

竹材磨削表面粗糙度与胶合强度关系的研究

贺宏奎¹, 李浩东², 傅 鹏²

(1 中北大学 体育与艺术学院, 山西 太原 030051; 2 北京林业大学 木材科学与工程北京市重点实验室, 北京 100083)

【摘要】【目的】分析影响竹材磨削表面粗糙度的因素以及表面粗糙度与胶合强度的关系,为竹材胶合加工工艺的选择提供参考依据。【方法】采用探针法等,测定不同粒度(60,80,100,150 和 180 目)砂带磨削加工后竹材的表面粗糙度、表面自由基数量和表面接触角,对磨削加工试件进行胶合强度试验,分析表面粗糙度、表面自由基和表面接触角等对胶合强度的影响。【结果】磨削砂带粒度过小和过大时,胶合强度均较低。本试验条件下,砂带粒度为 100 目时,磨削竹材的胶合强度最高(7.19 MPa),表面润湿性也最好。此时,表面粗糙度评价指标轮廓算术平均偏差(Ra)、微观十点不平整度(Rz)和轮廓微观不平整度平均间距(Sm)分别为 7.2,50.7 和 130.8 μm ,表面自由基数量为 $3.3 \times 10^4 \text{ g}^{-1}$,表面接触角约 15° 。【结论】竹材胶合加工表面磨削时选择 100 目的砂带较为合理。

【关键词】 竹材;磨削;砂带粒度;表面粗糙度;胶合强度

【中图分类号】 S781.6

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)04-0077-04

Study on the relationship between bonding strength and roughness of sanding bamboo surface

HE Hong-kui¹, LI Hao-dong², FU Peng²

(1 College of Sports & Arts, North University of China, Taiyuan, Shanxi 030051, China;

2 Key Laboratory of Beijing for Wood Science and Engineering, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: 【Objective】The study analyzed the factors effecting the roughness of sanding bamboo surface and the relationship between glue bonding strength and the roughness for a reference to bamboo processing. 【Method】The roughness, free radical & contact angle in surface of Moso Bamboo (*Phyllostachys pubescens*) sanding with different granularity (60, 80, 100, 150 & 180[#]) abrasive belt was measured and analyzed with various factors. And the bonding strength of them was tested according to corresponding standard. 【Result】The bonding strength of the bamboo piece sanding with different granularity abrasive belts is various and not in linear increase with the decrease of surface roughness. The strength reaches top (7.19 MPa) when the bamboo piece is sanded by granularity 100[#] abrasive belt with Ra , Rz & Sm for 7.2, 50.7 and 130.8 μm respectively, free radical quantity $3.3 \times 10^4 \text{ g}^{-1}$ and contact angle around 15° . 【Conclusion】A suitable selection of abrasive belt granularity is 100[#] for bamboo sanding to glue bonding.

Key words: bamboo; sanding; granularity of abrasive belt; surface roughness; glue bonding strength

近年来,在国内木材供应持续紧缺的情况下,竹材因其生长快、分布广,在代替木材使用方面得到了较多的重视和开发,其中经过劈条、竹条表面铣削、表面磨削和胶合等工序形成板方材是主要的加工方

法,因此,胶合强度成为竹材制品质量的决定性因素。

在影响竹材胶合强度的各因素中,表面粗糙度是非常重要的一个因素。竹材表面粗糙度的测定一

* [收稿日期] 2010-09-29

[基金项目] 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD18B09)

[作者简介] 贺宏奎(1962—),男,山西高平人,副教授,博士,主要从事木材科学与技术研究。E-mail: hesman@163.com

般参照或使用木材表面粗糙度的测定方法^[1-5]。王明枝等^[6]对木材工件表面粗糙度进行了测量,认为树种、切削方式、切面和木材的表面组织构造等均会影响木材的表面粗糙度。江泽慧等^[7-8]、于文吉等^[9-10]用探针法测量分析了竹黄、竹青的表面粗糙度,研究了竹材表面润湿性和高温干燥、硼酸处理后竹材的表面性能,探讨了热压压力、施胶量、竹龄、组坯方式、竹材的不同处理方式等因子对竹材胶合性能的影响。一般来说,一定粗糙度的竹材表面存在的凹凸、细孔和沟槽,有利于胶黏剂的渗入,可产生较强的机械结合作用,但若粗糙度过大,表面的凹孔、沟槽过深时,由于残留的空气或吸附的水分会阻碍胶黏剂的渗透而不利于胶接^[10-12]。

竹材的特殊解剖结构决定了其硬度介于多数针叶材和多数阔叶材之间,其磨削加工表面粗糙度受砂带粒度影响较大。但综观现有研究成果,针对不同粒度砂带磨削后竹材表面粗糙度的变化及其对胶合性能影响的研究尚较少。为此,本研究着重对不同粒度砂带磨削竹材的表面粗糙度、表面自由基、表面接触角及其与胶合强度的关系进行了测试和分析,以期对竹材胶合加工工艺参数的选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用毛竹(*Phyllostachys heterocycla* var. *pubescens*)采自福建南平,6~7年生。试件取自毛竹根部0.5 m以上部位,经过劈条、铣削后,加工为竹条试件,规格为600 mm×30 mm×6 mm。磨削使用纸基砂带,其粒度分别为60,80,100,150和180目。

胶黏剂采用改性脲醛树脂胶(UF),其固体含量53%,黏度(25℃)300~400 mPa/s,适用期(25℃)60 h,pH7.5,固化剂为氯化铵。施胶量200 g/m²,热压温度120℃,压力5 MPa,时间13 min。

1.2 试件的磨削加工

试件磨削加工使用宽带砂光机(台湾远铭机械公司),磨削厚度0.2 mm,进给速度7 m/min,磨削厚度调节精度为0.01 mm。为避免磨削前铣削加工对试件表面质量的影响,先采用60目砂带,在磨削厚度0.3 mm、进给速度7 m/min条件下对试件进行定厚磨削,使试件厚度一致。为消除试件原表面粗糙度的影响,每种砂带磨削前的基础表面首先采用降两档粒度的砂带磨削。

1.3 试件表面粗糙度的测定

表面粗糙度采用 Surtronic 3+表面粗糙度测定仪(英国 Taylor/Hobson 公司)测量。评定表面粗糙度的参数包括轮廓算术平均偏差(*Ra*)、微观十点不平度(*Rz*)、轮廓微观不平度平均间距(*Sm*)。取样长度为2.5 mm。每种磨料粒度磨削的试件选取6件,在不同位置沿横纹方向测量4次,结果取算术平均值。

1.4 试件磨削加工表面自由基和接触角的测定

毛竹磨削加工表面自由基的测试采用 E-500 型 ESR 时间分辨电子顺磁共振波谱仪(瑞士 Bruker 公司),表面接触角的测试采用 OCA20 型可视接触角测定仪(德国 dataphysics 公司)。样品规格为10 mm×2.5 mm×0.1 mm。为防止表面氧化,样品从磨削后的竹材表面取出后密封于黑色塑料盒内保存。测试温度23℃,环境相对湿度20%~25%。

1.5 试件胶合强度的测试

按照国标 GB 9846.9-88《胶合板试件的锯割》的规定,锯割胶合强度试件。胶合强度测试按照国标 GB 9846.12-88《胶合板胶合强度的测定》中Ⅱ类胶合板的有关规定进行。试验仪器为 MWW-50 型人造板万能力学试验机(济南恒思盛大仪器有限公司)。将试件放在(63±3)℃的热水中浸渍3 h,然后在室温下冷却10 min。试件两端夹紧于试验机活动夹具中,夹持部位与试件槽口的距离在5 mm内。等速对试件加载至破坏,加载速度为10 MPa/min。

2 结果与分析

2.1 磨削参数对竹材磨削表面粗糙度的影响

磨削参数中砂带粒度是影响竹材表面粗糙度的最直接因素,不同粒度砂带磨削加工后竹材表面粗糙度的 *Ra*、*Rz* 和 *Sm* 测定值见表1。由表1可见,随砂带粒度增大,竹材表面粗糙度的各个评价参数均呈降低的趋势。

表 1 不同粒度砂带磨削后竹材工件表面粗糙度的评价值

Table 1 Surface roughness of bamboo piece sanding with different granularity abrasive belts μm			
磨削砂带粒度/目 Sanding granularity	<i>Ra</i>	<i>Rz</i>	<i>Sm</i>
60	9.7	63.5	196.3
80	9.3	63.0	156.4
100	7.2	50.7	130.8
150	4.9	36.4	98.3
180	4.3	34.2	92.7

其次,磨削厚度、工件进给速度、磨削速度等也

会对表面粗糙度产生一定影响。工件进给速度、磨削速度决定了单位时间内参与磨削的磨粒数量和每个磨粒的磨削量。磨削厚度、工件宽度与工件进给速度共同决定砂带单位时间内的磨削去除量。鉴于本试验所用宽带砂光机的磨削速度(18 m/s)不可调,工件宽度一致(30 mm),因此单位时间内的磨削去除量用单位时间内的磨削层截面积表示。考虑磨削厚度、工件进给速度的交互影响,选择 60,100 和 120 目 3 种粒度的砂带,调节进给速度分别为 4.5,7.0 和 12.0 m/min,磨削厚度分别为 0.2,0.5 和 0.7 mm,以砂带单位时间去除的磨削层截面积为变量,考察除砂带粒度外其他磨削参数对竹材表面轮廓算术平均偏差(Ra)的影响,其变化如图 1 所示。由图 1 可知,随单位时间磨削去除量的增大,表面粗糙度总体呈增大趋势,但变化幅度并不大。

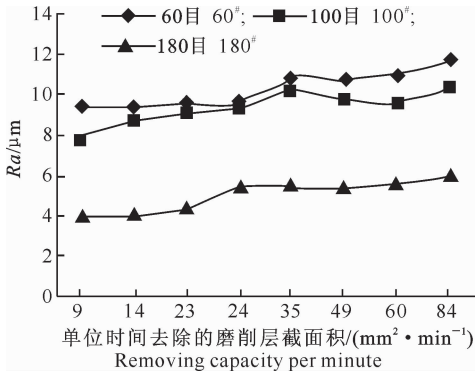


图 1 竹材表面 Ra 值随单位时间去除的磨削层截面积的变化
Fig.1 Changes of surface roughness Ra of bamboo pieces with removing area per minute

因此,磨削加工时要获得较高的表面光洁度,选择较细的砂带为首要条件。而在砂带粒度不变的情况下,降低进给速度和减小磨削厚度,也能使竹材的表面光洁度略有提高,但磨削效率降低。

2.2 磨削砂带粒度对竹材加工表面活性基团数量的影响

竹材磨削后的表面自由基使表面自由能与极性提高,自由基中一部分与氧反应后会生成以羰基为主的含氧官能团,表面自由基和含氧官能团可与胶黏剂发生反应形成化学键结合而产生一定的胶合力。因此,表面自由基越多,形成的活性基团也越多,胶合强度就越高。

选用质量 73 mg、磨削表面面积 25 mm² 的竹材试样,在自由基密度为 1 015 cm⁻²时,用 3 种粒度砂带磨削后竹材表面自由基的 ESR 波谱如图 2 所示,表面自由基数量的分析结果见表 2。由表 2 可知,

180 目砂带磨削的竹材试件表面的活性基团数量多于 60 和 100 目,60 目砂带磨削表面的活性基团数量略高于 100 目。

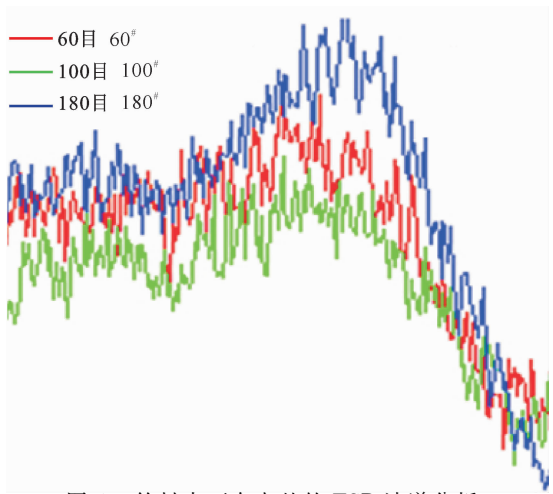


图 2 竹材表面自由基的 ESR 波谱分析
Fig.2 Analysis of bamboo surface free radical by Electron Spin Resonance machine

表 2 砂带粒度对竹材表面自由基数量的影响
Table 2 Effect of granularity to free radical quantity in sanded bamboo surface

砂带粒度/目 Granularity	相对自由基数量/($\times 10^4 \cdot g^{-1}$) Number of surface free radical
60	4.113
100	3.3
180	6.5

通常情况下,砂带粒度增大,与竹材接触的磨粒密度增大,单位面积竹材上参与磨削的磨粒数量增加,磨削产生的新表面增加,自由基数量增多;砂带粒度减小,磨粒尺寸增大,基于竹材的解剖结构,可以认为对被磨削竹材的破坏增大,在同样的磨削条件下,竹材纤维组织产生机械损伤的机会增多,产生的自由基也会增多。

2.3 磨削砂带粒度对竹材表面润湿性的影响

表面润湿性影响胶黏剂在竹材表面的附着和渗透,从而影响胶合效果和使用性能,其常以试材的表面接触角来反映。图 3 为不同粒度砂带磨削后竹材表面接触角的测试结果。由图 3 可知,100 目砂带磨削后竹材的表面接触角最小,即表面润湿性最好。

当砂带粒度由 60 目升至 100 目时,竹材表面结构中的导管、薄壁细胞等组织形成的机械破坏孔隙增多,有利于胶黏剂的浸润、铺展和渗透,因而接触角减小;当砂带粒度由 100 目继续增大到 180 目时,表面接触角反而增大,这是因为随着砂带粒度的增大,参与磨削的磨粒增多,磨削的切屑细小,竹材表面的部分孔隙被磨屑填充,影响了胶黏剂通过孔隙

向竹材内部的浸润;同时,部分孔隙被砂带磨粒磨去,减少了胶黏剂接触的表面积,降低了胶黏剂的吸附性能,从而导致润湿性能降低。

2.4 磨削砂带粒度对竹材胶合强度的影响

不同粒度砂带磨削后竹材的胶合强度及破坏载荷测试结果见表 3。由表 3 可知,砂带粒度为 60~100 目时,磨削试件的胶合强度呈升高趋势;之后,随着砂带粒度的增加(100~180 目),磨削试件的胶合强度又呈降低趋势。胶合强度最高值出现在砂带粒度为 100 目时,此时磨削竹材表面粗糙度的评价指标 Ra 、 Rz 和 Sm 分别为 7.2、50.7 和 130.8 μm

表 3 不同粒度砂带磨削竹材胶合强度与破坏载荷的比较

Table 3 Strength of glue bonding and break load of bamboo piece sanded by different granularity abrasive belts

磨削砂带 粒度/目 Granularity	胶合强度/MPa Glue bonding strength	破坏载荷/N Break load	磨削砂带 粒度/目 Granularity	胶合强度/MPa Glue bonding strength	破坏载荷/N Break load
60	5.75	2 873	150	5.46	2 730
80	6.56	3 284	180	5.32	2 661
100	7.19	3 602			

材料的胶接是胶黏剂在其表面润湿、流动、渗透和固化的过程。在胶接过程中,竹材表面发生了一系列的物理和化学变化。根据胶接理论,胶结面的结合力主要来自于机械结合和化学键结合,分析产生上述结果的原因,可以认为经 100 目砂带磨削后,竹材表面形成的凹凸、细孔和沟槽能在界面区形成最多的“小钩”或“胶钉”,有利于产生啮合连接;当砂带的粒度增大时,磨削表面变得更为光滑,工件表面形成的凹凸、细孔和沟槽会减少或变浅,形成的胶钉变少,虽然自由基数量增加,表面活性基团数量增多,化学键结合力可能增大,但机械结合力下降,致使胶结面的胶合强度并不高。只有机械结合力与化学键结合力的合力达到最大值时,胶结面的胶合效果才可能最好。因此,在进行竹材胶合加工时,采用细砂带或降低磨削效率而过度追求磨削表面的光洁,不仅不能获得较高的胶合强度,而且会造成过多的动力消耗。

3 结 论

竹材采用砂带磨削进行表面胶合时,确定合理的磨削参数,既能避免原料和加工动力的浪费,又能获得较好的胶合质量。因此,对磨削砂带粒度的选择具有重要的实际意义。

1)竹材磨削后的表面粗糙度通过机械结合力影响其胶合强度。本研究中,在竹材磨削砂带粒度为 100 目时,磨削竹材的表面粗糙度最为合理,即胶合强度最高,此时表面粗糙度 Ra 、 Rz 和 Sm 分别为

(表 1)。

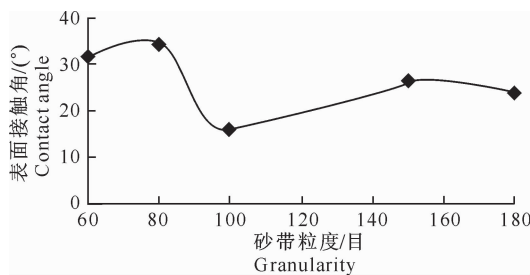


图 3 竹材表面接触角随磨削砂带粒度的变化
Fig. 3 Changing of liquid contact angle on sanded bamboo surface with the granularity

7.2、50.7 和 130.8 μm 。

2)竹材的表面活性基团及表面润湿性会对其胶合性能产生一定的影响。本研究测试表明,砂带粒度为 100 目时,磨削竹材的表面活性基团数量虽然较少,但表面接触角最小,即表面润湿性最好。

3)本研究表明,竹材胶合表面磨削选择 100 目的砂带较为合理。选择更细的砂带,不仅不能获得比较理想的胶合强度,还会造成动力的浪费及磨削效率的降低。

[参考文献]

[1] 张莲洁,孟庆军. 浅谈国内外木材表面粗糙度的研究现状及发展趋势 [J]. 林业机械与木工设备,2000,35(6):7-9.
Zhang L J, Meng Q J. A survey of present situation and developmental tendency on research of wood surface roughness [J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2000, 35(6): 7-9. (in Chinese)

[2] Lemaster R L. The use of an optical profilometer to measure surface roughness in medium density fiber board [J]. Forest Products Journal, 1996, 46(11/12): 73-78.

[3] Hizioglu S. Surface roughness analysis of wood composite: A stylus method [J]. Forest Products Journal, 1996, 46(7/8): 67-72.

[4] Richter K. The effect of surface roughness on the performance of finishes. Part 1: Roughness characterization and stain performance [J]. Forest Products Journal, 1995, 45(7/8): 91-97.

[5] Krishna K P. Study of the effect of photo-irradiation on the surface chemistry of wood [J]. Polymer Degradation and Stability, 2005, 90: 9-20.