

PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84)** 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种基于次摆线进给轨迹的硬脆材料划痕分析方法。首先, 获取带有次摆线划痕的试件; 其次, 在试件的轨迹线分布区内做区域划分, 划分规则为"点"、"线"、"面"的平面空间几何关系; 再次, 依据具体实验方案并结合相应的观测设备, 参照轨迹线划分规则, 提取"点"、"线"、"面"关键区域与材料损伤、材料去除机理相关的实验因素表征信息; 最后, 综合理论力学、断裂力学等相关理论, 结合次摆线划痕轨迹关键区域设备采集信息, 分析实验因素与材料损伤、材料去除机理之间的相互关系。

说明书

一种基于次摆线进给轨迹的硬脆材料划痕分析方法

技术领域

[0001] 本发明属于硬脆材料加工领域,具体而言,涉及一种基于次摆线进给轨迹的硬脆材料划痕分析方法。

背景技术

[0002] 硬脆材料因其硬度高、耐磨、抗腐蚀等一系列优良特性,被广泛应用于国防、军工、航空航天、电子通信等领域。为了充分发挥硬脆材料的优异性能,必须保证高质量的加工表面。目前针对硬脆材料的主要加工方法包括:研磨法、化学腐蚀加工法和磨削加工。然而,研磨法只能切去极薄的一层材料,加工效率非常低。化学腐蚀加工的腐蚀液和蒸汽污染环境,对设备和人体有危害作用,需要采用适当的防护措施。磨削加工能获得较高的加工精度和很小的表面粗糙度,因此,实际加工中首选磨削加工方法。

[0003] 磨削加工是获取高质量表面最有效的加工方式之一,在陶瓷等硬脆材料的整个制造过程中,磨削费用占总成本的80%以上。设计合理的工艺参数获取高效的磨削方式,得到最大材料去除率的同时,确保良好的表面完整性是高效磨削加工的根本目标。然而,通过增大材料去除率以减少磨削成本的方法容易引入材料的表面和亚表面损伤,例如表面/亚表面微裂纹、材料粉末化、模糊表面等,大大降低材料的力学性能,因此全面深入了解硬脆材料的磨削过程显得尤为重要。

[0004] 国内外学者在此方面已经投入了大量深入的研究,在硬脆材料去除机理、磨削加工损伤、强度损失的定性定量分析、磨削过程控制、磨削过程和加工工艺参数选择优化、机床刚度对磨削过程的影响、砂轮的修正技术的发展等方面取得了许多有价值的结论。由于磨削加工过程中工艺参数的多样性,磨粒的形状、尺寸和分布的随机性,因此采用磨削加工表征材料的去除机理变得更复杂。目前研究磨削过程中材料去除机理的主要方法有单磨粒磨削技术、双/多磨粒磨削技术。

[0005] 1) 单磨粒磨削技术,即为使用一颗磨粒与工件相互作用的单点磨削技术,可以简化各种随机参数在加工过程中的影响,有利于探讨材料的去除机理。目前用于研究加工中单磨粒与工件之间的磨削力、磨粒的磨损以及材料的去除机理的方法主要包括:恒切深式和变切深式两种。球-盘回转式和直线式属于恒切深式研究方法,变切深式主要包括:钟摆型和楔型式两种。如图1所示,为单磨粒磨削技术原理图。目前单磨粒变切深式磨削技术的应用较多。通常,加工中心可以实现恒切深式划痕实验,变切深式的单点磨削实验可在平面磨床上实现。目前进行的单点磨削划痕实验的磨削速度远低于磨削加工中砂轮磨粒在工件表面的划擦速度,因此实验中材料的去除方式也和真实磨削有较大的差别。

[0006] 2) 双/多磨粒磨削技术

[0007] 双/多磨粒磨削技术,即使用双/多颗磨粒与工件互相干涉的多点磨削技术,可以研究不同加工工艺参数下划痕间相互作用对材料去除的影响,有利于探讨划痕间相互干涉情况下的材料的去除机理。其磨削原理是在单磨粒磨削的基础上,增加磨粒的数量,通过改变磨粒间的镶嵌距离和排列位置改变双/多磨粒磨削技术的种类。为了适应研究目的

说明书

的多样性,双/多磨粒刀具定制多样性也不同。受磨粒数量、磨粒间距和磨粒位置排列规律的影响,使得磨粒刀具的定制数量及成本大大增加,实验参数的选择同时也带来了刀具可重复性利用率的降低。

[0008] 实际砂轮是由很多破碎的金刚石料做成的,由于破碎料的形状很不规整,因此同一磨粒也会有不同的切削刃。砂轮的自锐作用使得磨粒在磨削过程中会不断的产生新的切削刃,共同参与到磨削过程中。因此,在实际磨削过程中,同一砂轮上不同磨粒或者同一磨粒的不同切削刃会同时动态的参与磨削过程,实际形成的材料表面和亚表面是由多道划痕相互作用产生的。

发明内容

[0009] 为了解决现有问题,本发明提供一种基于次摆线进给轨迹的硬脆材料划痕分析方法,法具有较高的普适度,不仅可以替代传统单磨粒磨削技术和双/多磨粒磨削技术的实验结果分析,还可以对包含丰富数据量和集成工况的次摆线进给轨迹试件按照逻辑关系层层提取、分析,是一套完整、高效、逻辑关系紧密的分析方法。

[0010] 为了解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种基于次摆线进给轨迹的硬脆材料划痕分析方法包括以下步骤:

[0011] 步骤1,获取带有次摆线进给轨迹的试件:将带有磨粒的划头固定在刀头的端面上,磨粒的几何形状与大小、磨粒磨削刃角度、磨削刃半径、划头固定方位和疏密程度依据实验方案确定;将硬脆材料工件与测力仪装夹好后固定在机床工作台上,将压/划痕器安装在机床主轴上,根据实验要求,对磨削速度 V_s 和工件进给速度 V_w 赋予一定的值,在同时给定磨削速度和工件进给速度的情况下,通过调整磨削速度 V_s 与工件进给速度 V_w 的关系,实现刀具不同轨迹间距的无叠加划痕实验;

[0012] 步骤2,在试件的轨迹线上做划痕信息区域划分,划分规则为“点”、“线”、“面”的平面空间几何关系;

[0013] 步骤3,依据具体实验方案并结合观测设备,参照轨迹线划分规则,提取“点”、“线”、“面”关键区域与材料损伤、材料去除机理相关的实验因素表征信息;

[0014] 步骤4,综合理论力学、断裂力学相关理论,结合次摆线划痕轨迹关键区域设备采集信息,分析实验因素与材料损伤、材料去除机理之间的相互关系。

[0015] 所述步骤2中,选取次摆线进给轨迹中包含某一特征的“点”作为研究对象,这些特征“点”分为:磨削深度相同/不同的点;最大/最小/一般速度点;交叉点处轨迹线夹角不同的点;划痕速度方向不同的交点。

[0016] 所述步骤2中,选取次摆线进给轨迹中包含某一特征的“线”作为研究对象,此处的“线”指的是:是由次摆线轨迹中某些选取点组成的直线,是非真实存在的加工轨迹线,因为选取点的非连续性,导致这些点在试件表面呈非连续的直线排列。

[0017] 所述步骤2中,选取次摆线进给轨迹中包含某特征的“面”作为研究对象,划痕轨迹中“面”指的是:由相同或不同周期轨迹线交叉形成的最小封闭区域,根据围成此区域的轨迹线数量或者面积的大小、形成加以区分。

[0018] 本发明的有益效果是:是一套完整、高效、逻辑关系紧密的分析方法,因此在硬脆材料去除机理研究方面具有极大科研价值。

说明书

附图说明

- [0019] 图1现有技术恒切深式和变切深式单点磨削技术原理图。
- [0020] 图2为本发明的单颗金刚石磨粒与划头的镶嵌示意图。
- [0021] 图3为本发明的次摆线进给轨迹的硬脆材料划痕实验方法原理图。
- [0022] 图4为本发明的单颗金刚石磨粒次摆线进给轨迹分析点提取示意图。
- [0023] 图5为本发明的次摆线进给轨迹模型图。

具体实施方式

[0024] 为使本发明实施实例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面结合附图 和具体实施方式对本发明作进一步详细说明,显然,所描述的实施例是本 发明的一部分,而不是全部。本领域无创造性劳动下所有其他实施例都属于 本发明保护范围。

[0025] 本发明的基于次摆线进给轨迹的硬脆材料划痕实验方法,包括以下步 骤:

[0026] (1) 压/划痕器的准备:将带有磨粒的划头固定在刀头的端面上,磨粒 的几何形状与大小、磨粒磨削刃角度、磨削刃半径、划头固定方位和疏密程 度依据实验方案确定;

[0027] (2) 将硬脆材料工件与测力仪装夹好后固定在机床工作台上,将步骤 (1)的压/划 痕器安装在机床主轴上,根据实验要求,对磨削速度 V_s 和工件 进给速度 V_w 赋予一定的值,同 时给定磨削速度和工件进给速度的情况下,通 过调整磨削速度 V_s 与工件进给速度 V_w 的关 系,实现刀具不同轨迹间距的无 叠加划痕实验;

[0028] (3) 对步骤(2)得到的划痕进行分析。

[0029] 所述步骤(2)中,若只给定刀具旋转磨削速度,则工件表面生成球盘 式磨削划痕; 若只给定工件进给速度,则工件表面生成直线式磨削划痕;若 给定工件进给速度,同时给 定刀具旋转磨削速度,则工件表面生成次摆线进 给轨迹划痕。

[0030] 所述步骤(2)中,通过调整硬脆材料工件的倾斜角度,实现恒切深次 摆线进给轨 迹和变切深次摆线进给轨迹的划痕实验。

[0031] 所述变切深次摆线进给轨迹划痕实验,工件倾斜角度大于 0° ,根据工 件划痕表面 损伤情况,快速划分硬脆材料弹塑性变形、脆塑性转变、脆性断 裂区域。

[0032] 所述恒切深次摆线进给轨迹划痕实验,工件倾斜角度等于 0° ,用于固 定划痕深度 的磨削力测试,在工件表面提取划痕深度和划痕间距的相互关系 点。

[0033] 通过机床主轴转速 n 输入完成磨削速度 V_s 的调节,工件进给速度 V_w 是 通过机床工 作台直线进给速度的输入值控制。

[0034] 所述步骤(2)中,当 $V_s \leq 45\text{m/s}$ 时,为普通磨削;当 $45\text{m/s} < V_s < 150\text{m/s}$ 时,为高速磨 削;当 $V_s \geq 150\text{m/s}$ 时,为超高速磨削,验证不同磨削速度对材 料去除机理的影响。

[0035] 如图2所示,所述步骤(1)中的压/划痕器由刀杆1、刀头2和镶嵌有 金刚石磨粒5的 划头3组成,在刀头2底面开有螺纹安装孔,刀头2和带有 金刚石磨粒的划头3之间通过螺 纹连接,划头上镶嵌有磨粒,磨粒的几何形 状与大小、磨粒磨削刃角度、磨削刃半径、划头固 定方位和疏密程度是依据 实验方案来定的。

[0036] 为了更好地再现真实端面磨削加工过程中磨粒的实际加工路径和材料 去除机 理,需要对压/划痕器进行单独设计,如图2所示,压/划痕器由刀杆 1、刀头2和镶嵌有金 刚

说明书

石磨粒5的划头3组成,在刀头2底面开有螺纹安装孔,刀头2和带有金刚石磨粒的划头3之间通过螺纹连接,划头上镶嵌有磨粒,磨粒的几何形状与大小、磨粒磨削刃角度、磨削刃半径;划头固定方位、疏密程度通常状况都是依据实验方案来定的。

[0037] 本实施例中,所述划头2为两个,在刀头2底面开有两个中心对称的螺纹安装孔,刀头2和带有金刚石磨粒的划头2之间通过螺纹连接,两划头2的安装高度不同,磨粒顶部到刀头底面距离较大的为当前工作划头,距离较小的另一划头作为配重安装于前者对称位置上,避免实验过程中因受力不均匀造成的刀具磨损严重和损坏。刀头2末端用螺纹紧固在刀杆1上。

[0038] 将工件与测力仪装夹好后固定在机床工作台上,固定方式根据是否带有倾斜角度分为变切深次摆线进给划痕实验方法和恒切深次摆线进给划痕实验方法。将步骤(1)的压/划痕器安装在机床主轴上,可以根据实验方案的具体要求,通过调整机床主轴转速和刀具结构尺寸,验证实现普通磨削($V_s \leq 45\text{m/s}$)、高速磨削($45\text{m/s} < V_s < 150\text{m/s}$)、超高速磨削($V_s \geq 150\text{m/s}$)的无重复划痕实验,并验证等不同磨削速度对材料去除机理的影响。

[0039] 关于次摆线轨迹模型,次摆线半径R和周期步距S是该轨迹的两个重要参数。由图5可知,半径R在一个周期内是不断变化的,而步距S是固定不变的。次摆线进给轨迹的运动方程为:

$$[0040] \quad \begin{cases} x = r \cos(2\pi nt) + vt \\ y = r \sin(2\pi nt) \end{cases}$$

[0041] 式中:r为金刚石磨粒相对于刀杆轴线的偏移距离;

[0042] n为机床主轴转速;

[0043] v为工件进给速度;

[0044] t为时间。

[0045] 若只给定刀具转速,则可实现球盘式单磨粒磨削技术,但是传统的球盘式磨粒磨削技术只能在较低磨削速度条件下实现轨迹不重复的加工工况,这与真实加工工况不相符。

[0046] 若只给定工件进给速度,则可实现直线式单磨粒磨削技术,通过调整工件的倾斜角度,可实现恒切深(a)和变切深(b)两种方式。虽然直线式单磨粒磨削技术可以实现加工轨迹不叠加,但划擦速度却远远低于真实磨削加工过程。

[0047] 给定工件进给速度,同时给定刀具旋转速度,则可实现次摆线进给轨迹的划痕实验方法(见图3),在工件表面生成的划痕轨迹如图4所示。次摆线进给轨迹的硬脆材料划痕实验方法解决了高速划痕工况下由于轨迹重复造成的表面、亚表面损伤叠加问题,避免的同一试件、同一位置的重复划擦现象。

[0048] 所述变切深次摆线进给轨迹划痕实验,根据最大切深确定工件和测力仪与机床工作台的固定倾斜角度。使用超景深显微镜观测实验后的工件,根据划痕深度和工件划痕表面损伤情况,可以快速划分硬脆材料弹塑性变形、脆塑性转变、脆性断裂区域。与直线式变切深单磨粒划痕技术相比,此方法的优点在于:在相同深度有更多的取样点;可以对比相同磨削深度下划痕轨迹交叉点与非交叉点处的材料去除特点;研究划痕干涉、间距、速度方向、速度大小、交叉点轨迹线夹角大小等因素对材料去除方式的影响。

说明书

[0049] 所述恒切深次摆线进给轨迹划痕实验,工件和测力仪与机床工作台的固定倾斜角度等于 0° ,该实验方法用于固定划痕深度的次摆线进给轨迹划痕实验。一个试件单次实验即可在工件表面提取单划痕、渐进双划痕、交叉点多划痕之间相互作用与划痕深度和划痕间距的相互关系点(如图4所示)。大大减少了试验次数,缩短了试件制作时间,降低了刀具制作成本和试件数量。此方法的优点在于:可以对比划痕轨迹交叉点与非交叉点处的材料去除特点;研究划痕干涉、间距、速度方向、速度大小、交叉点轨迹线夹角、轨迹线所围成的最小封闭面积等因素对材料去除方式的影响。

[0050] 通过调整磨削速度 V_s 和工件进给速度 V_w 的大小,可以获取预期的不同周期步距 S 的次摆线轨迹。预期的次摆线半径 R 的大小是通过划头在端面的安装位置进行调整的。因此周期步距 S 与次摆线半径 R 均可根据具体的实验方案做准确的调控。次摆线进给轨迹巧妙的规避的传统划痕的两大不足,与真实砂轮磨削中沙粒的运动轨迹更契合。由于次摆线轨迹线的覆盖面积较大,涵盖材料去除和损伤的影响因素较多,因此次摆线进给轨迹上的特征点的提取也更为丰富。

[0051] 在本实施例中,将工件和测力仪装夹好后固定在机床工作台上。固定方式根据是否带有倾斜角度分为变切深次摆线进给划痕实验方法和恒切深次摆线进给划痕实验方法。将压/划痕器安装在主轴上,通过机床主轴转速 n 输入即可完成磨削速度 V_s 的调节。工件进给速度 V_w 是通过机床工作台直线进给速度的输入值控制的。

[0052] 可根据实验要求,对磨削速度 V_s (通过机床主轴转速控制)和工件进给速度 V_w 赋予一定的值。在同时给定转速和工件速度的情况下,通过调整磨削速度 V_s 与工件进给速度 V_w 的关系,实现刀具不同轨迹间距的无叠加划痕实验。刀具转速公式为:

$$[0053] \quad V_s = 2\pi nr \quad (1)$$

[0054] 式中 r 为金刚石磨粒顶尖与刀杆轴线的偏移距离(见图5所示)。次摆线轨迹的周期 T 为:

$$[0055] \quad T = \frac{1}{2\pi rn} \quad (2)$$

[0056] 相邻划痕的步距 S 为:

$$[0057] \quad S = V_w T \quad (3)$$

[0058] 次摆线轨迹的描述如下,在不同的磨削速度范围内均可以避免轨迹重复现象的发生。图1(b)球盘式的划痕实验方法所获取的加工轨迹虽然与次摆线相类似,但是,次摆线初始轨迹与球盘式初始轨迹不同,球盘式初始轨迹每一段轨迹的起点和终点是同一点,而次摆线初始轨迹的终点是下一段轨迹的起点,与初始轨迹起点并不重合。球盘式在高转速下的获得的轨迹是在多个周期轨迹线的叠加,而轨迹重复会造成材料表面、亚表面损伤叠加,通过实验可知,球盘式实验方法所测的法向磨削力在第一个周期后均偏小,因此,球盘式划痕实验方法无法准确测量实际磨削工况下磨削力的大小,也无法观测单次划痕实验的材料损伤、去除状态。

[0059] 次摆线轨迹模型的描述如下,次摆线半径 R 和周期步距 S 是该轨迹的两个重要参数。由图5可知,由次摆线数学定义可知,半径 R 在一个周期内是不断变化的,而步距 S 是固定值。可以根据实验方案的具体要求,通过调整机床主轴转速和刀具结构尺寸,验证普通

说明书

磨削 ($V_s < 45\text{m/s}$)、高速磨削 ($45\text{m/s} < V_s < 150\text{m/s}$)、超高速磨削 ($V_s > 150\text{m/s}$) 等不同磨削速度情况下对材料去除机理的影响。

[0060] 次摆线进给轨迹划痕的生成方法又可以分成两类:即调整硬脆材料工件的倾斜角度,实现恒切深次摆线进给轨迹和变切深次摆线进给轨迹的划痕实验。所述变切深次摆线进给轨迹划痕实验,工件倾斜角度大于零度,根据工件划痕表面损伤情况,快速划分硬脆材料弹塑性变形、脆塑性转变、脆性断裂区域;所述恒切深次摆线进给轨迹划痕实验,工件倾斜角度等于零,用于固定划痕深度的次摆线进给轨迹划痕测试。实现恒切深次摆线进给轨迹和变切深次摆线进给轨迹的划痕实验,在探究磨削深度对材料去除的影响有较大的研究意义,通过调整倾斜角的大小和增加工件的长度,可以在一次实验中完成较大切深参数范围的对比实验。

[0061] 次摆线加工轨迹解决了高速划痕工况下同一试件、同一位置由于轨迹重复造成的表面、亚表面损伤叠加问题,以及重复轨迹带来的法向磨削力偏小问题。在工件表面生成的划痕轨迹如图4所示。通过调整工件的倾斜角度,又可实现恒切深和变切深两种次摆线进给轨迹的划痕实验方法。次摆线进给轨迹简单、易实现,成功规避的传统划痕实验中的两大不足:划痕轨迹叠加造成的表面、亚表面损伤叠加,以及重复轨迹带来的法向磨削力偏小;单点磨削划痕实验的磨削速度远低于真实磨削加工中砂轮磨粒在工件表面的划擦速度。次摆线进给轨迹与真实砂轮磨削中磨粒的运动轨迹更契合,由于次摆线轨迹包含的工况多、轨迹分布面积较大,这使得后期采样点极为丰富。

[0062] 所述步骤(3)为本发明基于次摆线进给轨迹的硬脆材料划痕分析方法,详细叙述如下:

[0063] 1、在试件的轨迹线上做重要信息区域划分,划分规则为“点”、“线”、“面”的平面空间几何关系;

[0064] (1) 选取次摆线轨迹中包含某一特征的“点”作为研究对象。这些特征点可以分为:磨削深度相同/不同的点;最大/最小/一般速度点;交叉点处轨迹线夹角不同的点;划痕速度方向不同的交点。

[0065] (2) 选取次摆线轨迹中包含某一特征的“线”作为研究对象,这里的“线”指的是:非真实存在的加工轨迹线,是由次摆线轨迹中某些选取点组成的直线,这些点在试件平面内呈非连续的直线分布。例如,与进给方向相平行或垂直的“线”。可以通过对比组成此类线的一系列重要信息点得到相同因素、不同水平下的材料去除关系。

[0066] (3) 选取次摆线轨迹中包含某特征的“面”作为研究对象。所得的加工轨迹中“面”指的是:由相同或不同周期轨迹线交叉形成的最小封闭区域。这些“面”可以根据围成此区域的轨迹线数量或者面积的大小、形成加以区分。

[0067] 2、依据具体实验方案并结合相应的观测设备,参照轨迹线划分规则,提取“点”、“线”、“面”关键区域与材料损伤、材料去除机理相关的实验因素表征信息。根据研究内容(如:单划痕、渐进双划痕、交叉多划痕之间相互作用与划痕深度和划痕间距的关系;划痕深度、间距、磨粒速度大小和方向、划痕交叉点的角度和速度方向、封闭区域面积大小和围成面积的划痕数量对材料去除的影响等等),结合相关观测仪器提取的“点、线、面”等数据信息。

[0068] 3、综合理论力学、断裂力学等相关理论,结合次摆线划痕轨迹关键区域设备采集

说明书

信息,分析实验因素与材料损伤、材料去除机理之间的相互关系。

[0069] 具体地说,首先,次摆线进给轨迹的硬脆材料划痕实验方法解决了高速 划痕工况下由于轨迹重复造成的表面、亚表面损伤叠加问题,避免的同一试件、同一位置的重复划擦现象。其次,该分析方法具有较高的普适度,不仅可以替代传统单磨粒磨削技术和双/多磨粒磨削技术的实验结果分析,还可以对包含丰富数据量和集成工况的次摆线进给轨迹试件按照逻辑关系层层提取、分析,因此本发明是一套完整、高效、逻辑关系紧密的分析方法。

[0070] 本发明实施例提供的方法,此方法不仅适用于材料的宏观去除,也满足 微观或纳观的材料去除机理研究,因此,划痕的深度范围与研究尺度范围相同,即从宏观到纳观。该实验的磨削速度大小通过调整机床主轴转速和刀具 结构尺寸获得,可完成普通磨削 ($V_s \leq 45\text{m/s}$)、高速磨削 ($45\text{m/s} < V_s < 150\text{m/s}$)、超高速磨削 ($V_s \geq 150\text{m/s}$) 的无重复划痕实验。具体实施过程包括以下步骤:

[0071] 1、获取带有次摆线划痕的试件:若只给定刀具转速,则可实现球盘式 单磨粒磨削技术,但是传统的球盘式磨粒磨削技术只能在较低磨削速度条件下实现轨迹不重复的加工工况,这与真实加工工况不相符。若只给定工件进给速度,则可实现直线式单磨粒磨削技术,见图1,通过调整工件的倾斜角度,可实现恒切深和变切深两种方式。虽然直线式单磨粒磨削技术可以实现加工轨迹不叠加,但划擦速度却远远低于真实磨削加工过程。

[0072] 把压/划痕器安装在机床主轴上,将工件与测力仪装夹好后固定在机床 工作台上,固定方式根据倾斜角度是否为零度(见图2)分为:变切深次摆线进给划痕实验方法和恒切深次摆线进给划痕实验方法。变切深次摆线进给 划痕实验方法,在分析磨削深度因素对材料去除机理的影响方面有较大的研究意义,通过调整倾斜角的大小和增加工件的长度,可以在一次实验中完成较大切深参数范围的对比实验。

[0073] 可根据实验要求,对磨削速度 V_s (通过机床主轴转速控制)和工件进给速度 V_w 赋予一定的值。在同时给定转速和工件速度的情况下,通过调整磨削速度 V_s 与工件给速度 V_w 的关系,实现刀具不同轨迹间距的无叠加划痕实验。刀具转速公式为:

$$[0074] \quad V_s = 2\pi nr \quad \text{--- (1)}$$

[0075] 式中 r 为金刚石磨粒顶尖与刀杆轴线的偏移距离(见图2所示)。次摆线轨迹的周期 T 为:

$$[0076] \quad T = \frac{1}{2\pi rn} \quad \text{--- (2)}$$

[0077] 相邻划痕的步距 S (见图4)为:

$$[0078] \quad S = V_w T \quad \text{--- (3)}$$

[0079] 不同磨削速度 V_s 对材料去除机理的影响研究。通过调整机床主轴转速 n 或偏移距离 r 的方式获得不同磨削速度下的次摆线划痕轨迹。通过调整机床主轴转速 n 获得的轨迹线会改变原轨迹的周期步距 S ,周期步距 S 的变化会改变周期轨迹线间的疏密程度;通过偏移距离 r 的大小获得的轨迹线会改变原轨迹的次摆线半径 R ,改变次摆线半径 R ,原试件尺寸也需要做出相应的调整。两种方法获得的轨迹线均可对比不同磨削速度下材料的去除方式。

说明书

[0080] 不同工件进给速度 V_w 对材料去除机理的影响研究,通过改变机床工作台的直线进给速度,对比不同工件进给速度这一因素下的材料去除方式。

[0081] 2、在试件的轨迹线上做重要信息区域划分,划分规则为“点”、“线”、“面”的平面空间几何关系;

[0082] 对所得的加工轨迹按照“点、线、面”的平面空间几何关系进行逐一筛选。其中所得加工轨迹中的“点”指的是:选取次摆线轨迹中包含某一特征 的点作为研究对象。这些特征点可以分为:

[0083] 1) 磨削深度相同/不同的点。如:磨削深度相同的点 a 、 a_1 、 a_2 、 a_3 ,磨削深度不同的点 b 、 b_1 、 b_2 ,可作为硬脆材料的弹性、塑性、脆性去除变化 规律分布点。

[0084] 2) 最大/最小/一般速度点。此处最大、最小速度指的是在下 x 或 y 方向 有最大、最小速度,如 a 、 b 两点具有 y 方向的最大速度,在 x 方向的速度 为0;点 d 在 y 方向的速度为0,在 x 方向的速度最大;一般速度点即为在 x 、 y 方向速度分量不为零的点。

[0085] 3) 交叉点处轨迹线夹角不同的点,如锐角 α 、直角 β 、钝角 γ 。划痕交叉点的角度范围从 0° — 180° (锐角 α 、直角 β 、钝角 γ),其中角度大小 的分布规律与次摆线轨迹的疏密程度有关。当轨迹较密时,交叉点数量也会 增加,于是两轨迹的夹角数量也变大,角度值的分布范围也大大增加,次摆 线的疏密程度与磨削速度 V_s 、工件进给 V_w 速度 V_w 有关,磨削速度越大,工件 进给速度越小,轨迹线越密集。图3为 $V_w=12000\text{mm}/\text{min}$, $V_s=5000\text{r}/\text{min}$ 的单 磨粒次摆线划痕轨迹示意图。

[0086] 4) 可以通过设计交点处的划痕速度方向研究材料的去除方式和规律。划痕交叉点的速度方向,指的是过交叉点的两轨迹线的在交点处的速度方 向。划痕方向在工件进给方向上均为穿入或穿出的情况定义为同向,如: $\angle 3$ 、 $\angle 4$;垂直工件进给方向为既有穿入又有穿出则为异向,如: $\angle 1$ 、 $\angle 2$ 。划痕速度方向不同,由此引起的裂纹方向不同,裂纹之间的相互干扰程度也 不一样,导致材料的去除方式和去除机理也不一样。

[0087] 对所得的加工轨迹按照“点、线、面”的平面空间几何关系进行逐一筛选。其中所得加工轨迹中的“线”指的是:与进给方向相平行的直线,如 l_2 ; 与进给方向相垂直的线,如 l_1 。此类直线并不是真实存在的加工轨迹,可以 通过对比组成此类直线上的一系列重要信息点得到相同因素、不同水平下的 材料去除关系。如点 b 、 b_1 、 b_2 是直线 l_2 上的点,这些点可以获得切深因素 在不同水平下对材料去除的影响。相同深度不同采样点的磨粒速度方向对材 料去除机理的影响研究,如 l_1 上点 a 与点 a_1 、 a_2 、 a_3 具有相同的划痕深度和大 小相同的划痕速度,但受这些点磨削速度方向的影响,划痕两侧产生的裂纹 角度和材料去除量也有不同。

[0088] 对所得的加工轨迹按照“点、线、面”的平面空间几何关系进行逐一筛选。其中所得加工轨迹中“面”指的是:由轨迹线交叉形成的最小封闭区域。这些面可以根据其形成的 轨迹线数量或者面积的大小加以区分。对于封闭区 域的材料去除研究。如区域A为两轨迹线相交工况的材料去除形式,区域B 为三条轨迹相交区域的材料去除方式,区域C是四条轨迹线相交处的材料去 除模式。这些围成封闭区域的轨迹线数量不等、封闭区域的面积大小 不同,材料去除方式显然也不一样。

[0089] 3、依据具体实验方案并结合相应的观测设备,参照轨迹线划分规则,提取“点”、“线”、“面”关键区域与材料损伤、材料去除机理相关的实 验因素表征信息。

说明书

[0090] 根据研究内容,如:单划痕、渐进双划痕、交叉多划痕之间相互作用与划痕深度和划痕间距的关系;划痕深度、间距、磨粒速度大小和方向、划痕交叉点的角度和速度方向、封闭区域面积大小和围成面积的划痕数量对材料去除的影响等,结合相关观测仪器提取的点、线、面等数据信息,进一步研究讨论材料损伤与去除机理的关系。

[0091] 1) 划痕周期步距 S 对材料去除的影响研究。如点 a 与点 b 的距离即为 S ,可根据公式控制 S 值的大小。通过控制 S 值,可实现单划痕、渐进双划痕或交叉多划痕不同间距相互作用及其对材料去除机理的采样点设计。

[0092] 2) 对于上述的分析方法还要结合相应的观测设备,微观观测设备需要用到扫描电镜;表面加工形貌的观测需要借助白光干涉仪、超景深显微镜;材料亚表面损伤及裂纹扩展的观测方法可以选择试件的破坏性检测或非破坏性检测。其中破坏性检测方法又包括截面显微法、TEM法、锥度抛光法;常见的非破坏性检测方法有X射线衍射法、激光散射法、显微拉曼光谱法等。

[0093] 4、综合理论力学、断裂力学等相关理论,结合次摆线划痕轨迹关键区域设备采集信息,分析实验因素与材料损伤、材料去除机理之间的相互关系。

[0094] 变切深次摆线进给轨迹划痕分析方法,根据最大切深确定工件和测力仪与机床工作台的固定倾斜角度。使用超景深显微镜观测实验后的工件,根据划痕深度和工件划痕表面损伤情况,可以快速划分硬脆材料弹塑性变形、脆塑性转变、脆性断裂区域。与直线式变切深单磨粒划痕技术相比,此方法的优点在于:在相同深度有更多的取样点;可以对比相同磨削深度下划痕轨迹交叉点与非交叉点处的材料去除特点;研究划痕干涉、间距、速度方向、速度大小、交叉点轨迹线夹角大小等因素对材料去除方式的影响。

[0095] 恒切深次摆线进给轨迹划痕分析方法,工件和测力仪与机床工作台的固定倾斜角度等于零度,该实验方法用于固定划痕深度的次摆线进给轨迹划痕实验。一个试件单次实验即可在工件表面提取单划痕、渐进双划痕、交叉点多划痕之间相互作用与划痕深度和划痕间距的相互关系点。大大减少了试验次数,缩短了试件制作时间,降低了刀具制作成本和试件数量。此方法的优点在于:可以对比划痕轨迹交叉点与非交叉点处的材料去除特点;研究划痕干涉、间距、速度方向、速度大小、交叉点轨迹线夹角、轨迹线所围成的最小封闭面积等因素对材料去除方式的影响。

[0096] 通过调整磨削速度 V_s 和工件进给速度 V_w 的大小,可以获取预期的不同周期步距 S 的次摆线轨迹。预期的次摆线半径 R 的大小是通过划头在端面的安装位置进行调整的。因此周期步距 S 与次摆线半径 R 均可根据具体的实验方案做准确的调控。次摆线进给轨迹巧妙的规避的传统划痕的两大不足,与真实砂轮磨削中沙粒的运动轨迹更契合。由于次摆线轨迹线的覆盖面积较大,涵盖材料去除和损伤的影响因素较多,因此次摆线进给轨迹上的特征点的提取也更为丰富。

[0097] 根据以下实验方案,采用圆锥形的金刚石磨粒,磨粒锥顶角为 100° ,锥顶圆弧半径为 $5.3\mu\text{m}$,锥顶高度 $910\mu\text{m}$ 。按照次摆线进给轨迹的硬脆材料划痕实验方法,获取次摆线进给轨迹划痕。使用超景深显微镜观测发现:用于划痕轨迹线宏观观测的最佳周期步距 S (见图5)所示分布范围为: $5-0.05\text{mm}$;观测微观尺寸划痕间的干涉情况时可在此基础上减小周期步距 S 的值(S 值由公式(3)计算获得)。由于周期步距 S 是划痕周期轨迹间的最大距离,周期轨迹线群本身存在划痕轨迹的渐近现象,因此,微观尺寸下的划痕干涉现象也可

说明书

以直接通过划痕渐进现象选取观测范围。

[0098] 表1实验方案

[0099]

因素	水平			
砂轮转速 n (r/min)	18	180	1800	18000
工件速度 V_w (mm/min)	1000			

[0100]

磨削深度 a_p (μm)	0-20			
周期步距 S (mm)	55.556	5.556	0.556	0.0556

[0101] 尽管上面结合附图对本发明进行了描述,但是本发明并不局限于上述的 具体实施方式,上述的具体实施方式仅是示意性的,而不是限制性的,对于 本领域的普通技术人员来说,在不脱离发明原理的前提下,还可以做出若干 改进和润饰,这些改进和润饰均属本发明的保护范围。

1. 一种基于次摆线进给轨迹的硬脆材料划痕分析方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1,获取带有次摆线进给轨迹的试件:将带有磨粒的划头固定在刀头的端面上,磨粒的几何形状与大小、磨粒磨削刃角度、磨削刃半径、划头固定方位和疏密程度依据实验方案确定;将硬脆材料工件与测力仪装夹好后固定在机床工作台上,将压/划痕器安装在机床主轴上,根据实验要求,对磨削速度 V_s 和工件进给速度 V_w 赋予一定的值,在同时给定磨削速度和工件进给速度的情况下,通过调整磨削速度 V_s 与工件进给速度 V_w 的关系,实现刀具不同轨迹间距的无叠加划痕实验;

步骤2,在试件的轨迹线上做划痕信息区域划分,划分规则为“点”、“线”、“面”的平面空间几何关系;

步骤3,依据具体实验方案并结合观测设备,参照轨迹线划分规则,提取“点”、“线”、“面”关键区域与材料损伤、材料去除机理相关的实验因素表征信息;

步骤4,综合理论力学、断裂力学相关理论,结合次摆线划痕轨迹关键区域设备采集信息,分析实验因素与材料损伤、材料去除机理之间的相互关系。

2. 根据权利要求1所述基于次摆线进给轨迹的硬脆材料划痕分析方法,其特征在于,所述步骤2中,选取次摆线进给轨迹中包含某一特征的“点”作为研究对象,这些特征“点”分为:磨削深度相同/不同的点;最大/最小/一般速度点;交叉点处轨迹线夹角不同的点;划痕速度方向不同的交点。

3. 根据权利要求1所述基于次摆线进给轨迹的硬脆材料划痕分析方法,其特征在于,所述步骤2中,选取次摆线进给轨迹中包含某一特征的“线”作为研究对象,此处的“线”指的是:是由次摆线轨迹中某些选取点组成的直线,是非真实存在的加工轨迹线,因为选取点的非连续性,导致这些点在试件表面呈非连续的直线排列。

4. 根据权利要求1所述基于次摆线进给轨迹的硬脆材料划痕分析方法,其特征在于,所述步骤2中,选取次摆线进给轨迹中包含某特征的“面”作为研究对象,划痕轨迹中“面”指的是:由相同或不同周期轨迹线交叉形成的最小封闭区域,根据围成此区域的轨迹线数量或者面积的大小、形成加以区分。

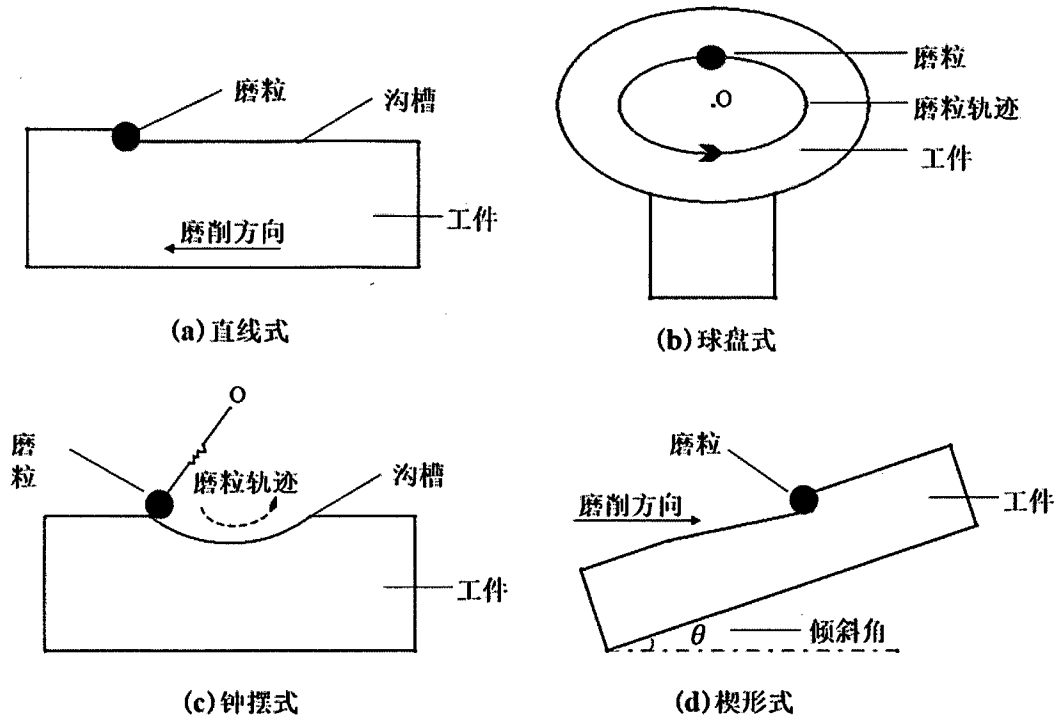


图1

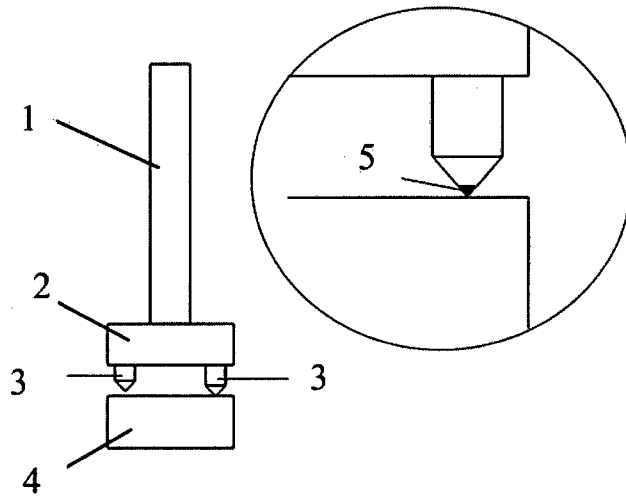


图2

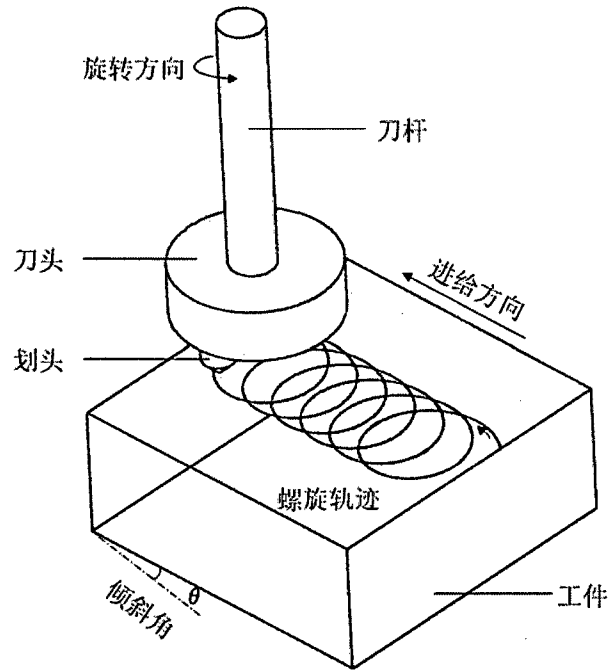


图3

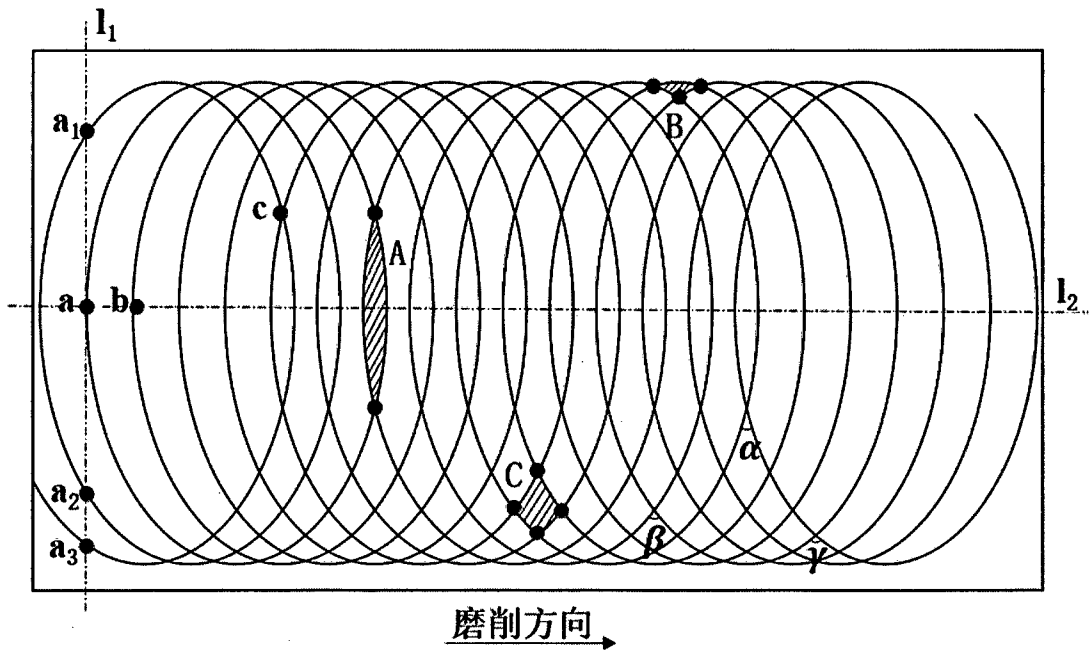


图4

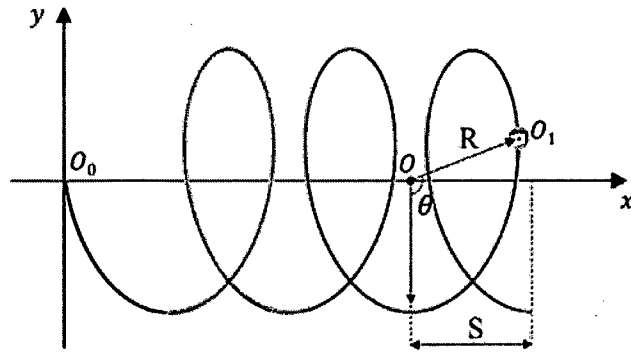


图5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/071304

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 3/00(2006.01)i; G01N 3/56(2006.01)i; G01N 19/06(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N3; G01N19; B24B7

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, CNPAT, EPODOC, WPI: 摆线, 螺旋, 磨, 划痕, 金刚石, 工件, 试件, 样品, 进给, 直线, 位移, 平移, 速度, 旋转, 转动, 球盘, +cycloid+, spiral, helix, polish, grind, friction, abrasion, scratch, diamond, work, sample, piece, feed, translate, speed, velocity, rotate, gyrate, revolute, ball

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 108627386 A (TIANJIN UNIVERSITY) 09 October 2018 (2018-10-09) claims 1-4	1-4
PX	CN 108693061 A (TIANJIN UNIVERSITY) 23 October 2018 (2018-10-23) claims 1-8	1-4
Y	CN 104568628 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 29 April 2015 (2015-04-29) claim 1, and figure 1	1-4
Y	CN 206531770 U (DYNEA (GUANGDONG) CO., LTD.) 29 September 2017 (2017-09-29) description, paragraphs [0006] and [0007], and figure 2	1-4
A	CN 102590000 A (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS) 18 July 2012 (2012-07-18) entire document	1-4
A	CN 105571971 A (HUAQIAO UNIVERSITY) 11 May 2016 (2016-05-11) entire document	1-4
A	JP 2010256195 A (HITACHI LTD.) 11 November 2010 (2010-11-11) entire document	1-4

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 March 2019

Date of mailing of the international search report

11 April 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

State Intellectual Property Office of the P. R. China (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	刘建河 等 (LIU, Jianhe et al.). "固着磨料高速研磨的关键技术研究 (The Key Technology Research for High Speed Lapping with Solid Abrasives)" 长春理工大学学报 (自然科学版) (<i>Journal of Changchun University of Science and Technology(Natural Science Edition)</i>), Vol. 35, No. 4, 15 December 2012 (2012-12-15), ISSN: 1672-9870, p. 87, and table 3	1-4
.....		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/071304

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108627386	A	09 October 2018	None			
CN	108693061	A	23 October 2018	None			
CN	104568628	A	29 April 2015	CN	104568628	B	29 March 2017
CN	206531770	U	29 September 2017	None			
CN	102590000	A	18 July 2012	CN	102590000	B	25 December 2013
CN	105571971	A	11 May 2016	CN	105571971	B	25 January 2019
JP	2010256195	A	11 November 2010	None			

<p>A. 主题的分类</p> <p>G01N 3/00(2006.01)i; G01N 3/56(2006.01)i; G01N 19/06(2006.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																										
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>G01N3; G01N19; B24B7</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNKI, CNPAT, EPDOC, WPI, 摆线, 螺旋, 磨, 划痕, 金刚石, 工件, 试件, 样品, 进给, 直线, 位移, 平移, 速度, 旋转, 转动, 球盘, +cycloid+, spiral, helix, polish, grind, friction, abrasion, scratch, diamond, work, sample, piece, feed, translate, speed, velocity, rotate, gyrate, revolute, ball</p>																										
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 108627386 A (天津大学) 2018年 10月 9日 (2018 - 10 - 09) 权利要求1-4</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 108693061 A (天津大学) 2018年 10月 23日 (2018 - 10 - 23) 权利要求1-8</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 104568628 A (清华大学) 2015年 4月 29日 (2015 - 04 - 29) 权利要求1, 图1</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 206531770 U (太尔胶粘剂广东有限公司) 2017年 9月 29日 (2017 - 09 - 29) 说明书第[0006]-[0007]段, 图2</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102590000 A (南京航空航天大学) 2012年 7月 18日 (2012 - 07 - 18) 全文</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105571971 A (华侨大学) 2016年 5月 11日 (2016 - 05 - 11) 全文</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2010256195 A (HITACHI LTD.) 2010年 11月 11日 (2010 - 11 - 11) 全文</td> <td>1-4</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 108627386 A (天津大学) 2018年 10月 9日 (2018 - 10 - 09) 权利要求1-4	1-4	PX	CN 108693061 A (天津大学) 2018年 10月 23日 (2018 - 10 - 23) 权利要求1-8	1-4	Y	CN 104568628 A (清华大学) 2015年 4月 29日 (2015 - 04 - 29) 权利要求1, 图1	1-4	Y	CN 206531770 U (太尔胶粘剂广东有限公司) 2017年 9月 29日 (2017 - 09 - 29) 说明书第[0006]-[0007]段, 图2	1-4	A	CN 102590000 A (南京航空航天大学) 2012年 7月 18日 (2012 - 07 - 18) 全文	1-4	A	CN 105571971 A (华侨大学) 2016年 5月 11日 (2016 - 05 - 11) 全文	1-4	A	JP 2010256195 A (HITACHI LTD.) 2010年 11月 11日 (2010 - 11 - 11) 全文	1-4
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 108627386 A (天津大学) 2018年 10月 9日 (2018 - 10 - 09) 权利要求1-4	1-4																								
PX	CN 108693061 A (天津大学) 2018年 10月 23日 (2018 - 10 - 23) 权利要求1-8	1-4																								
Y	CN 104568628 A (清华大学) 2015年 4月 29日 (2015 - 04 - 29) 权利要求1, 图1	1-4																								
Y	CN 206531770 U (太尔胶粘剂广东有限公司) 2017年 9月 29日 (2017 - 09 - 29) 说明书第[0006]-[0007]段, 图2	1-4																								
A	CN 102590000 A (南京航空航天大学) 2012年 7月 18日 (2012 - 07 - 18) 全文	1-4																								
A	CN 105571971 A (华侨大学) 2016年 5月 11日 (2016 - 05 - 11) 全文	1-4																								
A	JP 2010256195 A (HITACHI LTD.) 2010年 11月 11日 (2010 - 11 - 11) 全文	1-4																								
<p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																										
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																										
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2019年 3月 21日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2019年 4月 11日</p>																								
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>受权官员</p> <p>李璟</p> <p>电话号码 86-10-53962617</p>																								

C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	刘建河 等. “固着磨料高速研磨的关键技术研究” 长春理工大学学报(自然科学版), 第35卷, 第4期, 2012年 12月 15日 (2012 - 12 - 15), ISSN: 1672-9870, 第87页, 表3	1-4

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/071304

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	108627386	A	2018年 10月 9日	无			
CN	108693061	A	2018年 10月 23日	无			
CN	104568628	A	2015年 4月 29日	CN	104568628	B	2017年 3月 29日
CN	206531770	U	2017年 9月 29日	无			
CN	102590000	A	2012年 7月 18日	CN	102590000	B	2013年 12月 25日
CN	105571971	A	2016年 5月 11日	CN	105571971	B	2019年 1月 25日
JP	2010256195	A	2010年 11月 11日	无			