

切削方向对木材切削力的影响

张占宽, 彭晓瑞, 李伟光, 曾娟, 王宝刚

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 以杉木、樟子松、水曲柳等三种木材为试验对象, 采用闭式切削方式, 研究切削方向对木材主切削力的影响。结果表明: 不同切削方向时, 木材主切削力大小具有明显的各向异性, 主要趋势为端向主切削力最大, 横向最小。相同切削方向时, 水曲柳主切削力最大, 杉木最小; 木材不同截面的主切削力呈现规律性变化, 但3种木材间的差异较大。

关键词: 切削方向; 木材; 切削力

中图分类号: TS652 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2011)06-0007-03

Influence of Cutting Direction on Cutting Forces in Wood

ZHANG Zhan-kuan, PENG Xiao-rui, LI Wei-guang, ZENG Juan, WANG Bao-gang

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: Samples of China fir, Mongolian pine and Manchurian ash were used in this study to examine the influence of different cutting directions on cutting forces. The results showed that the cutting force was dependent upon wood grain direction. It was also observed that the cutting force reached the highest during cross cutting, while the cutting force during longitudinal cutting was higher than the force during transverse cutting. For the same cutting pattern, the cutting force on Manchurian ash samples was the highest and the China fir had the lowest resistant force.

Key words: cutting direction; wood; cutting force

木材为纤维各向异性材料, 已有研究显示, 切削各向异性材料的刀具结构, 明显不同于加工各向同性材料(如金属等)的刀具, 测定木材不同切削方向时的切削力, 常被用来评定木材切削刀具的切削性能及切削表面的加工质量^[1,2]。考察木材纤维方向对切削过程的影响, 对于保证切削加工质量, 延长刀具使用寿命, 提高切削加工的效率和木材的利用率等意义重大^[3]。

已往对木材切削的研究多采用开式切削方法, 切削时仅主刃作用; 而目前木材锯切加工多采用硬质合金圆锯, 即主刃、侧刃共同参与切削的闭式切削, 两种方法差异较大。

为此, 笔者选取杉木、樟子松和水曲柳三种不同密度的木材进行闭式切削试验^[4], 探究木材不同截面各切削方向的主切削力均值及相互关系, 旨在为圆锯片的合理设计、制造和使用提供依据。

1 试验材料与方法

1.1 材料

试材: 杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、樟子松(*Pinus sylvestris*)、水曲柳(*Fraxinus mandshurica*), 外购, 气干, 含水率约为9%, 平均密度分别为0.315、0.422、0.532 g/cm³, 加工为40 mm×40 mm×20 mm的试件, 共9块。

锯片: 采用单齿切削, 锯齿由硬质合金圆锯片经线切割加工而成, 锯片基体材料为65 Mn, 刀头材料为YG6X(硬度91HRA, 抗弯强度1.32 GPa), 锯身厚度2.2 mm, 锯齿宽度3.0 mm。

收稿日期: 2011-07-27; 修改日期: 2011-10-12

基金项目: 林业公益性行业科研专项经费项目(201004006)。

作者简介: 张占宽(1960—), 男, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士。

1.2 方法

如图 1 所示,按照木材纹理和纤维方向的不同,分别从端向弦、径切面,纵向弦、径切面,横向弦、径切面等方向^[4],对 3 种木材试样进行闭式切削。

1) 纵向切削(//):切削刃垂直于纤维方向,刀具或工件的运动方向平行于纤维长度方向。

2) 横向切削(#):切削刃平行于纤维长度方向,刀具或工件的运动方向垂直于纤维长度方向。

3) 端向切削(⊥):切削刃和刀具或工件的运动方向均垂直于纤维长度方向。

在木材纵锯过程中,主刃接近于端向切削木材,侧刃接近横向切削木材^[5]。

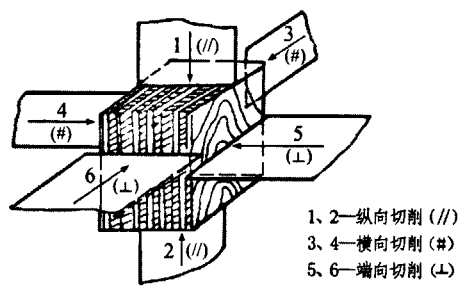


图 1 切削方向示意图
Fig. 1 Cutting patterns

通过压电晶体法经切削力测试系统,对主切削力进行测量^[6]。参照硬质合金锯片锯切木材时的常用参数,将其他参数设为定值,即锯齿前角 10°,后角 15°,切削厚度 0.25 mm,切削速度 5.89 m/s。

试验中,每个锯路第一次切削的切削厚度比较随机,通常比设定的切削厚度小,刀头接触试件的实际长度通常比试件的长度(40 mm)小,因此,在切削力曲线图中表现为较小的波,属于不正常切削,在计算切削力的平均值时通常舍去。每个试件在同一位置连续进行 8~10 次切削,产生一个锯路,然后将锯齿错开 10 mm 以上,进行下一次连续切削,产生另一个锯路。每个试件切削 3 个锯路,共切削 24~30 次,由此得到不同切削方向的切削力曲线,将切削力曲线每次进入正常切削后的矩形波整理,取试验点中各次切削力平均值。试验中,由于法向切削力变化规律复杂,本文仅对主切削力(F_z)进行分析。

2 试验结果与讨论

2.1 实时主切削力测定

试验发现,3 种木材不同切削方向的主切削力变化趋势基本一致,所以本文不一一列出 3 种木材各方

向的主切削力测定结果,仅选择其中 3 个比较特殊的主切削力曲线进行分析,如图 2 所示。

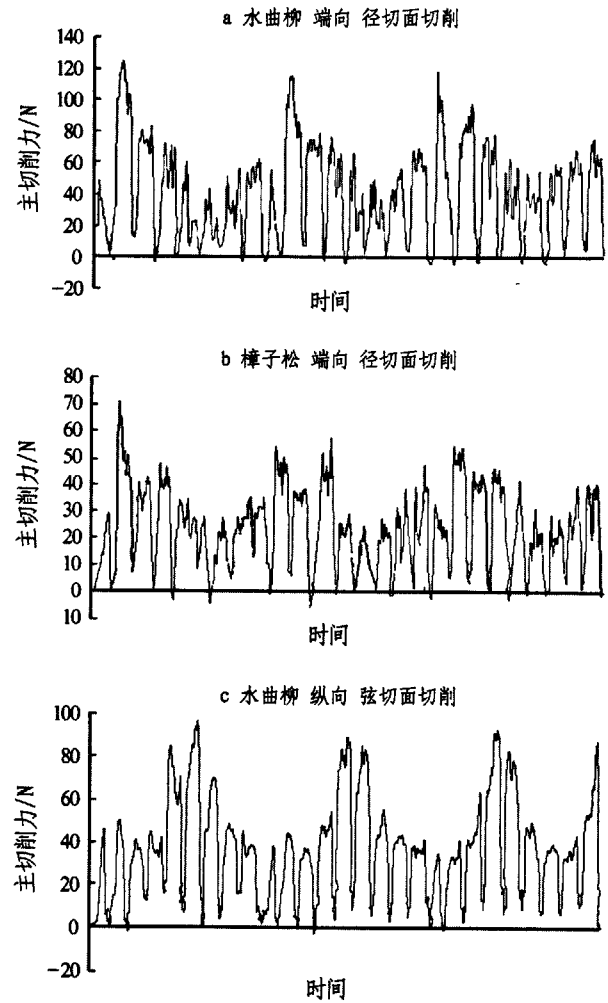


图 2 木材不同切削方向的主切削力曲线
Fig. 2 Cutting forces with different cutting directions in wood

图 2a、b 所示分别为水曲柳和樟子松端向径切面的主切削力曲线,每个锯路中,初始几次切削的主切削力峰值较大,然后减小,随后又缓慢增大。主要是由于切削过程中的劈裂,使切削平面形成一些凹坑,导致锯齿实际切削的材料变少,因此主切削力下降。随着切削的进行,锯齿会将切削平面逐渐削平,使凹坑减少,被切削的材料略增,因此,主切削力有所回升。这种规律在切削杉木时不明显,可能是由于其材质较软,不易发生劈裂所致。

图 2c 显示,水曲柳纵向弦切面切削过程中,每个锯路中不同次切削的主切削力曲线波形差异比较大,与水曲柳早晚材差异较大有关,早材部分的主切削力相对较小。

2.2 主切削力平均值分析

将3种木材正常切削的主切削力曲线的矩形波进行整理,得到木材各切削方向主切削力的平均值,见表1。

表1 木材主切削力平均值

Tab.1 Average cutting forces for three wood samples in different grain directions

切削方向		主切削力 F_z/N		
		杉木	樟子松	水曲柳
端向	弦切面	29.337	37.037	72.208
	径切面	21.404	33.949	56.601
纵向	弦切面	16.563	38.449	52.068
	径切面	20.955	27.368	50.512
横向	弦切面	16.068	16.423	38.312
	径切面	16.842	19.975	47.277

2.2.1 3种木材各方向的主切削力均值分析

1) 杉木

杉木端向切削时的主切削力较大,且以端向弦切面最大,主要是端向切削时,锯齿主刃需要较大的力横向截断木材纤维。杉木纵向弦切面的主切削力较小,是因为纵向弦切面切削时,每个锯齿共切削近十次,每次切削厚度仅为0.25 mm,切削总厚度远小于年轮宽度(约为7 mm),且试验正好切到早材部分;而纵向径切面切削时,早、晚材部分均有切削,因此主切削力略大。杉木横向切削时,弦切面和径切面主切削力差异不大。

相同切削方向时,不同截面的主切削力大小不同。端向切削时,弦切面>径切面;横向切削时,径切面>弦切面;纵向切削时,径切面>弦切面。可见杉木在不同方向的主切削力变化趋势不一致^[7]。

2) 樟子松

樟子松端向主切削力最大,纵向次之,横向最小。端向切削时,弦切面主切削力比径切面大3.08 N;纵向切削时,弦切面主切削力较径切面增加11.08 N,差异相对明显;横向切削时,径切面主切削力比弦切面大3.552 N,差异不显著。

相同切削方向时,不同截面的主切削力大小不同。端向切削时,弦切面>径切面;横向切削时,径切面>弦切面;纵向切削时,弦切面>径切面。

3) 水曲柳

水曲柳的端向主切削力最大,纵向次之,横向最小。端向切削时,端向弦切面主切削力最大,比端向径切面大21.6%,约为横向弦切面的2倍,差异较大;纵向切削时,主切削力比端向切削时略小,其中径

切面比弦切面仅小3.0%;横向切削时,径切面主切削力比弦切面大19.0%,差异相对明显。

相同切削方向时,不同截面之间的主切削力存在差异。端向切削时,弦切面>径切面;横向切削时,弦切面>径切面;纵向切削时,径切面>弦切面,可能与早晚材及管孔分布有关。

2.2.2 3种木材各方向主切削力对比分析

切削方向不同时,3种木材的主切削力曲线走向基本趋于一致:均为端向最大,纵向次之,横向最小。

相同切削方向时,3种木材的主切削力规律明显:水曲柳最大,樟子松次之,杉木最小。本试验所测的所有主切削力中,水曲柳端向弦切时的主切削力最大,杉木横向弦切时最小,二者相差4倍以上。

3 结论

1) 不同切削方向时,3种木材主切削力的变化趋于一致:端向最大,纵向次之,横向最小。

2) 相同切削方向时,3种木材的主切削力规律明显:水曲柳最大,樟子松次之,杉木最小。

3) 在对3种木材进行端向切削时,均以弦切面的主切削力相对较大;横向切削时,径切面的主切削力大于弦切面;而纵向切削时,樟子松和水曲柳的弦切面主切削力大于径切面,杉木则为径切面的主切削力较大。

4) 以上结论可用于圆锯片、框锯条、带锯条及封闭式切削铣刀等的设计和使用,根据用途进行切削刀具的分类设计、制造和选用,将有利于降低制造成本,减少切削能耗,提高生产效率。

参考文献:

- [1] 许林云,林石,封晓强.用新型试验方法测定锯链的锯切效率[J].林业科学,2003,39(6):11-14.
- [2] R F Scher. Mikroprozesse an der Werkzeugschneide(I、II、III)[J]. HOB Die Holzbearbeitung, 2005(3):70-72;(4):64-67;(5):150-152.
- [3] 王素霞.木质材料切削加工技术[J].木工机床,2009(1):18-20.
- [4] 高峰,朱典想,陈治国,刘艳.木材纵横向切削过程中的声发射特性[J].木材工业,2009,23(4):30-32.
- [5] 李黎,杨永福.家具及木工机械[M].北京:中国林业出版社,2002:28-29.
- [6] 张占宽,彭晓瑞,李伟光,等.切削参数对木材切削力的影响[J].木材工业,2011,25(3):7-10.
- [7] 王平,陈光伟,佟晓平,等.木材力学性质和木材切削力与木材密度之间的关系[J].东北林业大学学报,2002(5):53-55.

(责任编辑 向 琴、孟凡丹)