

# 聚氯乙烯废料的含量对复合刨花板性能的影响

王戈 秦野恭典 涉龙也 高丽秀昭 金柔姬

**摘要** 本研究主要是探求聚氯乙烯废料在复合刨花板中的不同加入量对刨花板物理力学性能的影响。结果表明:随着聚氯乙烯废料加入量的增加,复合刨花板的静曲强度、弹性模量以及内结合强度均降低;吸水厚度膨胀率减小;但振动阻尼系数增大;表面粗糙度也产生一定的变化。在多数情况下板材的物理力学性能可以达到日本 JIS A 5908 刨花板标准的要求,这说明在板中加入适量的聚氯乙烯废料可以生产出具有优良性能的刨花板。

**关键词** 聚氯乙烯废料;刨花;复合刨花板;物理与力学性能

## Effects of D-PVC Content on Properties of Wood Particle/Plastic Composite Board

Wang Ge

(Forest Products Research Institute of Heilongjiang Province, Harbin 150040)

Yasunori Hatano Tatsuya Shibusawa Korai Hideaki Yujung Kim

(Forestry and Forest Products Research Institute of Japan, Tsukuba)

**Abstract** This paper describes effects of discarded polyvinyl chloride (D-PVC) content on physical and mechanical properties of wood particle/plastic composite board. The results showed that modulus of rupture (*MOR*), modulus of elasticity (*MOE*), internal bond strength (*IB*) and thickness swelling (*TS*) were all decreased with increasing of D-PVC content. But loss tangent was increased and changed of surface roughness of the board took place. However, the properties can meet the requirement of the standard JIS A 5908 in many cases. It indicates that super composite board could be made with appropriate amount of D-PVC.

**Keywords** Discarded polyvinyl chloride; Particles; Composite board; Physical and mechanical properties

### 1 前言

目前在世界范围内,随着工农业的迅速发展,生产与生活废料量急剧增加而成为公害,如何充分利用这些废料,将其转变为有价值的产品已是社会面临的重大问题。聚氯乙烯塑料是合成高分子材料中的第二大品种,因其单体成本低,生产工艺成熟,加工成型容易,耐水,耐酸碱,耐燃,耐磨及电绝缘等,被广泛用于制造塑料管、棒、贮槽,还制成薄膜用作台布,防雨用具和农用育秧材料。但使用之后产生大量的聚氯乙烯废料,由于其不能被微生物降解,且数量日益增

多,造成很大的环境污染。

为此,本研究选择了这种常见的聚氯乙烯塑料废弃物(discarded polyvinyl chloride 简称为 D-PVC),将其加入木质刨花中制造 D-PVC 复合刨花板,研究 D-PVC 加入量对复合刨花板物理力学性能的影响,为 D-PVC 刨花板的制造和应用提供参考。本研究是在日本森林综合利用研究所完成的。

### 2 试验材料及方法

#### 2.1 试验材料的制备

**2.1.1 木质刨花** 本试验选用日本柳杉作为木质刨花原料。将柳杉(*Cryptomeria japonica*)木条经盘式削片机削片和双鼓轮刨片机刨片,再经过干燥及筛选

获得大部分筛分值在 10 目左右的刨花,其含水率约为 3%。

**2.1.2 D-PVC 材料** D-PVC 购于日本回收利用公司,PVC 性能与中国市场上的 PVC 相仿。废弃物经粗切,水洗,精切,干燥和熔融,制成筛分值约为 8 目的颗粒状材料,其某些物理性能见表 1。

表 1 D-PVC 材料某些物理性能指标

| Tab 1 Physical properties of D-PVC material |                      |                      |          |         |
|---------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------|---------|
| 类 别                                         | 实体密度                 | 堆积密度                 | 正切损失     | 动剪切弹性模量 |
|                                             | (g/cm <sup>3</sup> ) | (g/cm <sup>3</sup> ) | (振动阻尼系数) | (MPa)   |
| D-PVC                                       | 1.25                 | 0.32                 | 0.426    | 113     |

注:弹性模量系在 20℃条件下测定

**2.1.3 胶粘剂** 本试验选用酚醛树脂胶,购于日本化学公司(大鹿 レヂン PB-1310 号)。固体含量为 45.5%,粘度 0.1~0.3 Pa·s(25℃,BH 型粘度计),pH 值为 10。

2.2 D-PVC 复合刨花板的制造

本试验采取单层结构手工铺装,样板规格为 400 mm×400 mm×12 mm,预定密度为 0.7 g/cm<sup>3</sup>。将 D-PVC 与木质刨花混合,其加入量分别为板重的 0%,20%,40%,60%,80%。利用旋转式拌胶机拌入酚醛树脂胶。对 D-PVC 及木质刨花的施胶量分别为 5%和 10%。用小型蒸汽热压机热压,温度为 180℃,热压工艺曲线见图 1。热压后将样板置于温度 20℃,相对湿度 65±2%的处理室中陈化至少一星期,待刨花板的含水率等各项指标趋于稳定,符合日本 JIS A 5908—1994 刨花板标准测试要求后再进行物理力学性能的测定。

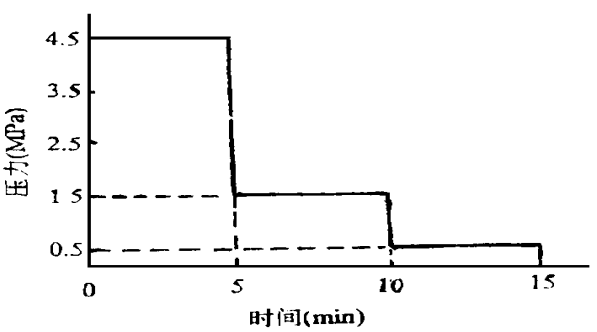


图 1 D-PVC 复合刨花板热压工艺曲线(180℃)

Fig. 1 Hot pressing parameters curve of composite board(180℃)

2.3 性能测试

依据 JIS A 5908 标准要求对符合条件的试件进行各项物理力学性能的测定。

对于不同 D-PVC 含量的试件,其静曲强度和弹性模量分别在干状态(温度 20℃,湿度 65±2%)和湿状态(试件被连续煮沸 2 小时,常温水浸泡 1 小时)两种情况下测试,但内结合强度是在干状态下测定。所用设备为 INSTRON 5509 型万能材料试验机,测试数据直接输入计算机并进行处理。

吸水率和吸水厚度膨胀率分别采取经 24 小时 20±1℃水浸泡和 2 小时煮沸后这两种状态下测定。对样板的表面粗糙度采用十点高度法测量。此外,还采用 CF-360 小型双频 FFT 分析仪,1930A 多功能混频器,E-3210 B 型滤波器和音频放大仪来测定不同 D-PVC 含量的试件的振动曲线,并通过计算机算出复合刨花板的正切损失(振动阻尼系数)。测试结果见表 2,并据此绘成影响趋势图,见图 2~图 9。

表 2 D-PVC 复合刨花板物理力学性能

Tab. 2 Physical and mechanical properties of composite board

| 样板类型           | D- PVC    | 密度<br>(g/ cm <sup>3</sup> ) | 干状态            |                | 湿状态 *          |                |                 |                 | 内结合<br>强度<br>(MPa) | 水浸 **          |                 | 表面<br>粗糙度<br>(mm) | 正切损失<br>(振动阻尼系数)  |
|----------------|-----------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------|----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
|                | 含量<br>(%) |                             | MOR            | MOE            | MOR            | MOE            | TS              | WA              |                    | TS             | WA              |                   |                   |
|                |           |                             | (MPa)          | (GPa)          | (M Pa)         | (GPa)          | (%)             | (%)             |                    | (%)            | (%)             |                   |                   |
| 对照板            | 0         | 0.83<br>(0.018)             | 42.8<br>(2.85) | 4.02<br>(0.11) | 28.2<br>(0.93) | 2.39<br>(0.10) | 16.29<br>(1.28) | 66.60<br>(3.90) | 1.63<br>(0.499)    | 7.76<br>(1.54) | 31.91<br>(3.86) | 0.46              | 0.022<br>(0.0008) |
| D-PVC<br>复合刨花板 | 20        | 0.81<br>(0.261)             | 40.0<br>(1.88) | 2.99<br>(0.21) | 21.2<br>(1.35) | 1.77<br>(0.12) | 13.83<br>(1.48) | 67.79<br>(7.45) | 1.55<br>(0.096)    | 7.86<br>(0.50) | 36.29<br>(3.39) | 0.46              | 0.038<br>(0.0027) |
|                | 40        | 0.76<br>(0.018)             | 18.2<br>(0.67) | 1.84<br>(0.09) | 12.4<br>(0.85) | 1.07<br>(0.05) | 11.66<br>(0.11) | 74.31<br>(4.82) | 0.82<br>(0.112)    | 6.21<br>(0.81) | 38.28<br>(8.03) | 0.40              | 0.059<br>(0.0029) |
|                | 60        | 0.74<br>(0.031)             | 9.0<br>(0.46)  | 0.88<br>(0.07) | 5.7<br>(0.80)  | 0.51<br>(0.07) | 9.34<br>(0.48)  | 73.65<br>(6.14) | 0.50<br>(0.012)    | 5.54<br>(0.90) | 43.05<br>(6.64) | 0.27              | 0.096<br>(0.0046) |
|                | 80        | 0.72<br>(0.027)             | 2.8<br>(0.72)  | 0.22<br>(0.05) | 2.0<br>(0.45)  | 0.14<br>(0.02) | 4.50<br>(0.40)  | 65.99<br>(4.08) | 0.33<br>(0.054)    | 2.24<br>(0.34) | 51.89<br>(3.10) | 0.35              | 0.177<br>(0.0081) |

注:括号中数据为标准误差;\*表示连续 2 小时煮沸,1 小时常温水浸泡条件下;\*\*表示 24 小时 20℃水浸泡条件下

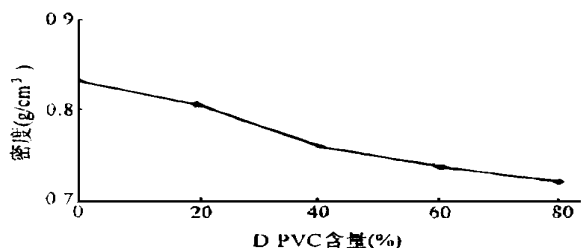


图2 D-PVC含量对复合刨花板密度的影响

Fig. 2 Effects of D-PVC content on composite board density

### 3 结果与讨论

从表2及图2可以看出,随着D-PVC含量的增加,与对照板相比(预定密度相同)板的密度有所降低,这可能是由于PVC材料的软化温度较低,在高温热压状态下产生分散失而造成的,另外,热压后刨花的厚度回弹也是产生密度不均的原因。

从表2及图3P、图4可知,在干状态下,板的静曲强度、弹性模量随着D-PVC含量的增加而显著降低,这主要是由于D-PVC是颗粒状塑性材料,在同一预定密度下,它在板中含量的增加,相对地由木纤维组成的木质刨花含量就减少,这是影响刨花板静曲强度的主要因素。另外,D-PVC材料的弹性模量要远远小于木质材料的弹性模量,也势必导致刨花板静曲强度和弹性模量的降低。同样,湿状态下,板的静曲强度及弹性模量也显示了下降的趋势,只是数值要比干状态下小,因为弹性模量和静曲强度是随着含水率的增加而减少的。在湿状态下,刨花板的静曲强度和弹性模量的残余值均超过干状态下的50%。

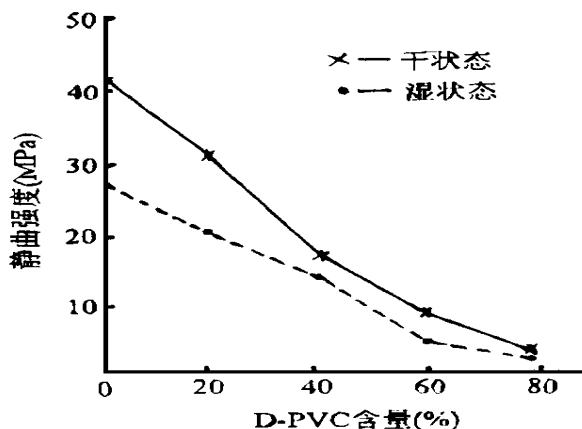


图3 干、湿状态下D-PVC含量对复合刨花板静曲强度的影响

Fig. 3 Effects of D-PVC content on composite board MOR on dry and wet condition

从图5的关系中可以看出,内结合强度也是随着板中D-PVC含量的增加而降低的,在D-PVC含量大于20%时,内结合强度下降显著。这主要是由于D-

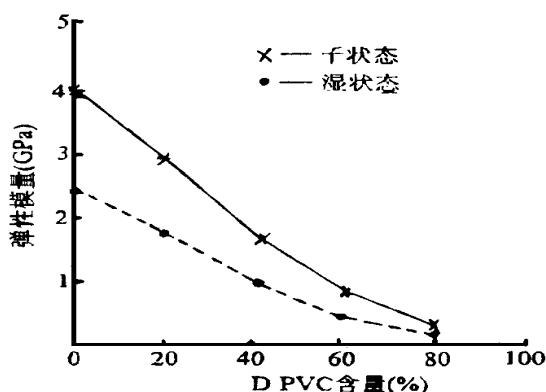


图4 干、湿状态下D-PVC含量对刨花板弹性模量的影响

Fig. 4 Effects of D-PVC content on MOE on dry and wet condition

PVC材料与木质刨花之间的胶合牢固程度比木质刨花之间的程度要小,并且随着D-PVC数量的增多,木刨花之间的交织程度下降,所以削弱了板的内结合力。但D-PVC含量在20%和40%的刨花板,其内结合强度可以达到JIS A 5908要求。

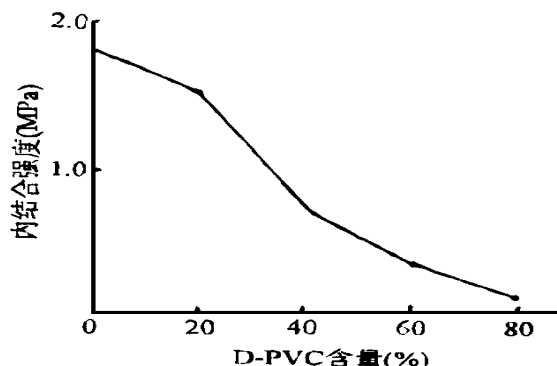


图5 D-PVC含量与复合刨花板内结合强度的关系

Fig. 5 Relationship between D-PVC content and internal bond strength

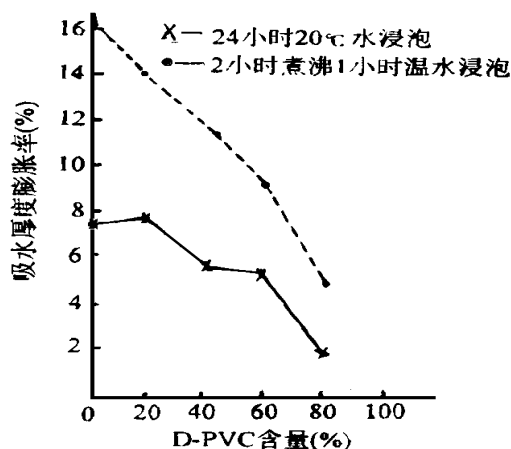


图6 D-PVC含量与复合刨花板吸水厚度膨胀率的关系

Fig. 6 Relationship between D-PVC content and thickness swelling rate of water absorption

从表 2 及图 6 可知,随着 D-PVC 含量的增加,无论是经 24 小时 20℃水浸处理,还是 2 小时煮沸处理的试件,其吸水厚度膨胀率均减小,只是由于后者的处理条件比较苛刻,因而吸水厚度膨胀率比前者要高些,但其减小的趋势基本相同。D-PVC 材料属于高分子聚合物,具有良好的耐水性,基本不吸水润胀,而木质刨花的吸水吸湿膨胀现象极为明显,随着 D-PVC 含量的增加,相对地减少了木质刨花的数量,使吸湿膨胀点减少,从而使板的吸水厚度膨胀率降低。随 D-PVC 加入量的增加(见图 7),吸水率略有增加,这可能是因为 D-PVC 颗粒材料与木刨花之间结合不够紧密,造成板中有许多微细空隙,易使水分进入存留。

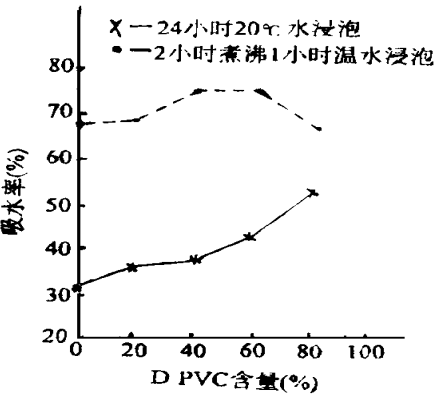


图 7 D-PVC 含量与复合刨花板吸水率的关系  
Fig 7 Relationship between D-PVC content and water absorption

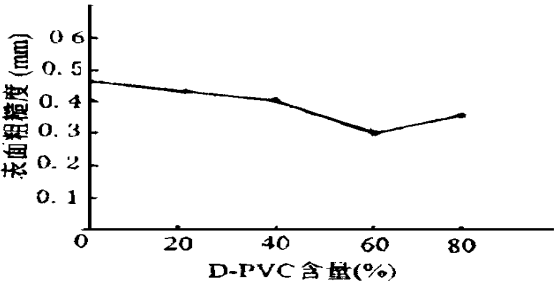


图 8 D-PVC 含量对复合刨花板表面粗糙度的影响  
Fig. 8 Effects of D-PVC content on surface roughness

复合刨花板的表面粗糙度随着 D-PVC 含量的增加而有所改善(见图 8)。这是因为细小的 D-PVC 颗粒材料填充了表面大刨花产生的凸凹不平之处,在热压之后,使板的表面变得较为光滑致密。

从表 2 及图 9 可以看出,复合刨花板的正切损失,即振动阻尼系数随着 D-PVC 含量的增加而增大,正切损失值越大,说明此材料对振动的能量损耗越大,转变位能为其他能的能力强。D-PVC 材料的正

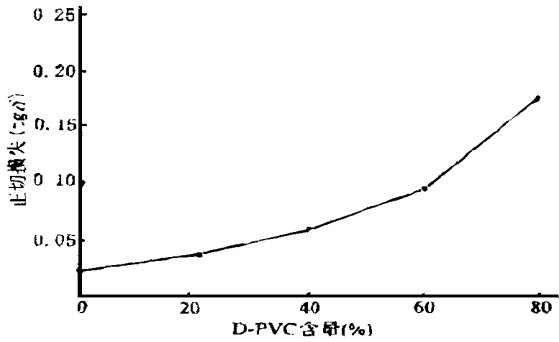


图 9 D-PVC 含量与复合刨花板正切损失的关系(20℃)  
Fig. 9 Relationship between D-PVC content and loss tangent (20℃)

切损耗大于木质刨花,所以,D-PVC 加入量越多,刨花板的正切损失越大,减振性能越好。

4 结论

- 4.1 从试验的结果可知,随着 D-PVC 加入量的增加,复合刨花板的静曲强度、弹性模量、内结合强度将有所下降;吸水厚度膨胀率降低,吸水率有所提高;表面粗糙度减小,另外,复合刨花板的振动阻尼系数随 D-PVC 含量的增加而增大。
- 4.2 对于 D-PVC 加入量为 20%和 40%的复合刨花板,其物理力学性能完全可以达到日本 JIS A 5908—1994 规定的指标,亦可达到中国 GB/T 4897—92 对 A 类优等品的物理力学性能的要求。
- 4.3 该产品具有良好的耐水性、尺寸稳定性及隔音减振性能,且成本低廉,可广泛用作车厢板、包装箱板、地板下衬板及建筑中的隔墙板,也为充分利用聚氯乙烯废料,解决污染问题提供一条新的途径。

5 参考文献

- 1 日本标准协会. 1994, 日本刨花板工业标准 JIS A 5908—1994
- 2 肖翠蓉等. 复合材料工艺学. 国防科技大学出版社, 1991
- 3 渡边治人. 木材应用基础. 上海科学技术出版社, 1986
- 4 Shibusawa T. Mechanical Properties of Split Wood Strand/ Discarded Polyvinyl Chloride Composites Produced for Sound Absorption. In: The Use of Recycle Wood and Paper in Building Application Conf. 1996, 205~210
- 5 Kollman F F, Knenzi E W and Stam A J. Principles of Wood Science and Technology, Vol. 2. Wood Based Materials. New York: Springer—Verlag, 1975
- 6 中国国家技术监督局. 中华人民共和国刨花板标准 GB/T 4897—92
- 7 王正. 木质复合材料—木材工业的发展方向. 世界林业研究, 1994, (2): 40~45