

纳米陶瓷磨削深度对表面质量的影响分析

Effects of Nano Ceramic Grinding Depth on Surface Quality

河南科技学院机电学院 宁欣 姚建国 苏建修

[摘要] 对于硬脆材料而言,超声振动复合加工是一种有效可行的加工方法,通过超声磨削和普通磨削的比较得出,在相同的条件下,超声磨削后的表面质量高,表面粗糙度值小。

关键词: 超声振动 磨削深度 表面粗糙度

[ABSTRACT] For hard brittle material, ultrasonic vibration machining is an effective and feasible processing method, which is obtained by comparing the ultrasonic grinding and ordinary grinding under the same condition. After the ultrasonic grinding, the surface quality is high, surface roughness value is smaller.

Keywords: Ultrasonic vibration Grinding depth Surface roughness

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.16.096

磨削一般作为机加工的最终工序,其目的是使零件达到要求的精度和表面质量。零件精度与表面粗糙度 R_a 有密切关系:一定精度(尺寸公差)要求相应的表面粗糙度,高精度一定要求低表面粗糙度,反之不然。表面粗糙度是反映微观几何形状误差的重要指标^[1-2]。在加工机械零件时,常常要控制尺寸公差, R_a 应不超过尺寸公差的 1/8。零件接触时, R_a 的高低决定实际接触面积的大小: R_a 小时,可以增加零件之间的有效接触面积,从而减少接触表面压强,提高可靠性;若 R_a 大,则零件承受的载荷要高于理论计算值。磨削加工接触面积达 30%~50%,精密磨削有效接触面积可达 85%~90%。一般情况下, R_a 越小,磨损越小^[3-4]。

任何加工方法都不可能获得理想表面,会存在一定的微观不平整度。表面粗糙度是以已加工表面微观不平度的高度来衡量的,能反映表面微观几何特性,不仅与微观轮廓的高度有关,还和轮廓形状有关,是一个综合指标,对保证零件配合的可靠性和稳定性,减少磨损,降低能耗,减少应力集中,提高零件使用寿命都起着重要作用^[5]。本文从磨削深度对表面质量进行分析。

1 试验条件与方法

试验在超声振动系统上进行,超声振动磨削系统由超声波发生器、换能器、变幅杆及磨削工装 4 部分组成,

如图 1、表 1 所示。

用中国航天 304 研究所 JJI-B 粗糙度测量仪测量 R_a 值。测量时,应注意区分试件上磨削轨迹的平行和垂直方向,分别在两个方向上取不同区域测量 5 次,取平均值。微观形貌观察采用日本 Jsm-5610 LV 型扫描电镜。

对于不同的振动频率、磨削深度、功率等参数做了大量的对比试验,测得了试件的表面粗糙度。

2 试验结果分析

2.1 磨削深度对表面质量的影响

磨削深度即砂轮在单个行程的进给量,是一个十分重要的磨削参数,它与加工效率有密切的联系,是对加

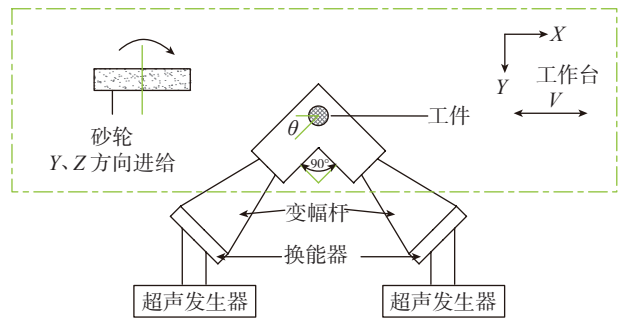


图1 二维超声振动磨削系统原理图

Fig.1 Principle diagram of 2D ultrasonic vibration grinding system

表1 试验条件

参数	试验条件
工件	纳米氧化锆陶瓷,尺寸:20mm×20mm×5mm
机床	冈本 GTS-6016-AHD 精密平面磨床
砂轮修整	# 200SiC 油石与铸铁配合修形, # 400Al2O3 油石修锐
金刚石砂轮	金刚石砂轮,树脂结合剂,浓度 100%,规格: 270mm×35mm
超声振动	超声波发生器频率 $f_1=24.8\text{kHz}$, $f_2=29.8\text{kHz}$; 振幅 $A_1=21.36\mu\text{m}$, $A_2=23.64\mu\text{m}$; 功率:40W、50W、65W、70W、80W
磨削参数	砂轮速度 $V_s=26.6\text{ m/s}$, 轴向进给 $V_t=2\text{mm/行程}$, 工作台速度 $V_w=0.26\text{m/s}$, 磨削深度 $a_p=1\mu\text{m}$, $2\mu\text{m}$, $5\mu\text{m}$, $8\mu\text{m}$, $10\mu\text{m}$, $12\mu\text{m}$, $15\mu\text{m}$, 砂轮粒度 270 #

工效率影响最大的要素。在超精密磨削加工中,可以认为磨削深度同磨削加工效率成正比,即加工效率的高低取决于磨削深度。采用较大的磨削深度时,单位行程去除材料量大,还能减少砂轮空转时间,机床使用效率及加工工效就提高了。但在加工陶瓷等硬脆材料时,采用较大的磨削深度又会带来一系列问题,比如磨削表面脆性断裂增多,影响加工质量,引起砂轮烧伤及工件表面烧伤等。为了优化参数,高效高质地获得加工表面,因此研究与加工效率直接相关的磨削深度对表面粗糙度的影响很有必要。

在试验中采用不同的磨削深度进行磨削加工,在磨削力试验的基础上所得磨削加工试件的表面粗糙度值及电镜照片如图2、3所示。

2.2 试验分析

从图2可以看出,同样的磨削深度下,超声磨削表面粗糙度远小于普通磨削表面。随着磨削深度的增加,二者粗糙度都增大,但普通磨削加工表面 R_a 值增加较快,而超声振动磨削加工表面的粗糙度值 R_a 增加趋势相对缓慢。分析原因如下:

(1)当磨削深度 a_p 增大时,单颗磨粒未变形,磨削厚度加大,磨粒对工件表面刻划程度增大,磨粒切削痕迹尺寸增大,因而粗糙度值增加。

(2)由压痕断裂理论可知,磨削深度增大,即单颗磨粒压入材料深度增加时,材料承受的载荷增大,微裂纹更容易产生并拓展,从而导致 R_a 变大。

(3)磨削深度增大导致磨削力增大,磨削温度升高,表面质量降低。

对于超声磨削:(1)从微观角度考虑,超声振动对材料粒子的作用会使内部微观结构发生改变,断裂韧性增强,这就不难理解超声脆-延转变的临界深度比普通磨削大。且随着施加超声频率的增大,外部特征与陶瓷材料内禀尺度更加接近,它们之间的长程作用增强,穿

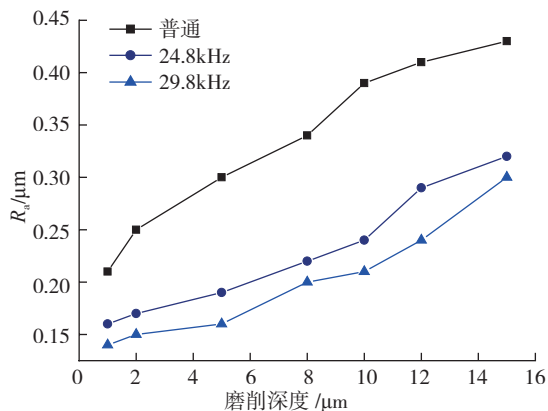


图2 磨削深度对表面粗糙度的影响

Fig.2 Effects of grinding depth on surface roughness

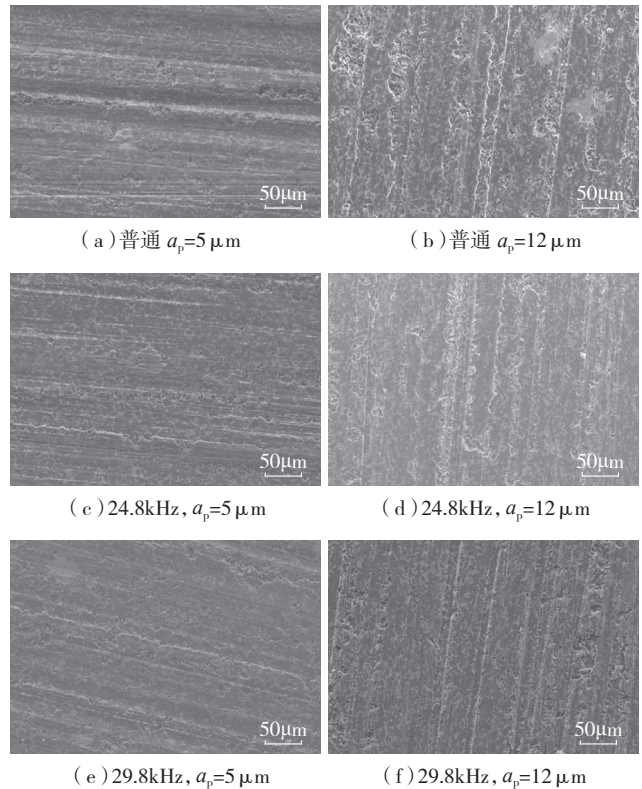


图3 不同磨削深度下表面SEM照片

Fig.3 SEM photos of surface under different grinding depths

晶断裂比重增大,材料的韧性增量更大。

(2)超声振动大大增加了材料的延性磨削区间。在延性域切削范围内,比普通磨削小得多的切削力使陶瓷材料表面局部产生破碎,且破碎仅出现在材料延性流动所隆起的部分,并不像普通磨削,破碎不仅产生在材料所隆起的部分,且大部分产生在犁沟的底部。此外,超声磨削破碎的凹坑十分浅,故同样条件下超声磨削会得到比普通磨削小得多的粗糙度值,粗糙度在延性域内随切深增大且没有明显改变。

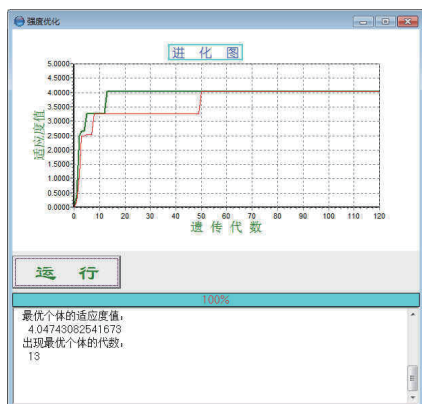
(3)在超声磨削下,磨削力随磨削深度的增大小于普通磨削力,这也会使单颗磨粒未变形,磨削厚度在超声磨削下小于普通磨削,所以在超声磨削下表面质量要优于普通磨削。

(4)超声振动磨削中,磨粒各个侧面与工件呈周期性接触,在一定程度上使砂轮始终保持锐利状态,减小了平均磨削力,这样使裂纹出现的几率大大减少。

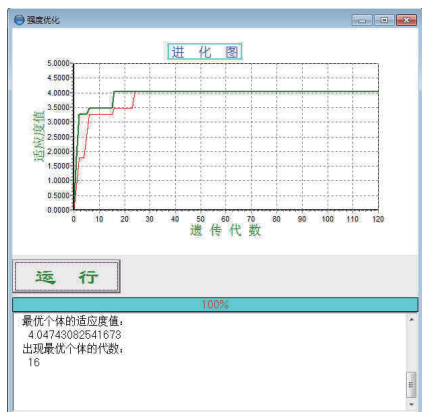
(5)超声振动使磨粒运动轨迹之间干涉程度大大加强,互相起研磨作用,能够得到粗糙度值小的表面。

从图3电镜照片可以看出,当磨削深度为 $5\mu\text{m}$ 时,普通磨削表面破碎很少,而超声磨削表面质量好于普通磨削。超声磨削表面沟槽均匀,可以清晰地看到延性磨

(下转第101页)



(a) 模拟退火算法



(b) 贪心算法

图3 改进GA和SGA运行结果的比较

Fig.3 Operation result comparison between improved genetic algorithms and standard genetic algorithm

的改进后的遗传算法对铺层顺序进行优化,提高了优化结果的准确性。

参考文献

- [1] 张大厚,王继辉. 复合材料在建筑领域的使用现状及发展方向. 武汉理工大学学报, 2009, 31(4):63-66.
- [2] Falzon B G, Faggiani A. The use of a genetic algorithm to improve the post buckling strength of stiffened composite panels susceptible to secondary instabilities. Composite Structures, 2012, 94(3):883-895.
- [3] Carrera E, Miglioretti F. Selection of appropriate multilayered plate theories by using a genetic like algorithm. Composite Structures, 2012, 94(3):1175-1186.
- [4] Marín L, Trias D, Badalló P, et al. Optimization of composite stiffened panels under mechanical and hygrothermal loads using neural networks and genetic algorithms. Composite Structures, 2012, 94(11):3321-3326.
- [5] Sadr M H, Ghashochi B H. Optimization of laminated composite plates for maximum fundamental frequency using Elitist-Genetic algorithm and finite strip method. Journal of Global Optimization, 2012, 54(4):707-

728.

- [6] Jin P. Structure optimization of large composite wing box with parallel genetic algorithm. Journal of Aircraft, 2011, 48(6):2145-2148.
- [7] Seresta O, Abdalla M M. A genetic algorithm based blending scheme for design of multiple composite laminates//Proceedings of the 50th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference. Washington: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2009:318-329.
- [8] 李真,陈秀华,汪海. 基于蚁群算法的复合材料层合板屈曲优化. 上海交通大学学报, 2012, 46(5):768-773.
- [9] 谢强,李亚智,李彪等. 基于准三维有限元模型的复合材料层合板强度预测. 科学技术与工程, 2012, 12(13):3160-3165.
- [10] 李明,马力,吴林志,等. 含孔复合材料层合板拉伸强度研究. 哈尔滨工业大学学报, 2011(S1):1-5.
- [11] 王共冬,陈彦海,邱福生. 基于启发式知识和自适应遗传算法的复合材料铺层优化设计. 玻璃钢/复合材料, 2009(2):3-6.
- [12] 冯消冰,黄海,王伟,等. 基于遗传算法的层压板强度优化设计. 玻璃钢/复合材料, 2012(3):7-13.

(责编 亿霖)

(上接第 97 页)

削特征,且沟槽深度比普通磨削时浅。当磨削深度为 $12\mu\text{m}$ 时,普通磨削表面破碎严重,呈脆性去除状态,而超声磨削表面仅有局部少量破碎现象,还处于脆性-延性混合模式,这说明超声振动磨削有比普通磨削大得多的临界延性磨削深度,利用超声振动磨削能高效地获得精密加工表面。

3 结论

- (1) 相同磨削深度下,超声磨削表面粗糙度远小于普通磨削,而当增加磨削深度时,超声磨削表面粗糙度增加趋势缓慢。
- (2) 超声振动大大增加了材料的延性磨削区间。
- (3) 超声振动磨削时可以获得大的临界延性磨削深度。

参考文献

- [1] 李伯民,赵波. 现代磨削技术. 北京:机械工业出版社, 2003.
- [2] Kitajima K, Cai G Q, Nelal K. Study on mechanism of ceramics grinding. Annals of the CIRP, 1992, 41(1): 367-371.
- [3] Inasaki I. Grinding of hard brittle materials. Annals of CIRP, 1987, 36(21): 463-471.
- [4] 何宏发,张耀辉,陈友良,等. 陶瓷半延展性磨削试验研究. 金刚石与磨料磨具工程, 1998, 1(103):25-28.
- [5] Guo C S, Chand R. Adaptive ceramics machining//The ultra-hard materials technical conference. Windsor, 1998:28-30.

(责编 小城 谷雨)