

木质材料砂带磨削接触弧长研究

成 锋, 应俊华, 张 健, 罗 斌, 李 黎, 刘红光

(北京林业大学材料科学与技术学院, 北京 100083)

摘要: 接触弧长对砂带磨粒磨损、工件磨削质量有重要影响。采用可磨式双极热电偶法, 测量樟子松木材和中密度纤维板(MDF)砂带磨削的接触弧长。结果表明: 实际接触弧长比几何接触弧长大, 并随着砂带速度的增加而减小, 但随着进给速度和磨削厚度的增加而变大。樟子松木材的接触弧长小于 MDF, 但法向磨削力大于 MDF。除法向磨削力外, 不同材质属性对接触弧长有重要影响。在瞬时低温产生的磨削热作用下, 接触弧长的变化并无规律。

关键词: 木质材料; 砂带磨削; 磨削参数; 接触弧长

中图分类号: S791.253; S781.6; TS65

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654 (2019) 04-0005-04

Contact Lengths of Sanding Belts for Wood Materials

CHENG Feng, YING Jun-hua, ZHANG Jian, LUO Bin, LI Li, LIU Hong-guang

(College of Material Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Contact lengths of sanding belts for *Pinus sylvestris* wood and medium density fiberboard (MDF) samples were measured during sanding process by grindable bipolar thermocouple.

It was found that the actual contact lengths were longer than geometric ones, and that the contact lengths decreased linearly with increase of sanding belt speeds, but increased with increase of feed rates and sanding thickness. The contact lengths of *Pinus sylvestris* wood was smaller than that of MDF with greater normal sanding forces. It proved that material properties except normal forces had an important impact on the contact lengths. No regular changes of the contact lengths under sanding heat generated by instantaneous low temperature were observed.

Key words: wood materials; sanding belt; sanding parameters; contact length

磨削加工是木制品生产必不可少的环节, 直接影响胶合、涂饰等后续加工质量。砂带磨削是利用涂附磨具砂带的高速运动, 通过磨粒切削工件表面, 达到尺寸定厚及表面抛光的效果^[1-2]。砂带磨削过程中压辊与工件表面之间的接触状况, 对磨削温度、

磨削力、磨具与工件接触的弹塑性变形和砂带工作状态, 均有重要影响。接触弧长是表示接触区状态的重要参数, 法向磨削力是引起砂辊和工件变形的主要原因, 结合磨削力分析砂辊和工件弹塑性变形对接触弧长的影响, 可预测砂带的有效磨削条件和磨削效率。

早期研究中, 通常将工件与砂辊视为刚体而导出几何接触弧长, 未考虑磨粒、工件变形, 以及磨削热等因素的影响, 与实际接触长度有较大误差。在砂带磨削中, 虽然砂带具有很好的挠性与柔性, 但木质材料属于非均质、各向异性的黏弹性材料,

收稿日期: 2018-11-06; 修改日期: 2019-06-11

基金项目: 国家重点研发计划资助“定制家居产品数字化制造技术”(2018YFD0600304)。

作者简介: 成锋(1994—), 男, 硕士研究生。Email: chengfeng0315@yeah.net。

责任作者: 罗斌, 男, 讲师。Email: luobin1@bjfu.edu.cn。

磨削过程产生复杂的动态柔性接触。另外,虽然砂带长、散热快,磨粒得到很好的冷却效果,属于冷态磨削^[3],但木质材料导热性能差,生产过程中仍会出现磨削表面焦糊的现象。

鉴于此,笔者参考金属磨削接触弧长的研究方法,采用可磨式双极热电偶法,分别测量樟子松木材和中密度纤维板在不同磨削参数条件下的实际接触弧长,分析磨削参数、磨削温度、法向磨削力以及材料性质、弹塑性变形等因素对接触弧长的影响,为砂带磨削质量和效率的提高,提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

樟子松 (*Pinus sylvestris*), 产地美国, 尺寸为 130 mm×90 mm, 厚度 50 mm, 气干密度 0.373 g/cm³, 硬度 37.7 HD, 含水率 9.34%。

中密度纤维板(MDF), 尺寸为 130 mm×90 mm, 厚度 40 mm, 密度 0.714 g/cm³, 硬度 69.9 HD, 含水率 7.68%。

1.2 试验装置

1) 工作台往复式磨削试验机: 由北京林业大学材料科学与技术学院设计, 单砂架; 磨削类型为接触辊式, 接触辊半径 97 mm, 螺纹型橡胶辊, 硬度 75 HD; 斜纹布基砂带, 疏植砂棕刚玉磨粒, 利于磨屑排出。

在实际磨削中, 由于接触面小, 单位压力大, 多用于粗磨或定厚砂磨, 选取 80 目粒度砂带粗磨。

2) 磨削力采集装置: 如图 1 所示, 由压电式晶体三维力传感器、电荷放大器 (KISTLER 5806)、信号分析仪 (NEC Omniace II RA2300) 等组成, 采集磨削过程中的切向力和法向力。在法向磨削力的作用下, 砂辊和木质材料都会出现弹性变形, 因此, 需要分析法向磨削力与接触弧长的关系。

3) 热电偶测量装置: 木材是一种导热性差的固体材料, 既无法作为电路一极与金属丝构成回路, 也无法作为导热体传输热量至内部结点处, 因此, 试验采取可磨式双极热电偶法。热电偶类型: T 型; 热结点 0.5 mm; 采集器采样频率为 50 Hz。

将工件一分为二, 热电偶插入工件并夹紧, 使其处在临界接触位置, 磨削过程如图 2 所示。

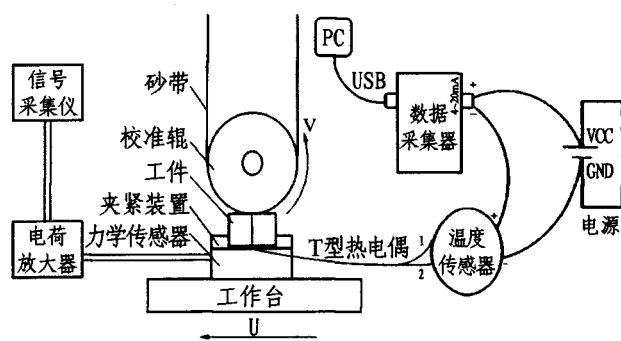


图1 木质材料砂带磨削测量装置

Fig.1 Device for measuring sanding belt abrasion of wood materials

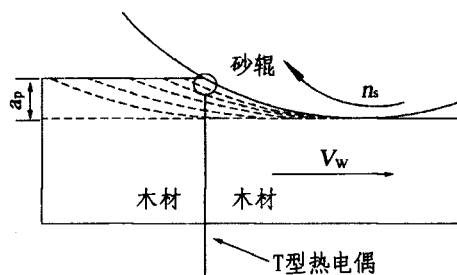


图2 热电偶安装及磨削接触示意图

Fig.2 Diagram of thermocouple installation and sanding contacts

砂辊驱动砂带磨削木材, 热电偶结点与砂带磨粒摩擦产生热量。热电偶两极温度差产生电流, 即热电效应。热电效应的电路接通信号, 即砂带经过工件上某一点时的接触时间, 如图 3 所示。根据进给运动过程中, 砂带从开始接触到接触结束, 以工件表面上热结点所运行的距离, 来确定接触长度。

$$l_d = V_w \cdot \tau$$

式中: l_d —动态接触弧长, mm; V_w —进给速度, m/min; τ —接触时间, s。

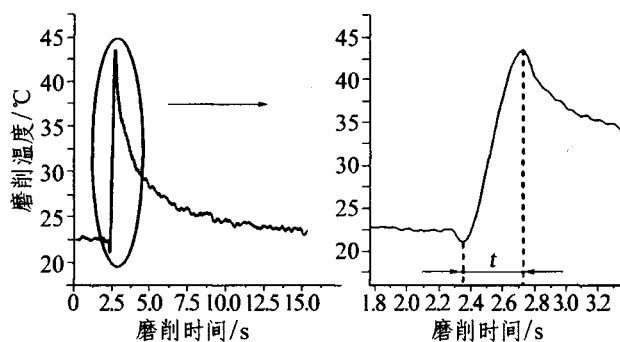


图3 磨削温度曲线图

Fig.3 Sanding temperature curves

1.3 试验方法

采用单因素法,以砂带速度、进给速度和磨削厚度分别作为单因素变量,因素水平列于表1。同时测量磨削温度和接触弧长,分析磨削参数和温度对接触弧长的影响。每个水平重复3次试验,结果取平均值。

表1 磨削试验参数

Tab.1 Parameters of sanding tests

变量因素	变量水平	固定因素及水平
砂带速度/(m·s ⁻¹)	4.00、5.35、6.69、8.04、9.38	进给速度 2.5 m/min 磨削厚度 0.2 mm
进给速度水平/(m·min ⁻¹)	1.49、2.50、2.97、3.71、4.42	砂带速度 5.35 m/s 磨削厚度 0.2 mm
磨削厚度/mm	0.1、0.2、0.3、0.4、0.5	砂带速度 5.35 m/s 进给速度 2.5 m/min

2 结果分析

2.1 磨削参数对接触弧长的影响

由于几何弧长公式只与砂辊直径及磨削厚度有关,由图4可以看出,在砂带速度及进给速度两个因素变化时,几何接触弧长保持6.23 mm不变;而随着磨削厚度的增大,几何接触弧长从4.4 mm增加到9.85 mm。在本试验条件下,磨削樟子松木材和MDF时,实际接触弧长的最大值分别为13.47、16.36 mm,明显高于几何接触弧长,说明磨削参数的改变影响实际接触弧长。

在相同磨削参数条件下,MDF的接触弧长略大于樟子松木材,而MDF的法向磨削力小于樟子松木材,表明磨削力与接触长度非正比关系,虽然与Hertz接触理论相矛盾^[4],但与已有研究^[5-6]结果一致,说明接触弧长与工件材料直接相关。

已有研究发现,低密度木材由于相对容易磨削而产生较多粉尘^[7]。樟子松木材密度低且材质松软,在磨削过程中产生大量软丝状磨屑,容易堵塞砂带磨粒空隙,导致实际磨削厚度达不到设定值,接触弧长逐步减小。砂带排屑能力逐步降低后,作用在磨削区磨粒上的力逐步增大,并伴随产生大量磨削热。而MDF的磨屑呈颗粒粉末状,不易堵塞砂带,所需磨削力较小。因此,虽然MDF的磨削力小于樟子松木材,其接触弧长却更大。在砂带选择时,密度小的木材,宜使用疏植砂砂带;反之采用密植砂砂带。

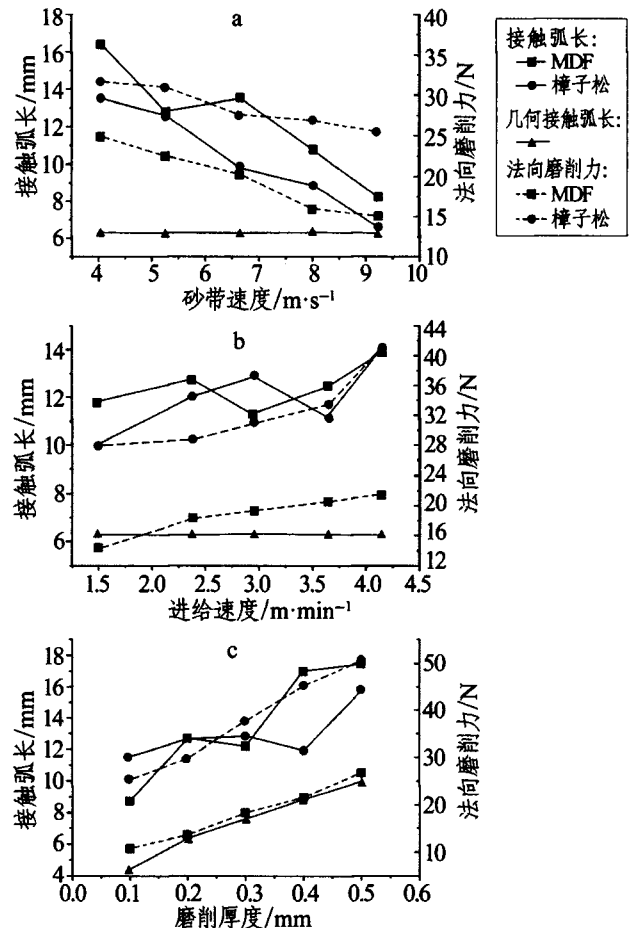


图4 磨削参数及法向磨削力对接触弧长影响

Fig.4 Influence of sanding parameters and normal forces on contact lengths

图4a表明,随着砂带速度的增大,两者的法向磨削力和接触弧长均减小。当砂带速度从4 m/s增大到9.38 m/s时,两者接触弧长均减少了近50%。这是由于砂带速度的加快,单位时间内参与磨削的磨粒增多,砂带的切削作用增强,法向磨削力减小,弹性变形减少。

由图4b可知,樟子松木材和MDF的接触弧长均随着进给速度的提高而增加,两者相差不大。工件进给速度增大,材料去除率增大,单位时间内切削的区域增大,因而法向磨削力增大,而法向磨削力是引起砂辊和工件变形的主要原因,故接触弧长增大。

图4c显示,接触长度随着磨削厚度增大而增大,接触弧长与磨削厚度、砂辊直径紧密相关。试验砂辊直径固定,当磨削厚度逐渐增大,工件与砂辊的接触深度增加,形变增大,导致接触长度增大。同样,去除量的增大也会导致磨削力增大,作用在砂辊上的力也增大,最终接触区的弹性变形增大。

磨削厚度对樟子松木材接触弧长影响变化不大,而对 MDF 影响明显。从工件材质解释,硬度较大的 MDF 与砂辊接触时,砂辊产生的形变更大。因此,当定厚磨削的工件材质较硬时,则需要经过多次磨削以达到设定值。

图 5 所示,砂带不产生切削时,砂辊与工件之间碰撞产生较大弹性变形,接触弧长为 l_1 ;当切削作用逐渐增强时,两者之间碰撞挤压作用力减弱,接触弧长也逐渐减小。当磨削力完全用于切削工件时,工件与砂辊接触不产生弹性变形,接触弧长减小到 l_5 。

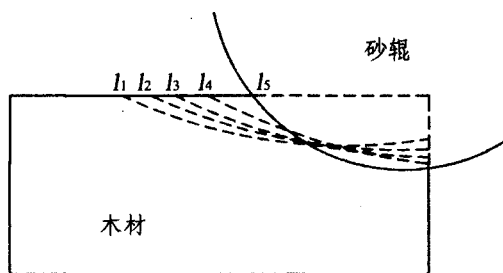


图 5 砂带速度变化对磨削区接触变形影响

Fig.5 Influence of belt speed changes on contact deformation in sanding zones

2.2 磨削温度对接触弧长的影响

金属磨削中,接触区域的接触弧长不仅与磨削参数变化所产生的磨削力有关,还与磨削过程中产生的磨削热有关。接触区域的表层温度分布受接触长度和磨削变形的影响,同时,磨削温度也会改变工件及砂辊的微小变形,从而影响接触长度^[7]。

图 6 所示为樟子松木材和 MDF 磨削温度与接触弧长的变化。

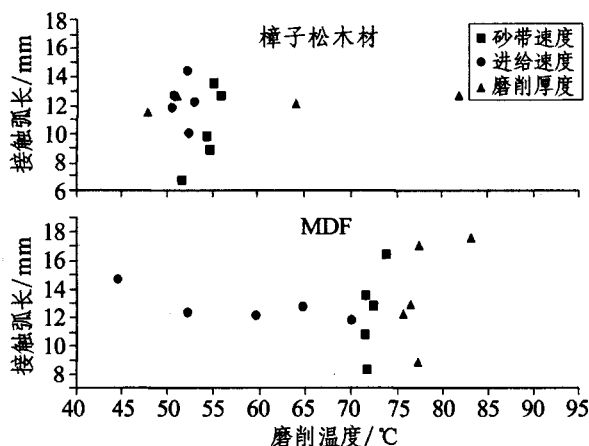


图 6 樟子松木材和 MDF 的接触弧长与磨削温度关系图

Fig.6 Relationship between contact lengths and sanding temperature of *Pinus sylvestris* wood and MDF

木质材料磨削温升较小,樟子松木材温升集中在 $50\sim 60^{\circ}$,而 MDF 磨削温升在 90° 以内。木质材料导热性较差,低温状态下不足以使材料表面软化,在相同磨削力的作用下,接触弧长增大。

图 6 表明,随着磨削温度的升高,两种试材的接触弧长并未像砂轮磨削一样呈现出指数增长的趋势,而是没有明显规律,符合木质材料材质种类繁多、各向异性的特性,瞬时低温的磨削热作用,对接触弧长的影响难以定量和定性描述。因此可推论,在砂带磨削接触弧长的研究中,磨削参数的变化、工件材料的性质,是导致接触弧长变化的主要原因。

3 结论

1) 木质材料砂带磨削,在不同磨削参数下的实际接触弧长大于几何接触弧长,两者之比在 1~3 之间。

2) 接触弧长随着砂带速度的加快而减小,随着进给速度的提高和磨削厚度的增大而增加。随着工件进给速度和磨削厚度的增加,材料去除率增大,法向磨削力增大,故接触弧长变大。

3) 不同材料的接触弧长与材料本身性质有关,与磨削力无正相关关系。MDF 磨屑呈粉末状,不易堵塞砂带,所需磨削力小,接触弧长大于樟子松木材。

4) 根据本试验结果,工件材料性质是影响接触状态的重要因素,密度较小的木材,磨削宜使用疏植砂带;密度较大的木材则适合使用密植砂带。为了保证加工效率以及精度,宜采取缓进给、高速度切削的加工方式,同时单次磨削厚度控制在 3 mm 以内,以达到最优加工。

参考文献:

- [1] 黄梦真,王晓梅.浅谈砂带磨削技术的优势和发展现状[J].科技信息,2009(11):160-160.
- [2] 李黎.木材切削原理与刀具[M].北京:中国林业出版社,2008.
- [3] 王维刚,潘复生,陈延君,等.砂带磨削技术及材料的研究现状和发展前景[J].材料导报,2006,20(2):106-108.
- [4] 波波夫.接触力学与摩擦学的原理及其应用[M].北京:清华大学出版社,2011.
- [5] Qi H S, Rowe W B, Mills B. Experimental investigation of contact behaviour in grinding[J]. Tribology International, 1997, 30(4): 283-294.
- [6] 毛聪.平面磨削温度场及热损伤的研究[D].长沙:湖南大学,2008.
- [7] Ratnasigam J, Scholz F, Nathondan V, et al. Dust-generation characteristics of hardwoods during sanding processes[J]. European Journal of Wood & Wood Products, 2011, 69(1): 127-131.

(责任编辑 向琴)