

螺旋铣削浸渍纸层压木质地板的表面粗糙度

单人为¹, 朱兆龙²

(1. 江西广播电视大学, 江西南昌 330029; 2. 南京林业大学家居与工业设计学院, 江苏南京 210037)

摘要: 采用正交试验研究螺旋角、进给速度和铣削深度对浸渍纸层压木质地板(强化木地板)表面粗糙度的影响。结果表明: 地板表面粗糙度随着螺旋角的增大呈减小趋势, 随着进给速度和铣削深度的增大呈增大趋势; 各因素对地板表面粗糙度影响的顺序为: 螺旋角>铣削深度>进给速度。综合考虑实际生产效率和切削质量, 建议浸渍纸层压木质地板螺旋铣削的铣削参数为: 螺旋角 70°、进给速度 60 m/min、铣削深度 0.4 mm。

关键词: 浸渍纸层压木质地板; 螺旋铣削; 螺旋角; 表面粗糙度

中图分类号: S784; TS653 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654 (2020) 04-0052-04

Surface Roughness of Laminate Floor Coverings during Spiral Milling

SHAN Ren-wei¹, ZHU Zhao-long²

(1. Jiangxi Open University, Nanchang 330029, Jiangxi, China;

2. College of Furnishings and Industrial Design, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: The influence of spiral angle, feeding speed and milling depth on the surface roughness of the laminate floor was investigated using an orthogonal experiment design. The experimental results showed: the surface roughness decreased with the increase of spiral angles, while the surface roughness increased with the increasing feeding rate and milling depth. The spiral angle of cutters had the greatest influence on the surface roughness, followed by milling depth and feeding rate respectively. The optimal cutting parameters for laminate flooring spiral milling were identified when the spiral angle, feeding speed, and milling depth were 70°, 60 m/min, and 0.4 mm respectively, aiming at greater cutting efficiency and quality.

Key words: laminate flooring coverings; spiral milling; spiral angle; surface roughness

浸渍纸层压木质地板(强化木地板), 因其优异的耐磨、抗冲击、抗变形等性能, 深受广大消费者的青睐^[1-5]。为了提高地板安装的精度和贴合度, 在强化木地板生产的过程中, 需进行成型加工^[6-7]。在实际切削加工的过程中, 工厂多使用直齿圆柱铣刀。由于直齿铣刀的刀齿同时切入和切出工件, 极易造成强化木地板表面耐磨层(即三聚氰胺浸渍纸)出

现崩边现象, 严重影响强化木地板产品的质量^[8-9]。螺旋铣削的切削刃与刀轴成一定的角度, 单个刀齿的切削刃呈先后顺序切入和切出工件, 具有较高的切削稳定性, 广泛用于加工难度较大的材料^[10-11], 但尚无有关强化木地板螺旋铣削的报道。

鉴于此, 笔者对强化木地板进行了不同参数(进给速度、铣削深度和刀具角度)的切削加工试验, 以强化木地板表面粗糙度为切削质量评价指标, 通过极差和方差分析优化铣削参数, 旨在强化木地板螺旋铣削加工提供理论依据。

收稿日期: 2019-12-03; 修改日期: 2020-06-13

作者简介: 单人为(1964—), 男, 讲师。Email: 2066781538@qq.com

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 强化木地板: 由江苏欧圣木业有限公司提供, 规格尺寸 120 cm×17 cm×12 mm, 基材密度 0.82 g/cm³, 表面胶合强度 1.6 MPa, 静曲强度 42 MPa, 内结合强度 1.8 MPa, 共计 33 块。

2) 金刚石螺旋铣刀: 如图 1 所示, 3 把螺旋角 ω 分别为 54°、62° 和 70°; 其他参数恒定不变, 外径 250 mm, 孔径 40 mm, 齿数 24, 刀具前角 (γ) 10°, 后角 (α) 8°, 侧后角 7°。

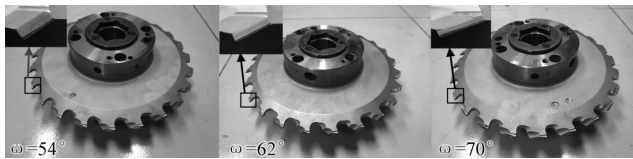


图 1 试验用螺旋铣刀

Fig.1 Spiral cutting tools used in this study

1.2 试验设备

双端铣 (型号 FPR265) 强化地板铣型线、表面粗糙度测量仪 (型号 Mahr Pethometer M2)。

1.3 试验方法

采用金刚石螺旋铣刀, 侧面逆铣, 其中刀具主轴转速恒定为 6 000 r/min。参考强化木地板企业生产铣削参数, 设计正交试验 $L_9(3^4)^{[12-13]}$, 考察刀具螺旋角 (ω)、进给速度 (U) 和铣削深度 (h) 对铣削加工表面粗糙度的影响, 具体因素和水平见表 1。每组试验重复 3 次。

表 1 试验因素与水平

Tab.1 Experiment factors and levels

因素	水平		
	1	2	3
A 刀具螺旋角 $\omega/^\circ$	54	62	70
B 进给速度 $U/(m \cdot min^{-1})$	40	60	80
C 铣削深度 h/mm	0.4	0.7	1.0

1.4 性能测试

选用表面轮廓算术平均偏差 $Ra^{[14-15]}$ 作为加工质量粗糙度的评价参数, 对强化木地板铣削表面中部进行测量, 每组测量 3 次, 结果取其平均值。

2 结果与讨论

2.1 铣削参数对地板表面粗糙度的影响

在不同铣削参数条件下, 强化木地板表面粗糙

度的测试结果及极差分析结果, 见表 2 和图 2; 方差分析结果见表 3。

表 2 正交试验及极差分析结果

Tab.2 Results of orthogonal experiment and analysis

编号	$\omega/^\circ$	$U/(m \cdot min^{-1})$	h/mm	$Ra/\mu m$
1	54	40	0.4	1.68
2	54	60	0.7	1.95
3	54	80	1.0	2.06
4	62	40	0.7	1.78
5	62	60	1.0	1.84
6	62	80	0.4	1.68
7	70	40	1.0	1.61
8	70	60	0.4	1.51
9	70	80	0.7	1.69
$\bar{x}_1$	1.90	1.69	1.62	
$\bar{x}_2$	1.77	1.77	1.81	
$\bar{x}_3$	1.60	1.81	1.84	
R	0.30	0.12	0.21	

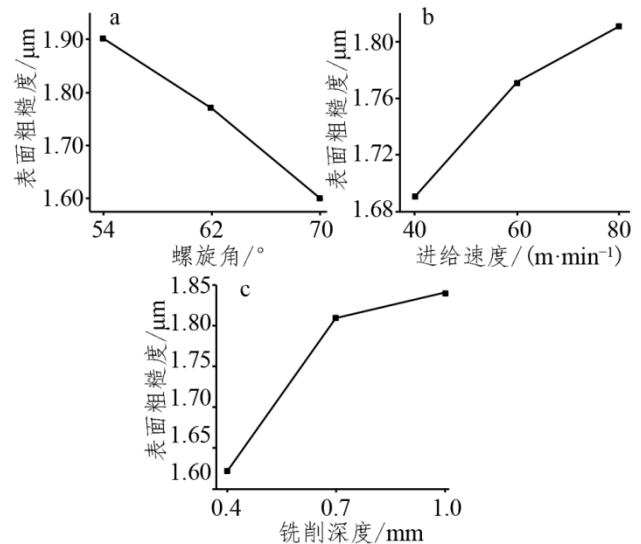


图 2 铣削参数对表面粗糙度的影响

Fig.2 Influence of cutting parameters on the surface roughness

表 3 螺旋铣削表面粗糙度的方差分析

Tab.3 ANOVA for surface roughness during spiral milling

因素	偏差平方和	自由度	F	显著性
螺旋角	0.130	2	35.5	**
进给速度	0.022	2	5.5	
铣削深度	0.080	2	20.0	*
误差	0.000	2		

注: $F_{0.10}=9.0$, $F_{0.05}=19.0$

图2a显示,随着刀具螺旋角从 54° 增大到 70° ,地板表面粗糙度降低了15.8%。主要是因为随着螺旋角增大,切削刃更容易切入和切除工件,刀具所受阻力减小,切削稳定性提高,导致表面粗糙度减小。

随着进给速度和铣削深度的增大(图2b、c),地板表面粗糙度均呈增大的趋势,表面粗糙度分别增大了7.1%和13.0%。这主要是因为随着进给速度和铣削深度的增大,单位时间内每齿加工量增大,即切削刃负载增大,切削稳定性降低,进一步导致表面粗糙度增大。

根据表2的极差分析结果和表3的方差分析结果,可知三因素对加工表面粗糙度的影响顺序为:螺旋角>铣削深度>进给速度。螺旋角对表面粗糙度的影响在0.01水平上为极显著,为主要影响因素;铣削深度对表面粗糙度的影响在0.10水平上为显著;进给速度对表面粗糙度的影响为不显著。

根据 $\bar{x}$ 值的大小,以最小表面粗糙度值为优化目标,得出 $\omega_3 U_1 h_1$ 为最优水平搭配,即螺旋角为 70° 、进给速度为40 m/min、铣削深度为0.4 mm。

2.2 强化木地板铣削参数的优化与验证

采用最优铣削参数,进行铣削验证试验。考虑生产效率,适当地提高了进给速度,拟定优化铣削参数为:螺旋角 70° 、进给速度60 m/min、铣削深度0.4 mm。同时,补充两组对比试验(其中 $\omega=0^{\circ}$; $U=40$ m/min),表面粗糙度的测试结果见表4,地板加工表面形貌见图3。

表4 验证对比试验
Tab.4 Validation of the experiment

编号	$\omega/^{\circ}$	$U/(m \cdot min^{-1})$	h/mm	$Ra/\mu m$
对比试验1(直齿圆柱铣刀)	0	60	0.4	1.82
对比试验2	70	40	0.4	1.48
验证试验3(优化铣削参数)	70	60	0.4	1.51

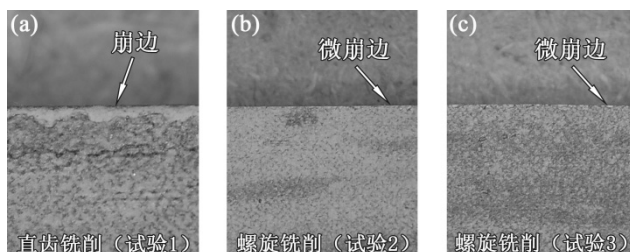


图3 强化木地板加工表面形貌

Fig.3 Machined surface of laminate flooring coverings

采用对比试验1(直齿圆柱铣刀)的参数进行切削时,地板表面耐磨层出现大面积崩边损伤(图3a), $Ra=1.82 \mu m$;采用对比试验2和验证试验3(优化切削工艺)参数进行切削时,地板表面耐磨层均只出现了局部微小的崩边(图3b、c), Ra 分别为1.48 μm 和1.51 μm 。结果表明,螺旋铣削可以有效地降低强化木地板的崩边现象,提高其切削质量。

由于试验2和3的已加工表面粗糙度值相近,综合考虑实际生产效率,建议强化木地板螺旋铣削最优切削工艺为:螺旋角 70° 、进给速度60 m/min、铣削深度0.4 mm。

3 结论

1) 在本试验范围内,强化木地板表面粗糙度随螺旋角增大而减小,随进给速度和铣削深度的增大呈增大趋势。三因素对表面粗糙度的影响顺序为:螺旋角>铣削深度>进给速度,其中螺旋角对表面粗糙度的影响极显著,而进给速度对表面粗糙度无影响。

2) 综合考虑实际生产效率,建议强化木地板螺旋铣削最优铣削参数为:螺旋角 70° 、进给速度60 m/min、铣削深度0.4 mm,可避免切削表面大面积崩边问题,提高切削加工质量。

参考文献:

- [1] 吕锦基. 强化木地板生产工艺概述[J]. 人造板通讯, 2005, 12(8): 15-17.
LV M J. General introduction of the production process of laminate flooring[J]. China Wood-Based Panels, 2005, 12(8): 15-17.
- [2] Wiglusz R, Elzbieta Sitko, Grażyna Nikel, et al. The effect of temperature on the emission of formaldehyde and volatile organic compounds (VOCs) from laminate flooring - Case study[J]. Building and Environment, 2002, 37(1): 41-44.
- [3] 李军伟. 强化地板的性能指标、生产工艺和市场空间[J]. 木材加工机械, 2008, 19(1): 61-64.
LI J W. Production technology and the future market on the feature index of hardening wood floor[J]. Wood Processing Machinery, 2008, 19(1): 61-64.
- [4] 方立新. 强化木地板翘曲变形与工艺探讨[J]. 中国人造板, 2003(4): 6-7.
FANG LX. Discussion on the warping deformation and processing technology of laminate floor[J]. China Wood-Based Panels, 2003(4): 6-7.
- [5] 晏彬. 强化地板耐划痕的工艺控制[J]. 林产工业, 2007, 34(5): 39-41.
- [6] 李金杰, 徐洪颖. 豪迈强化复合地板生产线工艺关键[J]. 林业科技, 2002, 27(4): 43-44.
LI J J, XU H Y. Key technology of Hamag production line for laminate floor[J]. Forestry Science & Technology, 2002, 27(4): 43-44.

- [7] 曹平祥. 强化木地板生产的关键设备[J]. 木材工业, 2010, 24(3): 19-21.
CAO P X. Key equipments for laminated flooring production[J]. China Wood Industry, 2010, 24(3): 19-21.
- [8] 黄玲玲, 肖飞, 吉军, 等. 强化地板液体耐磨纸性能的研究[J]. 林产工业, 2012, 39(4): 35-37.
HUANG L L, XIAO F, JI J, et al. Research on the properties of liquid wear-resisting paper for laminate flooring[J]. China Forest Products Industry, 2012, 39(4): 35-37.
- [9] 郭晓磊, 张清, 朱兆龙, 等. 切削速度对 CrN 涂层刀具铣削饰面刨花板表面质量及磨损的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2018, 38(10): 112-116.
GUO X L, ZHANG Q, ZHU Z L, et al. Effect of cutting speed on cutting surface quality and tool wear during the milling of decorative particleboard using CrN coated tool[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2018, 38(10): 112-116.
- [10] ZHU Z L, CAO P X, GUO X L, et al. Machinability of luxury vinyl tiles during plain milling using a helical cutter[J]. Materials, 2019, 12(13): 2174.
- [11] 钱海云. 浅谈螺旋铣削在数控铣加工中的运用[J]. 科技视界, 2015(24): 235-236.
- QIAN H Y. Application of spiral milling in CNC milling[J]. Science & Technology Vision, 2015(24): 235-236.
- [12] 董如何, 肖必华, 方永水. 正交试验设计的理论分析方法及应用[J]. 安徽建筑大学学报, 2004, 12(6): 103-106.
DONG R H, XIAO B H, FANG Y S. The theoretical analysis of orthogonal test designs[J]. Journal of Anhui Institute of Architecture & Industry, 2004, 12(6): 103-106.
- [13] Camposeco-Negrete, Carmita. Optimization of cutting parameters for minimizing energy consumption in turning of AISI 6061 T6 using Taguchi methodology and ANOVA[J]. Journal of Cleaner Production, 2013, 53(15): 195-203.
- [14] 郑凯, 陈燕, 晏超仁, 等. GFRP 铣槽加工铣削力及表面粗糙度研究[J]. 航空制造技术, 2017, 60(16): 103-108.
ZHEN K, CHEN Y, YAN C R, et al. Research on milling force and surface roughness of GFRP in slot milling[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2017, 60(16): 103-108.
- [15] 曹欢玲, 李延军, 侯英奇. 木材切削表面粗糙度的分形表征[J]. 木材加工机械, 2015, 26(2): 8-10.
CAO H L, LI Y J, HOU Y K. Fractal characterization of the wood surface roughness[J]. Wood Processing Machinery, 2015, 26(2): 8-10.
- (本文编校 孟凡丹、向 琴)

(上接第 51 页)

3 结论

本研究用 GC-MS 结合统计分析檀香木心材可挥发性成分, 找到檀香树木树种材识的化学指标, 建立檀香科 6 个树种的识别方法, 识别正确率可达 94%。这一结果说明树木心材特有次生代谢产物分析可作为一种技术, 用于木材树种特别是芳香木材树种识别。系统研究这些树种心材中挥发性成分组成与含量, 结合多种统计分析, 可发展成一种快速准确的木材识别技术。

参考文献:

- [1] Kumar AN, G Joshi, R H Y Mohan. Sandalwood: history, uses, present status and the future[J]. Current Science, 2012, 103(12): 1408-1416.
- [2] 李应兰. 檀香引种研究[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [3] Brand JE, D Fox, G Pronk, et al. Comparison of oil concentration and oil quality from *Santalum spicatum* and *S. album* plantations, 8-25 years old, with those from mature *S. spicatum* natural stands[J]. Australian Forestry, 2007, 70(4): 235-41.
- [4] Page T, I Southwell, M Russell, et al. Geographic and phenotypic variation in heartwood and essential-oil characters in natural populations of *Santalum austrocaledonicum* in Vanuatu[J]. Chem Biodivers, 2002, 7(8): 1990-2006.
- [5] Brand J E, G M Pron. Influence of age on sandalwood (*Santalum spicatum*) oil content within different wood grades from five plantations in Western Australia[J]. Australian Forestry, 2011, 74(2): 141-148.
- [6] Mwang'ingo P L, G Kibodya, A R Mng'ong'o. Oil yield and quality variation between sexes in *Osyris lanceolata* (African sandalwood) and its value as a fodder plant in Tanzania[J]. Southern Forests, 2010, 72(2): 69-74.
- [7] Thomson L, S Bulai, B Wilikibau. Proceedings of the regional workshop on sandalwood research, development and extension in the pacific islands[C]. 2005.
- [8] IAWA Committee. Standard list of characters suitable for computerized hardwood identification[J]. IAWA Journal, 1981, 2(2): 99-110.
- [9] Chembath A, M Balasundaran, P Sujanal. Phylogenetic relationships of *Santalum album* and its adulterants as inferred from nuclear DNA sequences[J]. International Journal of Agriculture and Forestry, 2012(2): 150-56.
- [10] Harbaugh DT, H L O, K R Wood, et al. Taxonomic revision of the endangered hawaiian red-flowered Sandalwoods (*Santalum*) and discovery of an ancient hybrid species[J]. Systematic Botany, 2010, 35: 827-838.
- [11] Saito K, F Matsuda. Metabolomics for functional genomics, systems biology, and biotechnology [J]. Annu Rev Plant Biol, 2010, 61: 463-489.
- [12] Liu W, Q Q Song, Y Cao, et al. From (1)H NMR-based non-targeted to LC-MS-based targeted metabolomics strategy for in-depth chemome comparisons among four Cistanche species[J]. J Pharm Biomed Anal, 2018. 162: 16-27.
- [13] Simmler C, J G Graham, S N Chen, et al. Integrated analytical assets aid botanical authenticity and adulteration management[J]. Fitoterapia, 2018. 129: 401-414.
- [14] Baldovini N, C Delasalle, D Joulain. Phytochemistry of the heartwood from fragrant Santalum species: a review[J]. Flavour Fragr J, 2011, 26: 7-26.
- [15] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 4 部. 北京: 化学工业出版社, 2015.
- (本文编校 向 琴)