

平面磨削石英陶瓷比磨削能正交试验研究

Orthogonal Experiment Research on Specific Grinding Energy of Quartz Ceramics Surface Grinding

郑州职业技术学院 王晓峰 白玲

郑州四维机电设备制造有限公司 卢云杰

[摘要] 通过大量的正交试验,研究陶瓷材料在低速下的磨削性能,优化陶瓷磨削参数,对于丰富陶瓷磨削理论,指导实际生产实践具有重要的现实意义。

关键词: 石英陶瓷 平面磨削 正交试验 去除率 比磨削能

[ABSTRACT] Though lots of orthogonal experiments, the grinding properties of ceramics materials in low speed is researched, the grinding parameters are optimized, which have important and practical significance in actual production.

Keywords: Quartz ceramic Surface grinding Orthogonal experiment Removal rate Grinding energy

随着科学技术的进步,高硬度、高强度、高耐磨性、高耐热性、高耐腐蚀性和高功能性的材料在各工业领域中的应用日益增多,其中尤以陶瓷为代表的硬脆材料的应用日益广泛^[1]。目前,使用金刚石砂轮磨削陶瓷是加工陶瓷材料的主要加工方法^[2]。在磨削加工过程中,如何在保证磨削质量的前提下,提高磨削效率和砂轮的寿命并降低加工成本是当前研究的主要课题。近些年科研工作者在陶瓷高速磨削方面做了大量研究^[3],但在砂轮低转速下的研究几乎没有涉及,本文探究石英陶瓷在较低磨削速度下去除率大、比磨削能又较低的磨削参数,对于丰富陶瓷磨削理论,指导陶瓷磨削生产实践具有重要的现实意义。

1 试验方法

磨削时,磨除单位体积材料所需的磨削能量称为比磨削能 E_s ^[4],比磨削能不仅体现了磨削力的特征,同时也体现了切除单位体积材料所消耗的能量大小,间接反映了材料去除的难易程度。本试验在砂轮低转速下,设计正交试验,测试不同条件下磨削力的大小,求出实际磨削过程中的切向磨削力和法向磨削力,计算比磨削能 E_s ^[4] (Nm/mm^3 或 J/mm^3),以比磨削能作为目标因素进行磨削参数的优选。

$$E_s = \frac{V_s F_t}{10^3 V_w a_p b} \quad (1)$$

式中, V_s 为砂轮速度 (m/s); V_w 工件速度 (m/s); F_t 为切向磨削力 (N); a_p 磨削深度 (mm); b 为磨削宽度 (mm)。

1.1 试验设备及磨具

试验采用我国上海机床厂生产 MK9025 型数控光学曲线磨床,磨削力用 KISTLER 动态测力仪通过夹具与试验材料刚性连接(如图 1(a)所示),在磨削过程中,测力仪将磨削力信号(包括切向力和法向力)转化为压电信号,由 SD 动态数据采集系统对磨削力信号进行采集和记录,并传入计算机进行后继处理(如图 1(b)所示)。



(a) 磨削过程



(b) 磨削力测试

图1 试验设备

Fig.1 Test equipment

1.2 试件的材料及性能

本试验采用的石英陶瓷材料性能^[1]如表 1。

1.3 试验中的固定因素:

本试验选择有代表性的粒度为 46 目、60 目、100 目的电镀金刚石砂轮,浓度为 100%,砂轮直径 100mm,宽 10mm。

表1 试验用石英的性能

材料性能	密度 $V_s/(g \cdot cm^{-3})$	气孔率 /%	弹性模量 E/GPa	维氏硬度 HV/GPa	断裂韧性 $K_{IC} / (MPa \cdot m^{1/2})$
1号石英	2.12	17.2	70	7.31	0.6

1.4 试验因素和因素水平

试验中不考虑磨削深度、砂轮速度、工件速度的交互作用,每个因素的取5个水平,采用L25(5⁶)正交试验表^[5-7],安排25组试验,每组试验做3次,测得磨削过程中的切向力和法向力,取它们的平均值,根据公式(1)计算出比磨削能作为试验测得结果,试验因素如表2所示。

表2 试验因素水平表

因素	磨削深度 A $a_p/\mu m$	砂轮速度 B $V_s/(m \cdot s^{-1})$	工件速度 C $V_w/(m \cdot min^{-1})$
1	30	3	6
2	50	6	8
3	70	9	10
4	90	12	12
5	110	15	14

2 试验结果

通过专业正交试验数据处理软件“正交设计助手II”,对试验数据进行极差分析和方差分析,获取不同参数对比磨削能的影响的显著水平,并通过极差分析获得最佳的磨削参数水平组合。试验结果如表3、4。

由于试验数据较多,文章篇幅所限,对于M46、M100砂轮比磨削能试验数据,文中只显示试验分析结果,如表5、6、7所示。

3 试验结果分析

(1) 利用DZ-2光学显微镜对试验用石英陶瓷进行显微组织观察,如图2所示,可见石英陶瓷由大小不同的颗粒和气孔组成,属多孔材料,气孔率和气孔尺寸都较大,有熔融状的烧结体,且颗粒度分布较广,组织较为疏松,为常见陶瓷材料显微特征。

(2) 满足去除率大、比磨削能又较小时,对试验用

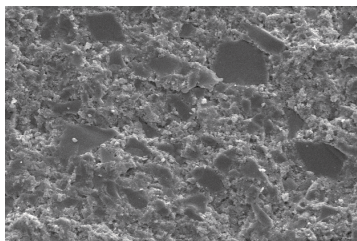


图2 石英放大显微组织(×600)

Fig.2 Microstructure of quartz (×600)

表3 试验因素水平表

因素	磨削深度 $a_p/\mu m$	砂轮速度 $V_s/(m \cdot s^{-1})$	工件速度 $V_w/(m \cdot min^{-1})$	比磨削能 /mm ³
试验 1	1	1	1	1.8
试验 2	1	2	2	2.9
试验 3	1	3	3	3.1
试验 4	1	4	4	2.3
试验 5	1	5	5	2
试验 6	2	1	2	2.9
试验 7	2	2	3	2.2
试验 8	2	3	4	2.4
试验 9	2	4	5	2.1
试验 10	2	5	1	3.1
试验 11	3	1	3	2.9
试验 12	3	2	4	2
试验 13	3	3	5	2.1
试验 14	3	4	1	3
试验 15	3	5	2	2.6
试验 16	4	1	4	1.6
试验 17	4	2	5	1.8
试验 18	4	3	1	2.6
试验 19	4	4	2	2.2
试验 20	4	5	3	2.5
试验 21	5	1	5	1
试验 22	5	2	1	3.3
试验 23	5	3	2	1.4
试验 24	5	4	3	2.2
试验 25	5	5	4	1.5

表4 M60砂轮试验比磨削能方差分析表

因素	偏差平方和	自由度	F比	F临界值	显著性
磨削深度 A	1.612	4	1.762	6.390	*
砂轮速度 B	0.464	4	0.507	6.390	
工件速度 C	3.328	4	3.637	6.390	*
误差	0.92	4			

石英陶瓷的磨削试验数据能进行分析,得到不同磨削条件下各磨削用量对比磨削能的影响大小,结论如下:

- 使用46目电镀金刚石砂轮磨削时,砂轮速度和工件速度对比磨削能的影响较明显。
- 使用60目电镀金刚石砂轮磨削时,磨削深度和工

表5 M46砂轮试验比磨削能方差分析表

因素	偏差平方和	自由度	F比	F临界值	显著性
磨削深度 A	2.810	4	0.587	6.390	
砂轮速度 B	15.418	4	3.219	6.390	*
工件速度 C	7.706	4	1.609	6.390	*
误差	4.79	4			

表6 M100砂轮试验比磨削能方差分析表

因素	偏差平方和	自由度	F比	F临界值	显著性
磨削深度 A	0.328	4	0.228	6.390	
砂轮速度 B	0.304	4	0.211	6.390	
工件速度 C	1.372	4	0.952	6.390	*
误差	1.44	4			

表7 磨削用量对比磨削能的影响极差分析表

砂轮粒度	影响大小	磨削深度 A	砂轮速度 B	工件速度 C	最佳组合
M46	C>B>A		*	*	A4B1C5
M60	C>A>B	*		*	A5B1C5
M100	C>A>B			*	A5B1C5

件速度对比磨削能的影响较明显。

· 使用 100 目电镀金刚石砂轮磨削时,工件速度对比磨削能影响较明显。

但不同粒度电镀金刚石磨削试验用石英陶瓷,以比磨削能作为优化目标时,最佳的参数组合为大磨深、低砂轮转速及高工件转速。

4 结论

根据上述试验数据分析,对于常用的石英陶瓷材料,在砂轮低转速下,既要求获得大去除率,比磨削能又较小时,从而提高磨削效率,降低能量消耗,降低加工成本时,可以磨削参数可以设置为:较低砂轮转速,大磨削深度和较高工件速度获得。本试验用石英陶瓷使用 M46 金刚石砂轮时,最佳磨削参数设置为:

$a_p=90\mu\text{m}$, $V_s=3\text{m/s}$, $V_w=14\text{m/min}$; 当使用 M60 金刚石砂轮时,最佳磨削参数为: $a_p=110\mu\text{m}$, $V_s=3\text{m/s}$, $V_w=14\text{m/min}$, 当使用 M100 金刚石砂轮时,最佳磨削参数为: $a_p=110\mu\text{m}$, $V_s=3\text{m/s}$, $V_w=14\text{m/min}$ 。

参考文献

[1] 王长琼,刘忠.工程结构陶瓷磨削力试验研究.金刚石与磨料

磨具,1997(5):18-20.

[2] 蔡光起,冯宝富,赵恒华.磨削磨料加工技术的最新发展,航空制造技术,2003(2):24-27.

[3] 许小静.浅析工程陶瓷的高效磨削技术.山东陶瓷,2006(4):32-34.

[4] 李伯民.现代磨削技术.北京:机械工业出版社,2003.

[5] 李向东.金刚石砂轮磨削参数对陶瓷加工表面粗糙度影响研究[D].天津:天津大学,2005.

[6] 朱爱菊.石英陶瓷平面磨削试验研究[D].天津:天津大学,2006.

[7] 赵选民.试验设计方法.北京:科学出版社,2009.242-248.

(责编 侧卫)

(上接第 94 页)

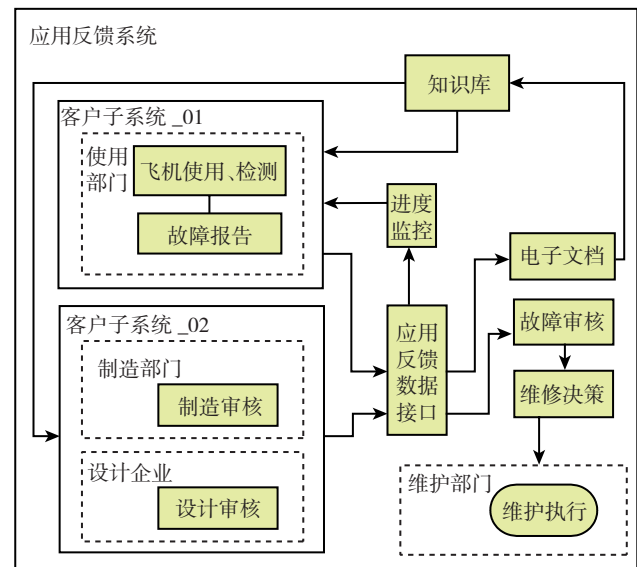


图4 基于应用反馈知识管理优化的飞机维护流程

Fig.4 Aircraft maintenance processes based on knowledge management optimized application feedback

参考文献

[1] 林东清,李东.北京:知识管理理论与实务.北京:电子工业出版社,2005.

[2] 赵西萍,张长征,张伟伟.企业知识管理影响因素概念模型研究.研究与发展管理,2004,16(3):53-57.

[3] 知识工程师.CNKI科技知识元数据库.[OE/DB]http://define.cnki.net/science.2010-3-12.

[4] 高军,陈涛,邝志礼.飞机系统的划分和编号及其在工程使用上的作用.电子产品可靠性与环境试验,2006,24(1):60-64.

[5] 李德仁,王树良,李德毅,等.论空间数据挖掘和知识发现的理论与方法.武汉大学学报(信息科学版),2002,27(3):221-233.

[6] 郭亚中,左洪福,王华伟,等.基于定性指标的民航飞机维修决策方法.系统工程与电子技术,2006,28(4):556-559.

[7] 徐泽水.不确定多属性决策方法及应用.北京:清华大学出版社,2004.

[8] 杜鹤民,余隋怀,初建杰,等.基于 Fuzzy AHP 的 CBT 飞机维护系统评价.航空制造技术,2009(18):96-99. (责编 小颖)