

讨论与建议

阔叶树材高速铣削刀具的磨损规律

郭幼丹

(集美大学, 福建厦门 361021)

摘要: 基于涂层刀具的摩擦学机理,以福建青冈、米槠、泡桐等阔叶树材为代表,进行氮铝钛(TiAlN)涂层刀具高速铣削的试验。通过分析刀具的磨损形式和曲线,探讨刀具的磨损规律。试验结果表明,木材硬度、木材含水率以及不同的铣削方式,对刀具的磨损均会产生一定的影响。

关键词: TiAlN; 涂层刀具; 阔叶树材; 高速铣削; 磨损

中图分类号:S792;TG71

文献标识码:A

文章编号:1001-8654(2008)06-0028-03

Abrasion of High Speed Milling Tool for Hardwood Products

GUO You-dan

(Jimei University Fujian, Xiamen 361021, Fujian, China)

Abstract: High speed milling technology has made a great impact on the process improvement in the wood product industry. However, the abrasion of machine tools is still an obstacle for implementing high speed milling technology. To study the abrasion behavior of high speed milling tools, the author selected a widely-used TiAlN coated tool to mill three commercial hardwood samples. The result indicted that milling speed, sample hardness, moisture content, and grain direction had a considerable effect on tool wear. It was noticed that reducing friction with a proper tool coating was an effective way to minimize tool abrasion.

Key words: TiAlN; coated tool; hardwood; high speed milling; abrasion

高速切削作为集高效、优质、低耗于一身的先进加工技术,为传统的木材切削技术带来了革命性的变化。在常规切削加工中备受困扰的一系列问题,如加工精度低等,通过高速切削加工技术的应用,可以得到较好的解决,同时,高速铣削加工技术对切削刀具亦提出了更高的要求。表面涂层技术的发展与应用,使切削刀具的性能得到极大改善,为高速铣削加工技术在现代木制品加工上的应用,起到关键性的作用^[1]。

氮铝钛(TiAlN)作为一种新型刀具涂层材料,不但具有 TiN 的硬度和耐磨性,而且在切削过程中可以氧化生成 Al_2O_3 ,起到抗氧化和抗扩散磨损的作用,具有高硬度、高耐磨性、抗氧化磨损等优良特性^[2]。因此,TiAlN 刀具成为加工硬阔叶树材较为理想的刀具。但实际生产中,TiAlN 刀具在高速铣

削硬阔叶树材时仍存在磨损等问题,影响木制品的加工质量,在很大程度上制约了高速铣削技术在精密、超精密木制品加工中的应用。

笔者采用 TiAlN 涂层刀具,以加工几种常用阔叶树商品材为例,分析 TiAlN 涂层刀具高速铣削木材时的切削规律和刀具磨损规律,旨在为制定合理的加工工艺方案、延长刀具寿命和提高木制品加工质量提供依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

为了使试验具有广泛的代表性和对比性,选用福建龙岩地区产的3种不同硬度等级的阔叶树材:福建青冈(*Cyclobalanopsis chungii*)、米槠(*Castanopsis carlesii*)和泡桐(*Paulownia fortunei*),其端面硬度分别为137.6、40.0、22.5 N/mm²,弦面顺纹抗剪强

度分别为 23.2、10.6、5.2 N/mm²[3]。3 种木材含水率均为 14.5%。试样规格为(长×宽×厚)=(1 200~1 600) mm×(200~350) mm×200 mm。

1.2 试验设备与仪器

1) 设备 德国 DMG 公司的 DMC85 高速铣床, 主轴转速 18 000~30 000 r/min, 进给速度 12 m/min, 快移速度 24 m/min。

2) 刀具 TiAlN 涂层刀具, 球头铣刀, 直径 10 mm。圆周刃前角为 -3°时, 圆周刃第一后角为 13°, 第二后角为 24°; 底刃前角为 3°时, 圆周刃第一后角为 10°, 第二后角为 20°。

3) 刀具磨损测量装置 HITACHI S-570 型扫描电镜等数显工具显微镜。

1.3 试验方法

在刀具切削角度保持不变的前提下, 铣削加工阔叶树材工件, 检测 TiAlN 涂层刀具的磨损情况。通过改变木材树种、铣削方式和木材含水率等条件, 研究 TiAlN 刀具的磨损规律。

切削条件: 待铣削木制品工件的形状为曲面型。刀具走刀路径为直线。铣削长度为 6 种, 分别为 500、1 000、1 500、2 000、2 500、3 000 mm。切削速度 18 000 r/min, 进给速度 12 m/min。切削参数: 背吃刀量 0.4 mm, 每齿进给量为 1 mm。切削方式分 2 种, 即横纹铣削和顺纹铣削。

刀具磨钝标准: 后刀面磨损值 0.1 mm。

2 试验结果与分析

2.1 刀具的主要失效形态

试验结果表明, TiAlN 涂层刀具高速铣削阔叶树材时, 其主要的失效形式表现为磨损、涂层脱落和破裂等。

1) 磨损 TiAlN 涂层刀具在高速铣削木材时, 由于受摩擦、切屑冲击、温度条件等因素的影响, 刀刃和刀面将逐渐出现磨损和破损, 见图 1。当刀具磨损达到一定值时, 工件的表面粗糙度增大, 并伴有较强烈的振动, 使刀具失去切削能力, 无法保证切削过程的继续进行[4]。特别在横纹和节子的铣削过程中, 切断木材纤维时产生的摩擦加剧, 切削温度升高, 磨损现象更加严重。

2) 涂层脱落 刀具在高速铣削木材时, 刀具/工件摩擦产生的热量、木材中的水分, 可造成涂层材料与刀具基体的热膨胀。由于二者的系数不同, 刀具/工件接触区频繁的温度变化, 使涂层与基体之间产生

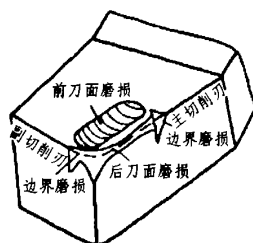


图1 TiAlN 涂层刀具的磨损形态

Fig.1 Typical abrasion of TiAlN coated tool

了较大的高频交变热应力。随着切削循环次数的增加, 逐渐出现刀具涂层脱落现象[5]。

由此可知, 摩擦、木材中的水分和温度变化, 是导致 TiAlN 涂层刀具高速铣削阔叶树材时失效的主要因素。因此, 减轻摩擦、选择适合的木材含水率、控制铣削过程中的温度变化, 是减少刀具磨损破坏、提高工件铣削加工质量的有效手段。

2.2 刀具的磨损曲线

不同加工条件下, TiAlN 涂层刀具在高速铣削 3 种不同硬度的阔叶树材时, 其磨损曲线见图 2~4。

从图 2 可见, TiAlN 刀具铣削 3 种木材时, 其后刀面平均磨损量均随着铣削长度的增加而增加, 而且存在明显的初期磨损、正常磨损和剧烈磨损 3 个阶段。

在磨损初期, 由于刀具比较锋利, 产生的切削热相对较少, 切削温度相对较低, 因而刀具磨损量差别不大。随着切削温度逐渐上升, 刀具磨损加剧, 铣削不同硬度的木材时, 刀具磨损呈现不同的速率, 其中铣削福建青冈的刀具的磨损速率最快。

由此可见, 木材种类不仅会影响切削力和切削温度, 而且对刀具的磨损和寿命也起决定作用。在同样高速铣削条件下, 木材的材质越硬, 刀具的磨损量越大、磨损速率越快。

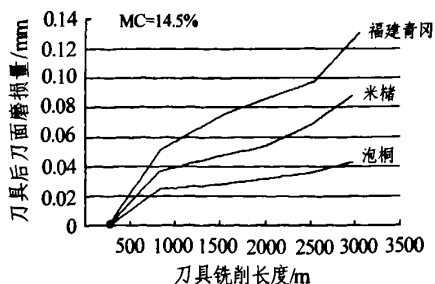


图2 3种木材横纹铣削时刀具的磨损曲线

Fig.2 Abrasion of tools while cross milling 3 hardwood samples

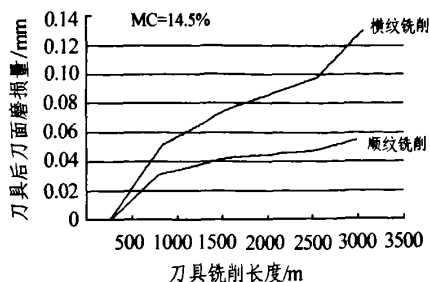


图3 福建青冈横纹、顺纹铣削时刀具的磨损曲线

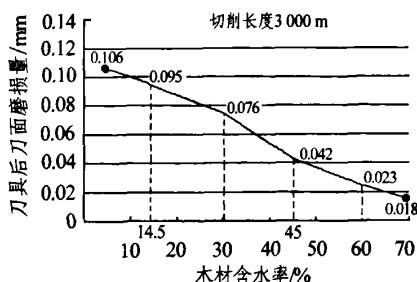
Fig. 3 Abrasion of tools while cross and down milling *C. chungii* samples

图4 福建青冈的含水率对刀具横纹铣削磨损的影响

Fig. 4 Effects of sample's moisture content on tool abrasion while cross milling *C. chungii* samples

图3对比了顺纹和横纹2种铣削方式加工福建青冈时, TiAlN 涂层刀具的磨损情况。可以看出, 横纹铣削时刀具磨损的速率较快。这是由于顺纹铣削时, 切削刃主要是依靠撕裂作用加工木材; 而横纹铣削时, 切削刃在撕裂木材的同时, 还要切断木材纤维, 因此产生的摩擦和热量远大于顺纹铣削, 故使刀具的磨损较大。

图4显示 TiAlN 刀具以横纹铣削方式, 加工不同含水率的福建青冈时的磨损情况。结果表明: 铣削硬阔叶树材时, 木材的含水率对刀具磨损有重要影响。木材的含水率越高, 其硬度越小, 随着切屑的排除, 带走较多的切削热, 在水分和温度的交互作用下, 木材的强度下降很大; 同时, 木材中的水分对刀具起一定的冷却、润滑作用, 故刀具的磨损小。但木材中过多的水分, 会使刀具在切入和切出时温度产生激烈

变化, 引起高频交变热应力, 导致涂层脱落、热裂纹、切削刃破裂及刀片破损等。

此外, 有些硬阔叶树材中节子的大小、数量、分布、纤维排列方向以及树胶等因素, 对 TiAlN 涂层刀具的磨损和破坏也有较大的影响。加工具有特硬和特大尺寸节子的木材, 以及含有树胶的木材, 由于固化后的树胶硬度较大, 还可能出现崩刀现象。对于一些具有较强腐蚀性的木材, 如丹宁含量较多的木材, 切削过程中腐蚀物与刀具表面涂层接触, 也会加剧 TiAlN 涂层刀具的磨损。

3 结论

1) TiAlN 涂层刀具铣削加工硬阔叶树材时, 由摩擦和切削热引起, 其主要失效形式是磨损和涂层脱落。因此, 减少刀具/工件系统的摩擦、控制铣削过程中的温度变化, 是减少刀具磨损、提高木制品加工质量的有效手段。

2) 木材的硬度不仅直接影响铣削力、铣削温度和切屑形状, 而且对 TiAlN 涂层刀具的磨损也起决定作用。一般情况下, 木材材质越硬, 刀具磨损速率越快。

3) 不同的铣削方式, 对 TiAlN 涂层刀具的磨损有重要影响。横纹铣削产生的刀具磨损, 远大于顺纹铣削产生的刀具磨损。

4) 木材的含水率亦对 TiAlN 涂层刀具的磨损有显著影响。随着木材含水率的降低, 刀具的磨损量增加。

参考文献:

- [1] 宋昌才. 新型 TiAlN 涂层铣刀的高速切削性能[J]. 工具技术, 2002(6): 14-19.
- [2] Dolinsek S. Work-hardening in the drilling of austenitic stainless steels[J]. Materials Processing Technology, 2003, 133(2): 63-70.
- [3] 成俊卿. 木材学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.
- [4] 杨贵军. 新型 TiCN 涂层钻头的磨损机理[J]. 上海交通大学学报, 2005(11): 5-9.
- [5] 左建华. 淬硬钢的铣削加工[J]. 新技术新工艺, 2001(1): 12-14.

(责任编辑 向琴)

欢迎订阅 2009 年《木材工业》, 每期 10 元, 全年 60 元, 邮发代号 2-311
更多信息, 请查阅: www.cwjournal.com