



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105699288 B

(45)授权公告日 2018.05.25

(21)申请号 201610077945.2

(22)申请日 2016.02.04

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105699288 A

(43)申请公布日 2016.06.22

(73)专利权人 华侨大学
地址 362000 福建省泉州市丰泽区城东

(72)发明人 姜峰 张涛 言兰 徐西鹏

(74)专利代理机构 厦门市首创君合专利事务所
有限公司 35204

代理人 张松亭

(51)Int.Cl.

G01N 19/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 102116722 A,2011.07.06,

CN 102519869 A,2012.06.27,

CN 104759954 A,2015.07.08,

US 2006228990 A1,2006.10.12,

US 2009031544 A1,2009.02.05,

贺勇.单颗金刚石磨粒划擦SiC的实验研究.
《中国优秀硕士学位论文全文数据库》.2015,

审查员 董娟

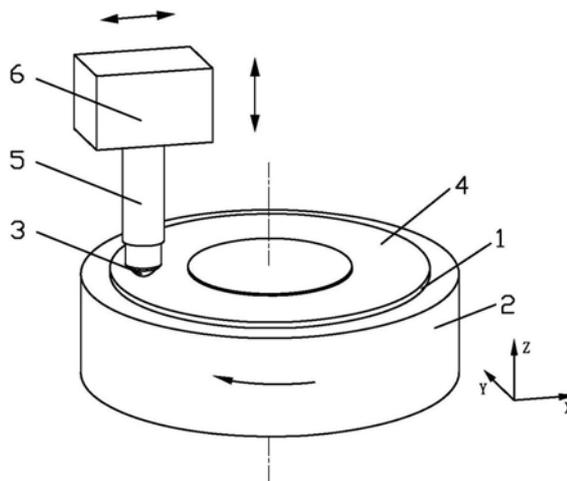
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的高速摩擦测试方法

(57)摘要

本发明公开了一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的高速摩擦测试方法,属于摩擦学测试及精密与超精密加工领域,通过将硬脆材料制成的摩擦盘固定在电主轴上,对该摩擦盘进行在线动平衡;然后采用球形磨头对该摩擦盘进行修盘,达到测试所需的端面跳动以及粗糙度要求;随后将对磨工具装夹在连有力反馈装置的夹具上,进行球-盘测试、销-盘测试等摩擦测试,摩擦盘以指定转速旋转,对磨工具与摩擦盘接触且两者间压力恒定在测试设定值,测试至设定时间结束,测量系统在此过程中采集摩擦力、声发射信号等物理量。本发明能够实现高速摩擦测试。



1. 一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的摩擦测试方法,其特征在于:包括:

1) 将硬脆材料制成的摩擦盘固定在电主轴上,摩擦盘可通过电主轴旋转;对该摩擦盘进行在线动平衡;

2) 采用球形磨头对该摩擦盘进行修盘,以在摩擦盘表面形成端面跳动量优于IT1级,表面平均粗糙度Ra优于10nm的修盘区域,具体步骤如下:

2-1) 球形磨头粗加工修盘:摩擦盘的转速范围为3000~10000rpm,球形磨头以8000~20000rpm的转速自转,同时从摩擦盘外侧以10~50 μ m的切深沿摩擦盘径向进给,进给速度范围为0.4~1.2mm/s,进给距离为摩擦盘直径的1/4~1/2;

2-2) 球形磨头精加工修盘:摩擦盘的转速范围为3000~10000rpm,球形磨头以8000~20000rpm的转速自转,同时从摩擦盘外侧以2~10 μ m的切深沿摩擦盘径向进给,进给速度范围为0.1~0.3mm/s,进给距离为摩擦盘直径的1/4~1/2;

3) 将对磨工具装夹在连有力反馈装置的夹具上;

4) 进行摩擦测试:根据需测试的划擦速度v和修盘区域内测试点所在的测试点半径R,通过 $n = \frac{30000v}{\pi R}$ 计算摩擦盘的设定转速n;摩擦盘按照设定转速n转动,将对磨工具移至测试点正上方,并下移与摩擦盘接触,直至摩擦盘与对磨工具间压力达到测试设定值,进行摩擦测试;测试过程中通过力反馈装置保证对磨工具与摩擦盘间压力保持恒定在测试设定值,同时通过测量系统采集划擦过程中的数据。

2. 根据权利要求1所述的一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的摩擦测试方法,其特征在于:所述对磨工具为摩擦球或摩擦销。

3. 根据权利要求1所述的一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的摩擦测试方法,其特征在于:所述摩擦盘为圆盘形。

4. 根据权利要求1所述的一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的摩擦测试方法,其特征在于:所述测量系统为测力和声发射系统,包括相互信号连接的测力仪、声发射系统、数据采集卡和信号放大器;所述对磨工具与测力仪和声发射系统相连接。

5. 根据权利要求4所述的一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的摩擦测试方法,其特征在于:所述测力仪的固有频率高于4KHz,测力精度优于0.01N。

6. 根据权利要求4所述的一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的摩擦测试方法,其特征在于:所述数据采集卡的采样速度高于2M/s。

7. 根据权利要求3所述的一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的摩擦测试方法,其特征在于:所述步骤2)中,修盘时球形磨头的进给距离小于摩擦盘半径,修盘区域为圆环形。

8. 根据权利要求3所述的一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的摩擦测试方法,其特征在于:所述步骤2)中,修盘时摩擦盘的旋转方向与球形磨头的旋转方向相同或相反。

9. 根据权利要求1所述的一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的摩擦测试方法,其特征在于:所述球形磨头轴线平行于摩擦盘旋转轴线。

10. 根据权利要求1所述的一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的摩擦测试方法,其特征在于:修盘的同时对球形磨头和摩擦盘进行冷却。

一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的高速摩擦测试方法

技术领域

[0001] 本发明属于摩擦学测试及精密与超精密加工领域,具体涉及一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的高速摩擦测试方法。

背景技术

[0002] 摩擦磨损发生在高速旋转机械、材料切削加工、机构往复运动等场合,摩擦系数及磨损历程对于零件材料的选择、结构设计、冷却润滑方式的选择等方面具有重要意义。其中高速摩擦磨损又有着和一般摩擦磨损不同的特征:①高速(线速度大于15m/s)产生的惯性力会影响润滑油的附着能力,将润滑油从摩擦区域挤出或甩出,造成摩擦系数的增大;②高速摩擦伴随着实际接触点的剧烈塑性变形,从而增加了接触点处的材料流动,减小了剪切阻力,进而减小了摩擦系数;③高速摩擦中实际接触点处的塑性变形导致了热量的产生和温度的上升,增加了摩擦副之间的化学亲和作用,从而增加了摩擦系数。鉴于高速摩擦物理过程的复杂性,高速摩擦磨损已经成为当前学术界研究的热点问题。

[0003] 一般摩擦磨损的测试包括球盘、销盘、盘盘、四球等各种摩擦方法及其相关摩擦磨损试验机中,摩擦副在摩擦初期产生磨合作用,经过一段时间后摩擦状态达到稳定,进入稳定磨损阶段,此时仪器测量摩擦副的相对位移、摩擦力等物理量,计算出摩擦系数和磨损率。对于高速摩擦现有的试验方法存在以下问题:①高速过程中摩擦副实现磨合过程的条件较为苛刻,甚至不会出现稳定磨损阶段而直接到达严重磨损阶段;②高速摩擦过程的对磨工具磨损严重,即使达到了稳定磨损阶段,对磨工具的几何形状也已经发生了明显的改变,影响了测试的精度和准确性;③高速摩擦中高速旋转所产生的巨大惯性力严重影响了摩擦测试的精度。因为上述问题的限制,现有的商业摩擦磨损试验机的最高转速水平大概在5000rpm(直径50mm的摩擦盘),线速度约合7.87m/s,难以达到高速摩擦的测试要求。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服现有技术的不足之处,提供了一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的高速摩擦测试方法,旨在减少磨合过程,利用球形磨头对硬脆材料制成的摩擦盘进行在线修盘,保证摩擦副的形状精度和相对位置精度,同时通过动平衡增加摩擦过程的稳定性,力反馈装置可保证摩擦测试过程中对磨工具与摩擦盘间的压力恒定,从而实现高速摩擦测试。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0006] 一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的摩擦测试方法,包括:

[0007] 1) 将硬脆材料制成的摩擦盘固定在电主轴上,摩擦盘可通过电主轴旋转;对该摩擦盘进行在线动平衡;

[0008] 2) 采用球形磨头对该摩擦盘进行修盘,以在摩擦盘表面形成端面跳动量优于IT1级,表面平均粗糙度Ra优于10nm的修盘区域,具体步骤如下:

[0009] 2-1) 球形磨头粗加工修盘:摩擦盘的转速范围为3000~10000rpm,球形磨头以

8000~20000rpm的转速自转,同时从摩擦盘外侧以10~50 μ m的切深沿摩擦盘径向进给,进给速度范围为0.4~1.2mm/s,进给距离为摩擦盘直径的1/4~1/2;

[0010] 2-2) 球形磨头精加工修盘:摩擦盘的转速范围为3000~10000rpm,球形磨头以8000~20000rpm的转速自转,同时从摩擦盘外侧以2~10 μ m的切深沿摩擦盘径向进给,进给速度范围为0.1~0.3mm/s,进给距离为摩擦盘直径的1/4~1/2;

[0011] 3) 将对磨工具装夹在连有力反馈装置的夹具上;

[0012] 4) 进行摩擦测试:根据需测试的划擦速度 v 和修盘区域内测试点所在的测试点半径 R ,通过 $n = \frac{30000v}{\pi R}$ 计算摩擦盘的设定转速 n ;摩擦盘按照设定转速 n 转动,将对磨工具移至测试点正上方,并下移与摩擦盘接触,直至摩擦盘与对磨工具间压力达到测试设定值,进行摩擦测试;测试过程中通过力反馈装置保证对磨工具与摩擦盘间压力保持恒定在测试设定值,同时通过测量系统采集划擦过程中的数据。

[0013] 一实施例中:所述对磨工具为摩擦球或摩擦销。

[0014] 一实施例中:所述摩擦盘为圆盘形。

[0015] 一实施例中:所述测量系统为测力和声发射系统,包括相互信号连接的测力仪、声发射系统、数据采集卡和信号放大器;所述对磨工具与测力仪和声发射系统相连接。

[0016] 一实施例中:所述测力仪的固有频率高于4KHz,测力精度优于0.01N。

[0017] 一实施例中:所述数据采集卡的采样速度高于2M/s。

[0018] 一实施例中:所述步骤2)中,修盘时球形磨头的进给距离小于摩擦盘半径,修盘区域为圆环形。

[0019] 一实施例中:所述步骤2)中,修盘时摩擦盘的旋转方向与球形磨头的旋转方向相同或相反。

[0020] 一实施例中:所述球形磨头轴线平行于摩擦盘旋转轴线。

[0021] 一实施例中:修盘的同时对球形磨头和摩擦盘进行冷却。

[0022] 除有说明外,本发明所涉及的各装置的单一处理过程以及各装置间的连接方式均为本领域常规技术,在此不加以详细描述。

[0023] 本技术方案与背景技术相比,它具有如下优点:

[0024] 本发明的测试方法通过动平衡避免了摩擦盘高速旋转过程中的大幅端面跳动或径向跳动,从而增加摩擦过程的稳定性;同时,利用球形磨头对摩擦盘进行在线加工,保证摩擦副的形状精度和相对位置精度,从而保证了摩擦副间的相对运动精度,减少摩擦副的磨合过程,降低磨损;再配合力反馈装置保证摩擦测试过程中对磨工具与摩擦盘间的压力恒定,进一步保证了测试的精度和准确性,能够实现高速摩擦测试。

附图说明

[0025] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0026] 图1为本发明的测试方法原理示意图。

[0027] 图2为本发明的修盘过程原理示意图。

[0028] 图3为本发明实施例1中修盘前后摩擦盘表面三维形貌的对比,其中图3a为修盘前(经常规平面精磨工艺加工),图3b为修盘后。

[0029] 图4为本发明实施例1中修盘前后摩擦盘表面端面跳动量的对比,其中图4a为修盘前(经常规平面精磨工艺加工),其端面跳动量最大值可达 $29.1\mu\text{m}$;图4b为修盘后,其端面跳动量最大值为 $9.1\mu\text{m}$ 。

[0030] 图5为本发明实施例2得到的摩擦系数曲线,其中横坐标为摩擦时间,纵坐标为摩擦系数。

[0031] 附图标记:摩擦盘1,真空吸盘2,摩擦球3,修盘区域4,夹具5,力反馈装置6,球形磨头,7。

具体实施方式

[0032] 下面通过实施例具体说明本发明的内容:

[0033] 一种球形磨头预修硬脆材料摩擦副的高速摩擦测试方法,所采用的装置包括:

[0034] 机床,圆盘形硬脆材料制成的摩擦盘1通过真空吸盘2装接在机床的电主轴上,且摩擦盘1可通过电主轴旋转;

[0035] 动平衡仪,用于对摩擦盘1进行在线动平衡;

[0036] 球形磨头7,用于对摩擦盘1端面进行修盘;该球形磨头7可装拆地装接在支架,并通过支架可移动地装接在机床;球形磨头7轴线平行于摩擦盘1旋转轴线;

[0037] 对磨工具,为摩擦球或摩擦销,装夹在连有力反馈装置6的夹具5上;该夹具5可装拆地装接在支架,并通过支架可移动地装接在机床;对磨工具可以通过夹具5和支架在摩擦盘1旋转的轴向方向和径向方向上移动,且在两个方向的定位精度越高越好,最好优于 $0.1\mu\text{m}$;该力反馈装置6为压力-位移反馈调节装置,可通过检测对磨工具与摩擦盘1间压力变化,反馈性地通过夹具5对对磨工具在轴向方向上的高度进行微调,从而保证对磨工具与摩擦盘1间压力能够保持恒定;

[0038] 测量系统,为测力和声发射系统,包括相互信号连接的测力仪、声发射系统、数据采集卡和信号放大器;该对磨工具与测力仪和声发射系统相连接;数据采集卡信号连接计算机;测力仪的固有频率高于 4KHz ,测力精度优于 0.01N ;所述数据采集卡的采样速度高于 2M/s 。

[0039] 冷风机:用于对修盘过程中的球形磨头和摩擦盘,以及划擦过程中的对磨工具和摩擦盘进行吹风冷却。

[0040] 具体测试方法如下:

[0041] 1) 将6英寸(直径约 150mm)的蓝宝石晶圆即摩擦盘1用真空吸盘2装夹固定在机床的电主轴上,摩擦盘1可通过电主轴旋转;用动平衡仪对该摩擦盘1进行在线动平衡,以减少摩擦盘1在高速旋转时的振动,从而保证划擦过程中对磨工具和摩擦盘1能稳定地接触;

[0042] 2) 采用球形磨头7对该摩擦盘1进行修盘,先进行粗加工,再进行精加工,以在摩擦盘1表面形成端面跳动量 $3\mu\text{m}$,表面平均粗糙度 $Ra\ 10\text{nm}$ 的圆环形修盘区域4,以降低摩擦盘1端面跳动量,提高表面质量,进一步保证划擦过程中对磨工具和摩擦盘1能稳定地接触;具体步骤如下:

[0043] 2-1) 球形磨头粗加工修盘:修盘的同时开启冷风机,使冷风对准球形磨头7和摩擦盘1进行冷却,修盘时摩擦盘1的转速为 3000rpm ,球形磨头7以 10000rpm 的转速自转,同时从摩擦盘1外侧以 $10\mu\text{m}$ 的切深沿摩擦盘径向进给,进给速度范围为 $0.4\sim 1.2\text{mm/s}$,进给距离为

45mm;

[0044] 2-2) 球形磨头精加工修盘:修盘的同时开启冷风机,使冷风对准球形磨头7和摩擦盘1进行冷却,修盘时摩擦盘1的转速为3000rpm,球形磨头7以10000rpm的转速自转,同时从摩擦盘外侧以2 μ m的切深沿摩擦盘径向进给,进给速度范围为0.1~0.3mm/s,进给距离为45mm;

[0045] 修盘前后摩擦盘1表面三维形貌和端面跳动量的对比分别见图3和图4;

[0046] 3) 将对磨工具装夹在连有力反馈装置6的夹具5上;本实施例之中,对磨工具为直径4mm的未涂层氧化铝陶瓷摩擦球3;

[0047] 4) 进行球-盘摩擦测试:根据需测试的划擦速度 v 和修盘区域内测试点所在的测试点半径 R ,通过 $n = \frac{30000v}{\pi R}$ 计算摩擦盘1的设定转速 n ;本实施例之中, $R=50$ mm,划擦速度 $v=15.7$ m/s, $n=3000$ rpm;摩擦盘1按照上述设定转速 n 转动,将对磨工具移至测试点正上方,并下移与摩擦盘1接触,直至摩擦盘1与对磨工具间压力达到测试设定值1N,进行摩擦测试;测试过程中通过力反馈装置6对夹具5在摩擦盘1旋转的轴向方向上的位置进行微调,以保证摩擦球3与摩擦盘1间压力始终保持恒定在1N,测试时通过与摩擦球3相连的测量系统采集划擦过程中的数据,并通过信号放大器传输至数据采集卡,再传输至计算机进行计算,可得到摩擦力、声发射信号等物理量;摩擦力与恒定接触压力1N的比值为摩擦系数,可通过摩擦力数值计算得到。

[0048] 实施例2

[0049] 1) 将6英寸(直径约150mm)的蓝宝石晶圆即摩擦盘用真空吸盘装夹固定在机床的电主轴上,摩擦盘可通过电主轴旋转;用动平衡仪对该摩擦盘进行在线动平衡,以减少摩擦盘在高速旋转时的振动,从而保证划擦过程中对磨工具和摩擦盘能稳定地接触;

[0050] 2) 采用球形磨头对该摩擦盘1进行修盘,先进行粗加工,再进行精加工,以在摩擦盘表面形成端面跳动量优于IT1级,表面平均粗糙度 R_a 优于10nm的圆环形修盘区域,以降低摩擦盘端面跳动量,提高表面质量,进一步保证划擦过程中对磨工具和摩擦盘能稳定地接触;具体步骤如下:

[0051] 2-1) 球形磨头粗加工修盘:修盘的同时开启冷风机,使冷风对准球形磨头和摩擦盘进行冷却,修盘时摩擦盘的转速为6000rpm,球形磨头以15000rpm的转速自转,同时从摩擦盘外侧以12 μ m的切深沿摩擦盘径向进给,进给速度范围为0.4~1.2mm/s,进给距离为45mm;

[0052] 2-2) 球形磨头精加工修盘:修盘的同时开启冷风机,使冷风对准球形磨头和摩擦盘进行冷却,修盘时摩擦盘的转速为6000rpm,球形磨头以15000rpm的转速自转,同时从摩擦盘外侧以5 μ m的切深沿摩擦盘径向进给,进给速度范围为0.1~0.3mm/s,进给距离为45mm;

[0053] 3) 将对磨工具装夹在连有力反馈装置的夹具上;本实施例之中,对磨工具为直径4mm的未涂层氧化铝陶瓷摩擦球;

[0054] 4) 进行球-盘摩擦测试:根据需测试的划擦速度 v 和修盘区域内测试点所在的测试点半径 R ,通过 $n = \frac{30000v}{\pi R}$ 计算摩擦盘的设定转速 n ;本实施例之中, $R=61.1$ mm,划擦速度 $v=64$ m/s, $n=10000$ rpm;摩擦盘按照上述设定转速 n 转动,将对磨工具移至测试点正上方,并

下移与摩擦盘接触,直至摩擦盘与对磨工具间压力达到测试设定值1N,进行干摩擦测试;测试过程中通过力反馈装置对夹具在摩擦盘1旋转的轴向方向上的位置进行微调,以保证摩擦球与摩擦盘间压力始终保持恒定在1N,测试时通过与摩擦球相连的测量系统采集划擦过程中的数据,并通过信号放大器传输至数据采集卡,再传输至计算机进行计算,可得到摩擦力、声发射信号等物理量;摩擦力与恒定接触压力1N的比值为摩擦系数,可通过摩擦力数值计算得到。

[0055] 本实施例得到的摩擦系数曲线如图5所示。

[0056] 对比例

[0057] 本对比例与实施例2所不同之处在于,进行摩擦测试前未对摩擦盘进行修盘。其余设备、参数、方法等同实施例2。

[0058] 结果显示:本对比例中未进行预先修盘,摩擦球和对磨的摩擦盘的接触稳定性不足,摩擦系数的稳定性较差,瞬时摩擦速度甚至超过1;而实施例2中进行了预修盘后,摩擦球和对磨的摩擦盘很快进入稳定接触状态,摩擦系数的稳定性好,测试结果更加准确,预修盘后的摩擦测试过程中力传感器等仪器的反馈响应速度要求显著降低,容易降低仪器成本及达到更高的滑动摩擦系数。

[0059] 根据需要,对磨工具可以为摩擦球或摩擦销,相应地进行的为球-盘摩擦测试或销-盘摩擦测试。

[0060] 根据需要,修盘的参数在如下范围内调整并进行一次或多次修盘,可在摩擦盘表面形成端面跳动量优于IT1级,表面平均粗糙度Ra优于10nm的修盘区域:

[0061] 2-1) 球形磨头粗加工修盘:修盘的同时对球形磨头和摩擦盘进行冷却,修盘时摩擦盘的转速范围为3000~10000rpm,球形磨头以8000~20000rpm的转速自转,同时从摩擦盘外侧以10~50 μ m的切深沿摩擦盘径向进给,进给速度范围为0.4~1.2mm/s,进给距离为摩擦盘直径的1/4~1/2;修盘时摩擦盘的旋转方向与球形磨头的旋转方向可以相同也可以相反,相反可以增加相对运动速度,提高加工质量;

[0062] 2-2) 球形磨头精加工修盘:修盘的同时对球形磨头和摩擦盘进行冷却,修盘时摩擦盘的转速范围为3000~10000rpm,球形磨头以8000~20000rpm的转速自转,同时从摩擦盘外侧以2~10 μ m的切深沿摩擦盘径向进给,进给速度范围为0.1~0.3mm/s,进给距离为摩擦盘直径的1/4~1/2;修盘时摩擦盘的旋转方向与球形磨头的旋转方向可以相同也可以相反,相反可以增加相对运动速度,提高加工质量。

[0063] 以上所述,仅为本发明较佳实施例而已,故不能依此限定本发明实施的范围,即依本发明专利范围及说明书内容所作的等效变化与修饰,皆应仍属本发明涵盖的范围内。

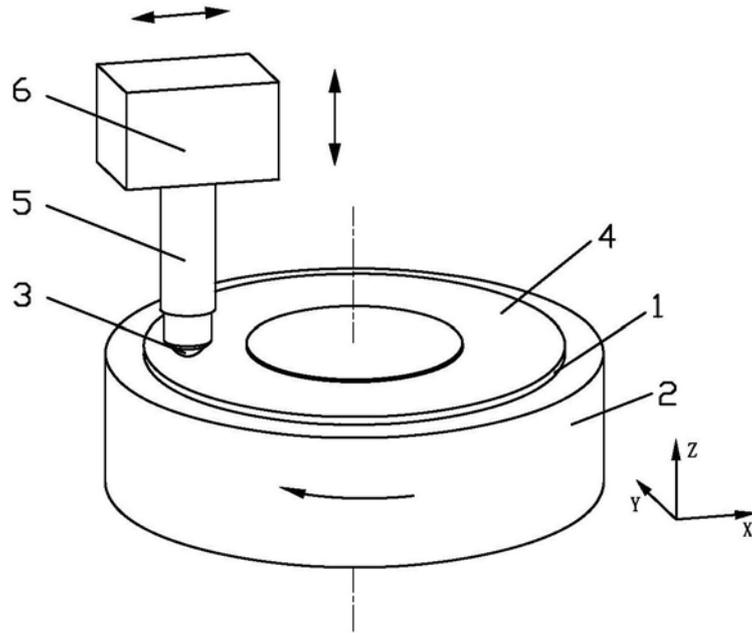


图1

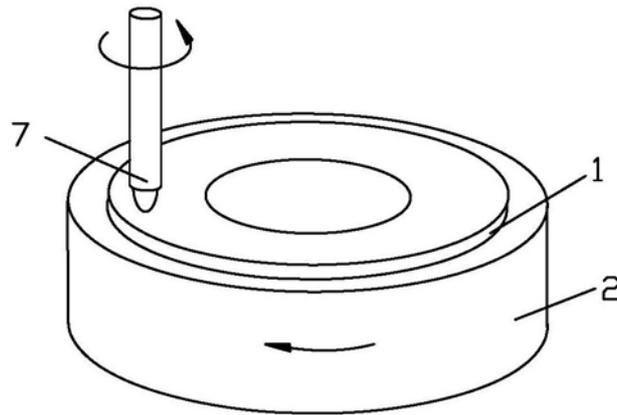


图2

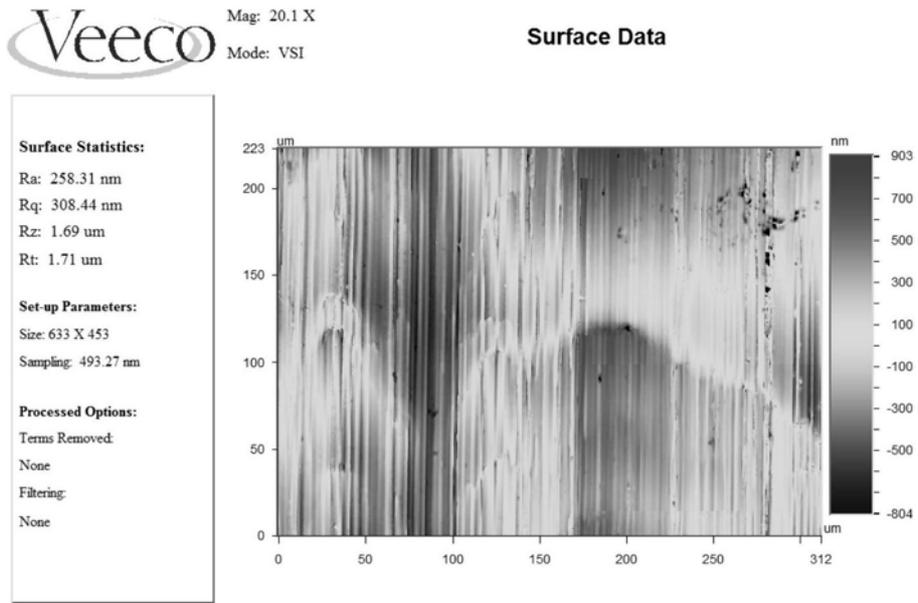


图3a

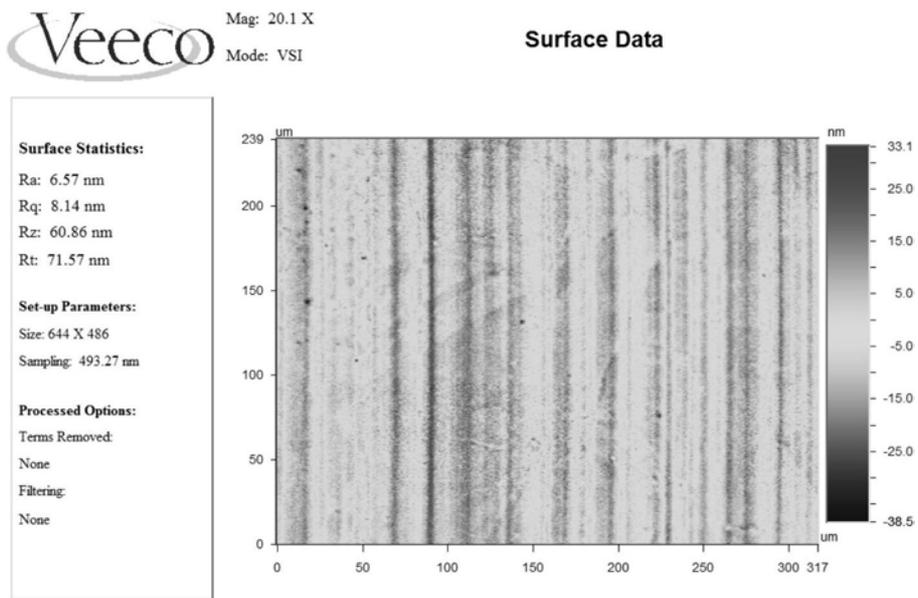


图3b

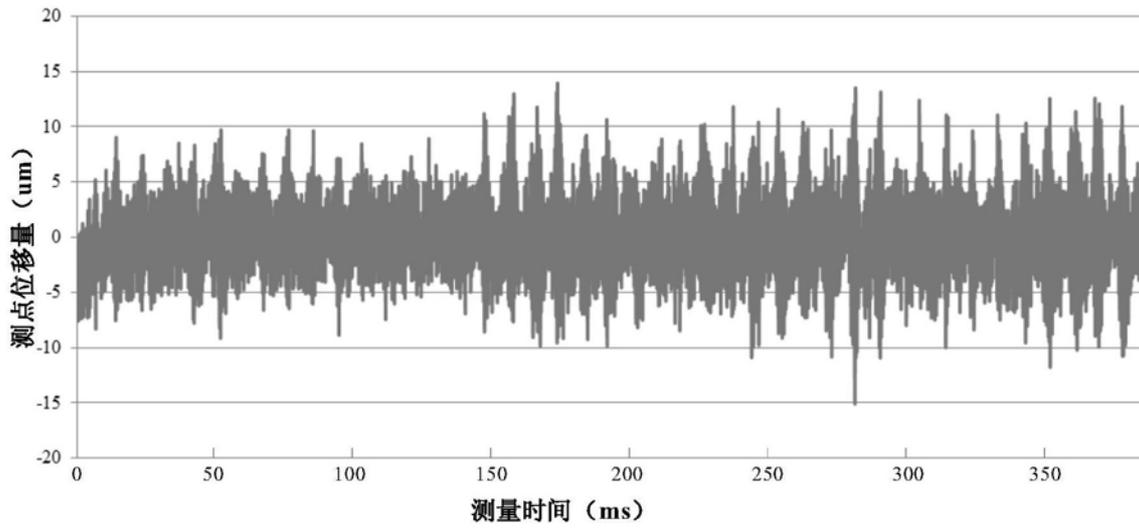


图4a

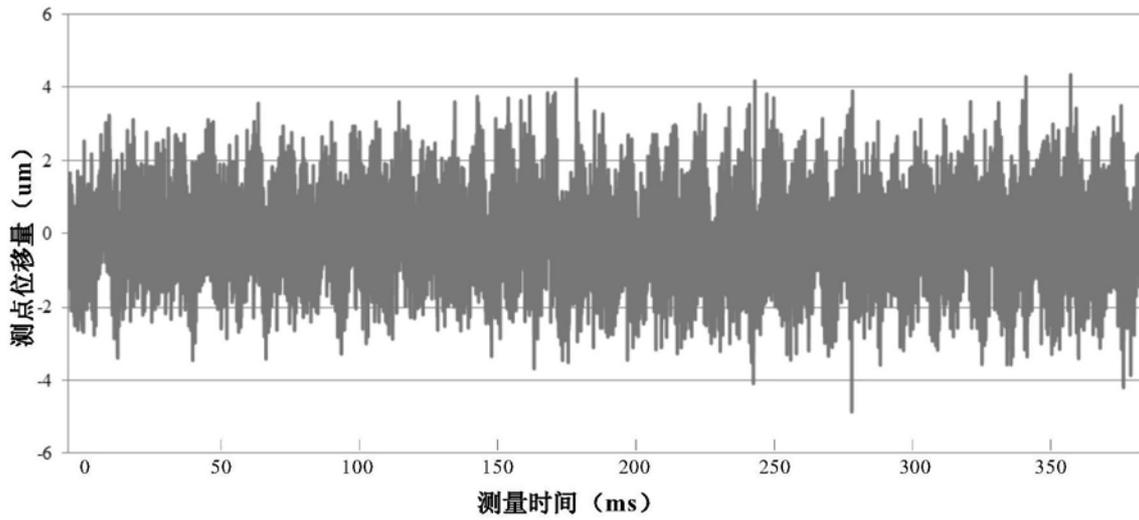


图4b

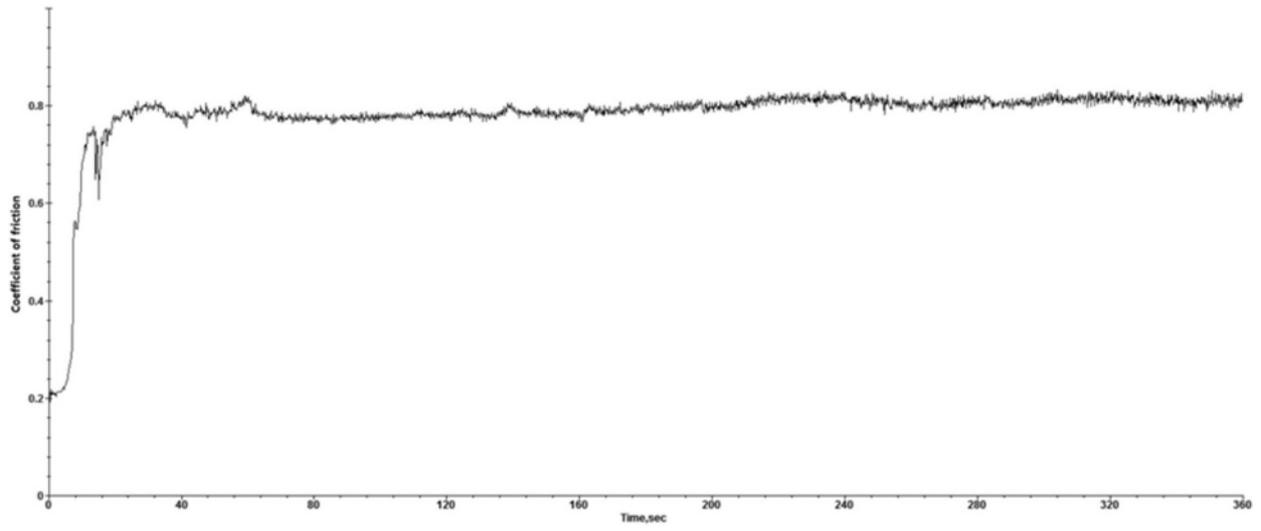


图5