

讨论与建议

我国单板干燥节能技术现状及发展趋势

孙 锋, 周永东, 贺志强

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 为了提高单板干燥设备的能量利用效率, 对我国单板干燥节能技术现状、存在的问题等进行了总结与分析, 并提出了改进建议与单板干燥节能技术的发展趋势。

关键词: 单板干燥; 节能技术

中图分类号: TS653.2; S781.71

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2012)06-0035-04

Current Status and Development of Energy Conservation in China's Veneer Drying Process

SUN Feng, ZHOU Yong-dong, HE Zhi-qiang

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: The authors summarize the current status for energy conservation in China's veneer drying process, analyze existing problems, and then provide useful information and suggestions to plywood manufacturing companies to improve their energy efficiency.

Key words: veneer drying; energy conservation

胶合板是木材加工行业的主要产品之一, 2008年我国胶合板产量的世界占有率达到40%, 出口量占总产量的30%, 成为世界胶合板生产和出口第一大国^[1]。到2011年, 我国胶合板产量达到9 869.63万m³^[2], 同比增长38.24%, 占我国人造板总产量的47.18%。工业产值的大幅提高, 虽然带来了巨大的社会财富, 和人民生活水平的提升, 但同时亦造成能源消耗的快速增长, 及温室气体的大量排放。

我国胶合板生产企业以中小型企业居多, 生产管理、设备及工艺落后, 导致原材料、热能、电能等资源利用不合理。胶合板产品生产成本中, 能耗约占25%, 而单板干燥的热能消耗占胶合板生产全部能耗

的75%以上^[3-4], 热能利用效率与发达国家相比存在较大的差距。在低碳经济的发展背景下, 我国胶合板行业需要完成产业结构调整、装备升级、节能降耗等多项技术任务; 提高单板干燥机的热效率, 对降低胶合板生产成本意义重大。

鉴于此, 笔者对我国单板干燥节能技术现状、存在的问题等进行总结和归纳, 并提出应对措施, 以期为提高胶合板产品质量和单板干燥机能量利用效率提供建议。

1 单板干燥节能技术现状

单板干燥能耗与单板性质和干燥环境两个因素密切相关, 单板性质包括: 树种、单板厚度及含水率等, 是其固有属性; 干燥环境是指单板干燥设备及工艺。要实现单板的干燥节能, 应从单板干燥设备及其工艺两方面进行分析。

收稿日期: 2012-05-01; 修改日期: 2012-10-10

基金项目: 国家林业局公益性行业科研专项(201104003-02)。

作者简介: 孙锋(1988—), 男, 中国林科院木材工业研究所硕士研究生。

通讯作者: 周永东, 男, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士。

1.1 单板干燥设备

按照单板传送方式,单板干燥机可分为辊筒式、网带式、网带-辊筒复合式和链条式;按传热方式,可分为对流式、接触式、辐射式和混合式等。目前,国内外普遍采用的是网带或辊筒型喷气式单板干燥机和普通多层热压型干燥机。

1.1.1 网带或辊筒型喷气式单板干燥机

要提高能源利用效率,需要对干燥机各组成部分进行优化。

1) 干燥机主体结构 干燥机分为两个干燥段,在两个干燥段中间,设置一个直接暴露在外界环境中的开放段,因为环境温度低于设备干燥温度,可在单板厚度上形成内高、外低的温度梯度和含水率梯度,促进单板水分蒸发,进而达到节能的目的^[5]。

2) 风机类型选择与布置 目前干燥机所使用风机大多为轴流风机或离心式风机。以带蜗壳的离心式风机,代替原有的轴流式风机,具有风量大、风压高、功率小、效率高等特点^[6]。

风机风向布置方面,干燥机前后两段的气流方向相反。因为排风侧是经加热后的湿空气,温度较吸风侧温度高(测量结果显示,吸风侧与排风侧湿空气的平均温度相差近 20℃),如果前后两段风向一致,会导致单板在横向上的含水率差异较大(进风侧含水率低于吸风侧),而反向布置会使单板干燥更加均匀。

3) 散热器 采用椭圆形、矩形套片式散热管,代替圆形散热管。椭圆形套片式散热管散热面积大、风阻力小、导热性能好等,减少了传热中的能量损失^[7]。

4) 气流形态 采用变截面喷箱,保证热气流从各喷嘴喷射的速度一致。喷嘴采用喇叭口形状,增加对热气流的导向性,使热气流高速均匀地作用于单板表面^[7];或将圆形喷口改成圆孔翻边导流碟型喷孔,减小喷孔阻力,且导向性好,使单板表面平流层厚度减小,进而改进传热传质效率,提高干燥速率^[8]。

5) 湿度调节 通常单板干燥机的排气阀前后干燥段开度略有不同,前段排气阀开度较大,以使单板含水率高于纤维饱和点时自由水大量蒸发并顺利排出干燥机;后段是单板中结合水的蒸发,水分蒸发强度较小,可适当减小排气阀开度,以避免不必要的热量流失^[4]。但前后段排气阀的开度是固定的,不能依据空气湿度的变化自动调节。

6) 干燥机的保温气密性 尽量减小干燥机单板进出口处的开口尺寸,减少高温干燥介质泄漏^[4]。

根据使用环境及干燥工艺,选择合适的保温材料及其厚度,以减少设备自身散热引起的能量损失。测试发现,环境温度 21℃时,喷气辊筒单板干燥机外壁的表面温度为 32~36℃。计算表明,壁面温度比环境温度每高 1℃,散热量增加 1.432 kJ/m²·h。

7) 含水率监控 当前普遍采用电阻式含水率测定仪,在干燥机的出口处,人工测量单板含水率,通过调节单板进给速度控制单板干燥速度,以避免单板含水率过低造成能量浪费。

8) 干燥热源 通常采用蒸汽或导热油作为加热介质。使用蒸汽的温度愈高,需要的压力愈高,运行阻力增加,在输送过程中节流造成的能量损失亦愈大;与蒸汽相比,导热油的传热效率高,传热平稳,单板干燥质量亦更加稳定^[9],导热油温度与运行压力无关,压力由热油泵控制,可在低压状态下完成热量的传递,工作效率较蒸汽传热提高 40%,节能 44%^[10]。

近年来,随着能源价格的提高,许多中小型企业生产的单板干燥机,转而采用燃烧木材加工剩余物的热风炉产生的炉气,作为单板干燥介质。

1.1.2 多层热压型单板干燥机

此类设备采用接触加压传热方式,迅速提高单板温度,并按照不同单板的干燥要求,交替进行加压加热和释压排气,大大提高了热效率,较常规喷气式单板干燥机,节省大量电能和蒸汽。

1) 多层热压型干燥过程中,油缸的全程开启/闭合可调整为短程开启/闭合,以减少能量损失^[11]。

2) 干燥机配备带活动叉头的进出单板机构,保证较薄单板顺利进出热压机;且设置了可动式短间距搁脚板,用于进出板机构的操作,从而缩短非工作时间^[11]。

3) 在热压板上附着柔性垫网进行单板热压干燥,生成的水蒸汽容易导出,使单板弦向干缩率下降,提高了单板含水率分布的均匀性和单板干燥速度,单板等级率提高,提高了资源利用率^[12]。

1.2 单板干燥工艺

通过预处理,降低单板含水率,再利用干燥机对其进行干燥,可节约大量能量。如利用辊筒挤压机对湿单板进行预处理,辊筒表面有若干凹槽,利用辊筒

输送并挤压单板,由于水压的存在,可防止单板破损;凹槽使单板中的水分容易导出^[13]。预处理后,单板的含水率大大降低,渗透性提高,干燥性能改善,在干燥机中的干燥速率提高,从而降低干燥能耗^[14]。

常规喷气式单板干燥中,影响单板干燥的主要因素包括:树种、单板厚度、初含水率、干燥介质温度、相对湿度及湿空气流过单板表面的速度等^[9]。通过正交设计、方差分析等,得到较佳的干燥工艺,即干燥温度、相对湿度及风速的优化组合,达到既提高单板干燥质量,又大幅降低干燥能耗的目的。通常干燥介质温度在140~160℃,干燥风速控制在15~27 m/s^[5];虽然降低相对湿度,单板干燥速度提高,但会增加变形、开裂等缺陷,可适当提高干燥介质相对湿度,控制在12%~20%,以保证单板的干燥质量^[5,15]。

2 存在的问题

1) 单板干燥设备

除了国内极少数大型设备生产企业,具有较强的研发及设计能力,大多数小型设备厂,均系对国内外现有设备进行仿造,对单板干燥设备的风机、加热器等关键构件,没有能力进行优化配置,造成单板干燥设备能耗较高。

大型国企胶合板厂,通常拥有连续喷气型单板干燥设备,但有些设备较陈旧,加之技术人员不足,设备维护不当,蒸汽等干燥介质的跑冒滴漏现象较严重,致使干燥能耗较高^[3]。

2) 单板干燥工艺

我国中小型胶合板企业居多,为降低成本,一些胶合板厂采用气干法作为单板的主要干燥方式,不同季节干燥后的单板受气候影响,含水率差异较大。

对于单板干燥工艺的调整不够灵活,通常将干燥工艺固定在某一两个温度、排气阀的开度不变,仅以单板的进料速度作为唯一可控因素;且有些操作人员认为单板干燥含水率越低越好,造成过干单板的比例增大,既浪费了大量热能,又增加了单板的破损率。

3) 单板干燥供热方式

一直以来,我国大部分胶合板企业采用的是锅炉蒸汽加热,但蒸汽在输送过程中压力损失较大,蒸汽管道阀门亦会造成能量的节流损失,还有管道排污和补充冷水均可造成热能损失;此外,有相当部分的疏

水阀存在质量问题,使用中蒸汽泄漏严重。

一些企业为节省常规能源,利用燃烧木材加工剩余物的热风炉为单板干燥机提供热源,但大多数的热风炉容量小,结构简单,能效低,亦造成了能量浪费。

4) 单板干燥机能效评价标准

目前尚未出台单板干燥设备能源利用评价标准,仅有少量文献对单板干燥设备的热效率、烟效率等进行了理论分析^[16-17];不同类型设备采用的加热介质不同,如蒸汽、导热油以及热风炉等,及利用的能量形式不同,如电能和热能等。因此,导致企业在设备选型时,无法准确判断设备的能源利用效率。

3 改进措施和建议

3.1 干燥设备

1) 变频技术 当前单板干燥机大多分为两段,第一段采用较低温度,第二段采用高温,但通常采用相同的风速。由于第一段是自由水蒸发阶段,采用高风速有利于水分的迅速蒸发,而第二段单板含水率较第一段大幅降低,可适当降低风速。可依据单板树种、厚度、含水率等,对风机进行变频调速,节省电能。

2) 湿度自动控制 采用由湿度传感器和反馈系统组成的自动控制系统,代替人工控制排湿阀门的开度,可避免过量排放湿空气损失的热能^[6]。

3) 含水率监控 采用在线含水率监控系统,使含水率检测结果及时反馈至控制系统,及时调整干燥温度或单板进给速度,以保证单板干燥终含水率控制在一定范围,避免干燥不足导致需二次干燥而影响效率,或过度干燥导致能源浪费。

4) 排气热能回收利用 干燥过程中排出的湿空气,会带走大量的热量,常用单板干燥机热能利用的分析结果表明,辊筒式、网带式及辊筒-网带式单板干燥机排出湿空气的热量,均占总能耗的60%以上^[17]。而补充的湿空气要达到干燥介质温度,又要消耗大量的热量。因此,在干燥机的进气和排气口设置高效换热装置,将排气的热能用来加热进入干燥机的湿空气,以提高能源利用效率。

5) 规范企业节能技术管理与应用 目前中国林科院木材工业研究所正在牵头制定《单板干燥节能技术规范》国家标准,为企业在单板干燥过程中的节能技术使用,及企业能源管理提供参考。

3.2 干燥工艺

需要针对不同气候条件、树种等,制定单板干燥气干工艺规程,为企业提高单板干燥质量提供指导。

受气候影响,气干单板的含水率不稳定,易出现干燥缺陷;而单板干燥机可使单板干燥质量得到较好的控制。因此采用气干和设备干燥联合干燥工艺,先将单板气干至纤维饱和点以下,再进行设备干燥,可节约能源消耗达 30% 以上。

3.3 供热方式

对热能消耗较高的老旧单板干燥设备,进行技术更新改造。如检查、更新蒸汽管道阀门,减少由阀门节流造成的能源浪费;将蒸汽锅炉改造为导热油加热锅炉,降低能耗;对于燃烧木材剩余物的热风炉,在其容量、技术方面进行优化设计,真正达到节能效果。

3.4 能效评价标准

尽快制定单板干燥机能量利用评价标准,包含热能和电能的综合性评价标准,如焓效率等,并依据能效确定设备的能耗等级,由国家相关部门检测、确定设备的能耗等级,在设备铭牌上进行标注,便于企业选择单板干燥设备。

4 结语

应充分发挥科研院校的技术力量,产学研合作研究单板干燥节能技术;优化单板干燥设备的设计,提高能源利用效率,完善设备能耗等级评价标准,以促进节能技术在单板干燥中的应用。

参考文献:

[1] 中国绿色时报. 世界人造板生产和出口的区域变化[EB/OL].

(2011-07-28). http://www.greentimes.com/green/econo/mcgy/rzblt/content/2011-07/28/content_139802.htm.

- [2] 2011 年我国木材及人造板产量[J]. 木材工业, 2012, 26(5): 60.
- [3] 王硕. 影响未来中国胶合板行业之关键词浅析[J]. 中国人造板, 2010, 17(9): 3-6.
- [4] 梁关明. 改善单板干燥机热能利用率的途径[J]. 林业劳动安全, 1999(1): 33-34.
- [5] 裴志坚. 基于 PLC 的单板干燥自动控制系统的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2007.
- [6] 陈宏. 分析单板干燥规律完善单板干燥机的设计[J]. 林业机械与木工设备, 2001, 29(10): 18-19.
- [7] 陆仁书. 胶合板制造学[M]. 第二版. 北京: 中国林业出版社, 1993: 86-87.
- [8] 须小宇. 新型单板干燥机 BGI83A 的设计研究[J]. 林产工业, 1991, 18(4): 21-24.
- [9] 葛尽, 曲雪岩. 高温导热油炉在木材单板干燥中的应用[J]. 林业科技, 2004, 29(4): 36-37.
- [10] 陈纪均, 张福源. 热油炉供热在木材单板干燥机上的应用[J]. 林产工业, 1997, 24(3): 32-35.
- [11] 康熹, 李振献. 节能型单板干燥机[P]. 中国专利: ZL 00216863. 4, 2001.
- [12] Hua Jun. Productive test of a newly drying technology of veneer: intermittent-contact drying of veneer with flexible screen belt [J]. Journal of Forestry Research, 2005, 16(2): 155-157.
- [13] 长谷川克次. 湿单板的水分排湿装置[P]. 日本专利: 日 25576, 1977. 7. 8. 3p.
- [14] 蔡杰. 加拿大杨木单板的挤压脱水干燥[D]. 南京: 南京林业大学, 2004.
- [15] 许美琪. 意大利杨木板干燥工艺研究[J]. 林产工业, 1994, 21(4): 13-15.
- [16] 常健民, 徐瑞玉. 单板干燥机的热能利用分析[J]. 东北林业大学学报, 1990, 18(4): 74-79.
- [17] 贺志强, 周永东, 孙锋. 三种单板干燥机热能利用的对比分析[J]. 木材工业, 2012, 26(1): 35-38.

(责任编辑 张一萍、姜征)

(上接第 25 页)

参考文献:

- [1] 雷亚芳, 刘艳贞, 周伟, 等. 栓皮栎软木的微观构造[J]. 林业科学, 2009(1): 167-170.
- [2] 李龙, 宋蕾. 软木复合材料及其应用[J]. 纺织科技进展, 2006(4): 36-39.
- [3] 陆全济, 雷亚芳, 张保健, 等. 软木地板生产工艺研究[J]. 西北林学院学报, 2011(6): 145-148.
- [4] 孙伟圣, 傅峰, 吴盛富, 等. 我国木基静音地板发展现状分析[J]. 木材工业, 2008, 22(5): 21-23.
- [5] 刘红玲, 马雪亮, 雷亚芳. 软木在家具和室内设计中的应用[J]. 家具与室内装饰, 2008(11): 54-55.
- [6] 周伟, 刘艳贞, 赵御静, 等. 软木聚结材料生产工艺的研究[J]. 木

材工业, 2008, 22(5): 21-23.

- [7] 张学礼, 雷亚芳. 软木贴面定向结构麦秸板的胶合工艺[J]. 木材工业, 2008, 22(2): 37-43.
- [8] 杜功煥, 朱哲民, 龚秀芬. 声学基础[M]. 南京: 南京大学出版社, 2001, 420-422.
- [9] Jiang zehui, Zhao rongjun, Fei benhua. Sound absorption property of wood for five eucalypt species[J]. Journal of Forestry Research, 2004, 15(3): 207-210.
- [10] 车世光. 建筑声环境[M]. 北京: 清华大学出版社, 1988: 154-155.
- [11] 苑改红, 王宪成. 吸声材料研究现状与展望[J]. 机械工程师, 2006(6): 17-19.
- [12] 徐传友, 苟凤祥, 杜鑫, 等. 吸声材料研究的进展[J]. 砖瓦, 2008(9): 11-14.

(责任编辑 张一萍、姜征)