

综述 木质纤维复合材料——一种有发展前景的复合材料

王 恺

(中国林科院 北京 100091)

木质纤维复合材料 (wood fiber composites) 指木质纤维与合成纤维施以一定数量的树脂和其它添加剂结合而成的一种新型材料。通称木质纤维板坯 (wood fiber mat), 板坯呈片状和卷材两大类。

七十年代以来, 汽车工业竞争日趋剧烈, 要求提高车速, 节约油耗的前提下, 尽可能减轻车重。传统方法多选用塑料或铝材, 但当前人们普遍关注环境问题, 塑料在使用废弃后难以自然降解, 造成大量垃圾污染, 而铝材冶炼所需能耗惊人, 对环境亦极不利, 因此人们积极开发能耗小、无污染的材料, 于是, 木质纤维复合材料应运而生。近年来, 德、美、法、日、加等国均已大量生产, 并在汽车工业上广泛应用, 视为当代汽车工业“绿色革命”的重要内容, 现正向其它工业用途不断延伸发展。作者1992年12月随上海联合木材工业公司赴美考察“复合木纤维制品”, 曾先后参观有关工厂和研究单位。兹就该材料有关问题, 整理分别描述于后, 以供借鉴。

1 主要原材料

1.2 木质纤维 要求纤维长并符合纸浆级指标。常用的有云杉、铁杉、松木、黄柏等针叶树材, 赤杨等阔叶树材也可少量混用, 上述树种木材的加工剩余物和其他植物如麻类等均可使用。

1.2 合成纤维 合成纤维均选用热塑性者, 主要用以改善复合材坯板的初强度和模塑性能。通用的有聚丙烯纤维 (PP) 和聚酯纤维 (PE), 两者主要指标比较如下:

合成纤维类别	比重	软化点 (°C)	价格 (万元/t)
聚丙烯	0.90	160	0.5
聚酯	1.38	240	略大于1

注: 聚丙烯纤维为合成纤维中最轻者

两者的抗拉强度、湿强度、耐热性均较木质纤维高, 富弹性, 耐冲击, 在热作用下, 流动性能好。纤维有长、中、短之分, 一般多选用长35~60 mm。

1.3 树脂 通常用热固性的酚醛树脂作为增强胶粘剂。该树脂呈液态或粉状, 前者的固体含量约50%, 粘度56~100mPa·s(25℃), pH值9.5~10。粉状者成本较液态的高, 但使用期较长, 亦有选用热塑性树脂, 如天然松脂等, 有利模塑性能的改善。

1.4 偶联剂 为了改善两者不同性质纤维表面相互的结合性能, 偶联剂甚为重要。常用的有: 钛酸盐 (酯)、硅烷和脂肪胺。经研究表明, 以马来酸酐化聚丙烯 (maleate PP, 简称MAPP) 效果最佳, 美国通用的有Eastman's Epolene E-43, 系马来酸酐化聚乙烯 (maleate polyethylene), 美国现售价为每磅1.6美元。

1.5 其它添加剂 根据产品的不同用途, 除通常加入少量的石蜡以提高复合材的防水性能和树脂的流动性外, 添加不同的添加剂, 如加入适量的玻璃纤维可增加产品的耐磨性; 加入适量的硼酸、硼砂可以提高其阻燃性和耐腐蚀性; 还可以加入石墨, 以提高其润滑性、可塑性和附着力。纤维经浸渍预处理也可染色。

2 生产技术概要

美国T.C.Rials (1992) 初步研究结果认为, 木质纤维能在合成纤维 (PP) 基体中诱发穿晶作用 (transcrystallization) 而形成穿晶结构, 提高复合纤维的强度。瑞典P.Gatenholm等人 (1992) 发现纤维因热处理条件不同, 其基体的表面形态亦异, 可以提高其相互的胶合性能。较短的木质纤维, 需选用软化点较高的合成纤维, 如聚酯纤维 (PE), 并加树脂增强。而较长的木质纤维, 可选用软化点较低的热塑性合成纤维, 如聚丙烯纤维 (PP), 经加热后形成基体, 但产品强度低, 通常均添加树脂增强。

2.1 主要组分 按照不同最终产品的性能要求和成本合理的原则，现就几种木质纤维复合材料的组分及其特点列入表1。

表1 几种木质纤维复合材料组分比较

木质纤维类型	主要组分和配比			特 点
	木质纤维 (%)	合成纤维 (%)	树 脂 (%)	
A	90	PE10	/	质量好，成本高
B	90	PP10	/	质量一般，成本低
C	95	PP 5	/	成本、生产效率均最低
D	80	PE10	PF10	质量最好，成本最高

注：1. 各类纤维的%为纤维的总重量比；
2. 树脂施加量为绝干木质纤维重量的3%~10%，常用的为酚醛（PF）树脂；
3. 各类型中的石蜡用量为绝干木质纤维的1%~2%。

2.2 工艺流程 该类复合材料的生产工艺与设备种类繁多，现列举几种主要方法的工艺流程如下：
2.2.1 “DOA”法 该法为奥地利Dr. Otto Angleitens的专利，是一种较早的卧式气流成型法（图1），在加拿大Westminister B.C.参观所见的加拿大林产品（CANFOR）公司所属纤维模压件厂，即系引进该法加以改进的。该车间建于1991年，年产量为12 000吨，原设备为180万美元。为了提高产品质量的均匀性和自动化程度，已经多次投入和改进。其主要特点：

①木纤维制备：所用纤维原料按用户要求不同，所选树种有别，现多利用加西部所产黄柏（yellow cypress）。纤维经精磨干燥后（含水率为10%~15%）除自用外，尚有部分打包成捆外销，打包机可将纤维压缩40倍，每捆宽0.76m，高1.02m，长可按用户要求而定，通常为2.10m，每捆最重700kg。

②纤维复合铺装成卷：该厂为了提高产品的均匀性，经改进采取双层复合铺装，即先将木纤维和聚酯纤维分别铺成毛坯，再将二者叠合经齿辊搅匀制成混合毛坯，坯底用聚酯无纺布托运，继经针刺而成坯卷或切为规格尺寸。

③模压成型：将毛坯按产品尺寸裁剪成要求的幅面，然后将毛坯的一面喷上少量的水，以增加纤维的可塑性，送入单层热压机上下模具间热压。热压温度为175~205℃，压力为2.4~3.4MPa，热压时间约1分钟（产品厚2.0mm）。模具由用户（汽车厂）供给，据称每套模具可用10万次。模压件具有天然木材颜色和光滑坚硬的表面，模压时可同时或再次压贴上各种表面装饰材料。

2.2.2 Rando法 该法为美国Rando无纺编织纤维加工设备公司专利。该公司位于美国纽约州Macedon，亦系一种卧式气流铺装成型法（Air-laying former process），即通称的无纺布成型法。该法由预进料机、排料混合机、进料机和成坯机等四部分组成，根据生产制品的不同要求可以搭配使用，如用于纤维复合材料的生产可以选用二台预进料机和二台排料混合机分别处理二种不同类型纤维，然后送至一台进料机中混合，最后通过成坯机制成坯板。

成坯机的标准宽度，也是生产坯板的宽度，计有96”、108”、124”和136”等。按每宽1”的设备价1万美元计算，但不包括针刺机，该机据称每台最少价为30万美元。据我们在现场对Rando法生产示范表演观察，其主要优点在于设备排列紧凑，占地面积较小，投资较低，但板坯厚度公差大，均匀性差。

2.2.3 Lignotock法 该法为德国Lignotock公司的专利，技术甚保密。据了解该法的特点在于所用树脂除热固性酚醛树脂外，尚加天然松脂，其用量为木纤维与树脂混合体的15%。然后通过立式气流

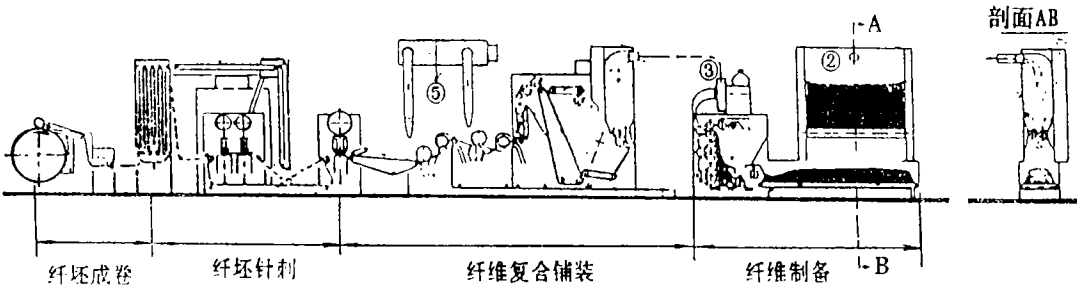


图1 木质纤维复合材“DOA”法工艺流程示意图

铺成坯，坯的中间具有聚酯纤维网，这种坯还可存放90~120天。

在参观美国Nashville的Ligma汽车内饰件厂时了解到，该厂所用坯板(通常厚2.2mm)系采用该法生产的西班牙厂(日产坯板100吨)的产品。模压时，先将坯板冲剪成模压产品的锥形，喷以蒸汽，使坯增水预热，放入装有铝模具的压机内预压，再转至热压机的钢模内使酚醛树脂完全固化和定型。热压温度可高达200℃以上，热压周期1~1.5分钟。坯板模压定型后，整理修边，根据产品需要，加压覆贴各种面料和预埋零件，再经修理即成各种汽车内装饰件。

该厂日产5000辆汽车用内装饰件，需坯板25吨。工人150人，单班(10小时)生产。每周工作4天，产品主要供美国福特、德国“高尔富”和日本汽车业。据称，Lignotock木纤维坯板质量居世界之首，特别能生产大型装饰件，如旅行用轿车或住宅内门扇等。但投资大，生产规模亦大。

2.2.4 Isorel法 据介绍，该法系法国Isorel公司的专利，产品名为快速成型模塑纤维坯(quick form moldable mat)，主要供欧洲汽车工业应用，已有十余年的历史。其生产工艺流程如图2所示。由于采用纤维梳理机梳理纤维，所以亦称梳理式成型法(carding type former)。由于该法生产规模较小，一般约为其他方法产量的十分之一，因此投资亦小，对我国当前汽车的产量和此项复合材料的初期开发，可能有参考价值。但据专家介绍，其产品均匀性尚有待进一步提高。

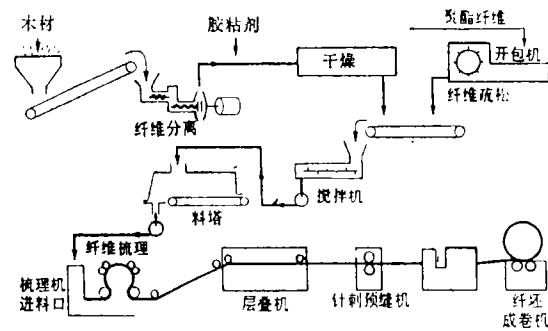


图2 木质纤维复合材料Isorel法工艺流程示意图

3 产品特点、价格与用途

3.1 木质纤维复合材料的主要特点

3.1.1 原料可以再生，还可利用低等的木质材料和加工剩余物，产品并可重复利用。

3.1.2 重量轻 复合材的比重一般在1.2左右，而常用的塑料则超过1.5，钢在7.5以上，最轻的金属铝的比重亦在2.6，如用于汽车，即可降低油耗。

3.1.3 性能好 试以法国Isorel产品为例，经测试，其主要性能如表2所示，从该表可以看出其各项指标均优于中密度纤维板，而且尺寸稳定性好，耐热耐冷性亦佳。

表2 Isorel木质纤维复合材主要性能
(按照法国汽车标准B673510测定)

项 目	性 能	说 明
每m ² 重	2000≤g/m ² ≤2200	厚=2.1mm
厚 度	2.1mm±0.15mm	厚=2.1mm
2小时吸水重	123g/m ²	
热稳定性(100℃, 24小时)	ΔL≤0.4% ΔT≤0.4%	厚=2.1mm
湿干稳定性: 第一次水浸后	ΔL≤1% ΔT≤1% ΔE≤30%	厚=2.1mm
干 燥 后	ΔL≤1% ΔT≤1% ΔE≤12%	
静曲强度	>30N/mm ²	厚=2.1mm
内胶着强度	136N/cm ²	厚=2.1mm
耐 热 性	>150℃	无变化
耐 寒 性	>-40℃	无变化

3.1.4 安全 该材料耐冲击，即使破裂时，边缘、边角也无尖棱，不致伤害人体，经阻燃处理后，有耐火特性，安全性能好。

3.1.5 易加工 由于该材料兼有木材与塑料的优点，既有透气性，可以真空成型，又有塑料易于模压、深冲成型的特点，可以生产多维结构、形状复杂的产品，而且生产效率高。

3.1.9 生产能耗小 据报导，常用的几种主要原材料每吨产品的能耗比，如锯材是1，则木质纤维材料为2，塑料为5，钢为23，铝为45。

3.1.7 废旧制品处理容易 木质纤维复合材料可以再用或循环回用或燃烧处理，因此，该材料的废旧制品处理容易、经济、无垃圾污染之虞。

3.2 价格问题 关于该复合材料的价格，各厂多不愿透露，但据美国有关专家估算，按美国1992年售价，木纤维0.15美元/磅，聚酯纤维0.80美元/磅，聚丙烯0.48美元/磅，酚醛树脂0.5美元/磅，

合材。具有表面涂饰性好、质轻、强度高(见表4),是家具、细木工制造的上等材料。

表4 木质纤维覆面成材与几种常用人造板性能对比

木纤维复合材料	主要组分配比 (%)		原料成本
类 型	木质纤维	合成纤维	(美元/磅)
A	90	PE 10	0.21
B	90	PP 10	0.183
C	80	PE 10 PF 10	0.270

在参观Ligma厂时,据告该厂自西班牙进口的Lignotock坯板价为每磅30多美分。以上数据仅供我国研究时参考。

3.3 主要用途

该复合材料的用途，各国均在竞相开发，主要的有：

3.3.1 广泛用于轿车内装饰件的基材

由于复合材料的多种优异性能,七十年代以来,即在世界各大汽车厂广泛用于中、高档轿车的内装饰件基材,如车门、顶棚、仪表框架、音响架、座椅配件、行李箱衬垫、车后搁架等,其中门占比重最大,约占整个装饰件的一半以上。

根据不同部件的需要,基材上还需覆贴3~5层塑料革,一般底层与基材找平作衬垫,中层为发泡革,上层为装饰革。该类塑料革性能要符合汽车要求,价亦较高,据告每平方米为20马克。

现有关单位还在进一步开发，旨在提高其强度，拟扩大用于汽车车身。

3.3.2 建筑室内内门

据Lignotock公司介绍,该公司已将该材料用于要求造型豪华的建 筑 室 内 内 门。

3.3.3 开发在家具上的应用, 如家具门扇以及要求造型复杂的配件等。

3.3.3.4 美国正试用低密度的木质纤维复合卷材以替代现用农用薄膜，称“绿色纤维膜”，有利于用后的回收处理。

3.3.3.5 复合纤维覆面成材 (fibrelum) 是加拿大 CANFOR 公司最新开发的产品。即以木质纤维复合坯料胶压在低质实体木材两面制成的一种新结构复

木质复合材料 类 型	密 度 (g/cm ³)	挠曲模量 (psi)	边缘握钉力 (lb)
阔叶材胶合板	0.523	6 430	140
刨 花 板	0.720	1 700	80
中密度纤维板	0.746	4 000	130
定向刨花板	0.649	2 420	150
木质纤维覆面成材	0.538	7 640	200

注: $1\text{psi}=6.894\ 76\times 10^{-3}\text{N/mm}^2$

4 设备投资估算

根据初步调查,几种不同方法生产木质纤维板
还设备投资估算如下:

4.1 德国Lignotock法 以日产量90吨计,按每辆车门四扇,平均重约5kg,则每吨可生产200辆轿车用门,可日供18 000辆车门用。设备投资为4 000万马克。

4.2 CANFOR法 日产量40吨,可日供8 000辆车门用。设备投资为1 300万美元。

4.3 法国Isorel法 日产量9吨木质纤维卷材, 可供1 800辆车用门。设备投资为400万美元。

5 建议

复合材料既可按照材料最终用途,选用多种材料复合,形成优势互补,又可充分发挥材料有效潜力,是现代材料工业发展的主要方向。木质纤维复合材料是十分适合我国木材资源结构变化,有利环境和高效率生产多种产品的一种具有发展前景的新材料,也为木材工业开辟了新途径。该材料在国外的汽车工业已有二十余年的历史,但我国现用的汽车内装饰件大多进口,而其技术与木材工业颇多相近。因此,建议有关部门如能组织汽车工业与木材工业联姻,引进或借鉴国外现有经验自行攻关,可收到事半功倍之效。

欢迎订阅

《木材胶粘剂及人造板表面加工讨论会论文集》
《人造板生产与应用技术研讨会论文集》