控机床内部的安装和调节;优选地,所述摄像云台9设于摄像模块支撑夹持平台10上,摄像模块支撑夹持平台1是一个三维运动调节机构,可做三维运动调节,本实施例中,摄像模块支撑夹持平台1设有3个电机,三个电机分别带动摄像云台9在X,Y,Z三个方向上做调节运动,三维运动调节机构为现有技术,故不详细叙述。

[0034] 工作时,首先,在数控程序里面设置了一些间歇时间点,到点就停一下,比如停1分钟,在这1分钟里面,摄像模块支撑夹持平台1中的电机拖载成像设备去拍摄,然后计算机对图像进行分析;拍摄过程有个聚焦的过程,就是电机拖载显微成像装置逐渐靠近刀具端部(同步连续采集图像),这个过程中拍摄的图像是从不清晰到清晰,再到不清晰。因此,就有了聚焦算法(计算均方差统计),均方差最大对应就是最清晰的图像(目标图像),然后就是对这个最清晰的图像(目标图像)进行刀具磨损分析。

[0035] PC电脑中安装系统控制软件,系统控制软件包括图像采集控制、分析算法和加工控制,图像采集模块主要实现图像采集控制,并将采集到的图像送入计算机内存供后续分析,分析算法执行完成步骤1-5;即将采集到的每张图像的中部区域进行灰度均方差统计,并将均方差最大的图像选为目标图像,对目标图像白色区域参数特征的获取方法均由PC电脑软件完成,并且刀具磨损参数被存储在PC电脑中。加工控制则根据分析算法提取得到的磨损结果,对后续加工参数进行优化调整。

[0036] 更优地,可预先通过实验统计数据,在PC电脑中制作刀具磨损量-加工历程关系数据库,加工控制则根据分析算法提取得到的刀具磨损参数结果,与预存刀具磨损量-加工历程关系数据库进行关联,并控制后续加工的补偿,对后续加工参数进行优化调整,提高微加工制造精度,特别地,也可以根据磨损量突增来判断是否需要跟换刀具3。

[0037] 所述成像装置设于数控铣床上,数控铣床设置所述模块支撑夹持平台10,数控铣床包括机床主轴1、刀具固定夹2、铣刀、工件支撑夹持平台8四者是各种机床共有模块,刀具固定夹2设于机床主轴1端部,铣刀装夹在刀具固定夹2,工件7被装夹在夹具上,夹具设置在工件支撑夹持平台8上,工件支撑夹持平台8通常就是数控机床的夹持底座,属于三维运动调节机构并可做三维运动调节,工件支撑夹持平台8是数控机床的常用机构,故不详细叙述。

[0038] 在数控系统控制刀具3对工件7进行加工时,摄像云台9及其上摄像头在摄像模块支撑夹持平台10的运动控制下挪出刀具3近场空间,远离刀具3,同时环形LED光源4的保护盖关闭,以保护摄像系统。

[0039] 在工件7加工的间歇,刀具3停止对工件7加工,工件支撑夹持平台8水平挪出,工件支撑夹持平台8及其上工件7和夹具均远离刀具3,工件7在工件支撑夹持平台8的控制下挪出刀具3附近空间以方便摄像,其中加工间歇的控制是可以通过数控系统编程实现的;然后摄像云台9及其上摄像头随摄像模块支撑夹持平台10进入刀具3附近空间,电机带动成像装置移动并靠近刀具3端部,镜头5对准刀具3工作端端部,摄像头进行自动对焦取像,成像装置多次采集图像。控制系统驱动图像采集并将图像送入内存分析,分析提取的刀具3磨损量与已有刀具3磨损量-刀具3加工历程数据库进行检索对比分析,进而控制后续加工的补偿

调整。

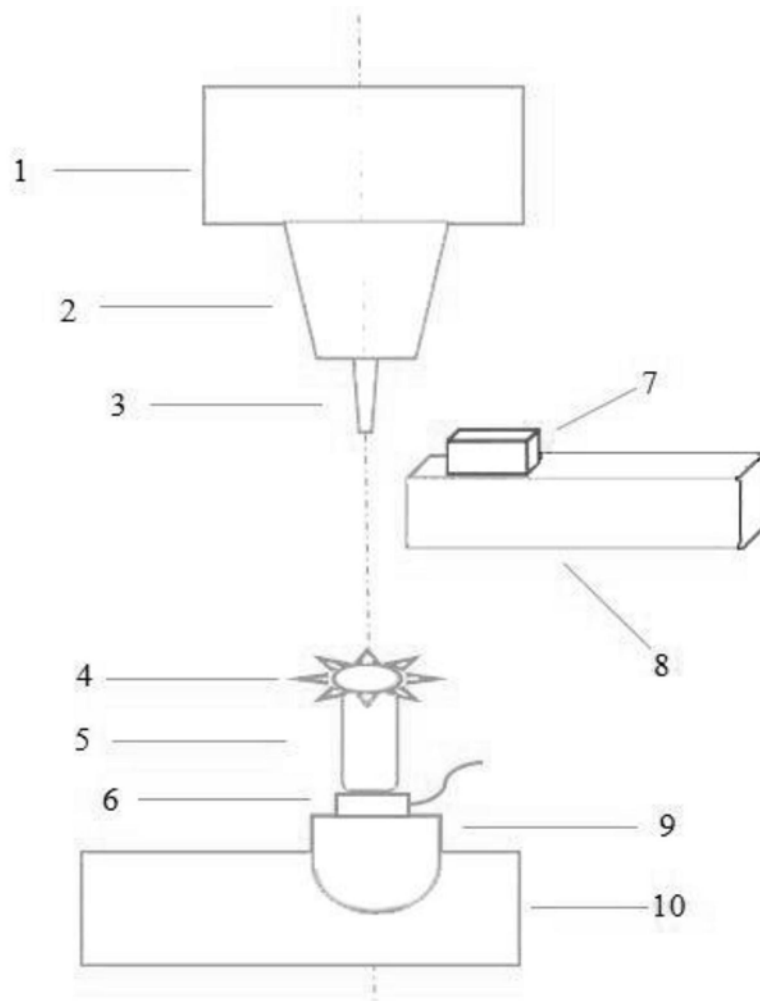


图1

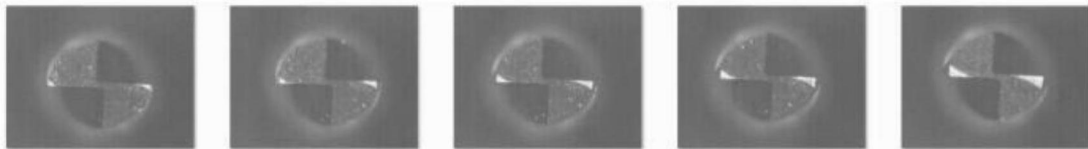


图2



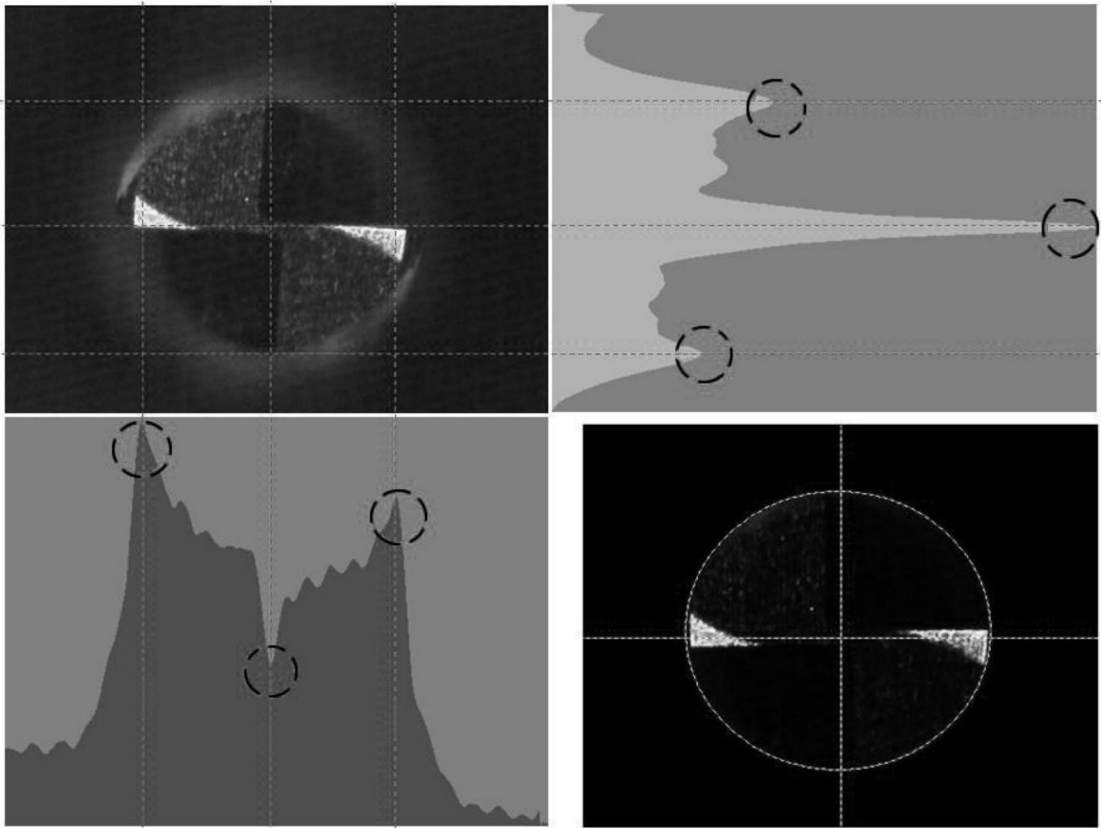


图3

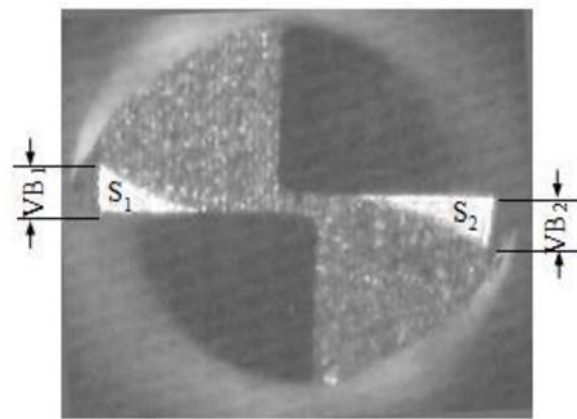


图4

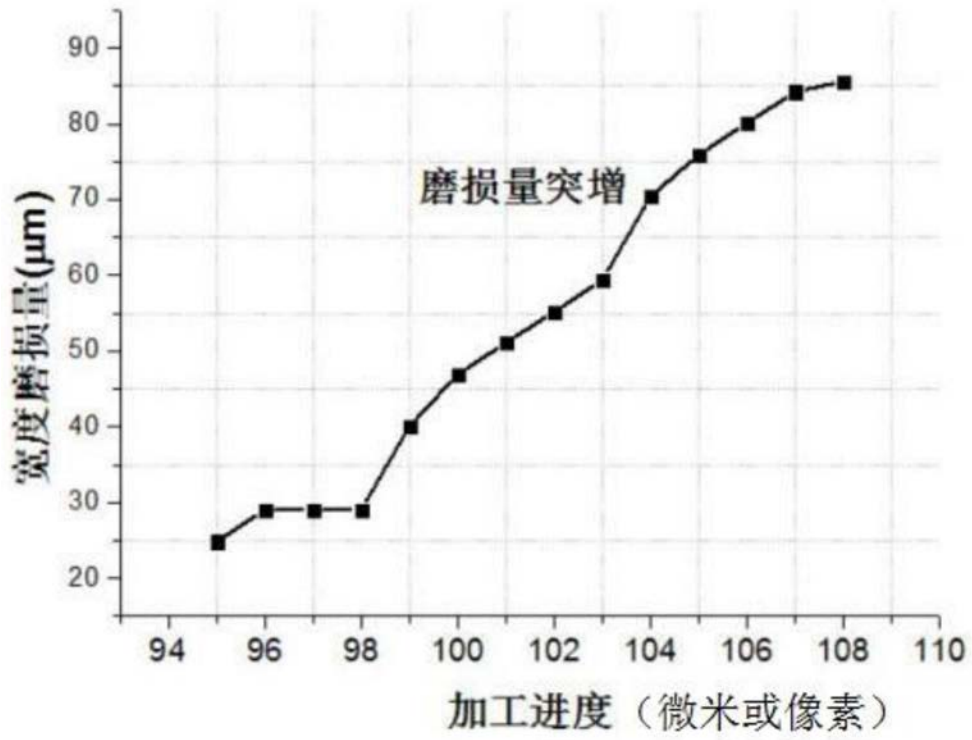


图5

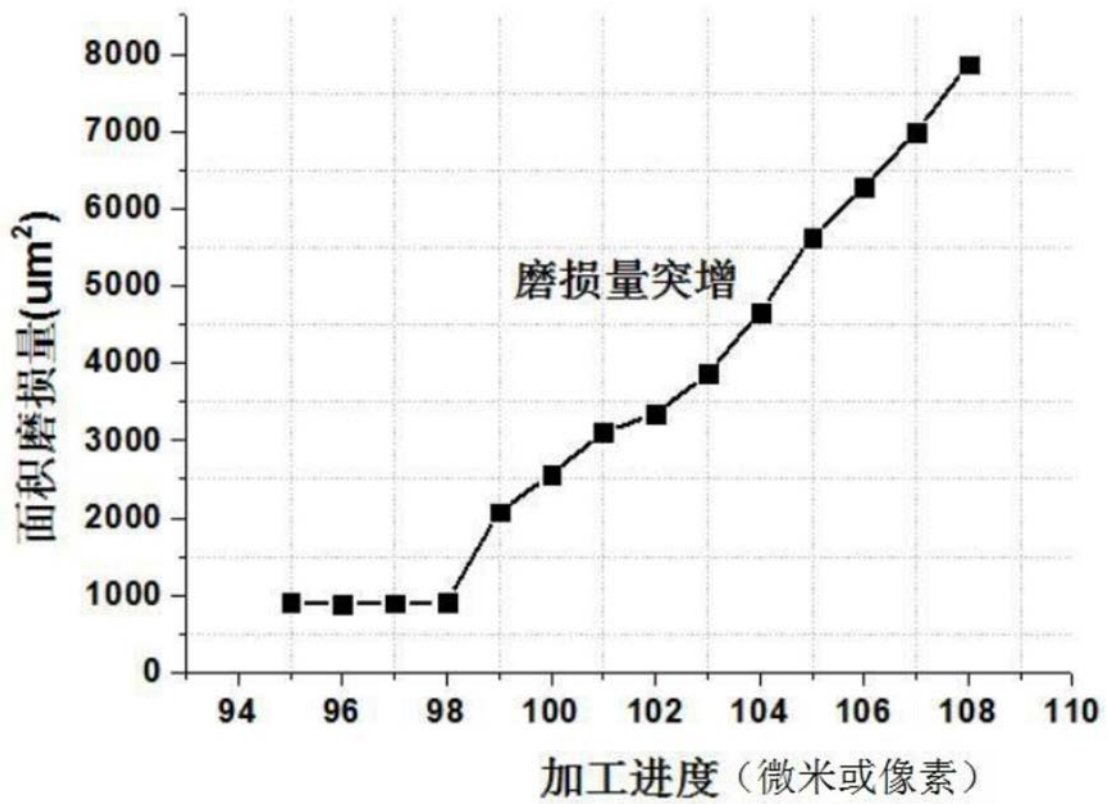


图6