

重组竹制造工艺的研究

汪孙国 华毓坤

(南京林业大学)

摘要 本文是作者在施胶量、热压温度和热压时间三个主要因子对重组竹性能影响的初步研究基础上又进一步探讨了施胶方式、竹纤维束水洗、胶种以及胶的浓度等因素对产品性能的作用。研究表明：竹纤维束水洗有较显著的作用；水溶性酚醛胶比醇溶性酚醛胶更适用于重组竹的制造；胶液浓度过稀不仅自身性能差，而且还会使重组竹性能降低；采用浸胶方法虽有利于胶液的均匀分布，但对^{IB}未产生明显的作用。

关键词：重组竹；施胶方式；酚醛树脂；竹纤维束水洗

竹材作为我国的第二木材资源正在发挥着重要的作用。竹质人造板近年来发展很快，目前已用于家具、建筑、车辆及包装等行业，部分替代了木材及木质人造板，节省了木材消耗。在竹材人造板的生产中的一个明显不足就是原料利用率低。为此，作者对竹材用于制造重组竹的可能性进行了研究，以期在尽可能保持竹材天然特性的前提下，充分利用小杂竹和梢头等加工剩余物，以提高竹材利用率。

一、试验准备

(一) 试验材料

1. 竹材 苦竹(*Pleuroblastus amarus*)采自江西省靖安县。竹材的气干密度为 $0.813\text{g}/\text{cm}^3$, pH=6.6, 竹秆直径10-70mm。苦竹的纤维形态见文献[1]

2. 胶粘剂

(1) 醇溶性酚醛胶，固含量49.1%，粘度 $180\text{mPa}\cdot\text{s}/20^\circ\text{C}$, pH=9.0~9.4；

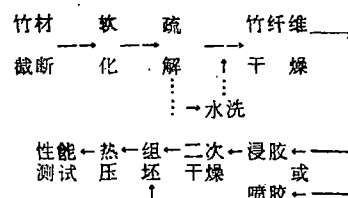
(2) 水溶性酚醛胶，固含量45.3%，粘度 $170\text{mPa}\cdot\text{s}/20^\circ\text{C}$, pH=9.0~9.2。

稀释至浓度为35%后，粘度为 $23\text{mPa}\cdot\text{s}/$

20°C , pH为8.0~8.2；稀释至7%时，粘度 $4\text{mPa}\cdot\text{s}/20^\circ\text{C}$, pH=7.2~7.4。

(二) 工艺过程

工艺流程



竹材截断 根据压机幅面将竹材截短为35~40cm。

竹材软化 采用了两种工艺，一是在pH值为9.2~9.4的碱液中蒸煮(100℃)2~4小时；另一种是在pH=8.5~9.0的碱液中浸泡12小时，碱液温度为75~80℃。

竹材疏解 采用手工锤击和辊压两种方式。疏解后的纤维应呈网络状，在纤维垂直方向，纤维间多数仍相互粘连不完全分开，且能自然铺展，不卷曲。实验结果以辊压的效果为好，疏解后竹纤维束即进行水洗。在本试验中，除软化工艺试验时已注明采用两种竹纤维束外，其余试验均为辊压加工的。

竹纤维束(也称竹丝)干燥 在 100 ± 5

本文于1990年10月26日收到。

℃的温度下将竹丝干燥到含水率为5%左右。

施胶 采用喷胶和浸胶两种施胶方式，施胶量均为6%。浸胶法由于竹丝含水率达到60~80%，需经干燥。干燥温度50±5℃，终含水率为15%左右。

组坯与热压 将施胶后的竹丝整齐排列，定向放置均匀，经一定时间预压后即可热压。板坯幅面为350×350mm，板材名义厚度10mm，热压压力为3.6N/mm²，采用分段降压。试验重复2次。

由初步研究结果^{〔2〕}，将热压温度控制为180℃，热压时间为10min，热压工艺曲线如图1。

(三) 试验安排

本研究将正交试验与对比试验结合应用^{〔3〕}，正交试验用于研究施胶方式、竹丝水

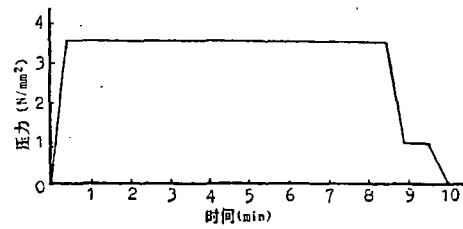


图1 热压曲线

洗对重组竹性能的影响，对比试验是为了探讨胶的类型及水溶性胶的稀释与产品性能的关系。

二、结果与讨论

正交试验的结果如表1，对比试验结果如表2和图2所示。

表1 竹丝水洗与施胶方式对重组竹性能影响的L₄(2³)正交试验结果

试验条件	指标 密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	弹性模量 MOE(×10 ³ N/mm ²)	静曲强度 MOR (N/mm ²)	平面抗拉 强度IB (N/mm ²)	比握钉力 SH (N/mm)	吸水厚度 膨胀率TS (%)	吸水率 (%)
水洗竹丝浸胶	0.952	6.7	4.3	122.6	0.66	151	5.6	13.2
未水洗竹丝浸胶	0.951	6.6	2.0	102.5	0.56	141	4.2	15.2
水洗竹丝喷胶	0.980	5.4	4.5	102.8	0.57	123	5.4	15.9
未水洗竹丝喷胶	0.947	4.6	4.4	86.4	0.44	118	6.0	16.5

表2 胶种与胶液浓度对重组竹性能影响的比较

胶种	指标 固含量 (%)	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	弹性模量 (×10 ³ N/mm ²)	静曲强度 (N/mm ²)	平面抗拉强度 (N/mm ²)	比握钉力 (N/mm)	吸水厚度膨胀率 (%)	吸水率 (%)
水溶性 PF	7	0.980	5.4	4.5	102.8	0.57	123	5.4	15.9
	35	1.014	3.5	6.5	118.2	0.47	131	17.0	27.0
	45.3	0.998	3.0	7.9	154.5	0.59	151	15.9	33.7
醇溶性 PF	49.1	0.950	2.4	2.7	118.2	0.48	156	16.2	23.4

上述性能指标除比握钉力采用苏联标准ГОСТ 10632—70测定外，其余均按GB 4896—4905—85要求测试。另外，由于实测垂直于纤维方向的MOE和MOR甚小且无规律，故未作详细分析。对正交试验和对比试验的结果分别用正交试验方差分析法和单因素方差分析加以处理，显著性检验结果在此未列

出。

试验结果的讨论：

1. 浸胶量与浸胶时间的关系

为寻找两者的关系，取5份烘干竹丝，每份重50g，放入固含量35%和7%的水溶性酚醛胶中，分别浸泡5秒、15秒、30秒、60秒和90秒。每种浓度下重复三次，共三十个试

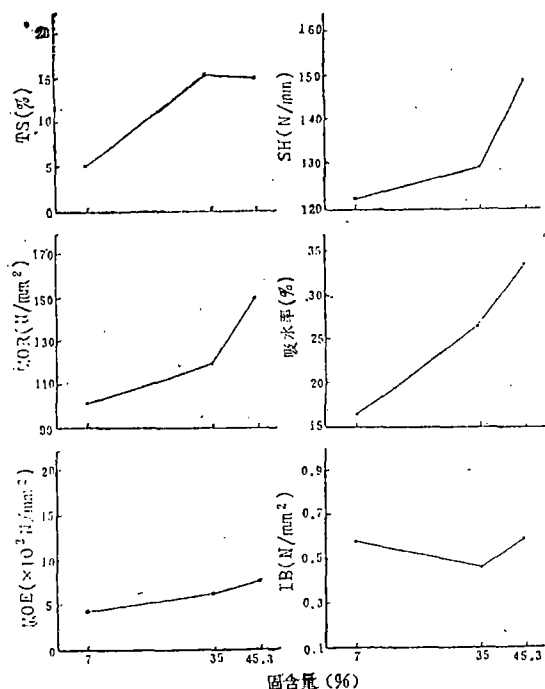


图2 胶的稀释程度与重组竹性能的关系

样,浸至预定时间立即取出,淋干、称重,由此可得浸胶量。浸胶量数据取三次的平均值。由测得的数据可以看出浸胶量与浸胶时间的关系,如图3所示。

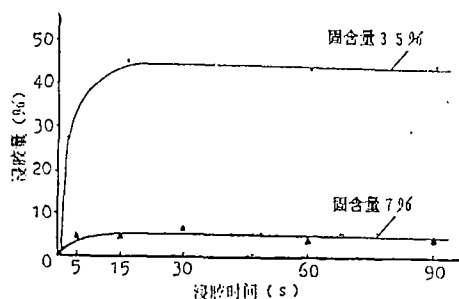


图3 浸胶量与浸胶时间的关系

由于竹材在被解离成网络状纤维束的过程中,纤维之间已有部分的分离,薄壁细胞被压扁,甚至压溃,以至纤维细胞壁也有少量破坏如图4^[4](见封3),因此便于胶液在细胞中很快渗透,短时间内纤维束就获得一个较稳定的浸胶量。

从图3还可发现,胶液愈稀,浸胶时间

愈短。浓度为7%的胶在5~10s就可达到一稳定胶量,而35%的胶则要15~20s方可达到一个稳定值。

根据以上试验,确定了竹丝的浸胶条件为:7%的水溶性酚醛胶,浸胶时间为5~10秒,这样施胶量可控制在6%左右,满足了工艺要求。

2. 施胶方式的影响

方差分析结果表明,施胶方式对MOR和吸水率有影响,对SH的影响较显著,对其余指标无显著作用。

浸胶比喷胶均匀,这对增强平面抗拉强度有利。但另一方面浸胶会使部分胶液渗入细胞腔,对胶合无明显作用,在施胶量一定的条件下,留存在纤维表面起胶合作用的胶量就相对减少,这或许就是平面抗拉强度变化不显著的原因。渗入腔中的胶虽不能发挥其胶合作用,但在一定程度上对强化竹纤维性能是有益的,从而使MOR和SH相应提高。

由于采用两种施胶方式压出的产品性能均较好,多数指标无显著不同,因此从简化工序、降低产品成本出发,以采用喷胶为宜。

3. 竹丝水洗与板材性能的关系

为方便竹材的软化与疏解,用适当的碱液蒸煮被证明是较为有效的方法,该法已在竹梭生产中得到应用^[5]。但在采用碱液蒸煮工艺时,必须有相应的废液处理措施。

表3列举了两种软化条件下板材的性能。由此可以看出,软化条件剧烈者,制品性能较差。这是由于碱性过高,即使短时间的沸煮也会使竹材发生较强烈水解、降解^[6],当然竹丝加工方式上的差异对性能也会有一定影响,手工锤击更容易导致较严重的机械损伤,而辊压加工条件可以控制,疏解程度也较好。另外,由表中数据可以看出两者在IB上差别明显,经分析可能与竹丝碱性较大、影响其正常胶合有关,因此又对疏解后竹丝的水洗作用进行了研究。由于水洗是在疏解工序后立即进行的,在清水中浸渍后

表3 竹竹软化工艺对重组竹性能的影响

竹材软化条件	加工方式	板材性能							
		密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	弹性模量 ($\times 10^3$ N/mm ²)	静曲强度 (N/mm ²)	平面抗拉强度 (N/mm ²)	比握钉力 (N/mm)	吸水厚度 膨胀率 (%)	吸水率 (%)
碱液 pH: 9.2~9.4 温度: 100℃ 时间: 2~4h	实验室手工 锤击竹丝	0.965	3.3	5.2	132.0	0.40	121	18.0	40.2
碱液 pH: 8.5~9.0 温度: 75~80℃ 时间: 12小时	工厂辊压 竹丝	0.998	3.0	7.9	154.5	0.59	151	15.9	33.7

立即捞出, 不会引起含水率的很大增加。

从表1的数据及其方差分析结果表明水洗对吸水率、吸水厚度膨胀率无显著作用, 对MOE也无明显影响, 但对IB、SH有一定影响, 对MOR作用最显著。

水洗一方面使竹丝表面碱性减弱, 同时还去除了水解后的一些产物, 使竹丝表面暴露出更多的活性基因, 表现在ESR中自由基浓度明显增大, 如表4、图5。根据前人研

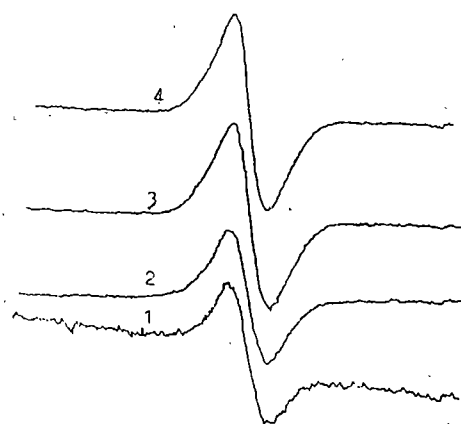


图5 竹纤维束的电子自旋共振谱图 (ESR)

1—上胶纤维束, 2—实验室纤维束 (未水洗), 3—工厂纤维束 (未水洗), 4—工厂纤维束 (水洗)

ESR测定条件: 温度—17℃; 湿度—60%; 频率与功率—9.225GHz与0.4mw; 磁场—3300G $\pm$ 50G; 扫描时间—2分钟; 调制磁场—100GHz, 3.2G; 放大倍数—2.5 $\times$ 100 (1*为5 $\times$ 100); 响应时间—0.1s。

究^{[7)~(10)}, 自由基浓度的加大, 一般说胶合性能也有相应提高。碱性的减小更重要的还在于减弱了热压过程中竹材组分的热降解, 保持了自身性能, 这正是SH、MOR和IB得以提高的原因。图5中谱线1是竹丝施胶后的情形, 从自由基浓度的明显降低及基线的倾斜可以说明胶的大分子与竹材的自由基产生了化学作用。谱线2和3是两种加工方式下竹丝的ESR图谱, 实验室竹丝的自由基浓度明显小于工厂加工竹丝, 这也是前者IB低于后者的重要因素。当然自由基浓度是由化学反应、机械加工、光照、加热等因素共同作

用决定的; 也正是以上诸多因子的影响导致实验室竹丝自由基浓度明显低于工厂竹丝。

4. 胶种及水溶性胶的稀释对性能的影响

由方差分析发现, 醇溶性、水溶性酚醛胶压制的板材, 其弹性模量和静曲强度有所不同。

水溶性酚醛胶稀释之后, 除浓度减小外, 粘度、pH值也下降, 因此胶的性能起了一定的变化。从图2可知, MOR、MOE及SH均随胶的浓度上升而提高, IB在浓度

35%时的下降可能是偶然因素作用的结果。

IB与吸水率随浓度递增而增大。

三、结 论

1. 重组竹有较好的物理力学性能, 其多数指标可和普通刨花板及定向刨花板媲美, 静曲强度、弹性模量达到或超过木材, 但尺寸稳定性尚待改进。

2. 浸胶稍优于喷胶, 但浸胶后的干燥增加了成本。在性能满足要求时, 以选用喷胶方式为宜。

3. 水洗对重组竹性能有一定作用, 该工序置于竹丝疏解后进行, 方便可行。

4. 水溶性酚醛树脂比醇溶性酚醛树脂更适用于重组竹的制造。胶的稀释虽可使胶液均匀性提高, 但自身性能下降, 从而影响产品性能。

(责任编辑 袁东岩)

参考文献

(1) 中科院植物研究所编著, 1972, 草类纤维 (禾本

科), 科学出版社。

(2) 汪孙国, 1990, 重组竹板材的初步研究, 建筑人造板, No.2。

(3) 秦军编著, 1982, 试验设计的技术与方法, 上海交通大学出版社。

(4) 李永敬编, 1984, 电镜实验指导, 南京林业大学出版社。

(5) “竹材成型模压织梭”技术开发中试鉴定会材料, 1987, 江西靖安。

(6) 葛明裕等著, 1985, 木材加工化学, 东北林业大学出版社。

(7) 史伯章等, 1986, 用ESR及扭摆研究木材自由基对胶合质量的影响, 学会论文。

(8) U.S. Patent, Reconsolidated wood product, 4232067, 1980。

(9) Ranby, B. Kringstad, K. Cowling, 1969, The free radical content in wood and lignins, Acta Chemica Scandinavica, 23 (9): 3257-3258。

(10) Hon, D.N.-S., & Glasser, W.G., 1979, The effect of mechanical action on wood and fiber components, Tappi, 62 (10): 107-110。

A study on the manufacturing process of reconsolidated bamboo

Wang Sunguo

Hua Yukun

(Nanjing Forestry University)

Abstract It was a new field to manufacture reconsolidated bamboo with the processing principle of reconsolidated wood. After the effect of resin content, pressing temperature and time on reconsolidated bamboo properties had been studied, the way of resin application, the washing of bamboo strands, the kind of adhesives and the addition of water to liquid PF adhesive on the performance were further discussed. SEM and ESR were used in the study.

The results showed that the washing of bamboo strands treated with NaOH had a good effect; compared PF adhesive with alcohol-soluble PF, the former was applicable for the process of reconsolidated bamboo; the resin with much water not only had a bad effect on its properties, but also made the final products performance decrease and cost high; and that the impregnating process of PF may make the adhesive spread on the strands uniformly, but it had no distinct influence on improving IB.

Keywords Reconsolidated bamboo, Soaking and spraying, Phenol formaldehyde resin, Bamboo strands

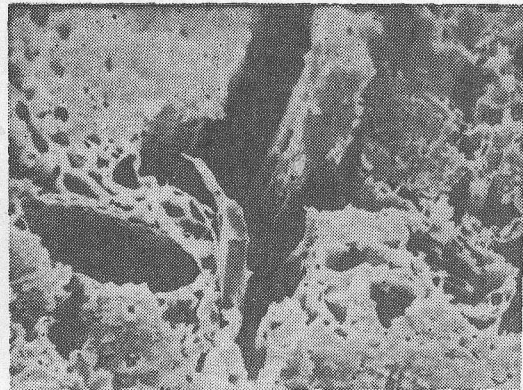
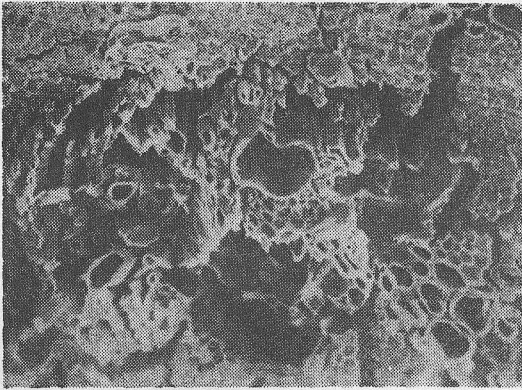


图4 竹材疏解前、后的电镜照片

周 明等：木材天然耐腐性室内试验标准方法的研究



图1 绵腐卧孔菌对马尾松心材的腐朽



图2 采绒革盖菌对马尾松心材的腐朽



图3 采绒革盖菌对毛白杨心材的腐朽



图4 绵腐卧孔菌对毛白杨心材的腐朽