

超声复合研磨光学玻璃机理及表面特征

肖强 李言 李淑娟

(1 西安理工大学机械与精密仪器工程学院,西安 710048)

(2 西安工业大学机电工程学院,西安 710032)

文 摘 根据光学玻璃硬度高和脆性大的特点,从理论上分析了超声波研磨加工光学玻璃材料的去除机理,试验表明,超声加工工具振动振幅为 0.03~0.1 mm,频率为 16~25 kHz 条件下,超声波的超精密加工光学玻璃比不加超声振动加工材料去除率高 1.5 倍左右,表面质量好,粗糙度值降低 100% 左右。

关键词 光学玻璃,研磨,去除率,表面质量

Machining Mechanism and Influence of Ultrasonic Lapping on Surface Characteristic of Optical Glass

Xiao Qiang Li Yan Li Shujuan

(1 School of Mechanical and Precision Instrument Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048)

(2 School of Mechanical and Electronic Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032)

Abstract According to the brittle and hardness character of optical glass, the removal mechanism is discussed. The experimental result show that a high removal rate and the smooth high quality surface can be obtained under ultrasonic lapping.

Key words Optical glass, Lapping, Removal rate, Surface quality

0 引言

光学玻璃作为一种高功能材料,其使用价值在越来越多的领域中得到承认,其精密与超精密加工引起了各国研究者的重视。光学玻璃属于脆性材料,用普通机械加工方法去除率低,表面质量差,得不到精密光滑表面。本文在针对光学玻璃的加工特点,经过理论分析及试验研究表明,基于超声波研磨能高效、高精度的对光学玻璃进行超精密加工,可获得高精度的表面质量。

1 超声波加工的机理

超声研磨加工原理模型如图 1 所示。超声振动工具头的端面和工作表面保持一固定的间隙,并在其间充以微细磨料工作液,当超声振动工具以一定的频率振动时,带动微细磨料冲击工件表面,从而对工件表面进行研磨。

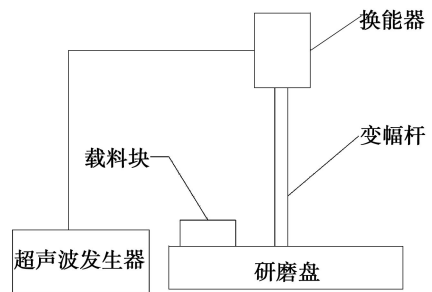


图 1 超声加工示意图

Fig. 1 Principle of ultrasonic lapping

超声研磨时,大量的磨料以与超声振动相同的频率、脉动式的冲击被加工表面,同时工具端面超声波振动产生的空化现象对工件形成强烈交变压力冲击作用,在微裂纹区和工件表面加工区所起的作用尤其明显,在很大的加速度和交变压力的作用下,微裂纹不断扩展。磨料的捶击、冲击加工及超声空化作用使

收稿日期: 2009-12-15;修回日期: 2011-03-06

基金项目:陕西省工业攻关项目(2010k09-01)

作者简介:肖强,1976 出生,博士研究生,主要从事精密与超精密加工工作。E-mail:xiaoqiang@xatu.edu.cn

微细裂纹逐渐地扩展、碎裂,最终从工件表面上剥落、去除。这样除去或改造工件表面原有的损伤层,并在其下面构成新的损伤层,即表面加工层,这样可使新生成的损伤层更薄、更均匀,从而获得较佳的表面质量,实现超精密加工。

2 超声加工光学玻璃材料的去除效率与表面质量分析

2.1 实验设备与方法

实验采用 k9 光学玻璃,采用 ZYP200 型旋转摇摆重力式研磨抛光机,研磨盘为球墨铸铁盘,磨料为 W10 粒度的白刚玉研磨粉。超声振动研磨系统由超声波发生器,自行研制的超声换能器及相应的夹具组成,由于研磨加工要求的材料去除量极小,采用电子天平测量 k9 光学玻璃质量变化,并以此评价研磨加工效率,粗糙度采用接触式粗糙度测试仪进行测量。实验在恒压力变转速加工中,其他研磨条件不变,主动盘转速分别取 50、70、和 90 r/min 对 k9 光学玻璃进行超声与普通对比研磨,为了方便对比,打开超声发生器为超声研磨,关闭超声发生器为普通研磨。

2.2 去除效率分析

实验结果表明,在超声频率 20 kHz,振幅为 12 μm ,材料去除率是不加超声波普通研磨的 1.5 倍。这是因为传统加工是利用磨粒刮削球面,去除光学玻璃材料。相同的加工条件下,超声振动研磨加工与普通研磨加工相比,材料去除率大,能有效地提高研磨效率。因为超声振动研磨时,由于研磨盘受到超声振动作用,使球获得充分的自转,从而提高了加工效率。由于超声波的特殊性,超声振动的作用降低了研磨阻抗,在加工过程中还可使磨削液产生空化作用,从而使加工效率大大提高。空化作用是指当工具端面以很大的加速度离开工件表面时,加工间隙内形成负压和局部真空,在工作液体中形成很多微空腔,促使工作液钻入被加工工件表面材料的微裂纹处。当工具端面以很大的加速度接近工件表面时,空腔闭合,引起极强的液压冲击波,加速磨料对工件表面的微细破碎作用。随着磨料悬浮液不断的循环,磨粒的不断更新,加工下来的微细碎屑不断被排除,加速了磨料对工件表面的破碎作用,从而提高材料去除率^[1]。

2.3 表面质量分析

实验结果表明,在超声频率 20 kHz,振幅为 12 μm 加工光学玻璃,表面粗糙度值明显低于不加超声波普通研磨。这是因为在传统研磨中,磨粒难以切入,而另一方面因光学玻璃性脆,磨削时材料的切除主要是以脆性崩碎方式进行,切屑的形成很少经受剪切塑性变形。超声振动研磨时,由于这些尺寸均匀的磨粒急剧的转动和滚动,使其单位时间的相对滑动距离增大,形成形状均匀一致的细小刻痕,比传统研磨法时要多得多,这些细小的刻痕频频产生,使磨削力

下降,提高了加工效率并使加工表面平滑,由于小直径磨粒的剧烈跳动,带来喷沙强化的效果,对粗糙表面的平滑及产生残余应力都有促进作用。由于磨粒在研抛过程中不仅转动而且作高频往复振动,磨粒的运动轨迹不重复,所以工件的加工表面粗糙度比较低。同时超声振动能使磨料有效地搅拌,且起到排屑的作用,从而提高加工质量^[2]。

3 超声研磨工艺效果分析

3.1 切削力大幅度降低

切削力是由切屑变形力和摩擦力两部分组成。由于光学玻璃是典型的硬脆材料,在磨削过程中,是以脆性崩碎方式进行,切屑的形成很少经受剪切塑性变形。而超声研磨时,磨粒切削刃速度的大小和方向产生周期性的变化,大大降低了摩擦力,切削力得以大幅降低。降低研磨的切削力,为降低加工表面的温度、保证加工质量创造了条件,这也正是进行超精密研磨要达到的目标。

3.2 提高了冷却液的使用效果

超声研磨时,由于超声振动的影响所形成的空化作用,一方面可使冷却液均匀乳化,形成均匀一致的乳化液微粒;另一方面,冷却液更容易渗透到接触面中,进一步提高了冷却液的使用效果。

3.3 工具的振动振幅和频率

在超声波加工中,随着超声振动振幅和频率的增大,加工速度明显提高。但是,过大的振幅和过高的频率会使工具和变幅杆承受很大的内应力,严重时会使工具变幅杆材料的疲劳强度,降低其使用寿命。因此,要求超声加工工具振动振幅为 0.03~0.1 mm,频率为 16~25 kHz 为宜。在振幅不变情况下,材料去除率和频率之间呈线性关系,但超过一临界值后,随着变化急剧下降,一般材料去除率正比于 $f^{1/2}$ 。实际加工时,应调至共振的频率,以获得最大的振幅^[3-4]。

4 结论

实验表明,超声波的超精密加工光学玻璃比不加超声振动加工材料去除率高 1.5 倍左右,表面质量好,粗糙度值降低 100% 左右。因此对于光学玻璃,基于超声波研磨是一种很有发展前途和应用前景的超精密加工方法。

参考文献

- [1] 李新和,唐永正,张祁莉. 光纤连接器插针体端面的超声波研磨[J]. 光通信技术,2004(12): 10-11
- [2] 肖强. 硬脆材料超声波精密加工机理及影响因素研究[J]. 兵器材料与工程, 2010(2): 18-20
- [3] 张祁莉. 超声研磨光纤连接器端面工艺分析[J]. 现代机械,2006(2): 3-6
- [4] 赵明利,赵波,高国富. 超精密研抛及超声波研抛技术分析[J]. 现代机械,2006(6): 50-53

(编辑 任涛)