

SiC 工件 ELID 磨削性能

肖 强^{1,2}

(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 通过 ELID(在线修整砂轮)磨削方法对 SiC 进行磨削试验,从材料去除机理、砂轮粒度的选择、切削深度等方面探讨了 SiC ELID 磨削参数的选择。实验表明:砂轮粒度、切削深度对加工质量影响较大,在磨削效率和加工工件的表面质量等因素的综合分析基础上,找到优化的工艺参数,使效率和精度达到最高。在本试验条件下,用粒度为 W3.5 的金刚石砂轮磨削 20 min,表面粗糙度可达到 0.023 μm 。

关键词 ELID 磨削,材料去除机理,切削深度,粒度

ELID Grinding Performance of SiC

Xiao Qiang^{1,2}

(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 SiC is very hard and crisp and it is difficult to accurately machine SiC components. Through the electrolytic in-process dress(ELID) grinding experiment, selection of experiment parameters for grinding was analyzed and discussed in the aspects of the material removal mechanism, the cutting depth and single abrasive grain. The results indicated that single abrasive grain and the cutting depth affected the surface roughness. Based on analysis about surface finish and efficiency, the processing parameter was optimized. In the experiment, surface finish reached 0.023 μm by using diamond grinding wheel of W3.5 during 20 min.

Key words ELID grinding, Material removal mechanism, Cutting depth, Abrasive grain

0 引言

SiC 以其特有的大禁带宽度、高临界击穿场强、高电子迁移率、高热导率等特性,成为制造高温、高频、大功率、抗辐照及光电集成器件的理想材料,在微电子、光电子领域起到独特作用。同时它具有高弹性模量(270~310 GPa)、较高热导率[172 W/(m·K)]、耐热冲击性、机械能各向同性等优良性质,成为空间光学和高能激光领域的理想反射镜材料。SiC 的应用要求晶片表面超光滑、无缺陷、无损伤, SiC 的加工质量和精度直接影响器件的性能。由于 SiC 的莫氏硬度为 9.2,仅次于金刚石,且其脆性大,因此高精度、高效率的加工成为一个难题。目前对 SiC 切割、磨削的工艺性能研究还远远不够,对 SiC 性能的研究变得越来越迫切^[1]。本文通过在线修整砂轮(ELID)磨削技术探讨 SiC 的

磨削性能,通过试验探讨砂轮粒度、磨削深度等对加工表面的影响,从而对 SiC 进行高精度、高效的超精密加工。

1 ELID 磨削原理

金属结合剂超硬磨料砂轮与直流脉冲电源正极相连做阳极,工具电极做阴极,在砂轮外表面和电极的间隙中通过电解磨削液,利用电解过程中的阳极溶解效应,砂轮表层的金属基体被电解去除,露出崭新锋利的磨粒,同时形成一层氧化膜覆着于砂轮表面,抑制砂轮过度电解,从而使砂轮始终以最佳磨削状态连续进行磨削加工(图 1)。该技术将砂轮修整与磨削结合起来,在利用金属基砂轮进行磨削加工的同时,利用电解方法对砂轮进行修整,从而实现对硬脆材料的超精密镜面磨削。

收稿日期:2008-12-19;修回日期:2009-06-05

作者简介:肖强,1976 年出生,博士研究生,主要从事材料的超精密加工工作。E-mail: jeff1976@163.com

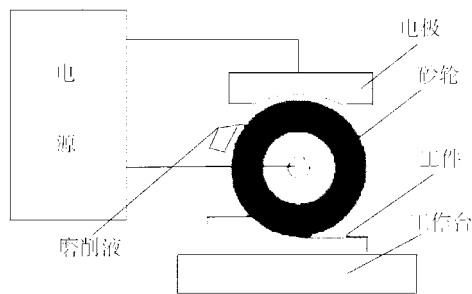


图1 ELID 磨削原理图
Fig.1 Principle of ELID

2 SiC 的 ELID 磨削机理分析

SiC 较脆,磨削时易在加工表面产生裂纹。为了有效控制磨削表面产生裂纹,把磨削深度控制在几十纳米或几纳米,脆性材料磨削过程中的去除机制则由脆性崩裂变为塑性流动,塑性磨削技术可以获得只有研磨抛光才能达到超光滑表面。传统的磨削在开始的时候,金刚石颗粒凸露在外面,砂轮较锋利,能够实现精密切削。但随着时间的进行,已经磨钝的金刚石颗粒不能从砂轮基体脱落或是砂轮堵塞,使砂轮表面变钝,这样继续摩擦工件使已经加工好的表面产生刮伤,造成表面质量的下降。

ELID 磨削主要是使用金刚石砂轮对难加工材料进行超精密磨削,磨削具有很大的负前角和较大的切削刃钝圆半径,一般前角可达 -45° ,切削刃钝圆半径可达 $100\ \mu\text{m}$,因此在切削过程中磨削形成耕犁(隆起)、滑擦(滑动和摩擦现象)。如图2所示,一颗磨粒切削刃的切入深度是从零开始逐渐增加,到达最大值再逐渐减小,最后到零。磨削时在磨粒与工件的接触过程中,开始是弹性变形区,进而是塑性区、切削区、塑性区,最后是弹性区,即一颗磨粒在切削过程中经历了滑擦、耕犁、微切削、耕犁、滑擦的运动过程,由此可知,在 ELID 超精密磨削时,有微切削作用、塑性流动和弹性破坏作用,同时还有滑擦作用,从而实现塑性去除材料过程^[2]。

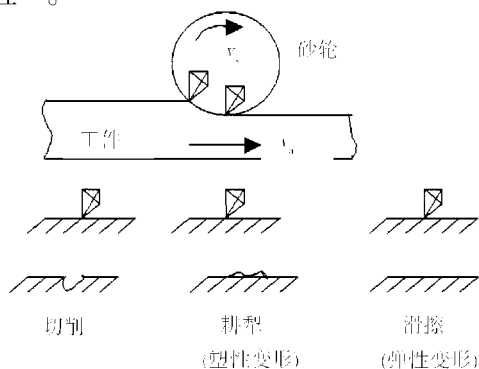


图2 单个磨粒的磨削模型表面
Fig.2 Individual grinding model

3 试验

改装的 M7120 平面磨床, W40、W10、W3.5 的铸铁基金刚石砂轮, ELID 镜面磨削高频脉冲电源, HD-MY—200 磨削液。

试验设计:分别用 W40、W10、W3.5 不同粒度的砂轮作磨削试验,测得在不同粒度砂轮条件下的磨削力及相应参数条件下的表面质量。在每一组 ELID 磨削前,首先对砂轮进行预电解修锐,使砂轮通过对基体结合剂铸铁的电解去除,获得适当的突出量,即出刃高度和合理的容屑空间,预修锐一般为 $15\sim 30\ \text{min}$ 。在预修锐与磨削过程中各组磨削电解参数保持不变。试验参数:工作台横向速度 $0.04\ \text{m/s}$,电极间隙 $0.5\ \text{mm}$,脉间/脉宽为 $24\ \mu\text{s}/24\ \mu\text{s}$,电压 $60\ \text{V}$ 。

4 结果与讨论

4.1 ELID 磨削砂轮粒度大小的选取

在 ELID 镜面磨削中,铁基金刚石砂轮颗粒有三种束缚状态,一种是由铁基与氧化膜共同束缚;一种完全是由氧化膜束缚;还有一种是磨钝金刚石颗粒被氧化膜束缚,当磨削力超过氧化膜的束缚力时,磨钝的金刚石颗粒即从氧化膜中脱落下来,形成一些细小的颗粒,在磨削过程中对工件起着研磨作用。在 ELID 磨削中真正的磨削是由锋利的金刚石颗粒完成的,如果在磨削过程中金刚石颗粒始终保持锋利,工件的表面质量就好。ELID 磨削可以通过电解参数的改变,保证磨钝的金刚石颗粒及时脱落,使砂轮表面始终保持锋利,从而实现了滑擦、耕犁、微切削、耕犁、滑擦的整个运动过程,实现 SiC 的精密加工,因此在保证磨削精度的要求下可以采用微细砂轮。而传统的砂轮磨粒虽然微小,但易于产生磨屑堵塞砂轮而导致磨削力增加,从而影响表面质量。采用 ELID 磨削技术时 SiC 表面粗糙度随砂轮颗粒粒度的减小而降低,这主要是由于电解修整的特点决定的。磨削利用非线性电解作用在线修整砂轮,其电解修整不象其他机械修整方法那样,造成磨粒的崩碎,形成更细的微刃,电解修整只能使原有埋在结合剂中的磨粒突露出来。因此电解修整砂轮的切削微刃与砂轮磨粒粒度有着非常密切的关系。试验中采用的砂轮磨粒粒度越细,磨削表面的粗糙度越小^[3-4]。

4.2 磨削深度对磨削力的影响

当工作台进给速度为恒定值时,只改变磨削深度,测得的磨削力如图3所示。由图3可看出,磨削力随磨削深度的增加而增加,这是因为随着磨削温度的增大,使接触弧长增加,同时参加切削的有效磨粒总数增加,又使单颗磨粒的切削厚度增加。因此,随磨削深度增加,使磨削力逐渐增加,且影响最为显著。在同一个

(下转第 80 页)