

DOI:10.15923/j.cnki.cn22-1382/t.2018.2.11

超声振动铣削碳纤维复合材料铣削力试验分析

李 红¹, 王大镇²

(1.集美大学诚毅学院 机械工程系, 福建 厦门 361021;

2.集美大学 机械学院, 福建 厦门 361021)

摘 要:以 C/C 复合材料为研究对象,为探究碳纤维复合材料的超声振动铣削力形成机理,采用基于切削三要素的单因素实验方案对其进行高速切削实验研究。结果表明,三向切削力与切削速度之间呈现出明显的负相关,随着切削速度的逐渐增大,三向切削力呈现出明显减小的趋势,切削深度和进给量与切削力之间都呈现出明显的正相关关系。

关键词:复合材料; 铣削; 切削力; 切削参数

中图分类号: TH 16 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-1374(2018)02-0168-04

Experimental analysis for the milling force of ultrasonic vibration milling carbon fiber composites

LI Hong¹, WANG Dazhen²

(1.Institute of Chengyi, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2.School of Mechanics, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: Taking C/C composites as examples, we apply the three-factor based single-factor experiment for the cutting test, to study the formation mechanism of ultrasonic vibratory milling force of carbon fiber composites. The results indicate that the three-direction cutting force is negatively correlated with the cutting speed. With the increasing of cutting speed, the force will decrease significantly. There is a clear positive correlation between the force and both the cutting depth and feed rate.

Key words: composite material; milling; cutting force; cutting parameter.

0 引 言

碳纤维复合材料因其具有较好的韧性和强度等优点,已经被广泛应用到机械制造等相关领域。时至今日,国内外诸多专家学者对碳纤维复合材

料的切削加工进行了相关研究,并且产出了相关的科研成果。冷小龙等^[1]研究了钻削工艺对复合材料/金属叠层板孔质量的影响;林有希等^[2]对碳纤维增强复合材料正交切削加工性能进行了相关的数值分析;武强等^[3]研究了含能材料防护屏在

收稿日期: 2018-02-20

基金项目: 福建省教育厅中青年教师教育科研项目(JAT170916); 福建省自然科学基金资助项目(2015J01215)

作者简介: 李 红(1981—),女,汉族,辽宁盖州人,集美大学诚毅学院讲师,硕士,主要从事先进制造技术、精密和特种加工理论与技术方向研究,E-mail:dazhenwang@163.com.

球形弹丸超高速撞击下的穿孔特性;杨小璠等^[4]使用硬质合金刀具对碳纤维复合材料进行了切削加工研究;高石鑫^[5]对碳纤维复合材料桥塞的高速切削技术进行了研究;董辉跃等^[6]对碳纤维复合材料/钛合金叠层螺旋铣孔的加工工艺进行了研究;高汉卿^[7]对碳纤维增强树脂基复合材料宏观切削过程进行了仿真分析;李志凯^[8]对碳纤维增强复合材料进行了切削实验与仿真研究;叶衔真^[9]对碳纤维复合材料制件的切削工艺进行了优化设计;周鹏^[10]对碳纤维复合材料工件切削表面粗糙度测量方法进行了研究;牛红伟等^[11]研究了碳纤维增强复合材料与金属钎焊。虽然诸多专家学者对其进行了大量研究,但是大都集中在工艺方面,对于 C/C 复合材料的切削加工研究等方面尚未成熟,因此,文中通过实验和仿真方法对 C/C 复合材料进行超声振动铣削加工研究,对其切削加工工艺的优化有较强的指导意义。

1 实验材料设备及方法

实验材料选择 C/C 复合材料,高速切削实验在 KV1000-V5 数控加工中心进行,实验过程中使用 K1 三向测试仪对切削力进行测试,具体的高速切削实验方案见表 1。

表 1 切削实验方案

序号	切削速度 v / (m/min)	切削深度 a_p / mm	进给量 f / (mm/z)
1	80	2.0	0.075
2	120	2.0	0.075
3	160	2.0	0.075
4	200	2.0	0.075
5	240	2.0	0.075
6	200	1.5	0.075
7	200	2.0	0.075
8	200	2.5	0.075
9	200	3.0	0.075
10	200	3.5	0.075
11	200	2.0	0.025
12	200	2.0	0.050
13	200	2.0	0.075
14	200	2.0	0.100
15	200	2.0	0.125

2 结果及讨论

2.1 实验结果

不同切削速度对 C/C 复合材料高速切削三向切削力的影响关系如图 1 所示。

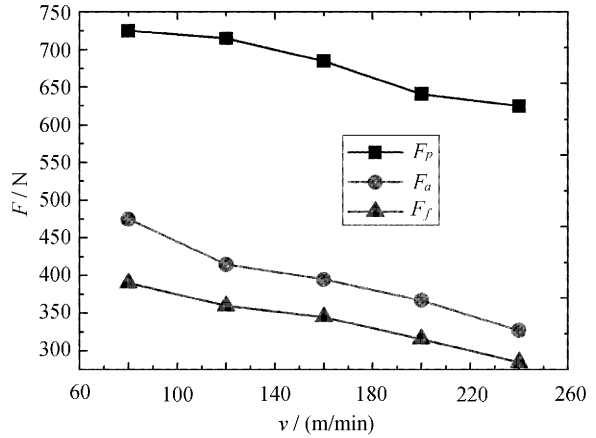


图 1 三向切削力与切削速度关系

从图 1 可以看出,三向切削力与切削速度之间呈现出明显的负相关,随着切削速度的逐渐增大,三向切削力呈现出明显减小的趋势。其中,背向切削力约为其它两向切削力的 2 倍。究其原因在于:随着切削速度的逐渐增大,切削加工过程中产生的热量有一定的增加,极大部分热量被切屑带走,少量热量传递到刀具,因此切削热对于刀具磨损的影响较小。相比之下,切削热对复合材料起到一定的温度热软化效应,因此致使切削力逐渐减小。

三向切削力与切削深度的影响关系如图 2 所示。

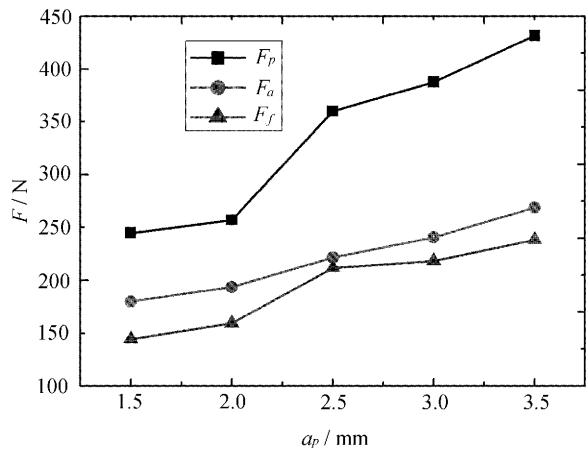


图 2 三向切削力与切削深度的关系

从图 2 可以看出,切削深度与切削力之间呈现出明显的正相关关系。随着切削深度的增大,

三向切削力呈现出明显的增大。其中,背向切削力呈现出线性增大的趋势,主切削力的增大呈现出了区域性。分析原因在于:随着切削深度的增大,材料的每刀去除率增加,导致切削加工过程中的切削热增多,变形抗力增大,致使切削力呈现出增大的趋势。

三向切削力与进给量之间的变化关系如图 3 所示。

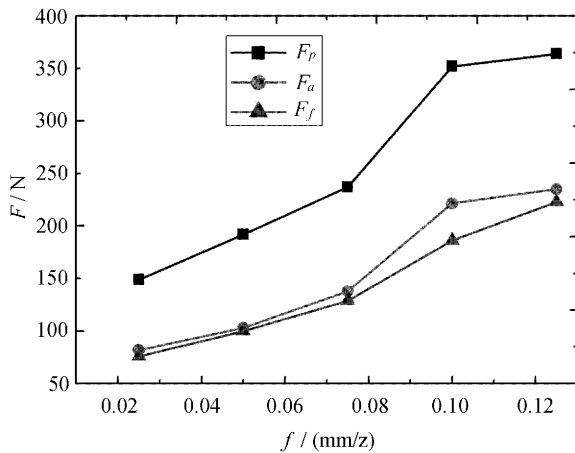


图 3 三向切削力与进给量的关系

从图 3 可以看出,切削力与进给量之间也呈现出明显的线性关系,随着进给量的增大,三向切削力也呈现出明显增大的趋势。虽然进给量和切

削深度在切削过程中的贡献方式基本一致,但是进给量与切削力的关系同切削深度仍然存在一定的不同,不同的进给量下,三向切削力的区域化不明显。

2.2 仿真分析

高速切削的几何模型和网格单元如图 4 所示。

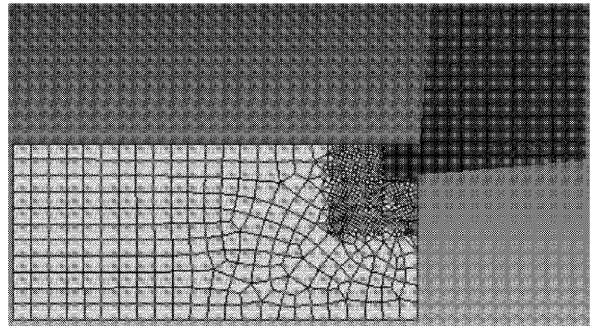


图 4 网格单元

其中刀具定义为塑性体,工件的材料属性定义采用 J-C 本构方程,网格单元为 C3D8 单元类型。

切削速度为 200 m/min 时,不同历程的高速切削应力云图如图 5 所示。

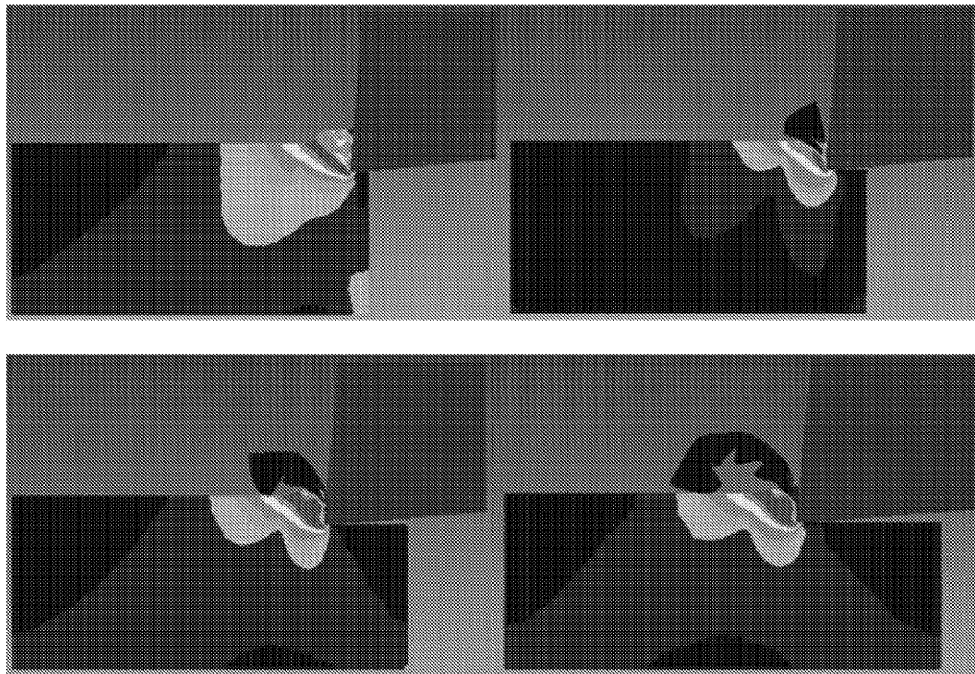


图 5 有限元分析应力云图

从图5可以看出,在切削加工的初始阶段,接触应力的范围较大,随着切削进入稳态过程,切削的绝热剪切区的宽度基本稳定,切屑呈现出锯齿形切屑。

3 结 语

1)三向切削力与切削速度之间呈现出明显的负相关,随着切削速度的逐渐增大,三向切削力呈现出明显减小的趋势。切削深度和进给量与切削力之间都呈现出明显的正相关关系。

2)在切削加工初始阶段,接触应力的范围较大,随着切削进入稳态过程,切削的绝热剪切区的宽度基本稳定,切屑呈现出锯齿形切屑。

参考文献:

- [1] 冷小龙,李鹏南,邱新义,等.钻削工艺对复合材料/金属叠层板孔质量的影响[J].兵器材料科学与工程,2017(6):1-5.
- [2] 林有希,陈德雄,任志英,等.碳纤维增强复合材料正交切削加工性能数值分析[J].福州大学学报:自然科学版,2017(5):1-8.
- [3] 武强,张庆明,龙仁荣,等.含能材料防护屏在球形弹丸超高速撞击下的穿孔特性研究[J].兵工学报,2017(11):2126-2133.
- [4] 杨小璠,李友生,李凌祥,等.硬质合金高温性能对碳纤维复合材料切削加工的影响研究[J].金刚石与磨料磨具工程,2017(5):45-49.
- [5] 高石鑫.碳纤维复合材料桥塞切削技术研究[D].沈阳:沈阳航空航天大学,2017.
- [6] 董辉跃,陈光林,周兰,等.碳纤维复合材料/钛合金叠层螺旋铣孔工艺[J].复合材料学报,2016(6):1-11.
- [7] 高汉卿.碳纤维增强树脂基复合材料宏观观切削过程仿真[D].大连:大连理工大学,2016.
- [8] 李志凯.碳纤维增强复合材料切削实验与仿真研究[D].南昌:南昌航空大学,2014.
- [9] 叶衔真.碳纤维复合材料制件切削工艺优化[D].厦门:集美大学,2014.
- [10] 周鹏.碳纤维复合材料工件切削表面粗糙度测量与评定方法研究[D].大连:大连理工大学,2011.
- [11] 牛红伟,赵宇,刘多,等.碳纤维增强复合材料与金属钎焊研究[J].长春工业大学学报,2016,37(5):442-448.