

综述

农作物秸秆人造板发展现状与应用前景

于文吉¹, 马红霞¹, 王天佑¹, 李同军², 来宽清²

(1. 中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091; 2. 山东同森木业有限公司, 山东淄博 255318)

摘要: 介绍我国农作物秸秆人造板行业的发展现状, 分析现存问题, 以及农作物秸秆人造板产品的应用前景。

关键词: 农作物秸秆板; 麦/稻秸秆

中图分类号: TS653, S38 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2005)04-0005-04

Current Markets and Potential Applications for Agri-fiber Based Panels in China

YU Wen-ji¹, MA Hong-xia¹, WANG Tian-you¹, LI Tong-jun², LAI Kuan-qing²

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. Shandong Tongsen Wood Industry Co. Ltd., Zibo 255318, Shandong, China)

Abstract: The current development and existing problems in the agri-fiber based panel industry are presented in this paper. As a useful, recyclable raw material resource, the technical feasibility and application potential of wheat/rice straw boards are analyzed.

Key words: agri-fiber based panel; wheat/rice straw

我国是农业大国, 每年产生的农作物秸秆量均在7亿t左右, 其中玉米、高粱、棉花等秸秆数量约2亿t, 麦秸和稻草约4亿t, 油料作物秸秆约1亿t, 可供收集利用的总量在6亿t以上^[1]。目前我国的秸秆利用率较低, 大量的秸秆被焚烧, 既污染环境, 又浪费了宝贵的可再生利用资源。为了充分利用这一巨大的生物质资源, 政府出台了多项积极的扶持政策, 设立专项基金, 鼓励科研单位和企业进行新产品的研发和推广, 如秸秆能源, 秸秆饲料, 还有秸秆还田作为肥料和秸秆作为工业原料的利用。

秸秆的工业利用目前仍以造纸为主, 草浆比率占整个纸浆产量的40%左右。另有少部分用于生产各种建材和人造板产品。本文仅就秸秆在人造板行业的应用现状和发展前景进行分析, 与同行探讨。

1 秸秆作人造板工业原料的可行性

1.1 人造板工业开辟原料新来源的需要

近年来, 我国已成为全球人造板工业产量增长最

迅速的国家。据国家林业局的统计数据, 2004年我国人造板总产量已达到5 446.49万m³, 其中纤维板产量为1 560.46万m³, 胶合板为2 098.62万m³; 刨花板为642.92万m³; 其他人造板为1 144.49万m³ (其中细木工板880.94万m³)。人造板工业的快速发展, 所带来的最主要问题就是原料的供应。我国的刨花板和中纤板均以小径木、枝桠材和木材加工剩余物为主要原料, 2000—2003年原料成本总体上升了30%~50%, 而此期间产品的价格却维持不变, 给生产企业的成本控制带来了巨大的压力。

我国造纸工业原料结构也在发生重大改变, 木浆比例由原先的7%左右上升到现在的20%左右, 而且还在继续上升, 同样导致了对木材需求的剧增。由于纸浆的市场价格远远高于人造板的价格, 因而木浆厂有能力提高木材的收购价格与人造板企业争夺原料, 从而使人造板生产的原料供应处于被动地位。尽管很多省市和地区建设了大量速生丰产林, 对人造板原料供应紧张起到一定的缓解作用, 但不少省区, 如山东、河北、江苏、浙江等地, 原料供应问题仍十分突出。人造板行业面临着急需开辟新的原料来源、寻找替代品的问题, 而农作物秸秆这一巨大的生物质资

收稿日期: 2004-11-19; 修改稿: 2005-02-25

作者简介: 于文吉(1962—), 男, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士。

源,为解决人造板原料供应紧张的问题另辟新径。

1.2 秸秆用于人造板工业的技术可行性

农作物秸秆的主要成分与部分阔叶树材相似,且来源广泛,只要有人类的生产耕作,就有农作物秸秆的产生,因而同样具有可持续发展和利用的特性。

根据已往的研发和应用实践,以麦秸、稻草、棉花秆、亚麻屑、甘蔗渣等为原料生产人造板均取得了成功,特别是麦秸和稻草,可作为人造板的主要生产原料。据初步测算,如果将麦秸稻草产量的5%用于人造板生产,其规模即可达到2 000万 m^3/a ,相当于2003年我国刨花板、中纤板和细木工板产量的总和。

2 农业剩余物人造板的发展概况

2.1 国外农业剩余物人造板的发展与现状

利用农业剩余物制作板材可追溯到20世纪初。1905年德国曾将麦秸和胶黏剂混合制成板材,其后美国在三四十年代对麦秸生产绝缘板进行了研究,70年代又对麦秸制造结构板材的可行性进行了研究。最早用于人造板生产的甘蔗渣,被认为是唯一可用于生产高质量复合板材的农业剩余物,1921年美国建成首家甘蔗板厂。40年代末以来,以甘蔗渣及麻秆等经济作物秸秆为原料的人造板生产先后有不同程度的发展^[2-3]。70年代,研究人员又对玉米秸秆、棉秆生产人造板进行了研究^[4],2种原料生产的板材均性能优良。特别是棉秆,其纤维结构与阔叶树材相似,但化学组分中多糖和抽提物含量高,板材的防水、防霉性能较差。玉米秆含糖量亦高,板材存放一年后有虫蛀现象,且原料利用率较低^[5]。

目前国外研究和应用最广的是麦秸和稻草人造板。起初采用传统木材刨花板的生产工艺、使用UF树脂生产秸秆板,但由于秸秆碎料表面存在蜡质层,影响胶合,导致板材性能很差。随着异氰酸酯树脂应用到秸秆人造板领域,胶合问题得到了较好的解决,板材性能也得到很大的提高,且不存在甲醛释放的问题。出于环保的考虑,麦秸板普遍被人们看好,各地纷纷建厂:1995年Primeboard公司在美国成立,年产秸秆板5.3万 m^3 ;1998年加拿大建成了世界上最大的麦秸板厂Isoboard公司,年生产能力达23万 m^3 。到1999年,北美的麦秸板生产达到高潮,至少有12家秸秆刨花板厂/中纤板厂计划在2000—2002年投产^[3]。由于国外麦秸的收集成本以及投资成本过高,与木材人造板相比,秸秆板在成本控制方面处于较大劣势,许多工厂出现财政危机,甚至倒闭。

为了降低成本,科研人员探索了多种途径。如用

UF/MDI混合胶黏剂生产麦秸板,或用木材及麦秸混和原料生产^[6-7];探讨了秸秆表面的改性工艺,如先将碎料进行碱处理、添加偶联剂、物理处理等,再用UF进行胶合^[8-9];也尝试了用UF胶生产麦秸纤维板,并取得了一定的进展。但麦秸毕竟不同于木材,纤维得率低,如何分离出高质量的纤维是研究的关键。加拿大阿尔伯塔研究院(ARC)的林产品开发研究中心曾进行麦秸酸处理,再分离纤维,以及在高压下分离纤维的研究,结果表明,2种方法都有利于UF树脂胶合及板材性能的提高;ACM木材化学制品公司和辛北尔康普(Siempelkamp)公司在欧共体委员会的资助下,联合开展了用UF胶改进现有秸秆制板工艺的研究。主要研究了双螺旋挤压机法、高压热磨机法、挤压机+热磨机法等3种纤维的分离方法,通过对秸秆碎料施加强大剪力,达到破坏表面蜡质和硅化合物层的目的^[3]。从目前的研究结果看,加拿大ARC的麦秸中纤板在试验室规模和中试生产中均取得了成功的经验,但迄今尚未用于生产实践。

利用麦(稻)秸秆制作的轻质墙板具有质轻、隔音、保温等优良性能,可用于快装房屋、临时性建筑等方面,至今已在20多个国家建立生产线。类似的秸秆板在世界上许多厂家都有生产。这种板材建造的房屋抗震性很好,北美大多数州、省都用这种麦秸板建造房屋,在拉丁美洲和欧洲也有增长趋势。

在生产设备方面,国外几大人造板设备制造商都曾经尝试生产秸秆人造板的专用设备,但是在实践中也都遇到了不同程度的困难,主要是原料制备、施胶系统、板坯运输系统以及脱模系统的一些技术难题尚未得到彻底解决。目前,荷兰农业纤维系统公司(AFS)正在与加拿大ARC合作,进行秸秆MDF和麦秸OSB的产业化推广工作。ARC开发的麦秸MDF较好地解决了纤维制备的技术和设备问题,并即将经过产业化的实践进一步完善,发展前景良好。

2.2 我国秸秆人造板的研究开发状况

我国从20世纪70年代开始,相继进行了稻壳、稻草、麦秸、甘蔗渣、亚麻屑等制造人造板的研究工作。在利用甘蔗渣、亚麻屑和棉秆等原料生产人造板技术方面,取得了成功的经验并大面积推广。对稻草、麦秸板的研究,由于当时受胶黏剂市场环境及木质材料供应市场的影响,初始的研究着重于通过UF胶黏剂改性,使板材的性能达到相关国家标准的要求。当时进行相关研究的单位主要有中国林科院、江西省建筑材料科学院、西北人造板机械厂和东北林业大学以及南京林业大学等。但试验结果显示,板材物

理力学性能均未达到 GB/T 4897—92 的要求。

进入 90 年代后期,鉴于国外使用异氰酸酯生产麦秸板已经取得了成功的经验,并开始进行大规模的产业化生产,同时我国人造板工业的原材料供应日趋紧张,由于秸秆焚烧引起的污染,促使我国麦秸、稻草人造板的研发进入了第二个快速发展阶段。中国林科院、南京林业大学、东北林业大学、哈尔滨东大公司、河北曲周赛博板业集团在此方面都进行了有益的探索,主要研究方向集中在麦秸碎料板、稻草碎料板、麦秸纤维板、麦秸/塑料复合人造板等方面。

中国林科院木材工业研究所自 90 年代后期开始,在与亨斯曼(Huntsman)公司、拜尔(Bayer)化工和烟台万华等树脂供应公司进行充分技术交流的基础上,引进风险投资资金,分别与北京华祥建业建筑材料有限公司、山东同森木业有限公司进行合作,进行了麦秸均质板、麦秸 MDF 的生产性试验工作。2002 年与沈阳重型机械有限公司合作,完成了麦秸 MDF 生产线成套设备的开发,并于 2003 年在山东淄博开始筹建国内首条具有自主知识产权的、年产 1.5 万 m³ 麦秸 MDF 生产线。复合麦秸板于 1999 年获国家专利(ZL 992 14077.3),麦秸 MDF 技术在 2002 年通过了国家林业局科技司组织的成果鉴定。

南京林业大学与湖北荆州基立新型复合材料有限公司合作,将原来的刨花板生产线改造为年产 8 000 m³ 的稻草板,并新建一条 5 万 m³/a 的稻草板生产线;江苏淮安采用信阳木工机械有限公司的设备,也正在建设一条年产 5 万 m³ 的麦秸生产线;四川国栋建设集团有限公司从国外引进年产 5 万 m³ 的麦秸刨花板生产线,目前正在试运行;上海康拜(Compak)环保科技有限公司,采用英国 Compak 公司技术,投资的年产 1.5 万 m³ 的麦秸刨花板生产线也在试运行过程中。

除了上述麦秸、稻草刨花板和 MDF 的研发以外,南京林业大学还发明了平压麦秸墙体材料,将麦秸压制成低密度的热绝缘板,然后饰以水泥或石膏,可用作框架结构房屋的内外墙,其成本低于现在的轻质墙体材料;上海人造板机器厂积极消化、吸收国外斯强板(strawboard)的生产工艺,发明了挤压式麦秸墙体板。板材表面用特殊纸装饰,可用于墙体和天花板,但板材幅面受一定限制;四川星河建筑材料有限公司发明了一种模压成型麦秸墙体板——五防轻质隔墙板。通过将秸秆加工成碎料,与胶黏剂和其它无机材料混合,根据不同的建筑结构要求,模压成建筑构件,再组装成墙体。据介绍,该材料同时具有防火、

防水、防震、防老化、防裂等多种性能,可代替黏土砖使用,但目前尚未得到大规模的推广使用。

3 秸秆人造板面临的主要技术问题

3.1 生产过程中的脱模问题

麦秸/稻草人造板使用异氰酸酯作为胶黏剂,虽然解决了 UF 树脂胶合不良的问题,但同时也存在热压板表面严重粘板问题。目前国内解决粘板问题的方法分为:脱模剂法、物理隔离法和分层施胶法。脱模剂法目前比较普遍采用,主要有 2 种:一是将脱模剂喷涂于垫板和板坯表面的外脱模法;二是将脱模剂混合于异氰酸酯中的内脱模法。物理隔离法:主要采用牛皮纸覆于板坯上下表面,通过隔离达到脱模效果。分层施胶法:即板坯上下表层的碎料施用 UF 树脂,中间层施用异氰酸酯,达到脱模目的。此外,也有在板坯表面铺洒未施胶的细小木粉,隔离异氰酸酯胶与热压板和垫板的接触,从而达到脱模的效果。

3.2 秸秆刨花施胶的均匀性问题

由于异氰酸酯的价格高,因此,施胶量一般宜控制在 4% 左右,约为 UF 树脂施量的 1/4。然而秸秆刨花的密度仅为木刨花的 1/4~1/5。如此小的施胶量能否均匀地分散于表面积巨大的秸秆刨花上,其工艺和设备都面临着一定困难。目前生产中采用的施胶方法:一种是在传统的木刨花板拌胶机的基础上,加大拌胶机的体积,以保证达到产量和拌胶均匀性的要求;另外一种是采用间歇式拌胶的方法,使得秸秆刨花在充分搅拌情况下完成施胶过程。上述 2 种施胶方法各有利弊,目前大多采用前一种,后者适用于生产规模较小的生产线。

3.3 板坯的运输问题

因异氰酸酯树脂胶黏剂的初黏性较差,加之麦秸刨花表面光滑,导致铺装好的板坯基本上不具有初始强度,运输性能极差。第一条麦秸刨花板生产线就是疏忽了这一问题,影响了该生产线的投产使用。对此,中国林科院木材工业研究所和沈阳重型机械有限公司在总结了国内外经验的基础上,合作开发的麦秸刨花板成套设备,采用单层压机的设计方案,克服了板坯运输过程中散坯现象,同时减少了板材的裁边余量,节约了生产成本。对仍采用多层压机生产的企业,需增加预压工序和提高板坯运输的平稳度,以保证不散坯。与单层压机相比,其裁边余量显得过大。

4 秸秆人造板的市场前景

表 1 的结果表明,采用异氰酸酯树脂胶生产的麦

秸刨花板(PB)和麦秸 MDF, 其各项物理力学性能都达到了木材刨花板和 MDF 一级品的要求,而且最明显的特点是不含有甲醛,是一种环保型人造板产品。此外,秸秆碎料的厚度均匀,生产出的板材的剖面密度亦均匀,组织结构致密,再加工性能远远优于普通刨花板,和木材 MDF 相接近。

表 1 麦秸人造板的物理力学性能
Tab. 1 Performances of wheat-straw boards

性能指标	PB		MDF	
	木材	麦秸	木材	麦秸
密度/(g·cm ⁻³)	0.5~0.85	0.61	0.45~0.88	0.75
吸水厚度膨胀率/%	≤8.0	4.9	≤12	5
静曲强度/MPa	≥15	28.1	≥20	30
内结合强度/MPa	≥0.35	0.51	≥0.55	0.70
游离甲醛释放/(mg(100g) ⁻¹)	≤30	无	9~40	无
板面握螺钉力/N	800~1100	1123	800~1000	1300

目前,在我国市场上尚无批量的农业剩余物秸秆人造板销售,但是在美国,麦秸人造板已经作为一种期货产品在期货市场上挂牌交易。普通的建材市场也有麦秸刨花板销售,并且销售价格远高于普通木质刨花板。当前,应该充分利用麦秸刨花板无甲醛释放这一特点,积极开发高档无甲醛秸秆人造板系列产品。据测算,若将无甲醛的秸秆人造板产品用于家具制造,与普通木质 MDF 相比,原料成本虽增加 10%左右,而整个家具售价却可以提高 20%~30%。可见,秸秆人造板具有广阔的市场前景。

从产品的发展方向上看,麦秸刨花板生产技术和工艺设备在我国已经进入相对成熟阶段,并在生产过程中不断完善,目前在建项目已经初步形成 20 万 m³/a 的产能。麦秸 MDF 生产的关键在于麦秸纤维制备设备的研发,解决了这一关键问题,即可以采用 UF 树脂生产麦秸 MDF。在此方面,荷兰 AFS 公司正在组织相关的设备生产商和技术合作方,在中国推广由加拿大 ARC 开发的麦秸 MDF 制造技术。

农业剩余物资源是具有巨大潜力的战略资源,已经引起国家有关政府机构的重视。2002 年温家宝总理曾就焚烧秸秆问题做出过重要批示,据此,农业部将秸秆处理与利用列为 2003 年农业部的重点工作和为农民办的 11 件实事之一。2004 年 4 月,国家环保总局、农业部、财政部等 6 部委联合下发了《关于加强秸秆禁烧和综合利用工作的通知》,要求农业部门把秸秆综合利用作为一项重点工作来抓,努力扩大秸秆综合利用规模,尽快为秸秆找出路。政策导向也将加快农业剩余物秸秆人造板的发展。

“十五”期间,国家科技部在中国林科院木材工业研究所的汇报和建议下,将秸秆人造板的研究列入了“863 国家高技术研究发展计划”,立项为《木材/农业剩余物纤维复合材料制造技术》,由中国林科院木材工业研究所和南京林业大学共同承担,重点对麦秸和稻草人造板生产工艺进行研究,目前已经取得了可喜的成果。其中中国林科院木材工业研究所的“麦秸 MDF 制造工艺技术”通过了国家林业局科技司主持的成果鉴定;南京林业大学的“稻草人造板”项目获得了湖北省的科技进步奖。科技部还将秸秆的利用列入了“973 国家重点基础研究发展计划”中的《秸秆资源生态高值化关键过程的基础研究》项目,由中国科学院牵头,中国林科院、中国农科院等单位共同进行项目申报,目前已经获得批准实施。国家发展改革委员会也批准了多项秸秆人造板产业化项目,充分显示了政府对秸秆综合利用工作的重视。

5 结语

我国目前秸秆人造板的发展正在面临着前所未有的机遇和挑战,只要科研单位和相关企业紧密合作,积极取得政府部门的大力支持,秸秆人造板必将在我国得到快速发展。

参考文献:

[1] 侯方安,董佑福,康云友. 山东省农作物秸秆综合利用技术发展的调查研究[R]. 山东省农机化调研报告之十. 山东:2003.

[2] 易平,唐召群. 国外农作物秸秆人造板工业化生产发展近况[J]. 人造板通讯,2001,8(11): 9-11.

[3] Chung Y H, Todd F S. Utilization Of Agricultural Waste For Composite Panels [C]. The 6th Pacific Rim Bio-based Composites Symposium. Portland, 2002: 164-168.

[4] 郭星恺. 我国农作物秸秆人造板发展前景展望[J]. 人造板通讯,2001, 8(1):6-8.

[5] 郑凤山,李月芬,丁占来. 玉米秸秆制造刨花板的实验研究[J]. 人造板通讯,2002, 9(12): 9-10.

[6] 蔡静蕊,张双保,李光沛. 麦秸-木材中密度纤维板工艺浅析[J]. 人造板通讯,2001, 8(6): 13-14.

[7] 张洋,华毓坤. 木纤维与麦秸刨花制造纤维刨花板的工艺研究[J]. 木材工业,2001, 15(5): 6-9.

[8] Wasyliw W, Wang S G. Effect of Machining Methods on Straw-Based Panel Properties[C]. The 6th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium. Portland, 2002: 390-398.

[9] Rowell R M, O'Dell J L, Rials T G. Chemical Modification of Agro-fiber for Thermo Plasticization[C]. The 2nd Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium. Canada, 1991:144-152.

[10] Sheldon Q S, Douglas J G. Dynamic Adhesive Wettability of Wood[J]. Wood and Fiber Science, 2001, 33(1): 58-68.

(责任编辑 姜征)