第 11 卷 第 3 期 复 合 材 料 学 报 Vol. 11 No. 3
1994 年 9 月 ACTA MATERIAE COMPOSITAE SINICA Sept. 1994

聚丙烯酸酯木塑复合材料

任重远 李 邦
(西安交通大学化工系,710049)

摘 要 本文研究了丙烯酸类单体浸渗木塑复合材料的制备工艺和性能,对影响浸渗率和单体转化率的因素进行了探讨,并对其塑化改性的作用进行了分析。实验结果表明,聚丙烯酸酯木塑复合材料具有优良的力学性能和抗湿、耐磨等性能。

关键词 木塑复合材料,聚丙烯酸酯,单体浸渗

1 前 言

木塑复合材料(Wood Plastic Composites,简称 WPC)是一种具有优良性能的新型材料[1-3]。它是用聚合物单体或低分子量的聚合物预聚体在抽真空和加压条件下浸渍木材后聚合而成。聚合的方法有辐射聚合和热聚合两种。从木材的结构看,它除由纤维素组成的骨架及在骨架中心的半纤维素以外,剩余部分为空隙。木材的塑化改性就是降低其空隙率,从而提高木材的性能。木塑复合材料与天然木材相比,具有尺寸稳定性好,不易变形,力学强度(冲击强度、弯曲强度、抗压强度和硬度等)高,耐磨,吸湿性小等优点,因而广泛地用于拼花地板、家俱楼梯踏板、铁道枕木、工艺品等方面。

作为一种复合材料,国外已有大规模生产[1,3]。近年来我国也已有这方面的研究报道[2,4,5]。本文以甲基丙烯酸甲酯为单体,以陕南山中的桦木和波氏杨等软杂木为基材,对其进行了研究,并取得了满意的结果。

2 实验部分

2.1 药品和木材

甲基丙烯酸甲酯,上海试剂厂生产;偶氮二异丁腈,西安化学试剂厂生产。木材为陕南山中出产的桦木、波氏杨和青岗木。

2.2 工艺过程

将干燥后的木材置于浸渗罐内,抽真空,达设定的真空度后注入浸渗液(含有引发剂的丙烯酸酯),关闭系统,维持一定时间后,恢复常压,再加压并保持压力一定时间后,恢复常压,取出样品。其浸渗率可按下式计算:

$$浸渗率\% = \frac{木材浸渗后的重量 - 木材浸渗前的重量}{木材浸渗前重量} \times 100\%$$

① 本文 1993 年 1 月 12 日收到

将浸渗后的包裹样品(包裹的目的是防止热聚合过程中单体逸出)放入烘箱中进行热聚合,严格控制升温速度、聚合温度和时间。聚合后冷至室温,计算其单体的转化率和样品中树脂的百分含量:

$$\text{单体转化率}\% = \frac{\text{聚合后样品重} - \text{浸渗前木材重}}{\text{木材浸后重} - \text{木材浸渗前重}} 100\%$$

$$\text{树脂含量}\% = \frac{\text{聚合后样品重} - \text{浸渗前木材重}}{\text{浸渗前木材重}} 100\%$$

2.3 性能测试

(1) 抗压强度 按 GB－1935－80 试验标准在液压式万能材料试验机上测试。

(2) 硬度 参照 GB－1941－80 木材硬度试验标准进行测试。

(3) 耐磨性 尺寸为 30×70×60mm 的试样在 20±2℃ 条件下测试其耐磨性。

(4) 吸水性 参考 GB－1984－80 木材吸水性和湿胀性测试方法进行。

(5) 耐酸碱性 将尺寸为 20×20×20mm 试样在室温下分别浸于 40% NaOH, 40% H_2SO_4溶液中经 5 昼夜,取出烘干后,测其失重。

(6) 微观结构形貌在 JSM－35C 型扫描电镜上观察。

3 结果和讨论

3.1 浸渗率

浸渗是将浸渗液渗透至木材内部,液体在其毛细管间扩散的过程。因之,浸渗率的大小和浸渗速度,首先决定于木材的组织结构和浸渗液的粘度或分子量,其次还受浸渗时间、压力等因素的影响。

木材结构对浸渗率的影响主要是其疏密性的影响,在软杂木中波氏杨比较疏松,桦木则较为致密。因之,在其它条件相同时,波氏杨的浸渗率大于桦木的浸渗率,图 1 的两条曲线正说明了这一点。

显然,单体浸渗液的粘度远小于其聚合物的粘度,因而单体易于浸渗,这也是我们采用单体进行浸渗的优越之处。

图 1 为浸渗率与压力之间的关系曲线。外压存在时,木材孔隙中浸渗液的流动可以用 Paiseuile 的压力流动模型来描述。若毛细管半径为 r,长度为 L, 毛细管长度上的压强降为 Δp,则液体在毛细管中的流速 v 为:

$$v = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8\eta L} \tag{1}$$

毛细管中流过的量 Q,在理想的条件下,为:

$$Q = vt \tag{2}$$

Stamm 等人曾证明,在木材中液体的流动速度 v 会慢慢减小,即 v 与时间 t 有关。考虑到这一因素,他们最后导出:

$$Q = Ap - B \tag{3}$$

式中 A、B 分别为：

$$A = \frac{qr^4t}{16\eta L} \qquad B = \frac{1}{16\eta L}\int p(t)dt \tag{4}$$

式(3) 说明进入木材内部液体的量与所加的压力 p 成正比，这与图 1 的实验结果，即浸渗率与压力呈直线关系是一致的。

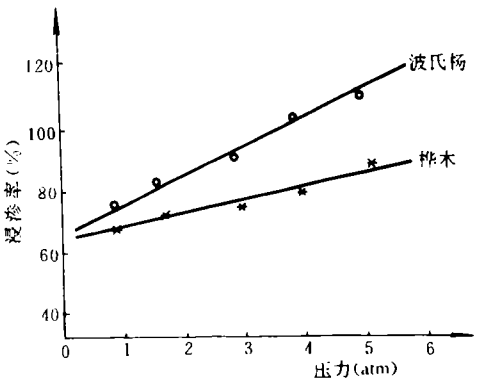

图 1　浸渗率与压力之间的关系

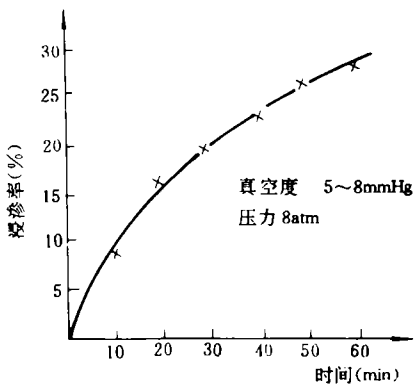

图 2　浸渗率与抽真空时间的关系

真空处理也是提高浸渗率的有效途径之一。当将木材内的空气抽出后，毛细管内形成负压，即 $-\Delta p$，浸渗液就会很容易地占据空隙，从而提高了浸渗率。图 2 是在一定真空度下，抽真空时间与浸渗率的关系曲线(其基材为青岗木)。

3.2　聚合

甲基丙烯酸甲酯在引发剂作用下发生自由基反应而聚合。根据聚合动力学原理，聚合速率与单体浓度、引发剂的引发效率和浓度、反应温度等有关，而木材的处理效果，则主要决定于单体的转化率。下面着重讨论影响单体转化率的因素。

本实验以偶氮二异丁腈(ABIN)为引发剂，其浓度与甲基丙烯酸甲酯(MMA)单体的转化率的关系如图 3 所示。由图可知，转化率随引发剂浓度的变化呈抛物线上升趋势。浸渗液进入样品微隙中形成一个个本体反应中心，并在此引发聚合。引发剂浓度大，则聚合速率高，单体转化成聚合物的趋势就大。

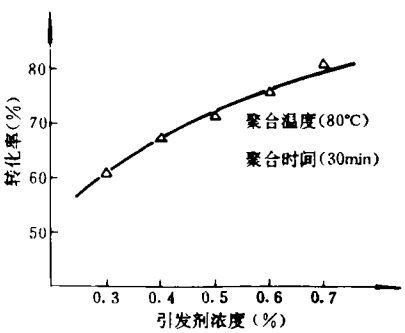

图 3　单体转化率与引发剂浓度的关系

图 4 是单体转化率与反应温度的关系。结果表明，在 65～70℃的温度范围内，转化率很低，且随温度变化较小，这主要有两个原因，一是此温度下引发剂分解得很少，二是引发剂的诱导效应。在 75～80℃范围里转化率急剧上升达 80%左右，这一区间引发剂的引发效率高，是聚合的适宜温度。

反应时间对转化率的影响示于图 5。由图可知，当反应时间小于 20 分钟时，转化率只有约 30%，且不随时间而变。这其间引发剂处于诱导期。在 25－30 分钟的时间里转化率急剧升至 80%左右。聚合时间达 30 分钟后，转化率已不再增高，因之聚合时间以 30 分钟为宜。

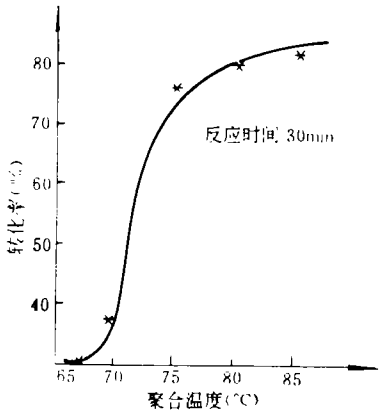

图 4 单体转化率与反应温度的关系。

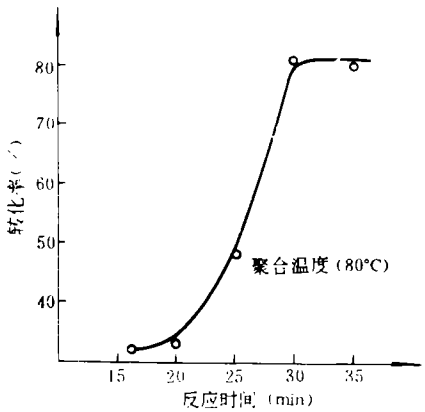

图 5 反应时间对转化率的影响

3.3 物理力学性能分析

单体浸渗及"原位"聚合后，聚合物分布在木材内部，整个聚合物似网络一样，充填在各毛细管之间，使木材得以强化，从而表现在抗压强度、硬度、耐磨性、抗酸碱性以及吸水性等物理力学性能都得到了改善。

表 1 为聚合物含量与木塑复合材料(波氏杨—聚甲基丙烯酸甲酯)抗压强度之间的关系。

表 1 PMMA 含量与木塑复合材料抗压强度的关系

PMMA 含量，%	0	20	30	35	50	58
抗压强度，MPa	50	75	85	101	108	110

从表中可以看出，木塑复合材料的抗压强度比未处理的木材提高了 2 倍多。

木塑复合材料的硬度与原木材硬度、纯聚合物的硬度、聚合物和木材之间可能形成的某些化学作用等有关。表 2 是桦木—聚甲基丙烯酸甲酯复合材料的硬度与树脂含量之间的关系。结果表明，该木塑复合材料的硬度比原木材的硬度提高了 3 倍多。这主要是聚甲基丙烯酸甲酯的高硬度对复合材料的硬度起了较大的作用。

表 2 聚合物含量与复合材料硬度的关系

	聚合物含量，%	硬度，N/m
桦 木	0	25.55
桦木/PMMA－1	41.80	87.3
桦木/PMMA－2	48.71	88.58

处理后的木塑复合材料的耐磨性也有所提高。用甲基丙烯酸甲酯处理桦木后，当树脂含量为 28% 时，其体积磨损量由 0.043 cm^3 降低为 0.024 cm^3。

木材在未处理前，毛细管和微隙较多，吸水性较强，处理后大部分毛细管不同程度地填充了聚合物，因而使吸水性下降。这对在潮湿地区使用的材料，如地板条，将带来很大的好处，图 6 是用聚甲基丙烯酸甲酯改性的桦木样品处理前后的吸水率曲线。由曲线可以看出木材在改性前吸水率

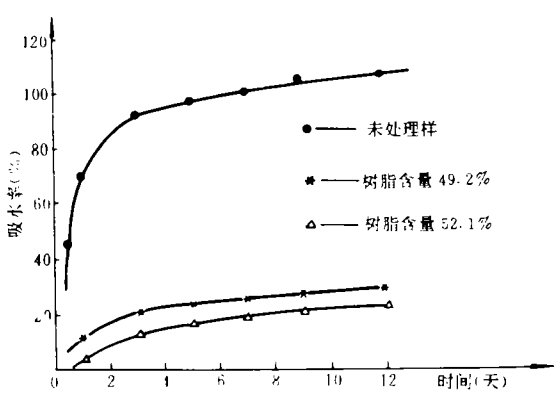

图 6 吸水率与树脂含量及浸水时间的关系

参考文献

1 温祝堂等. 美国的丙烯酸木材. 国外科技, 1982; (12): 17-19
2 邱威杨. 木材塑化工艺研究. 林产工业, 1985; (5): 2-9
3 Chia L H L, Kong Hon Kan. Preparation and Properties of some wood-plastic combinations involving some tropical commercial woods. J Macromol Sci, Chem, 1981; A16(4): 803-817
4 李坚. 木塑复合材料制造中抑制单体挥发的研究. 东北林学院学报, 1982; 19(1): 123-125
5 葛明裕等. 加热法制造木塑复合材料的研究. 林业科学, 1983; (1): 64-71

POLYACRYLATE WOOD PLASTIC COMPOSITES

Ren Zhongyuan Li Bang
(Chemical Engineering Department, Xi'an Jiaotong University, Xi'an)

Abstract The paper describes the preparation and the performance of wood plastic composites by acrylate monomer impregnation. The factors affecting monomer uptake and conversion degree were investigated. Experiments showed that polyacrylate-wood plastic composites have higher physico-mechanical performance.

Key words wood plastic composites, polyacrylate, monomer impregnation