

激光封边系统结构及工艺

张恩慧¹, 范芯蕊¹, 马岩¹, 许洪刚¹, 周玉成²

(1.东北林业大学, 哈尔滨 150040; 2.山东建筑大学, 济南 150101)

摘要: **目的** 对激光封边机的激光器结构进行改进, 提高激光封边机器的激光利用率, 降低加工成本, 提高加工环境安全性。**方法** 基于热辐射、高分子聚物流变原理, 利用激光射线辐射加热特殊的激光封边条, 实现激光封边加工工艺。基于光折射反射原理, 利用分光镜作为第二介质对激光射线进行二次整合, 提高激光利用率, 保证激光路径的准确性。**结果** 激光射线路径能够按照预期完成整合, 部分由于封边条反射未被吸收的射线重新得到了利用。**结论** 通过对第二介质的利用, 提高了激光封边机的激光利用率, 激光封边温度控制更加准确, 加工成本降低, 整体工作环境得到改善。

关键词: 激光封边; 激光器; 第二介质; 光线整合

中图分类号: TB486; TS657 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)15-0116-05

Laser Edge Banding System and Its Technology Research

ZHANG En-hui¹, FAN Xin-rui¹, MA Yan¹, XU Hong-gang¹, ZHOU Yu-cheng²

(1.Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; 2.Shandong Jianzhu University, Jinan 150101, China)

ABSTRACT: To raise the utilization rate of laser edge bonding machine, reduce the process cost and improve the environmental safety of processing through improving the structure of the laser edge bonding machine. Special laser edge banding was heated to achieve laser edge bonding process based on thermal radiation and the theory of rheology on polymer. The laser rays were integrated for the second time to enhance the utilization rate of laser and guarantee accurate laser path with the spectroscop as the second medium based on the refraction and reflection principle. The path of laser rays could be integrated as expected. The parts that didn't be absorbed owing to the reflection of edge banding can be used again. It raises the ratio of laser utilization of laser edge bonding machine, achieves more accurate temperature control of the laser edge, reduces the processing costs and improves the processing environment integrally.

KEY WORDS: laser edge banding; laser; the second medium; integration of rays

随着现代生活的不断发展和人们生活水平的不断提高, 人们对于板式家具的质量的要求也不断提高。在板式家具的生产中, 封边是非常重要也是使用最频繁的一个环节, 但又是产品质量问题体现得最为集中的工序。判断一件板式家具的质量究竟如何, 最直观的一点就是家具的封边质量。激光封边技术作为一项最新的无缝封边技术, 可以保证生产加工的效率得到提高, 同时, 封边后的板式家具又能具有完美的外观被人们所喜爱。对板材封边工艺的优化, 不单单从工艺方面提高了产品的整体质量, 更会给生产销售企业带来巨大的商业价值。

1 激光封边技术工艺分析

1.1 激光封边技术工艺流程

激光封边技术需要利用一种激光封边专用的封边条。封边条上具有事先涂好的一层特殊性质的高分子聚合物, 加工过程中, 封边条经过封边机上的激光设备, 受到辐射, 特殊高分子聚合物形成的功能层被高能量的激光束辐射, 此时, 功能层中的高分子聚合物由于吸收了大量的能量, 产生了流变现象^[1-2]。这层特殊的聚合物在宏观上表现为熔融状态, 具有优异

收稿日期: 2017-02-27

基金项目: 泰山学者优势特色学科项目; 中央高校基本科研业务费 (2572016EBT1)

作者简介: 张恩惠 (1965—), 男, 博士, 东北林业大学副教授、硕导, 主要研究方向为新能源装备、生物质能源利用技术。

的粘合性能。随后,封边条通过压辊装置被压到工件的侧面边缘上,使封边条和工件粘连在一起。最后再通过修边过程完成整个的封边加工工艺。

1.2 激光封边技术工艺与其他封边工艺对比

目前市场上最常见的封边技术是利用热熔胶进行封边,这种封边机属于最传统的封边设备。具有单独的涂胶系统,涂胶系统提前将热熔胶加热融化,准备封边时,涂胶系统已将融化的热熔胶通过涂胶辊,平铺在封边条上,随后,压辊系统立刻在另一侧对封边条进行压紧,完成封边流程。这种机器通常操作简单、价格较低,所以很多小型家具厂在资金不足的情况下往往会选择这种加工生产方式。这种封边技术也存在许多不足和缺陷^[3]:热熔胶加热需要很长的时间,加工效率低,一定程度上增加了能源消耗和加工成本;在控制热熔胶的用量上,不好掌握,容易对工件造成污染,需要对工件进行费时费力的清洁;热熔胶使用时需配备专用的加热存储系统,并且每当产品变换颜色时,就需更换一次胶料。

为了改善传统热熔胶封边工艺的缺点,热风封边技术为封边技术提供了一个新加工的思路。将封边条上提前涂好热熔胶层,并利用热风系统代替涂胶系统,工艺流程(见图1)是通过热风输送管喷出强有力的热气流,以激发封边条涂层上的胶合剂,胶合剂受热融化后具有粘性,通过压辊系统将封边材料与板材连接起来^[4]。热风封边工艺最大的突破就是改变了传统的涂胶方式,避免了封边机在使用时溢胶、工件易污染、更换胶箱费时费力等一系列的问题,通过这种技术工艺封边,可以使整个设备干净整洁且操作简便,使封边效果更佳。

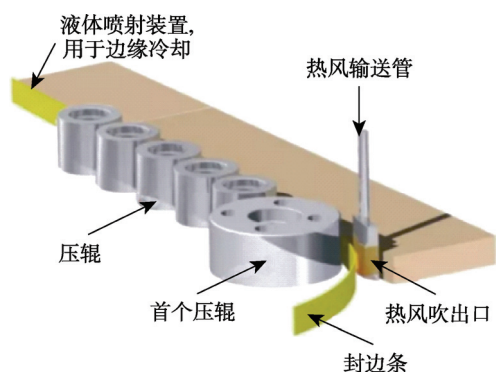


图1 热风封边工作示意

Fig.1 Schematic diagram of hot-wind sealing machine work

热风封边技术在实际的使用过程中也出现了一些问题:喷出的热风只有部分被封边条背胶所吸收,其余部分被浪费了;对于工作环境要求高,空气湿度、室内温度都会影响到封边质量;风速和风压需要根据封边条材质、厚度、颜色的不同进行调整,不易掌控。

与以上2种加工方式相对比,激光封边技术作为

最新的无缝封边技术,其工作流程与热风封边工艺的原理相似,激光封边示意图2。这项技术主要利用特制的高分子聚合物涂层代替传统的热熔胶,保证封边的强度更高;利用激光束代替热风对封边条的功能层进行能量输入,解决了热风能量输入过低的问题,机器在加工时对加工环境的要求也更低^[5]。激光封边工艺,保证了生产的精确度,大幅度提高了封边质量。同时,又使工厂的生产效率提高,产品的不合格率降低^[6]。

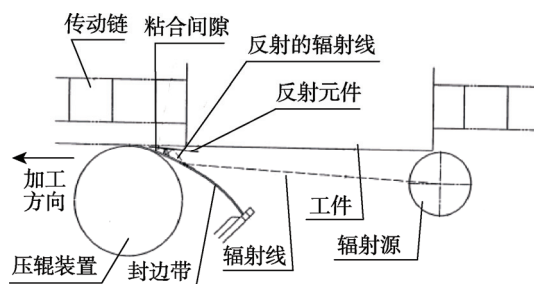


图2 激光封边示意

Fig.2 Schematic diagram of laser sealing technology

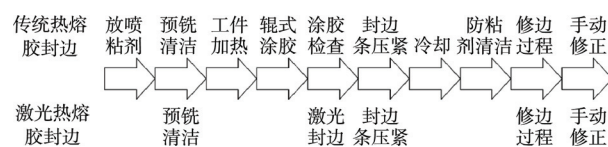


图3 封边工艺流程对比

Fig.3 Comparison chart of edge sealing process

通过图3工艺流程图的对比,容易看出,激光封边加工流程几乎只保留了必要的加工过程。这就保证了激光封边工艺可以最大程度地提高加工效率。激光封边的胶质层通常只有0.1~0.2 mm的厚度,封边最终的效果可以做到真正的无痕完美封边。激光封边机可以对激光强度、照射时长、进给速度等,根据封边材料的工件厚度、激光涂层厚度进行人为的选择设置。实际操作过程中,一般只需输入或扫描封边条的型号,并给出板材的进给速度,机器就能自动进行参数设置。不足的是,当前激光封边由于封边条为特制的专用封边条,生产成本较高,对于我国大多数的中小型企业来说,很可能存在着买得起设备,但用不起的问题,因此,还不能被国内的厂商广泛接受^[7-8]。消费者方面也存在对激光封边了解不全面,接受度不高等问题。

1.3 激光封边条的材质选择

激光封边技术,可应用在现阶段市场上绝大多数常见的封边条材质上,要求在常规的封边条上经过处理,提前涂好适当厚度的具有粘合作用的高分子胶质功能层。封边条常用的材质有丙烯腈、丁二烯、苯乙烯等3种单体的共聚物(ABS)、聚丙烯(PP)、聚乙烯(PVC)和聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)等。封边条的厚度通常在0.4~1.2 mm,常用激光封边条的厚

度在 $0.5 \sim 3.0 \text{ mm}^{[9]}$ 。胶质功能层厚度可以根据不同的粘合要求变化,通常情况下,功能厚度在 0.2 mm , 粘合情况最好且无痕。

封边条的基本选择要求:封边条的厚度要根据产品要求和封边设备的性能作出选择;封边条的宽度与板材厚度系列相对应,特殊需要可根据工件的厚度定制;封边条的色泽应满足整体产品设计的要求。

2 激光系统的结构

2.1 激光器的选择及其发光原理

通常的激光器都是由激光工作物质、泵浦源和光学谐振腔等3部分组成。根据工作物质的不同,激光器可以分为气体激光器、固体激光器、液体激光器、半导体激光器等^[9]。它们的主要特点分别为:气体激光器工作物质的种类有很多,可以产生多种不同频率的激光,相干性较好,但是由于气体密度低,激光输出功率相应较小;固体激光器的特点则恰恰相反,它可以产生超高功率脉冲,但工作物质的种类很少,相干性差并且价格较高;液体激光器的最大特点是激光的波长在一定范围内连续可调,制备容易,价格低廉,但稳定性相对很差;半导体激光器则具有体积小、质量轻、结构简单等特点,输出的功率也较小^[10]。

对于激光封边机中的激光器而言,输出功率不需要过大,但要求激光器采用的激励方式必须能将电能转化为激光能量,并且必须拥有连续稳定的输出、良好的相干性、体积不易过大等一系列要求。 CO_2 气体激光器以及半导体激光器基本上可以满足以上要求,相比而言, CO_2 气体激光器在使用时,维护相处较为频繁,装置体积相对过大,以及输出功率效率相对较低等缺陷。通常选择半导体激光器即激光二极管,作为激光封边的激光源。激光二极管(LD)的基本结构(LD的基本结构见图4)实质上与发光二极管(LED)是基本相同都是由PN结和2个电极构成的^[11]。区别主要在于LD发出的激光是相干光,LED则是非相干光。

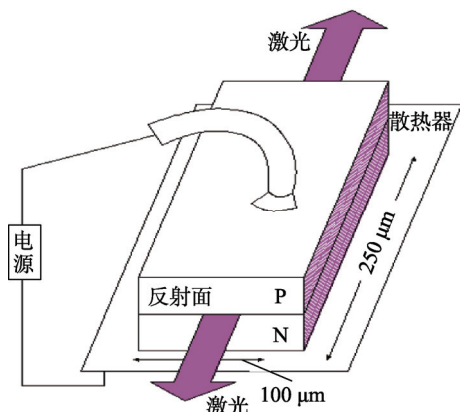


图4 LD的基本结构

Fig.4 The basic structure of LD

为了实现PN结附近非平衡载流子的反转分布,需要有合适的工作物质和特殊结构。目前,一般采用重掺杂的GaAsPN结,用 P^+N^+ 表示(图5a)。在零偏压下重掺杂的 P^+N^+ 结能级结构见图5b。图5中, E_c 为导带, E_v 为价带; E_F 为载流子分布规律的费米能级, qV 为势垒高度。PN结受到一个正向电压的时候,垒势高度下降为 $q(V_n - V)$, V 为外偏压。此时会迫使电子从N区域经过PN结进入到P区域,空穴则反向进入到N区域,此时,处于PN结附近的空穴将会自发的与非平衡电子复合,从而发射出一定波长的光子,这种现象称为自发辐射。当自发复合后产生的光子通过半导体时,可以激励附近已经发射的电子-空穴对复合,产生新的光子,即受激辐射。增加注入的电流,足够大的时候即 $qV > E_g$,才能打破平衡的粒子分布,使粒子数反转,在结区实现载流子反转分布。注入区内非平衡载流子的自发复合产生辐射光子,这些光子将引起处于反转状态的非平衡载流子产生受激复合而发射受激辐射光子。由于材料和腔内的损耗

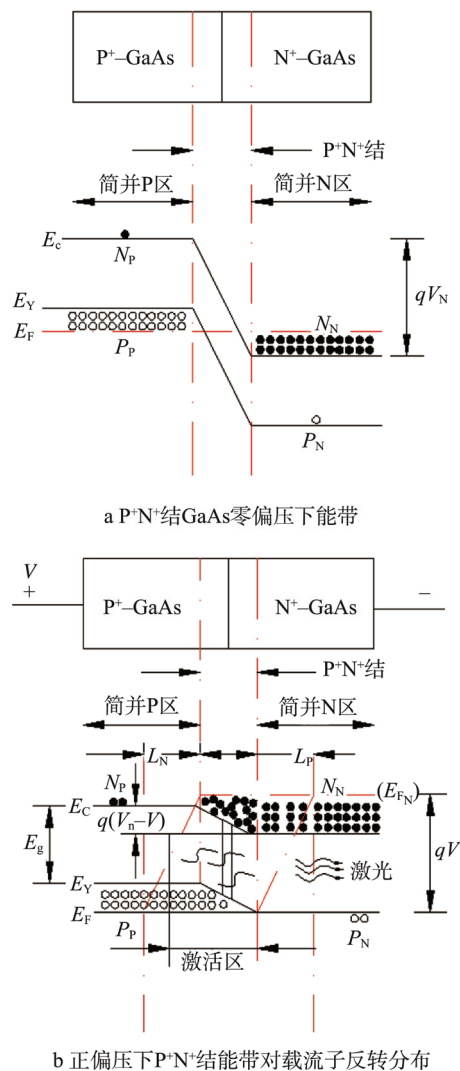


图5 LD发光原理

Fig.5 Schematic diagram of LD luminescence

总是存在的,一定需要足够大的电流强度才能保证激光器内增益大于损耗,从而实现激光震荡,才能够从PN结处发出良好的相干光,即所需要的激光光源^[12]。

激光封边机在实际加工生产中,要求激光器发出激光波长要保证在 900~1064 nm 之间,能量输出功率要求达到 3 kW^[13]。根据要求,选用的是近红外激光二极管,由于激光封边机的原理是利用高能量的激光输出功率激活封边条上的胶质功能层,只使用单一的激光元肯定是不够的,需要将若干的激光元按照一定的列阵排列,使光线束经过准直镜整合,形成一道能准直射向封边条的高能激光束。不同的阵列方式在一定程度上也影响着封边质量,实践证明当激光元阵列为与封边条宽窄的相同的矩形光斑时,在加工速度相同的前提下,对封边条上的特殊胶质层辐射加热最为充分,得到的封边效果最佳。

2.2 激光系统结构改进

在激光封边的过程中,利用激光源对封边条上的特殊聚合物的胶质层进行辐射照射,但会存在少量激光射线放出的能量没有被吸收的问题,对资源造成了浪费,无形中增加了封边的成本。为了解决上述问题,对激光封边设备进行改进设计,见图 6。

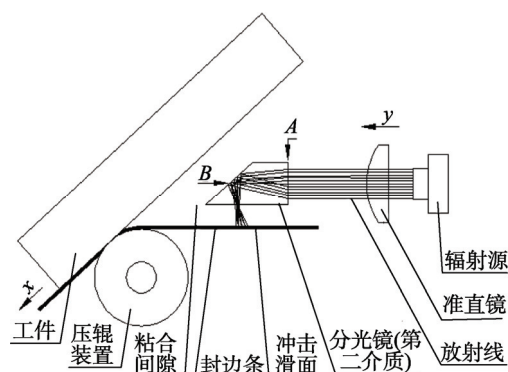


图6 运用第二介质的激光封边装置工作原理

Fig.6 Schematic diagram of laser edge device that uses the working principle of the second medium

这一装置设计的目的是利用第二介质对激光束进行二次整合,提高激光利用率,那些未被封边条及时吸收,反而被封边条反射回的发散光也可以进行二次利用。改进后的激光封边装置包括:辐射源(近红外激光二极管)、准直镜、放射线、第二介质以及压辊装置^[14-16]。工作原理见图6。具体工作过程为:激光二极管作为辐射源发出放射线,经过辐射源前端的准直镜对射线路径进行初步整合,直接射向第二介质的A面,随后第二介质的B面进行反射(B面需要特殊物质进行镀膜),此时,这一高输出功率的激光束射线进入到一个由工件和封边条相对运动形成的粘合间隙中,最后准确地照射到封边条的胶质层上^[17]。照射到封边条上的辐射光线,大部分都可以被这层胶

质层的特殊聚合物吸收,少部分的辐射线有可能会经过封边条反回给第二介质,此时第二介质会再次对辐射线进行反射,这样反复进行,直到封边条上的胶质层将全部的辐射线吸收为止。随着激光光照辐射,光能转化大量热能,特殊聚合物涂层被激活,胶质层宏观显现为熔融状态,粘合性能达到最佳,此时,压辊装置应立即将封边条与工件压实,二者完美的粘结在一起就完成封边工艺的加工。

需要注意的是,所使用的第二介质必须要具有比一般媒介更高的光学密度,要求第二介质A面需要对于激光射线具有较高的透光率,B面则需要加上特殊的涂层镀膜,以保证二极管发出的激光具有较高的反射率,才能通过对光线的折射以及反射作用使高输出功率的激光辐射光束传播方向改变,保证辐射源的放射线可以准确地被引导到封边条上。第二介质的辐射入口侧设置一台用于形成激光波束的移动设备,其辐射边缘带有偏转装置,该偏转装置是具有多个偏转表面,以保证激光束的方向调整。移动设备的驱动器中需要设置有冷却装置,辐射光束可在出口处冷却,根据加工要求调整光束温度。

第二介质的合理运用使未被封边条及时吸收的射线重新得到利用,辐射源的利用率提高,封边效率提高,间接的降低了生产加工成本,减少了排入环境中的辐射,使激光封边设备的安全性增加。

3 结语

激光封边的技术是板材封边领域的一个新的突破,在优化了整体加工工序流程的同时,又大幅度提高了封边质量,提高了生产速度。现阶段面临的主要问题是激光封边的加工成本过高,使大多数中小型的加工企业无法接受。通过对激光封边机上激光系统的改进,在一定程度上降低加工成本,又保证了加工的准确率以及封边的完美程度。激光封边对材料的广泛应用性使这种技术一定会越来越多地应用到加工生产当中,受到广大消费者的喜爱。

参考文献:

- [1] 小可. 激光封边技术[J]. 家具, 2009(4): 52—53.
XIAO Ke. Laser Seal Technology[J]. Furniture, 2009(4): 52—53.
- [2] BINETRUY C, CLEMENT S, DELEGLISE M. Glue-free Assembly of Glass Fiber Reinforced Thermoplastics Using Laser Light[J]. SPIE, 2011(8065): 1—7.
- [3] 钟文翰, 梁米加, 王武康. 课桌椅人造板件封边技术应用探讨[J]. 家具, 2015(2): 7—12.
ZHONG Wen-han, LIANG Mi-jia, WANG Wu-kang. Application Research on Edge Banding Technique of Wood-based Panel in School Desk and Chair[J]. Fur-

- niture, 2015(2): 7—12.
- [4] 杨铁, 张云鹤, 马岩. 基于 PLC 的封边机板材进给系统控制研究[J]. 包装工程, 2015, 36(15): 119—123.
YANG Tie, ZHANG Yun-he, MA Yan. Control of Slab Feeding System in Edge Banding Machine Base on PLC[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(15): 119—123.
- [5] 吴蓁, 项瑜, 张立亭. 水性木材胶粘剂的制备与性能研究[J]. 中国胶粘剂, 2012(12): 45—48.
WU Zhen, XIANG Yu, ZHANG Li-ting. Study on Preparation and Properties of Water Borne Wood Adhesive[J]. China Adhesives, 2012(12): 45—48.
- [6] 吉恩. 激光封边技术[J]. 家具, 2010(5): 98—101.
JI En. Laser Seal Technology[J]. Furniture, 2010(5): 98—101.
- [7] JAKUB S. Experimental Platform for Advanced Wood Machining Research[R]. 19th International Wood Machining Seminar, 2009.
- [8] 杨春梅, 赵洪元, 任洪娥. 封边系统关键部件的有限元分析[J]. 包装工程, 2015, 36(23): 94—98.
YANG Chun-mei, ZHAO Hong-yuan, REN Hong-e. Finite Element Analysis of the Key Components of Sealing System[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(23): 94—98.
- [9] 文超, 吴智慧, 张继雷. 板式家具塑料封边条剥离方法的对比研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2012(6): 151—153.
WEN Chao, WU Zhi-hui, ZHANG Ji-lei. Comparison Analysis of The Peeling Method for Plastic Edge Band on Panel Furniture[J]. Journal of Nanjing Forestry University(Natural Science Edition), 2012(6): 151—153.
- [10] 张志研, 牛奔, 高文焱. 基于二氧化碳激光的光纤大直径端帽熔接技术[J]. 中国激光, 2014(7): 54—57.
ZHANG Zhi-yan, NIU Ben, GAO Wen-yan. Splicing Technology of Fiber Large Diameter End-Cap Based on CO₂ Laser[J]. Chinese Journal of Lasers, 2014(7): 54—57.
- [11] 邹江林, 吴世凯, 肖荣诗. 高功率光纤激光和 CO₂ 激光焊接熔化效率对比[J]. 中国激光, 2013(8): 58—62.
ZOU Jiang-lin, WU Shi-kai, XIAO Rong-shi. Comparison of Melting Efficiency in High Power Fiber Laser and CO₂ Laser Welding[J]. Chinese Journal of Lasers, 2013(8): 58—62.
- [12] KAWAHITO Y, MIZUTANI M, KATAYAMA S. High Quality Welding of Stainless Steel with 10 kW High Power Fibre Laser[J]. Science and Technology of Welding and Joining, 2009, 14(4): 288—294.
- [13] 薛明晰, 陈志斌, 王伟明. 准共轴多波长红外激光二极管的光束准直技术[J]. 中国激光, 2014(5): 48—54.
XUE Ming-xi, CHEN Zhi-bin, WANG Wei-ming. Research on Quasi-Coaxial Beams Collimation Technique of Multi-Wavelength Infrared Laser Diode[J]. Chinese Journal of Lasers, 2014(5): 48—54.
- [14] MU You-bing, WAN Xiao-bo. Simple but Strong: A Mussel-Inspired Hot Curing Adhesive Based on Polyvinyl Alcohol Backbone[J]. Macromolecular Rapid Communications, 2016, 37(6): 31—37.
- [15] 马岩, 杨铁, 任洪娥. 数控封边机板坯进给系统结构设计[J]. 包装工程, 2014, 35(19): 55—58.
MA Yan, YANG Tie, REN Hong-e. Structure Design of Numerical Control Machine Slab Edge Feeding System[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(19): 55—58.
- [16] ZHANG Tian-yi. Semi-Automatic Packaging Systems[C]// 4th International Conference on Mechatronics, Materials, Chemistry and Computer Engineering, 2015.