

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.12.007

陶瓷空心球形复合超硬磨料 低温磨削特性实验研究*

崔仲鸣, 陈青秋, 韩亚光

(河南工业大学 机电工程学院, 河南 郑州 450007)

摘要: 针对空心球形复合超硬磨料的多微孔结构对磨削温度影响问题,研究了空心球形复合超硬磨料的结构,建立了空心球形磨料砂轮的磨削模型。从理论上分析了多微孔结构对砂轮的切削锋利度和携带冷却液能力的影响机制;运用温度测量系统,进行了陶瓷空心球形复合超硬磨料砂轮在不同磨削切深和不同冷却液供给量条件下的平面磨削温度实验研究,并分析了磨削温度随不同切深和冷却液供给量的变化趋势。研究表明,空心球形磨料砂轮的磨削温度明显低于传统超硬磨料砂轮,验证了空心球形磨料砂轮具有较锋利的切削刃和更好的携带冷却液能力,可有效降低磨削温度,是实现低温磨削的一种新途径。

关键词: 空心球形复合超硬磨料; 磨削温度; 低温磨削; 磨削实验

中图分类号: TH16; TG74 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2013)12-1477-04

Influence of multi-pore structure of ceramic hollow ball super hard abrasive on grinding temperature

CUI Zhong-ming, CHEN Qing-qiu, HAN Ya-guang

(School of Mechanical Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou 450007, China)

Abstract: In order to the influence of the multi-pore structure of the ceramic hollow ball super hard abrasive on the grinding temperature, the structure and grinding model of ceramic hollow ball composite super hard abrasive were investigated. The analysis of the mechanism of the effects of the multi-pore structure on depth of cut and flow of cooling fluid was made in theory. On the temperature, the effects of depth of cut and flow of cooling fluid were tested, varied trends of grinding temperature according to different depth of cut and flow of cooling fluid were analyzed. The experimental results show that the grinding wheel with hollow ball super hard abrasive has more holes in the working layer, it can carry more cooling fluid into the grinding area for heat exchanges and its grinding temperature is lower than normal super hard abrasives grinding wheel and thus reducing the grinding temperature can be.

Key words: hollow ball super hard abrasive; grinding temperature; low-temperature grinding; grinding experiment

0 引 言

磨削加工是传统的精密、超精密加工重要手段之一,在工业加工中得到了广泛应用。近年来由于超硬磨料的出现,磨削技术有了飞速发展,正朝着高速、高效、高精度磨削工艺及柔性复合磨削、绿色生态磨削方向发展^[1-2]。由于磨削中磨粒处于随机排布状态,磨

粒呈现的切削刃多数是负前角,因此比磨削能很高,并产生大量的热,引起磨削区温升。磨削温度过高,会引起磨削烧伤、应力、变形和砂轮磨损等现象,寻求低温磨削工艺是磨削研究中追求的目标^[3]。

改进磨削工具是降低磨削温度的重要途径之一,磨料是磨削工具的重要组成部分,通过改进磨料性能从而提高砂轮的磨刃锋利性、增加容屑空间,可达到降低磨削温度的目的。陶瓷空心球形复合超硬磨料就是

收稿日期: 2013-08-21

基金项目: 河南省重点科技攻关计划资助项目(112102210241)

作者简介: 崔仲鸣(1962-),男,河南郑州人,教授,硕士生导师,主要从事磨削加工技术、磨料磨具制造技术方面的研究。E-mail: czm@haut.edu.cn.

为此开发的一种新型磨料^[4],它具有球形空心结构,用其制造的砂轮具有球形空心微孔结构,在磨削中空球形磨料砂轮表现出容屑空间大、携带冷却液能力强和切削刃锋利等特性,在强力磨削、低温磨削和磨削难磨合金方面具有巨大的应用潜力^[5]。由于陶瓷空心球形复合超硬磨料出现时间比较短,目前,在其基础磨削工艺和应用技术研究方面缺乏理论基础的支撑和应用技术基础数据。

本研究通过实验对比的方式,研究陶瓷空心球形复合超硬磨料磨削参数对磨削温度的影响及其规律,为其低温磨削特性及其应用提供理论依据。

1 陶瓷空心球形复合超硬磨料结构

陶瓷空心球形复合超硬磨料是由陶瓷空心球壳体和壳体上熔覆超硬磨料颗粒构成的,空心球形复合超硬磨粒结构如图1所示。

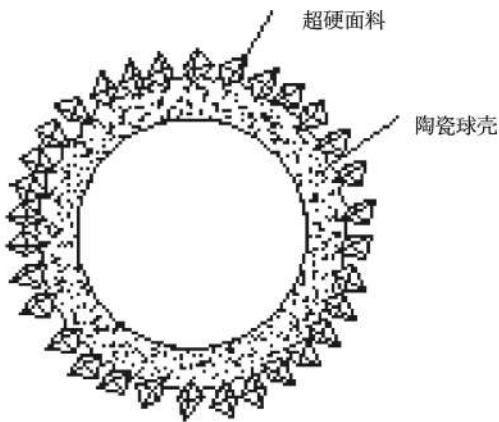


图1 空心球形复合超硬磨粒结构

其制造方法是:首先采用精细陶瓷原料经过电炉加热熔融,在特定的温度、压力和保护气条件下,采用喷吹工艺制成空心陶瓷球体;然后在特定温度下将超硬磨料微粉和低温陶瓷结合剂均匀涂附于陶瓷球体表面,经过烧结制成陶瓷球形结构的复合超硬磨料颗粒^[6]。

陶瓷空心球形复合超硬磨料外观形状如图2所示。



图2 空心球形复合超硬磨粒

空心球形复合超硬磨料最外层是超硬磨粒,其平均粒径为0.4 mm~1.0 mm,球体与超硬磨粒平均直径比为6~20:1。空心球形磨料在参与磨削的过程中,当附于其上的超硬磨料磨损后,在磨削压力作用下球壳会碎裂,形成新的刃口。

陶瓷空心球形复合超硬磨料在砂轮表面的分布情况如图3所示,表面有完整的球形颗粒也有破碎的颗粒。

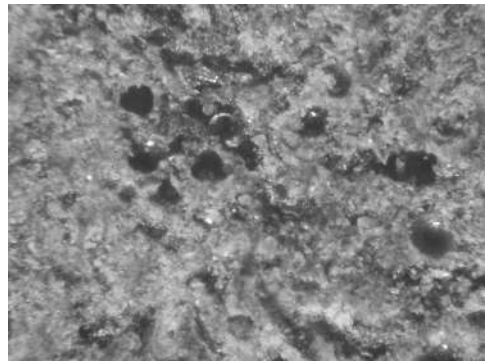


图3 空心球型复合超硬磨料在磨具中分布情况

2 陶瓷空心球形复合超硬磨料低温磨削机制

陶瓷空心球形复合超硬磨料砂轮结构和磨削状态如图4所示。砂轮由空心球形磨粒、结合剂、气孔和球形空隙构成。

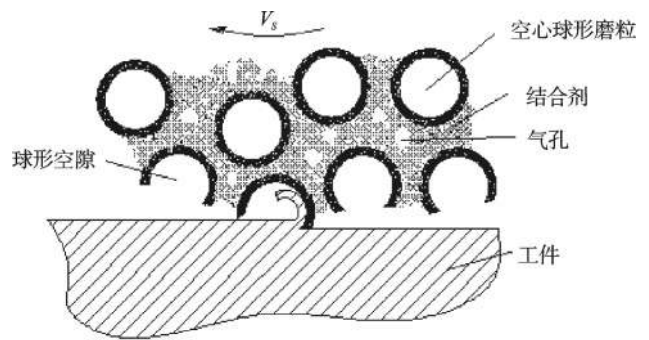


图4 陶瓷空心球形复合超硬磨料砂轮结构和磨削状态

传统的超硬磨料砂轮结构和磨削状态如图5所示。砂轮由单颗粒磨粒、结合剂和气孔组成^[7]。

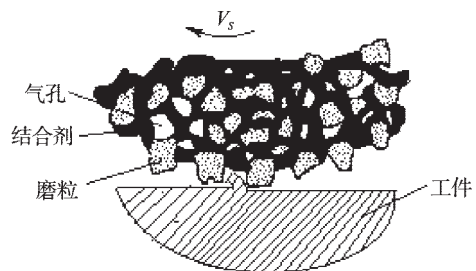


图5 传统超硬磨料砂轮结构和磨削状态

比较传统砂轮和空心球形复合超硬磨料砂轮的组织结构,可以看出:由于球形磨料的空心结构特性,空心磨料在磨削层形成了更多的气孔。此外,在砂轮工作表面,部分空心磨粒呈现部分破碎状,使得砂轮表面形成充分的容屑空间和锋利的切削刃。这些结构特性大大提高了砂轮磨削表面的容屑、携带冷却液的能力和切削刃口的锋利性,对提高砂轮的磨削能力有积极作用。在磨削过程中,这些半球形空间可以将更多的冷却液携带入磨削弧区参与热量交换,从而带走更多的热量,大大降低磨削温度^[8-9]。

3 磨削温度特性实验

3.1 实验条件

磨削温度测温实验装置的装置原理如图6所示。工件作为一极、热电偶丝作为另外一极,形成半人工热电偶。利用工件和康铜丝两种材料的热物理特性不同,在形成搭接时,在不同的温度下,形成不同的电讯号,通过电荷放大器,输入信号采集卡,再通过计算机显示磨削区温度^[10]。

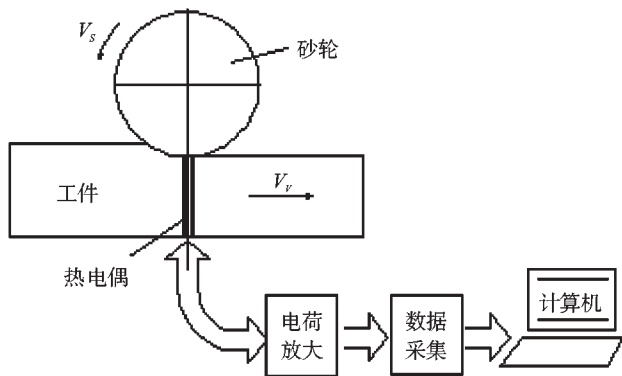


图6 磨削测温装置原理图

实验的磨削条件和工艺参数:

实验机床为精密平面磨床MM7120,磨削工件材料45钢,磨削速度45 m/s,磨削切深为0.01 mm~0.06 mm,水基冷却液流量40 L/min~120 L/min;

陶瓷空心球形复合超硬磨料砂轮外形尺寸为P290×25×127,磨料为170/220粒度CBN磨粒,球形复合磨粒粒径0.60 mm,结合剂为树脂结合剂,磨料与结合剂体积比为4.5:5.5;

单晶CBN磨料树脂结合剂砂轮外形尺寸为P290×25×127,磨料为140/170粒度CBN,浓度为100%。

3.2 磨削切深对复合超硬磨料砂轮磨削温度的影响

磨削速度为45 m/s,冷却液供给流量60 L/min,磨削切深0.01 mm~0.06 mm。在磨削速度、冷却液供给量不变的条件下,不断增加磨削深度,分别测量陶瓷

空心球形复合CBN磨料树脂结合剂砂轮和单晶CBN磨料树脂结合剂砂轮的磨削温度。对每个切深磨削过程多次测量磨削区温度,并取平均值作为该磨削过程的磨削温度。

两种砂轮的磨削温度与磨削切深关系曲线如图7所示。

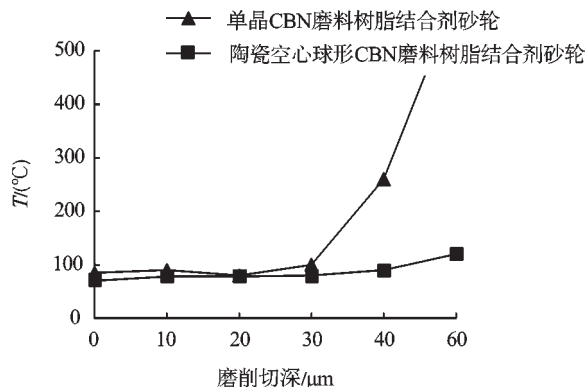


图7 两种砂轮的磨削温度与磨削切深关系曲线

图7中,在切深增加的情况下,两种砂轮磨削温度总的趋势为上升,但温度上升的速率大不相同。单晶CBN磨料树脂结合剂砂轮随着磨削切深的增加磨削温度增加较快,当切深超过一定的深度时,温度急剧增加,甚至出现烧伤现象。而陶瓷空心球形复合CBN磨料树脂结合剂砂轮磨削温度增加平缓,且在切深实验的整个过程中也没有出现磨削温度急剧增高的情况。这说明砂轮的结构不同能明显地影响磨削区温度,砂轮组织中拥有较大的空隙,可以为磨削加工提供较大的容屑空间,从而提高砂轮的切削能力、减少磨削热量的产生。

实验结果表明,陶瓷空心球形复合超硬磨料砂轮组织中具有比传统的树脂结合剂超硬磨料砂轮更多的空隙,在较大的切除量情况下,仍然有良好的容屑空间来容纳磨屑、保持良好的砂轮表面形貌和磨刃的锋利性,避免了因为砂轮的堵塞引起的磨削能力丧失、磨削温度剧增现象。

3.3 冷却液供给量对复合超硬磨料砂轮温度的影响

磨削速度为45 m/s,磨削切深0.02 mm,冷却液供给流量40 L/min~120 L/min。在磨削切削深度、磨削速度不变的条件下,改变冷却液供给流量,测试陶瓷空心球形复合CBN磨料树脂结合剂砂轮和单晶CBN磨料树脂结合剂砂轮的磨削温度,对每种冷却液供给流量下磨削过程多次测量磨削区温度,并取平均值作为该磨削过程的磨削温度,以分析空心球磨料砂轮携带冷却液的能力。

两种砂轮的磨削温度与冷却液供给量关系曲线如图8所示。

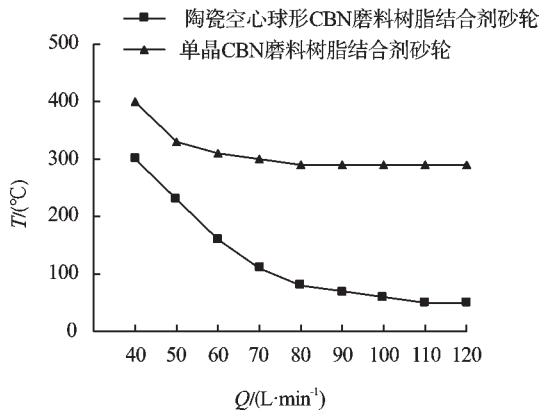


图8 两种砂轮的磨削温度与冷却液供给量关系曲线

图8中,随着冷却液供给量的增加,磨削温度总体呈下降趋势,但两种砂轮磨削温度下降的速度和幅度有很大差别。单晶CBN磨料树脂结合剂砂轮随着冷却液供给量的增加,开始时磨削温度程线性下降,但当冷却液供给量达到一定量时,磨削温度下降缓慢,几乎不再下降,呈现饱和状态。而陶瓷空心球形CBN磨料砂轮的磨削温度随着冷却液供给量的增加下降明显,下降区间长,一直到了100 L/min温度下降才趋于平缓,且最低的磨削温度降至100℃以下。这是因为虽然冷却液可以带走磨削区产生的热量,从而使磨削温度降低,但是由于磨削区是一个几乎封闭的区间,可以进入磨削区的冷却液有限,也就是说磨削区可容纳冷却液的空间也是有限的^[11],如果砂轮表面没有足够的容屑空间,尽管供给大量的冷却液但也无法被带入磨削区。

上述实验结果表明,空心球型磨料砂轮较传统砂轮具有更多的空隙能更好地携带冷却液进入磨削区,带走热量,实现低温磨削。

4 结束语

由于空心球磨料具有微孔结构,用它制造的磨具较传统砂轮拥有更大的容屑空间,空心球形复合超硬磨料砂轮具有传统砂轮没有的一些特色,其中低温磨削特性是其优点之一。

本研究结果表明:

(1) 在磨削过程中采用陶瓷空心球形复合超硬磨料制造的砂轮具有较锋利的切削刃和较多容屑空间,较传统超硬磨料砂轮更适合大的切除率工作;

(2) 同时空心球形磨料砂轮较多的空隙具有强的携带冷却液进入磨削区的能力,在磨削中可以有效降低磨削温度。

这些也表明陶瓷空心球形复合超硬磨料在高效磨削、强力磨削和加工难磨合金等方面具有较大的应用潜力。

参考文献(References):

- [1] 赵恒华,宋涛,蔡光起. 磨削加工技术的发展趋势[J]. 制造技术与机床,2012(1):55-58.
- [2] TONSHOFF H K. Grinding Process Achievements and their Consequences on Machine Tools Challenges & Opportunities [C]// Keynote Paper, Annals of CIRP,1998:107-109.
- [3] 郭力,李波,盛晓敏,等. 工程陶瓷磨削温度研究的进展[J]. 中国机械工程,2007,18(19):2388-2393.
- [4] 刘星,刘曙光,孙学义. 空心球形复合磨料简介,中国研磨网,2008,12(1):23-24.
- [5] 李勋,刘佳,陈志同,等. 高温不锈钢的磨削温度测量与烧伤现象分析[J]. 北京航空航天大学学报,2010,36(7):831-835.
- [6] 范文捷,陈金环,刘芳. 不同化学成分的玻璃对超硬材料陶瓷磨具性能影响的研究[J]. 金刚石与磨料磨具工程,2007(2):53-57.
- [7] 李伯民,赵波. 现代磨削技术[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [8] 毛聪. 平面磨削温度场及热损伤的研究[D]. 长沙:湖南大学机电学院,2008.
- [9] 刘业凤,赵欢欢,蔡宇琳. 绿色磨削用新型低温冷风发生装置的系统设计与性能测试[J]. 流体机械,2012,40(1):73-75,60.
- [10] 谢桂芝,黄含,徐西鹏,等. 氮化硅陶瓷高效深磨温度的研究[J]. 机械工程学报,2009,45(3):109-114.
- [11] 康仁科,原京庭,任敬心. 陶瓷结合剂CBN砂轮磨削难加工材料时磨削液的作用[J]. 西北工业大学学报,2000,18(4):528-530.

[编辑:张翔]

本文引用格式:

崔仲鸣,陈青秋,韩亚光. 陶瓷空心球形复合超硬磨料低温磨削特性实验研究[J]. 机电工程,2013,30(12):1477-1480.

CUI Zhong-ming, CHEN Qing-qiu, HAN Ya-guang. Influence of multi-pore structure of ceramic hollow ball super hard abrasive on grinding temperature[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering,2013,30(12):1477-1480.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>