

文章编号: 1006-852X(2004)05-0048-03

金刚石铣刀加工花岗岩磨损规律的试验研究

THE EXPERIMENTAL STUDY ON WEAR REGULARITY OF DIAMOND MILLS IN GRANITE CUTTING

黄波 张进生 刘增文 王志 李剑峰

(山东大学机械工程学院 山东省石材工程技术研究中心 山东 济南 250061)

Huang Bo Zhang Jinsheng Liu Zengwen Wang Zhi Li Jianfeng

(School of Mechanical Engineering, Shandong University, Stone Engineering Center of
Shandong Province, Shandong Jinan 250061, China)

摘要: 本文以金刚石圆柱成形铣刀在 SPEED3 石材加工中心上加工花岗岩台面边缘曲线为对象进行试验, 分析研究刀具宏观几何尺寸参数(直径、质量、圆柱度)的变化量与工件材质及其去除量间的关系, 探讨刀具磨损规律。通过利用不同构成和工艺参数的刀具加工两种花岗岩的对比实验, 得出了刀具几何参数与工件材料去除量关系的变化曲线。据此, 可分析计算刀具直径的磨损变化规律、预测刀具寿命, 并可方便地校正补偿加工中心刀具轴线的运动轨迹。

关键词: 花岗岩; 金刚石工具; 磨损; 铣刀; 试验

中图分类号: TG74 TQ164 **文献标识码:** A

Abstract: In order to study the wear regularity and life of diamond tools, improve working efficiency and reduce the process costs, milling experiments were conducted with numerical control machine centers for hard and fragile materials named SPPEED3 from Italy to machine granite in this paper. The relationship between the change amount of macro-geometry parameters including diameter, weight and cylinder degree of shaped milling cutter and the removing amount of the workpiece material can be used to analyze the wear mechanism of shaped milling cutter. Experiments were carried out and compared by machining two kinds of granite with different mills to draw the changing curve of the diameter and determine the weight and cylinder degree of the mills.

Key words: granite; diamond tools; wear; mills; test

1 前言

无论在工业领域还是城市建筑物装修, 对复杂形状石材制品的需求日益增长, 传统的手工生产无论是从生产效率和产品的加工精度方面已经不能适应要求, 客观上要求必须使用柔性和自动化设备, 用数控机床或者硬脆材料加工中心加工异形或复杂形状的石材制品成为必然选择。加工中心配备的各种金刚石刀具种类繁多, 包括圆盘锯片刀、雕刻刀、金刚石磨轮、各种成形铣刀等。研究这些金刚石刀具的磨损及其使用寿命, 成为提高加工中心加工效率的关键。

对于金刚石刀具的磨损, 国内外多数研究是从微观的角度观测或者分析金刚石刀具的磨损^[1~3], 他们的研究对于实际生产加工的指导意义有限。很少有资料介绍金刚石刀具的宏观磨损, 因此, 在实际的生产中主要还是以工人的经验确定加工参数。由于金刚石刀具的磨损是由构成刀具的金刚石颗粒和结合剂的共同磨损, 以金刚石圆柱铣刀磨损为例, 宏观磨损就是指整

个刀具直径、重量的减少和刀具圆柱形状的变化^[4]。刀具从其最初的圆柱边界表面开始变化, 通过三个与刀具有关的变量: 刀具直径的减小、刀具重量的减少和刀具圆柱度的变化, 以此来评估金刚石铣刀的消耗, 表征石材加工过程中铣刀的磨损, 它们可以称为金刚石铣刀宏观几何磨损变量。

本文重点从金刚石圆柱成形铣刀的磨粒磨损所引起的金刚石铣刀几何尺寸的宏观变化出发, 实验确定铣刀的宏观几何磨损变量, 将这一组变量与加工参数和金刚石铣刀宏观几何尺寸联系起来, 用不同的金刚石铣刀试验, 描述磨损所涉及的现象, 将获得的结果表示出来并作进一步分析讨论, 以便合理的确定加工参数, 提高加工效率, 降低加工成本。

2 试验方案与条件

试验在意大利 CMS 公司生产的 SPEED3 硬脆材料加工中心上完成, 实验中所用的两种金刚石铣刀(编号为 M1, M2)的性能、参数如表 1 所示。这两把刀具有不同的

齿数和尺寸, 而且具有不同的直径和重量, 但两把刀有相同的形状(图 1)。铣刀齿中金刚石磨粒具有相同的特性, 也就是有相同的粒度和形状, 但金刚石浓度不同; 它们具有不同化学成分的金属粘结剂: M1 刀具中钴的含量比 M2 高, 具有较高的硬度。工件材料分别为石岛红花岗岩(G3786)和济南青花岗岩(G3701)。

表 1 刀具参数

Tab 1 Mill properties

铣刀特性	铣刀参数	
	M1	M2
金属结合剂组成成分[%]		
Co	62.40	25.59
Cu	17.79	49.89
C	14.09	16.71
O	3.14	3.89
Al	1.24	2.34
Si	0.98	1.58
金刚石颗粒粒度[#]	45/50	45/50
浓度[Kts/cm]	120	156
刀具重量[g]	612	543
刀具直径[mm]	59	54
齿数	16	12
齿长[mm]	46	46
齿深[mm]	4	4
齿宽[mm]	6	8
基体直径[mm]	51	46

工件材料正确安装在机床工作台上, 在尺寸为 1500mm×850mm 的花岗石板上进行一系列成形曲线切削, M1 铣刀的切削厚度 30mm, M2 铣刀切削厚度为 35mm(图 2)。相邻切削之间确保相互独立, 每次切削去除相同体积的花岗石材料。试验参数如表 2 所示。使用两种进给速度(200 和 300mm/min), 而转速根据刀具生产商提供的值(3500r/min)保持恒定。所进行的四种曲线成形切削(称 I—IV)中的每一部分有两种铣刀进给速度。用清水作冷却润滑液。

表 2 试验参数

Tab 2 Experimental plan

切削编号	铣刀	工件材料	加工参数	
			转速 r/min	进给 mm/min
I	M1	石岛红	3000	200
II	M1	石岛红	3000	300
III	M2	济南青	3000	200
IV	M2	济南青	3000	300

清理干净加工残渣, 烘干, 测量其直径、重量和圆柱度。重量有一个精度为 0.01g 的天平测量。直径用一个光学显微镜, 沿着刀具表面轮廓均匀测量六个位置获得, 直径可以看作是六个位置实际测量的平均值。显微镜的分辨率为 0.5 μ m。直径测量也可以用作计算圆柱度。



图 1 金刚石成形铣刀

Fig. 1 Shaped diamond mill



图 2 工件加工形状

Fig. 2 Example of sequence of curve cuts

3 试验结果与讨论

将预先定义的宏观几何尺寸(铣刀重量、直径、圆柱度)的变化量与花岗岩材料去除量的关系作为表征金刚石铣刀磨损率的变化。

图 3 表示两种铣刀在两种进给速度条件下铣刀直径变化趋势。与 M1 相关的曲线延伸到接近 140000cm³ 的去除材料时, 其曲线有直线的趋势。与 M2 相关的曲线延伸到接近 70000 cm³ 的去除材料时, 其图形是曲线的趋势。由于 M1 的直径较大且粘结剂硬度较高, 其磨损速度小于 M2。实际上, M1 和 M2 的直径相应地减少了大约 5mm 和 6mm。铣刀的直径愈大刀具可利用的切削表面愈多, 因此, 磨损愈小。同时, 较硬的粘结剂是金刚石磨粒保留在刀具上的强度愈大, 因此, 每单个金刚石失效之前去除的石材量就越

在每一次切削的完成以后, 将铣刀从主轴上卸下。

多。两种刀在两种切削条件下其直径总的减少接近6mm。这就是说 M2 铣刀在报废之前去除的石材量是 M1 的一半。直线趋势表示磨损速度随时间成直线变化,因此,其进一步磨损容易预见。另外,曲线变化趋势与进给速度没有太大的关系。

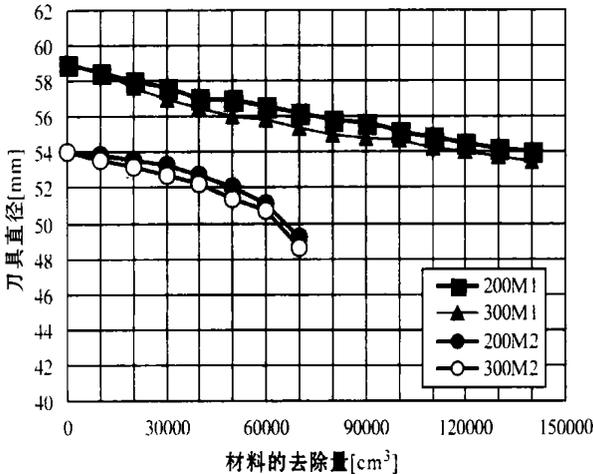


图3 铣刀直径变化与材料去除量之间的关系

Fig. 3 Changes in mill diameter with the increase of the volume of the removed stone

图4 显示了两种铣刀、两种进给速度的重量变化。

M1 与 M2 磨损状况与分析直径的减少情况类似。曲线斜率可以用来表征铣刀磨损的速度, M1 铣刀的重量减少呈直线变化,这说明其磨损速度是固定的; M2 铣刀当材料去除量达到 50000 cm³ 时,曲线斜率快速增大,表明铣刀磨损加速。两条曲线显示,进给速度对刀具磨损没有太大影响。

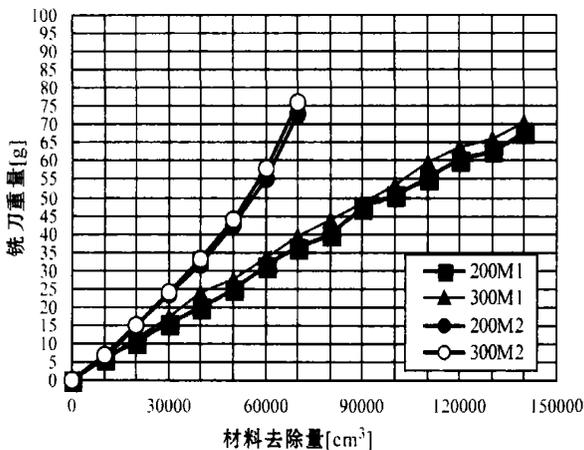


图4 铣刀重量变化与材料去除量之间的关系

Fig. 4 Changes in mill weight with the increase of the volume of the removed stone

图5 给出了对于两种铣刀和两种进给速度铣刀圆柱度随石材去除量的变化曲线。与 M1 相关的曲线表示圆柱度随最初值 0.03mm 作随意和交变摆动,进给速度对其没有明显影响。与 M2 铣刀有关的曲线显示

无论对于哪一种进给,其圆柱度从 0.015 到 0.18 变化很大。这表明 M1 的圆柱轮廓随着刀具的进一步磨损变化不大,而 M2 由于金刚石和粘合剂的磨损其圆柱轮廓变化很大。在磨损的最后, M2 圆柱边界表面的母线轮廓圆柱度误差为 0.18mm,加工过程中铣刀留在石材上的痕迹比较明显,加工表面质量下降。因此,需要进一步减少精加工或去除磨损的刀具留在石材加工表面的轮廓。

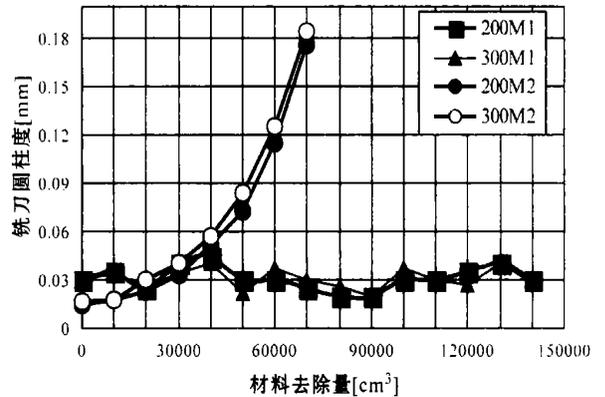


图5 铣刀圆柱度的变化与材料去除量之间的关系

Fig. 5 Changes in mill cylindricity with the increase of the volume of the removed stone

4 结论

通过铣刀直径变化、重量变化、圆柱度变化这三个宏观几何变量表明:铣刀 M1 的切削性能比铣刀 M2 好,报废之前可以加工更多的石材,其重量和直径随着石材的去除量线性减少,因此,很容易计算铣刀宏观几何参数的变化,得出磨损量,预测金刚石刀具的寿命,也可以用来及时确定石材加工的效率 and 石材制品的质量。

参 考 文 献

- [1] Liao Y S, Luo S Y. Wear characteristics of sintered diamond composite during circular sawing [J]. Wear, 1992, 157: 325-337
- [2] 徐西鹏, 沈剑云, 黄辉. 花岗石加工用金刚石-金属复合材料磨损机理研究[J]. 复合材料报, 1998, 15 (1): 101-107
- [3] Wright D. N. The prediction of diamond wear in the sawing of stone[J]. IDR, 1986, 46 (5): 213-216
- [4] L. Carrino, W. Polini and S. Turchetta. Wear progression of diamond mills[J]. Diamond and Related Materials, 2003, 12: 728-732

作者简介: 黄 波, 男, 1973 生。博士研究生, 主要从事石材加工方面的研究工作。联系人: 山东大学机械工程学院 张进生教授 地址: 济南市经十路 73 号 邮编: 250061 联系电话: 13065000628 0531-8392008 电子信箱: huangb@sdu.edu.cn

(收稿日期: 2004-07-16)

(编辑: 张 慧)