

碳/环氧复合材料钻孔刀具磨损机理研究

赵建设 李仲平

(航天材料及工艺研究所,北京 100076)

文 摘 对高速钻削碳/环氧复合材料的刀具磨损特性、刀具磨损对钻削力的影响等进行了研究。结果表明:钻削碳/环氧复合材料时,刀具磨损的原因主要是磨粒磨损(或质点磨损),随着刀具磨损的加剧,轴向力持续增加,扭矩的增加逐渐趋于平缓,因此控制刀具磨损是减小轴向力最有效的手段之一。

关键词 碳/环氧复合材料,高速钻孔,刀具磨损

Study of Drilling-Bit Wear for Carbon-Epoxy Composites

Zhao Jianshe Li Zhongping

(Aerospace Research Institute of Materials and Processing Technology, Beijing 100076)

Abstract In order to study intensively drilling-bit wear on high speed drilling of carbon-epoxy composites, this paper discusses the thesis studied the characteristics of drilling-bit wear and its effect on drilling forces. It is discovered that the wear is mainly abrasive one. With the worsening of drilling-bit wear, the Z-axis force increases steadily and the torque increases gently. Therefore, it is an optimum means for drilling forces to control drilling-bit wear.

Key words Carbon-Epoxy composites, High speed drilling, Drilling-Bit wear

1 引言

高速钻孔能显著提高碳/环氧复合材料的钻孔质量,是碳/环氧复合材料钻孔技术的发展方向之一。但带来的突出问题是刀具磨损严重,耐用度低^[1~4]。为了了解高速钻削碳纤维复合材料的刀具的磨损机理,提出提高刀具耐用度的方法和途径,为高速钻孔技术的工程应用奠定基础,本文对钻削碳/环氧复合材料时刀具的磨损情况进行了试验研究,分析了高速钻削碳/环氧复合材料时刀具的磨损特性,以及刀具磨损引起的切削力变化情况。通过实验和结果的分析,对高速钻削碳/环氧复合材料时刀具的磨损机理有了更进一步的认识。

2 实验

2.1 实验仪器

实验是在图 1 所示的卧式高速钻削实验台上进

行的,在表 1 所述条件下进行钻削试验,记录钻削时的扭矩和轴向力,每钻 10 个孔测量一次钻头后刀面磨损宽度值 V_B 。实验中用工具显微镜测量 V_B ,用扫描电子显微镜观察后刀面的磨损形态和磨损形式。

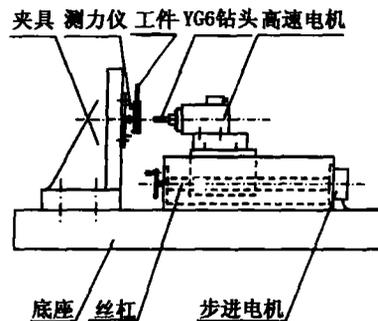


图 1 高速钻削试验台

Fig 1 Test stand for high speed drilling

收稿日期:2005-10-23

作者简介:赵建设,1968年出生,高级工程师,主要从事复合材料的加工及工艺研究

表 1 钻削参数

Tab 1 Drilling parameters

刀具			工件材料	切削参数	
刀具材料	刀尖形式	直径/mm		转速 / $r \cdot \text{min}^{-1}$	进给速度 / $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$
YG6X	四平面修磨横刃钻头	5.5	多向碳/环氧,厚度 15 mm	15 000	36

2.2 实验内容

(1) 刀具磨损特性试验; (2) 刀具磨损对钻削力的影响试验。

3 结果及讨论

3.1 刀具磨损特性试验

图 2 为后刀面磨损量与钻孔数的关系曲线。从图中看出: 刀具磨损量随钻孔数的增加而增大。在初期磨损阶段, 钻头后刀面磨损较快, 随着钻孔数的增多, 硬质合金钻头后刀面磨损速度减小。这是因为碳/环氧复合材料属于脆性材料, 切削时形成崩碎切屑^[5-6], 切削力集中在切削刃近旁的很小面积上, 使得刀刃附近的碳纤维与刃口的局部接触压力较大, 同时, 切削力的不稳定对刀具存在一定的冲击性, 而硬质合金钻头由于其弯曲强度和韧性较差, 所以在开始钻削阶段, 即刀具比较锋利时磨损较快。随着刀具磨损, 刀刃的刃口圆弧半径增大, 承受切削力的面积增大, 所以其磨损速度降低。

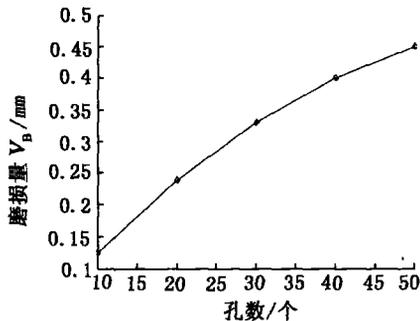


图 2 后刀面磨损量与钻孔数关系曲线

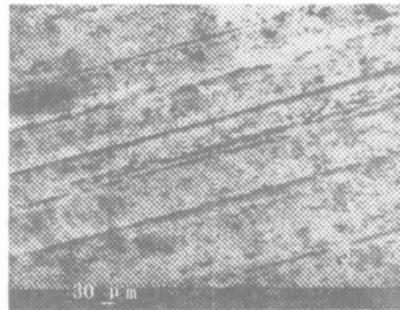
Fig 2 Curve of drilling-bit wear and holes number

图 3 是钻削 50 个孔后刀具磨损形貌。从图 3 (a) 中可以看出: 刀具磨损是从中心向外缘加大, 且多发生在后刀面和横刃处, 尤以后刀面磨损最大。从图 3 (b) 中可以看出: 后刀面上有明显的划痕, 这些划痕规则, 相互平行, 且与切削方向一致, 与低速时相同。这是因为在切削过程中, 由于碳纤维的弹性恢复而挤压刀具后刀面, 使刀具后刀面与被加工

材料的接触压力增大, 纤维断口以很高的速度摩擦后刀面, 因而产生近乎于磨削作用的微切削, 在刀具的后刀面上划出沟槽, 使刀具产生质点磨损, 因此后刀面磨损最严重。



(a) 251 ×



(b) 1 260 ×

图 3 刀具磨损形貌

Fig 3 Drilling-bit wear shapes

3.2 刀具磨损对钻削力的影响

图 4 是钻头磨损对钻削力的影响实验曲线。从图 4 (a) 中可以看出: 随着钻头磨损量的增加, 轴向力和扭矩都随之增大, 但扭矩增大到一定程度后, 增加速度减缓, 而轴向力则持续增加。从图 4 (b) 中可以看出: 随着磨损的加剧, 轴向力和扭矩都相应增大, 但轴向力持续增加而扭矩的增加逐渐趋于平缓。这是因为轴向力主要是由横刃产生的, 因此轴向力持续增加说明横刃磨损是持续加剧的, 但横刃处扭矩较小, 其磨损对扭矩影响相对较小, 而引起扭矩变

化的后刀面磨损是逐渐减缓的,所以扭矩增加趋于平缓。

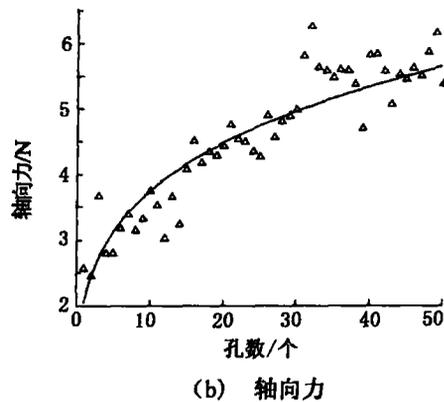
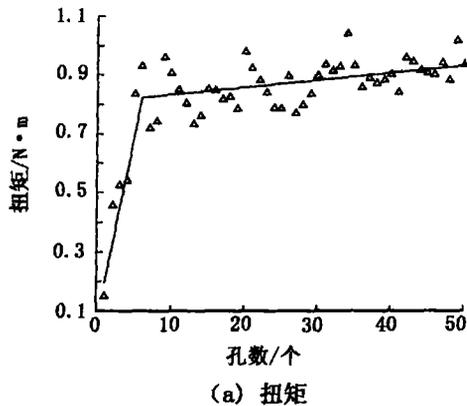


图 4 钻头磨损对钻削力的影响

Fig 4 Effects of drilling-bit wear on torque

4 结论

(1)钻削碳/环氧复合材料时,刀具磨损的原因主要是磨粒磨损;

(2)随着刀具磨损的加剧,轴向力持续增加,扭矩的增加逐渐趋于平缓。

参考文献

- 1 罗鸿涛,陈鼎昌.难加工材料切削加工学.北京:北京航空航天大学出版社,1988:5
- 2 魏金华.复合材料的切削机理研究.北京航空学院硕士学位论文,1988

- 3 胡凡.复合材料钻削加工的研究.北京航空学院硕士学位论文,1985

- 4 张厚江.碳纤维复合材料钻削加工技术的研究.北京航空航天大学博士学位论文,1998

- 5 William's R A. A study of drilling process Transaction of the ASME, 1984; 1: 207 ~ 1 215

- 6 花歧伸作等. CFRP切削における工具磨耗机构.日本机械学会论文集(C编),1994;60卷 559号(1):297~302

(编辑 任涛)

(上接第 63页)

5 结论

(1)多气囊整体成型技术可比较容易地实现多腔室(多槽或格栅结构)复杂结构件的整体成型。

(2)固化过程中,应根据不同气囊容积的大小,合理调控气囊的内压,是控制制件规整度的关键。

(3)气囊成型复合材料制件的工艺效果比较理想,和常规成型工艺相当。

参考文献

- 1 赵渠森,申屠年.先进复合材料制造技术,高科技纤维与应用,1999;24(5):10
- 2 陈绍杰.浅谈复合材料的整体成形技术.高科技纤维与应用,2005;30(1):6
- 3 赵亮,陈红光.整体成形复合材料弹翼的研制.航天

工艺,1999;(6):16

- 4 Moser D J. Inflatable mandrel fabrication technology: Advantages for the Containment of Rocket Propellants, AIAA 92-3058

- 5 梁宪珠,徐洪波,王海清.非开敞(闭合或半闭合)复合材料构件制造技术.见:第十三届全国复合材料学术会议论文集,2004:801

- 6 洪旭辉,张扬. Kevlar军用头盔盔壳的研制.见:第十三届全国复合材料学术会议论文集,2004:841

- 7 航空航天工业部科学技术研究院.复合材料设计手册.北京:航空工业出版社,1990:132

(编辑 任涛)