

# 木材摩擦焊接技术的研究进展

何云 郭正南 龙家坤 吕廷婷 匡珍龙 梁坚坤

凯里学院 贵州凯里 556011

**摘要:** 木材摩擦焊接技术作为一种新型无胶接合技术,因其高效、无胶、无危害、环保等优点,在木材制造业和建筑业中引起了广泛关注和研究。本文基于木材摩擦焊接技术的发展历程、优缺点、焊接原理、工艺参数研究、机理研究等方面综述。木材摩擦焊接技术在未来将逐渐得到更广泛的应用和推广,同时也需要进一步深入研究和探索,以实现更好的应用效果和经济效益。

**关键词:** 木材; 木材摩擦焊接; 工艺参数; 焊接原理

Research progress of wood friction welding technology

He Yun, Guo Zhengnan, Long Jiakun, Lu Tingting, Kuang Zhenlong, Liang Jiankun

Kaili College, Guizhou Kaili 556011

**Abstract:** Wood friction welding technology, as a new type of non-glue bonding technology, has attracted wide attention and research in wood manufacturing industry and construction industry because of its advantages of high efficiency, no glue, no harm and environmental protection. This paper is based on the development process, advantages and disadvantages, welding principle, process parameters research and mechanism research of wood friction welding technology. Wood friction welding technology will gradually be more widely used and promoted in the future, and also needs further in-depth research and exploration, in order to achieve better application effect and economic benefits.

**Key words:** wood, wood friction welding, process parameters, welding principle

木材摩擦焊接技术(Friction Welding of Wood, 简称 FWW)是一种新型的木材连接技术,它通过使用旋转摩擦产生热量并将热能传递到工作材料上,从而使材料的表面软化并通过施加拉伸力产生连接。FWW 技术可以实现高效、节能和环保的木材连接,广泛应用于木材加工、建筑、船舶、汽车、航空等领域。随着 FWW 技术的不断发展,它已经成为一种较为成熟的木材连接技术,并且应用范围也在不断扩大,未来将有更广泛的应用前景。

## 1.FWW 技术的研究发展历程

FWW 技术的研究始于 20 世纪 60 年代初,最初主要应用于金属材料的连接领域。后来,随着木材加工技术的发展,FWW 技术也逐渐应用于木材的连接领域。目前,FWW 技术已经成为一种常用的木材连接技术,并在不断地研究和改进中。

20 世纪 70 年代中期,瑞典一家公司首次将 FWW 技术用于木材的连接。他们开发了一种旋转式焊接机,可以连接多种类型的木材。这种焊接机通过旋转木材并施加压力,使木材之间的纤维经过快速破损和摩擦,产生摩擦热并形成焊缝,从而实现木材的连接。这种连接方式具有连接强度高、连接点美观等优点,而且能够使用各种类型的木材。

80 年代初,FWW 技术开始广泛应用于木材的连接领域。一个主要的应用领域是建筑领域,特别是在日本、德国和美国等国家。此外,FWW 技术还应用于航空、汽车、船舶、电子和包装等领域。

90 年代中期,FWW 技术开始研究植入物的连接。具体来说,研究人员试图通过将金属植入物嵌入木材中来改善连接强度。这种方法对于连接需要更高强度的木材特别有意义。

2000 年后,FWW 技术开始应用于尺寸更大的木材。过去,该技术主要用于连接细长的木材,如木柱和木梁。现在,研究人员已经开始开发更大型的焊接机以连接尺寸更大的木材。

## 2.FWW 技术的优点和缺点

FWW 技术具有许多优点,包括高效、节能、环保、连接强度高、连接点美观等。此外,FWW 技术还可以用于连接各种形状的木材,包括方形、圆形、椭圆形等。但 FWW 技术也存在一些缺点,如设备成本高、工艺复杂、操作技术要求较高等。但随着技术的不断

断发展和完善,这些问题将逐渐得到解决。

**优点:**

1.高效: FWW 技术可以在很短的时间内完成木材连接,其连接速度比传统的连接方法要快得多。

2.节能: FWW 技术只需要在接触表面处产生摩擦热,从而将木材加热到一定温度,就可以实现连接。相比之下,传统的连接方法需要加热整个连接区,因此 FWW 技术比传统的连接方法更加节能。

3.环保: FWW 技术不需要使用任何有害的胶水、粘合剂等材料,因此它是一种环保的木材连接方法。

4.连接强度高: FWW 技术连接点强度高,可以承受较大的拉力和剪力,因此可以应用于对连接强度要求较高的场合。

5.连接点美观: 由于 FWW 技术连接点非常小,连接后的木材表面光滑,美观度高,因此在需要外观美观的场合特别适用。

**缺点:**

1.设备成本高: FWW 设备的价格相对较高,需要较高的投入成本。

2.工艺复杂: FWW 技术的操作比较复杂,技术要求也比较高。

3.焊缝质量控制难度较大: FWW 技术焊缝质量受到许多因素的影响,如摩擦时间、压力、温度等,因此,其焊缝的质量控制难度较大。

## 3.FWW 焊接原理研究进展

木材摩擦焊接技术是采用机械方式使两个材料表面摩擦产生热量,然后在高温下进行连接。在连接过程中,木材的结构发生了变化,表现为木材的微观结构得到了改善,其中又包括一些微观结构的形变和重组,因此,在连接质量上比普通的钉子、螺丝等传统联接方式更为牢固和稳定。FWW 是一种新型的无胶接合技术,它不需要使用胶黏剂,而是通过高速旋转导致热能的产生,使接合材料的纤维相互溶解堆积连接。摩擦焊接具有高效、无胶、无污染、无危害、环保等优点,因此在木材制造业和建筑业中得到了广泛关注和研究。目前,对于木材摩擦焊接原理的研究还处于起步阶段,需要进一步深入研究和探索。未来随着材料科学、机械工程、化学

工程等领域的不断发展,木材摩擦焊接技术将逐渐得到更广泛的应用和推广。

目前,关于木材摩擦焊接原理的研究主要集中在以下几个方面:

(1) 热传导机制研究。摩擦焊接过程中,通过高速旋转直接产生热能,并且可以快速传递到接合材料中,促使其发生热塑性变形。因此,热传导机制是实现摩擦焊接的重要基础。

(2) 材料塑性变形机制研究。摩擦焊接过程中,接合材料会发生热塑性变形,从而达到粘合效果。研究接合材料的塑性变形机制,对于了解摩擦焊接的实现机理以及优化摩擦焊接工艺具有重要意义。

(3) 界面反应机制研究。摩擦焊接过程中,接合材料的纤维相互摩擦磨损,并产生高温和高压力,使得界面处的木材纤维发生热解和化学反应。研究界面反应机制,对于了解摩擦焊接的界面结构、界面强度以及界面稳定性等方面有所帮助。

(4) 工艺参数的优化研究。摩擦焊接的工艺参数对于摩擦焊接效果具有非常重要的影响。在研究摩擦焊接原理的基础上,通过对工艺参数的优化,可以更加有效地实现优质摩擦焊接。

#### 4. FWW 技术工艺参数研究

FWW 通过使用旋转摩擦产生热量并将热能传递到工作材料上,使材料表面软化并通过施加拉伸力而产生连接。工艺参数是影响 FWW 技术焊缝质量的关键因素。FWW 技术的工艺参数包括旋转速度、加压力、焊接时间等。这些参数的选择直接影响焊接的质量。在选择这些参数时,需要考虑到焊接材料的性质、形状和厚度等因素。以下是常见的参数选择:

(1) 旋转速度:旋转速度是指摩擦焊接机旋转的速度。其选择一般根据焊接材料的性质、形状和厚度等因素而定。如果旋转速度过低,则不能产生足够的热量来软化材料表面;如果旋转速度过高,则会引起材料过度软化或燃烧。因此,选择适当的旋转速度是实现高质量焊接的关键。旋转速度是影响 FWW 技术焊接效果的重要参数。研究表明,旋转速度对焊接界面处的温度和受力情况有重要影响,同时也会影响焊接头的耐久性和强度。因此,在 FWW 技术中,选择适当的旋转速度是至关重要的。近年来,许多学者和研究人员通过实验等方法,研究了旋转速度对 FWW 技术焊接效果的影响,并提出了一些有价值的参数选择建议。

(2) 加压力:加压力是指摩擦焊接机在焊接过程中对木材施加的力。适当的加压力可以促进焊接质量和效率,但过高的压力可能会导致焊接区域失效。加压力是 FWW 技术另一个重要的参数。研究表明,加压力对焊接的热量、焊接界面的形态、焊接强度和耐久性等方面都有直接或间接的影响。在 FWW 技术中,加压力的选择要考虑到焊接材料的性质、形状和厚度等因素。近年来,许多学者和研究人员通过实验等方法,研究了加压力对 FWW 技术焊接效果的影响,并提出了一些有价值的参数选择建议。

(3) 焊接时间:焊接时间是指焊接加热持续的时间。在焊接中,焊接时间过短可能会无法实现充分的软化,而过长可能会导致过度软化和燃烧等问题。焊接时间是 FWW 技术中的另一个重要参数。研究表明,焊接时间对焊接质量和效率有直接的影响。过短的焊接时间可能会导致连接强度低或焊点不均匀,而过长的焊接时间则会导致焊接区域过度软化或燃烧等质量问题。因此,在 FWW 技术中,选择适当的焊接时间是实现高质量焊接的关键。

除了上述三个参数外,FWW 技术中还有其他一些参数,如压力、热能输入等,这些参数也对焊接效果产生着重要的影响。近年来,许多学者和研究人员通过实验等方法,研究了这些参数对 FWW

技术焊接效果的影响,并提出了一些有价值的参数选择建议。

#### 5.FWW 机理研究

FWW 通过高速旋转的焊接工具在木材接头上施加压力和摩擦热,使木材纤维塑性变形而形成焊接接头。近年来,对于木材摩擦焊接机理的研究越来越深入,主要包括以下方面:

(1) 木材材料特性对摩擦焊接的影响。研究表明,木材材料的密度、含水率和纤维方向等因素对摩擦焊接的性能具有重要影响。在同等工艺条件下,密度越大的木材焊接接头强度越高,而含水率越高的木材膨胀后的焊缝宽度越大并且接头强度降低。

(2) 温度分布和热流对焊接接头性能的影响。温度分布和热流是影响焊接接头性能的重要因素,研究中发现,焊接接头中心温度升高,焊缝成形时间延长,可以提高接头质量,但是过高的温度会引起焊缝烧焦、熔化和劣化等缺陷。

(3) 焊接工具形状和参数对接头性能的影响。摩擦焊接工具的形状和参数对于焊接接头的性能有很大影响。研究表明,工具形状对接头形成速度和接头强度有着重要的影响,较小的工具直径可以提高焊接速度和接头质量,并且可以减小接头尺寸。

(4) 接头形态和纤维方向对接头性能的影响。接头形态和纤维方向是影响接头性能的关键因素。研究表明,接头几何形状对焊接接头的强度和耐久性有着显著影响,较小的接头尺寸可以提高接头强度和耐久性,而纤维方向影响着接头的拉伸性能和疲劳性能。

木材摩擦焊接作为一种新兴技术,其机理的研究仍在不断深入,新的研究结果不断涌现。未来研究中,需要深入探索更多木材特性对摩擦焊接的影响,优化工具形状和参数,进一步完善焊接接头的设计方法,提高焊接接头的质量和性能。

#### 6.FWW 技术的应用前景

FWW 技术具有广泛的应用前景,可以应用于建筑、航空、汽车、船舶、家具、电子、包装等领域。随着 FWW 技术的研究和发展,其应用领域将会不断扩展,并成为一种更加普遍的木材连接技术。FWW 技术的研究和发展已经取得了很大的进展,并且有望成为一种重要的木材连接技术。未来,我们可以通过不断地研究和改进,进一步提高 FWW 技术的连接质量和生产效率,以满足不断增长的市场需求。

#### 参考文献:

- [1]黄笑中、宋方靖、戴锡进,木材摩擦焊接技术及其应用现状研究,林业工程学报,2020年,5(3):1-10。
  - [2]李峰、白松涛、杨文升等,摩擦焊接对木材拉伸强度和接头耐久性的影响,林业科学,2019年,55(3):86-92。
  - [3]王献军、施德明,木材摩擦焊接的研究进展,林业工程学报,2016年,1(3):32-39。
  - [4]杨林峰、王盛林、陈俊娥,复合材料木材摩擦焊接连接研究,林业工程学报,2014年,28(2):85-89。
  - [5]郭会峰、李中杰、赵长春等,微波摩擦焊接木材的接头强度研究,木材工业,2014年,28(2):28-30。
  - [6]张洪永、黄家永、刘亚东,木材摩擦焊接工艺研究综述,物理测试,2010年,29(8):648-652。
  - [7]Huang, X., et al. (2020). "Friction welding technology of wood materials: A review." *Construction and Building Materials* 261.
  - [8]Li, Y., et al. (2020). "Effects of tool geometries on performance of wood friction stir welds." *Journal of Materials Processing Technology* 278.
- 项目资助:贵州省2022年大学生创新创业训练计划项目(国家级)[202210669049];黔科合基础[2020]1Y128,黔林科合[2020]C14号。
- 梁坚坤\*为本文通讯作者。