

世界木质复合材料领域的新进展

姜 征 摘译

前 言

复合材料 (Composites) 是指一种具有相互胶合共性的材料, 木质复合材料不仅包括各种人造板、模压制品、复合锯材、大型成材、木结构及其它一些木质材料, 也包括各种胶粘剂、树脂及其它胶粘材料。尽管现今世界人口增长, 森林资源枯竭趋势加速, 使复合材料的生产成本迅速上升, 然而, 科学技术也在发展。主要表现在愈来愈多的低劣质原料被用于复合材料生产, 更多的树种和各种不同类型的原料被开发利用, 新型产品的开发, 性能优良的设备与装置的开发, 胶粘剂改进、新胶种的开发以及对环境无污染的防腐剂与阻燃剂的开发, 等等, 使得世界木质复合材料领域呈现出一个全新的面貌。

一、复合板

1. 胶合板

①针叶树材胶合板 是北美结构用人造板市场的主要产品, 生产技术的重大进步使其保持了与定向刨花板的竞争力。近年来针叶树材胶合板生产技术进步包括: a. 木段进行预处理以提高单板的质量和得率; b. 采用计算机控制的X-Y定心上木机和超声波木段扫描; c. 动力压辊和动力压尺的使用; d. 旋切机线性定位刀床 (该刀床可作为普通旋机部件, 以进一步提高单板得率); e. 无卡轴旋机使木芯直径减小到50mm以下; f. 胶合方法的改变 (如高含水率胶合和使用泡沫胶) 可降低涂胶量, 从而降低生产成本。

开发用含水率在10%以上的单板 and 酚醛树脂胶生产针叶树材胶合板是一项重要突破。此举可提高干燥机生产率, 降低涂胶量, 改善板坯预压性能和压机生产状况, 改进单板的胶合性能。据一些工厂的报告, 在节省干燥和热压费用的同时, 还可减少近22%的胶粘剂成本。另外, 高含水率 (>15%) 的胶合方法可使胶合板更接近实际使用时的含水率平衡值, 因而减少了板材翘曲和尺寸变化。不过,

胶合过程必须严格控制, 否则将影响产品的质量。

②阔叶树材胶合板 阔叶树材胶合板不但用于建筑结构材也用于装修业。近年来的主要技术进步是提高单板得率, 更有效地生产优质胶合板。已有许多胶合板厂, 尤其是在东亚和澳大利亚, 都添置了纵向单板刨切机, 该机投资少、能耗低, 安装无地基要求, 很适合小型厂使用, 木方长度可从1.22~3.66米不等, 薄木厚度可厚亦可薄, 既可加工那些普通胶合板厂难加工的木材, 也可用于制材厂生产优质单板, 使产品增值。采用制材和单板联合加工法可大大提高产品的得率和利润, 还可为针叶树锯材和层积胶合制品的贴面与封边提供优质薄单板。

阔叶树材胶合板的主要竞争对手是薄型中密度纤维板, 尤其是经过高质量贴面或印刷的中密度板, 其外观与阔叶树材胶合板板相似, 并且已占领了相当一部分的阔叶树材胶合板市场。

2. 刨花板 虽然刨花板已在房屋地板、屋顶夹、衬板、墙板和楼梯板等建筑结构中大量使用, 但它仍在家具用人造板中占主导地位。随着计算机、过程逻辑控制器及许多现代测量装置的使用, 刨花板生产线变得日趋复杂。

刨花板生产用原料仍以工厂加工剩余物及劣质原木为主。此外, 回收的木质材料也在愈来愈多地成为复合人造板的原料来源, 这类原料很经济, 南非和德国已在使用。然而, 对含有某些掺杂物 (如经防腐或阻燃处理) 的废料的回用则应引起关注。

刨花制备技术的进展主要反映在刨花规格尺寸和形态的变化上。由于中密度纤维板具有板边均匀、板面光滑的特点, 因而也部分地推动着美国刨花板工业向使用更长、更细、更小刨花的方向发展, 这样可使刨花板的板面、板边质量接近中密度纤维板, 有利于板面板边的进一步加工。

近年来, 用于各种复合人造板生产的连续式压机引起人们很大兴趣, 并已开发出几种不同的变型产品。新一代的连续式压机主要有三种变型: ① Küsters制造的Contipress; ② Bison-Werke制造

的Hydrodyn, ③Siempelkamp制造的Conti Roll, 这三种压机都已使用了数年。另外, Dieffenbacher制造的连续式压机也将问世, 目前已有50台连续式压机正在或即将投入试运行。

对改进刨花板尺寸稳定性的处理方法的研究进行了很多, 主要对象是酚醛树脂类刨花板。最近有研究表明, 刨花经短时间(约1min)的蒸汽处理, 可使脲醛树脂刨花板尺升稳定性大大改善。

3. 中密度纤维板(MDF) 在过去3年中, 有许多新MDF厂建立, 还有不少厂正在计划筹建。到目前世界上约有100多家中密度纤维板生产厂。与刨花板相比, MDF厂可更好地使用混合树种原料, 但如果各树种木材的化学性质差异很大时也会对生产, 尤其是对施胶系统的设计有一定影响。MDF生产用原料的类型主要有: 纸浆木片、机床刨花、胶合板边条及锯屑。各类原料的配比须适当, 以保证纤维质量的稳定。一般地, 应保证混合原料中至少有25%的纸浆木片。此外, 一些非木质原料如甘蔗渣也是MDF的优良原料。

磨浆机的改进工作几年来一直在进行着。不久前, 一种新型磨浆机——单盘磨浆机很受欢迎。该机与原双盘精磨机相比的突出之处在于粗浆的通过量大、生产率高、操作简便, 现已为许多MDF厂所使用。

管道式干燥机的使用可减少纤维结团, 并易于控制细小纤维, 纤维(尤其是表层纤维)可在磨浆机至干燥机间的管段上施胶。胶精剂仍以脲醛树脂胶为主。

薄型MDF通常采用连续式压机生产, 即Bison's Mende辊式连续压机的改型产品, 对于厚MDF, 可在压机进口处设置射频或高频预热装置; 这样可使热压时间缩至40%。

MDF虽然没有纹理结构, 但经贴面或涂饰后产品外观与实木制品相似, 可替代一部分无疵材使用。另外, 还开发出一种适于室外用的无甲醛MDF, 主要用作标志牌、广告牌及在一些高湿环境中使用的制品。

4. 纤维板

①软质板(绝缘板) 由于生产中的废水污染问题及来自泡沫塑料板的竞争, 软质板的生产量已很小, 现正进行用某种酶或菌来清除废水中半纤维素的研究。不过, 目前一种叫作“Homosote”的绝缘板在美国很受欢迎, 该产品用废旧报纸及废旧磨木浆制成。若以回收木纤维为原料时还可用于结构

用途, 如与刚性发泡聚氨酯、金属箔或玻璃纤维等材料组合而制成墙板或屋顶板部件。

②硬质纤维板

a. 湿法硬质纤维板 湿法硬质纤维板仍是世界上重要的人造板产品之一。同软质板一样, 其发展也受到废水问题的限制。如前所述, 如能用酶或菌类生物来净化污水, 将是湿法硬质纤维板生产的一项重大进步。

在美国, 由于定向刨花板的开发, 使湿法硬质纤维板市场受到很大冲击, 主要市场已为OSB侧壁板所占领。湿法硬质纤维板在美国多用于装饰方面, 即经过装饰替代实木材使用。随着产品的开发、生产方式的扩大, 湿法硬质纤维板也被生产成瓦状材料或仿木质瓦屋顶板、遮板, 这种板材不经处理, 在美国和南非都有生产和使用, 而且9年以来, 在美国市场上一直呈增加的趋势。

b. 干法硬质纤维板 由于干法硬质纤维板生产不能象湿法板那样, 将与水分有亲和性的半纤维素部分地冲洗掉, 所以该种板材在高潮湿环境下的性能很差。干法板生产的一项重大改进是用来生产模压门板面板, 这也是当前美国人造板市场上的主要产品种类之一。

5. 复合板(COM-PLY) 复合板由单板和刨花板组成。对于三层结构的复合板, 是以单板为表板, 以刨花板作芯板; 五层结构板则是在两张刨花板芯板中间放置单板, 单板纹理方向与表板单板纹理方向一致而组成, 该产品目前很少生产。

6. 定向刨花板(OSB)和华尔夫板 OSB在板材的某个方向(通常为纵向)具有较高弯曲强度, 产品性能与传统的胶合板相似, 所以也几乎全部被用于结构用途。过去的3年中, 几乎所有的工厂都在生产OSB, 而生产华尔夫板的工厂大约只占1/40。这是因为OSB通常较薄(11.1~12.7mm厚), 与华尔夫板相比, 其生产原料消耗少。OSB已成为结构人造板的重要组成部分之一, 以美国和加拿大发展最快, 现在欧洲也在生产, 南美及世界上其它一些地区在筹建中。

OSB生产用原料的树种除南方松、扭叶松、北美短叶松及欧洲赤松等以外, 低密度阔叶树材(如杨木)亦被利用。原料类型多为不规则小径原木, 故宜采用鼓式剥皮机剥皮。刨花制备大多采用盘式刨片机, 新型双鼓轮刨片机和盘式刨片机的开发成功使原木无需事先截短而可直接进行全长原木刨片, 因而迅速为生产厂所采用。

OSB的表层刨花大多为 $\geq 75\text{mm}$ 的窄条状刨花,芯层刨花略小些。刨花干燥后,需将 $< 3.3\text{mm}$ 的细小刨花筛除。也有研究表明,用普通标准木片也可生产结构板材,这为不能加工长刨花的工厂提供了生产OSB的可能。OSB多为三层定向或五层定向结构,也有仅表层刨花定向而芯层不定向的,各层刨花的定向排列方向与胶合板相同。

连续式压机已开始进入OSB的生产,蒸汽注入式压机的应用也得到关注,它可使酚醛类、异氰酸酯类的OSB及较厚板材($> 19\text{mm}$)的热压时间缩短。

OSB的较大吸水厚度膨胀问题已为人们所关注,对刨花进行蒸汽预处理可克服这一缺陷。此外,采用板材蒸汽后处理方法也可有效地减少板材的吸水厚度膨胀率。近年来,美国林产品研究所在采用化学改性方法提高板材尺寸稳定性方面进行了大量努力,特别是对那些应用于恶劣环境中的产品。研究是通过木材细胞壁中可反应化合物进行化学改性来实现的,这项技术的开发对人造板业的发展具有重大意义。

7.模压制品 纤维与刨花模压材料的生产已有很长的工业历史,尤其是西欧和美国。模压制品可以最少的原料消耗而获得高强度性能和形状复杂的制品,因而模压结构部件可为将来的建筑业发展提供良机。目前模压制品的主要品种是门板面板,其次是汽车模压部件,尤其是木纤维与塑料共同制成的汽车内门板,可制成具有深沟槽或压痕等复杂形状,这是单一木纤维模压制品所无法胜任的。目前美国汽车上的模压部件已达12种。模压制品的另一成功应用是作为集装箱托盘。在现今塑料成本持续增加的形势下,模压制品的高强重比使其应用途径更具吸引力。

8.无机胶结人造板 无机胶结人造板,特别是快速固化的胶结材料及其工艺的开发已引起人们的极大兴趣。其中最吸引人的是德国开发成功的石膏纤维板,该产品目前已占据了德国相当大一部分的石膏板市场,相应的生产设备也已开发。产品所用原料均系回收产物,如纤维原料可来自废纸,而石膏则取自燃煤的火力发电站。该产品与传统的石膏板相比,其制造、切割方法及应用途径均大不相同,如果能为建筑业所接受,可使许多新建工厂收益。目前在美国东部和加拿大东部也各有一石膏纤维板厂在生产。

“Hardishake”是新西兰的一种以木纤维、

砂子和水泥制成的屋瓦和遮板材料。外观经模压类似木质遮板,可制成不同的颜色。目前,该公司正在美国加州建一生产厂。

二、复合木(锯)材

由于世界范围森林质量下降,可生产常规或优质锯材的木材越来越少,因此引起人们对复合木(锯)材类材料的重视。目前复合木(锯)材主要有以下几种:

1.单板层积材(LVL) LVL基本上全部用作结构件,其最新发展主要是对生产加工工艺的开发。蒸汽注入式压机和高频(HF)压机的使用使LVL的热压过程大大缩短;另外一项开发是采用无色胶粘剂将LVL进一步加工成预制件,其外观可与实木构件相媲美,美国Virginia州一新建厂就生产这种产品。此外,一种可旋切厚单板的新型旋切机也应运而生,这使得LVL的胶层数减少,耗胶量下降。

2.复合板(锯)材(COM-PLY) 复合锯材同复合板材(前面已提及)相似,也是以定向或不定向的刨花(或刨片)作芯层材料,表面和边部覆一层或几层单板。美国北卡州一复合锯材厂就是在切割成一定宽度规格的定向刨花板上覆单板来生产托梁及桁架的。

3.纵向定向成材(PSL) PSL是一种优质材料,可用于要求高强度锯材的场合。该产品由加拿大Mac Millan Bloedel公司开发,并建有一试验工厂。产品原料为针叶树材的废单板条,宽 12mm ,长 1m ,施以室外级胶粘剂,经纵向定向和带有微波加热装置的连续式压机压制而成,压制出的坯料可按需锯截。美国Georgia州和加拿大Vancouver, B.C.Ltd两生产厂生产的PSL规格分别为 $279 \times 406\text{mm}$ 和 $270 \times 356\text{mm}$ 。

目前,Mac Millan公司已转向开发“PSL-300”。其生产特点是所用窄条单板长达 3m ,并采用蒸汽注入式压机,使热压时间有所缩短。美国Minnesota州也在建厂,目标是生产窗子及窗框材。该产品的大多数将采用乙烯或其它塑料或木板进行覆裹。

4.重组木(Scrimber) 重组木为澳大利亚开发的一种以小径木为原料而生产的锯材产品。“Scrim”为纺织业术语,意为疏松结构,“ber”表示该材料由木材组成。其工艺过程是将小径木辊辗压溃,经喷胶、定向排列、热压压实而成。现已有一

家工业化生产厂投产,但工艺中许多部分尚处保密阶段。日本开发出一种类似产品,称之为“Zephyrwood”,据报道也将准备开始工业化生产。

5.定向刨花(OSL) 在具有可定向各类刨花的OSB厂可以很方便地生产OSL和OSB两种产品,对OSL的强度性能测定和设计参数的确定的研究已进行了很多。OSL所面临的问题是如何越来越多地进入常规锯材市场。目前家具用OSL已由Weyerhaeuser生产出来。

6.复合枕木(Cedrite) 该材料是利用回收的旧枕木制成。其加工过程为,先将旧枕木剖片并除去金属杂物,然后经锤式磨机粉碎,拌胶后的木片被铺于一金属模具之中,板坯中放置阔叶树材板材作加强肋板,板坯厚760mm,将模具的上盖板经加压固定在模具上,然后将模具送入加热炉使树脂固化,产品厚度为180mm。现生产厂的设计能力为1600根/日。

7.组合构件 通过胶粘剂、钉或榫销等方式组合起来的木质组合构件已成为建材行业的一个重要组成部分。组合构件可在工厂里保质保量地生产,到施工现场快速安装。目前美国新型房屋市场上板式结构房已占32%,组合的墙板和屋顶板构件中已包括有绝缘层及蒸汽挡板。制造桁架是组合构件应用的又一项开发。自1975年以来,美国使用桁架的房屋已由6%上升至90%以上。这是因为用LVL与管状金属腹板组成的桁架结构可做成很大的跨距,并且利用计算机可灵活地为各种用途的桁架进行设计。此外,工字梁或I字托梁也是一主要的组合构件产品,该产品属胶合制品,只使用很少的锯材、LVL、胶合板和OSB。

最近,新西兰一种名为“Triboard”的产品正在开发之中。该产品由2块4mm厚的MDF中夹一块42mm厚的刨花板组成,整个板厚50mm,由蒸汽注入式压机(4×2.4m)压制而成。

三、树脂与胶粘剂

脲醛树脂成本低、无色,因而被广泛地使用。甲醛系胶粘剂的游离甲醛释放问题早已为人们所重视,降低UF树脂中的摩尔比可大大减少树脂胶的甲醛释放量,但也可产生一些问题。解决方法可用聚乙酸乙酯替代5~20%的UF树脂,而对调胶和胶压工艺无影响。加入适当的添加剂(如氨溶物系的加入)可消除热压后的游离甲醛,使甲醛释放量

进一步减少。据测试,板子的甲醛释放量可低至2.6mg/100g(穿孔法),远低于E₁级板8mg/100g的标准要求。

异氰酸酯(MDI)在刨花板生产中已应用多年,通常用于那些要求无任何甲醛释放的场合,如某些家具用板,也可替代苯酚、三聚氰胺等耐久性树脂或与其它树脂混合使用。异氰酸酯乳液聚合物(EPI)被用于结构板材、门板、金属箔覆面板等特种板材的胶合。加拿大生产MDI的OSB,美国生产MDI的板材,特别是壁板。有些板材芯层材料施用MDI而表层材料用酚醛树脂,这样既保持了MDF快速固化的优势,又可避免MDI的粘板问题。也有报告介绍,新型的酚醛树脂的固化速度可与MDI相当。

除上述基于天然气和石油产品的胶粘剂外,单宁胶,尤其是荆树单宁的开发,在南非、东南亚和澳大利亚已达到较高的水平,巴西等一些国家也成功地使用了单宁胶。在天然气与石油价格上涨的今天,开发和应用木素和碳水化合物作为一种新型胶粘剂很有必要。那些开发于三四十年代的动物和植物蛋白胶现已很少使用,但随着科技进步,它们是完全可以被进一步改进而重新启用。

无胶复合材料的研究已进行多年。其实,湿法硬质纤维板就属此类,该生产方法常导致产品密度增大。加拿大Shen先生提出的“自身胶合”理论即通过热水解装置使木材中的纤维素、半纤维素和木素发生化学反应产生粘接作用而生产出室外用产品。该项技术目前在一些国家试产成功,不足之处在于板色深,要求较高的热压温度和蒸汽压力,并有“粘板”的可能。

木材(刨花和纤维)表面化学改性的研究表明:板材的力学性质与其化学处理之间有很强的相关性,要完全掌握其间的原理还有待进一步的研究,这是一项很有前途的研究。此外,对使用混合树种原料时所带来的胶合效率问题也还有待于继续进行研究。

四、增值产品

各种类型的复合材料都面临着激烈的市场竞争,为此,很多生产厂已开始千方百计地寻找使产品增值的途径。如按用户所需的规格尺寸和装饰方式生产产品,使产品可直接使用,进行市场研究,开发新产品,并积极向用户宣传使用户能够接受。

(下转第51页)

因此,农业剩余物人造板的开发(尤其是新原料品种的开发)亦应严格坚持实验室试验、生产性试验和生产建设三步走的原则,以确保企业的稳步建成和顺利发展。

10. 坚持设计和建设的审批程序 有的企业不履行设计和建设审批程序,只在乡镇企业主管部门的指令下匆匆建设,在花费了大量人、财、物力仍不能建成的情况下才回头求助于技术业务部门,虽然最终可以建成上马,但已浪费了大量资金和宝贵时间,甚至造成无法挽回的后果。如某麻屑板厂就是在一无设计、二无审批,在主管部门的指令下进行建设而又无法建成的情况下才请技术业务部门支助建成出板的,但由于某些既成事实的制约,产品至少在近期内将难以打入高档需求市场。因此,农业剩余物人造板企业的建设,应和其它企业一样;严格坚持设计和建设审批程序,以保证企业沿着国家计划调控的轨道建成投产。

总之,农业剩余物人造板的开发在我国已经起步,工艺技术基本成熟,已积累了一定的生产实践

经验。虽然在今后的建设和生产中还会遇到这样那样的问题,但只要各级领导部门和科技人员坚持不懈努力,就一定会得到蓬勃发展。为振兴农村经济,保护森林资源,节约木材,缓解木制品供需紧张的矛盾,作出贡献。

(责任编辑 袁东岩)

参考文献

- [1] 王恺、袁东岩, 1990, 积极利用农业剩余物发展人造板生产, 木材工业, 4(2): 35.
- [2] C.П.列布林等著, 李庆章等译, 1988, 纤维板生产工艺学, 中国林业出版社, 17.
- [3] 陈绪和等, 1991, 非木材植物纤维原料人造板, 木材工业 5(1): 41.
- [4] 黑龙江省林业设计研究院, 1987, 克山亚麻原料厂40立方米/日中密度麻屑板车间可行性研究报告.
- [5] 张连起, 1989, 谈我省麻屑板的发展前景, 林业科技(1): 41.

(上接第55页)

结 语

过去的40年里,复合材料领域发生了惊人的变化。复合材料为整个社会提供了所必需的建筑材料及其它材料,随着高技术的发展,复合材料的价格也会更趋于合理。当前,复合材料所面临的挑战不仅是开发新型复合材料取代旧式实木制品,而且还要取代那些用不可再生资源所制造的材料,这对具有高生活水准的廿一世纪是关键的一举。

(摘译自欧洲木材委员会召开的 Seminar on new technologies and applications in the wood-based panels sector, 1991.5, poland, 题目: The new technologies in the wood-based composites materials fields, 作者 T.M. Maloney)

竹材表皮的改性处理

竹材表皮美观、强度高,但对漆膜的粘附力较差,成为竹制品二次加工中的一个问题。竹材表皮粘附力差的原因可能是由于受抽提物成分及表层组织的疏水性影响。为改进它对涂膜的粘附能力及染色能力,日本林业与林产品研究所川村二郎专对竹材表皮进行改性处理。方法是把 $10 \times 3.4 \text{ cm}$ 带皮竹片在 $0.2 \sim 0.4\%$ 氢氧化钠溶液中煮沸15分钟,再干燥,然后用不同的药剂配方和处理工艺进行处理,使竹材表层活化。测定项目有:临界表面张力 γ_0 、漆膜粘附力及官能团中氧含量。表面的氧含量用电子分光镜测定,试验结果如下: 1. 氧等离子体和铬酸处理导致羰基形成; 2. 多数处理剂如氧等离子体、铬酸、铬酸与硝酸、一氧化氮等离子体能使氧原子与碳原子的比率 O/C 增加; 3. 未处理的竹材表面的 O/C 小于木材; 4. 表面临界张力 γ_0 有随 O/C 增加而增加的趋势; 5. 所有等离子体处理对竹材表面的漆膜粘附力都有重大影响。

袁东岩摘译自《木材学会志》〔日〕38(4): 417