

25.614.
4584

上海市科学技术研究工作跃进展览会
技术交流参考资料
第三种

塑化竹材

华东竹材利用委员会
同济大学 合编
上海铁路局

科技卫生出版社

內 容 提 要

本書是1958年上海市科學技術研究工作躍進展覽會上的化學化工技術交流參考資料之一。內容介紹如何利用竹材作為原料，經過化學處理，把它改變成為新型的建築材料，在目前有較大的經濟價值，可供有關建築部門參考。

上海市科學技術研究工作躍進展覽會
技 術 交 流 參 考 資 料
(第三種)

塑 化 竹 材

編 者 華東竹材利用委員會
同 濟 大 學
上 海 鐵 路 局

*

科技衛生出版社出版
(上海南京西路2004號)

上海市書刊出版業營業許可證出 093 號

上海市印刷三廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

開本 850×1168 耗 1/32 • 印張 5/8 • 字數 16,000

1958 年 12 月第 1 版

1958 年 12 月第 1 次印刷 • 印數 1—4,000

統一書號：15119·925

定 價：(6)0.09 元

塑化竹材

一、緒 言

植物的範圍很廣。舉凡：木材、竹材、稻草、蘆葦等等均屬之，自然界中，產量非常豐富，多年來在建築材料的用途上，僅木材一項曾被重視和利用，其他各物或僅用作補助材料（如竹腳手）或作燃料（如木柴、稻草等），對天然資料的利用不夠充分，大多數植物有一共同的特點，即都是含有纖維素與木質素的化合物，不同的植物纖維素與木質素的含量亦不同，它們的性質雖各有異，但纖維素總是一種能夠承受拉力的物質。它在與木素結合成為大型材料時，即可被作為優良的建築材料，木材是一個明顯的例子。其他植物之所以未能充分發揮潛力的原因，我們認為主要有二個因素。即：

1. 受了大材小用的習慣所支配——木材或竹材一向只有從大改小，沒有把小料拼成大料的（三合板、隔熱、隔音板等一般不作承荷材料），近年來雖有用膠合方法利用木材，這對木材的潛在力量仍未充分發揮，至於利用其他植物作為承荷建築材料的研究資料尚不多見。

2. 受了只就自然狀態使用觀念所影響——就是拿造紙用的纖維素來講，也不能脫離自然狀態利用的範疇，其他如油浸枕木、

油漆木料也仅属于物理处理。而就高分子化学的观点来看植物，它们是由几种不同的高分子的化合物所化合成的整体。各个组成的高分子的物质都有它自己的特性，如果能够改变它们的性质，或改造它们的组织结构，那末整个原来材料的性能，也一定能够改变，使能够适合于我们特定的用途，对植物的用途，就有了较为广泛的领域。

竹材纤维维管束的强度很高，根据试验，一般竹材的拉力强度可达到 1800 kg/cm^2 左右。而单纯的竹纤维更可高达 4200 kg/cm^2 ，这是竹材提供为改制优良建筑材料的有利条件之一。竹生长率很快，45天即在高度方面长定，3~4年后即已成竹，比之木材需要30~40年方能成材，要快10倍左右，这是它的有利条件之二，竹材宜生长在春季风小的地区，我国长江、珠江流域产量很多，目前估计仅竹竿本身年产量约在600万吨左右。竹的支枝重量估计约500~600吨左右，如果在种植方面加以改进和鼓励，产量更有提高的可能，这是它的有利条件之三。

竹材有很多缺点，主要在于形状不规则，易受腐蚀、虫蛀、竹青与竹肉的强度不均匀，拉力弹性模数不大，吸水率很高，膨胀很大，在砧中握裹力太小等等，这些缺点限制了自然竹材的利用，我们试验的目的，旨在探讨利用竹材作为原料，在保持和改进它原有的优点，尽量克服它的缺点的原则下，把它改变成为新型的建筑材料。

根据试验，我们初步认为塑化竹材可分为三个品种：

1. 型竹——利用竹干本身，塑制成各种尺寸的圆、方、工字或角竹等或其它类型的型竹，它的强度比较高，可以代替部分的钢材用途（包括钢筋在内）。

2. 塑化竹粉——利用竹枝节，磨碎成粉，塑制成型，与电木粉相似，它的强度较电木为优，但流动性较差，可以代替部分电木及优质木材用途。

以上二种塑化的竹材成本均较原来木材的价格为低，所以除了使用上有它的相当意义外，在经济上也有它的一定的价值。尤

其塑化竹粉一項，由于成本低廉，可以較木粉使用範圍更形擴展。

同样的原理，可应用在所有禾本类植物上。可以说禾本类植物都可塑料化，不过我們仅对竹材作了比較多的試驗，其他原料目前試驗不多，以后尚待繼續进行。

二、塑化竹材縮聚合理論的探討

竹的主要成分为纖維素、木質素、戊糖、果膠以及竹青外皮含有一种非常均匀的高熔点的竹臘等等。

竹材的外形不規則，它的纖維素分佈得非常不均匀的，在外部竹青层維管束密的地区，纖維素較多；内部竹黄层（約佔竹片总厚5~10%），纖維素很少，在內层边緣处甚至沒有維管束，因而也沒有纖維素存在，所以在絃向分层的拉力強度相差甚大，内外层收縮差別也巨，这說明欲發揮竹纖維素強度更高效率，應該將它重新組合，才能获得強度均匀收縮一致，形狀規則的材料。

所謂塑化竹材是有兩個方面的意义，在化学方面是竹材中的纖維素、木質素及戊糖被改变性質，縮聚成为一种新的物質；在物理方面是竹材經热压后产生塑性形变，以达到增強密度，使成更强的适合我們需要的一种材料。

根据上述原則，我們在实验中把竹材經淡碱溶液，加热浸煮及再經稀硫酸溶液处理后，在热压下即縮合成管体。它的強度在个别試样中拉力曾达到 6200 kg/cm^2 ，比重=1.44，而鋸解开观察纖維素与木質素化合物都很均匀。

根据以上現象的分析：

①塑化竹材強度有时超过单独自然竹材纖維最高強度（ 4200 kg/cm^2 ），似乎塑化竹材纖維性質上比自然竹材纖維有所改变。

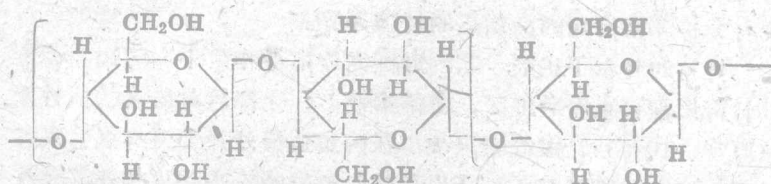
②它的比重較組成它的各个分子的比重为大，說明木質素和纖維素已成化合物，而不是混合，再从它内部組織均匀的一点来看，亦可証实此点。根据上面的情况，我們推測它的变化过程分

下列几点来讨论。

I. 化学变化

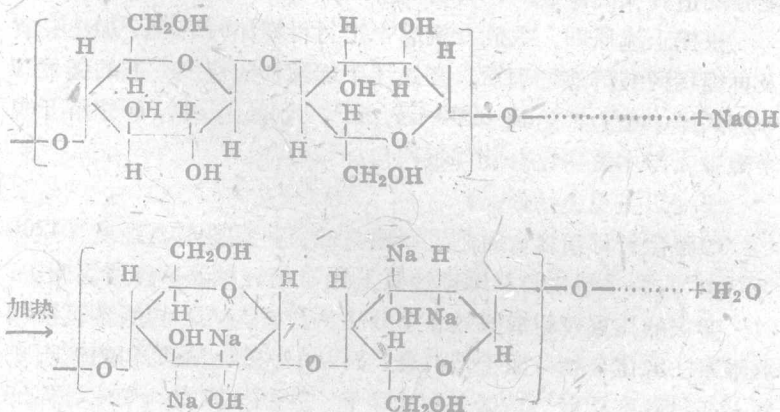
(A) 纖維素的变化:

纖維素承受高强度拉力，首先是由于纖維素間的主价鍵相結合的原因，不同的主价鍵产生不同的拉力，原因是由于分子量不同的緣故，不同植物的強度大小主要主价鍵相同，同时分子量愈高，強度也愈大，在竹材纖維中的主价鍵为醚鍵，它的分子結構式，一般如下：

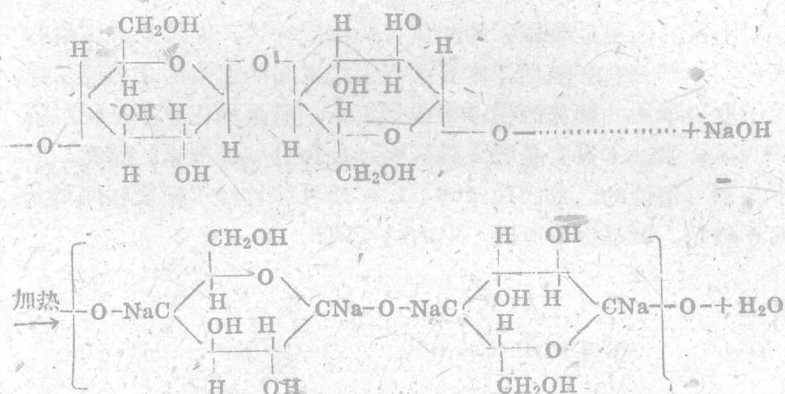


这个主要价鍵（醚鍵）在15%苛性鈉溶液中；經長時間的熱到180°C以上才能被分解，但在淡碱溶液中及低温作用下則情况迥異。

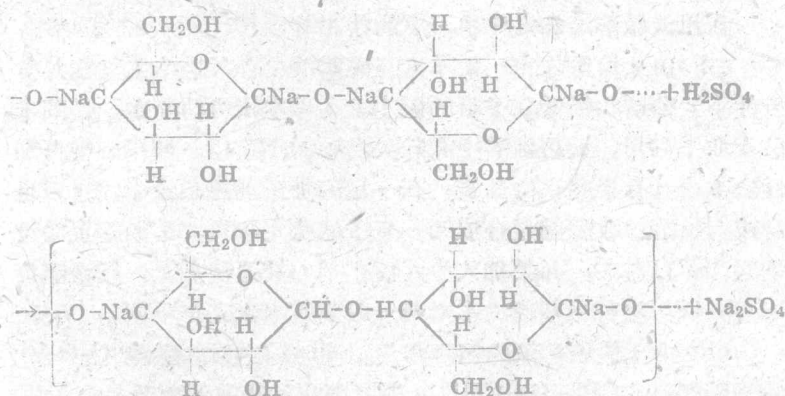
①一部分环分子中的 H^+ 可以被 Na^+ 所置換：



②經硫酸中和，仍恢復原來狀態沒有變更，另一部分分子的
環外力，被 Na^+ 來置換，從醚鍵結合，轉而為縮醛鍵的結合。



這種碱纖維並不溶于水，分子量減少，可以在熱壓條件下聚
合為較大的分子，不過不很穩定，如用硫酸中和，則碱纖維變為

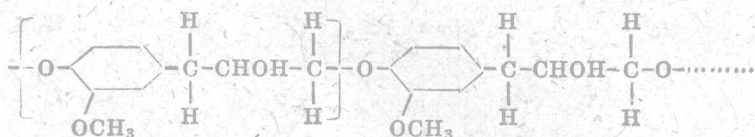


經過中和後的纖維素，性質穩定在熱壓下或加催化劑作用下可縮
聚成為更高的分子量的化合物，因為它是以縮醛鍵相結合，它的
內聚力是 4200 但尼，所以它的強度是應該比自然竹材為高，
自然竹材的內聚力 1700 但尼。

上述作用，均可在常压与加压下进行，适当增加压力可縮短反应時間。

(B) 木質素的变化：

木素的作用是纖維素間相化合的连接物質，它防止纖維素的氧化，我們只有在破坏了木質素与纖維素間的连接后才可能从植物中取得單独的純粹的纖維素或木質素，就是棉花也不是絕對純粹的纖維素，木質素是屬於縮聚醛类，含有相当数量的醚鍵，它本身是可塑性的，我們在 160°C 时即可將竹材压缩成任何形状而不破裂，就是这个原因，它的結構式：

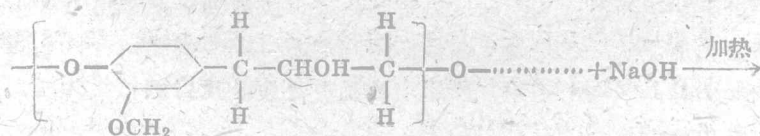


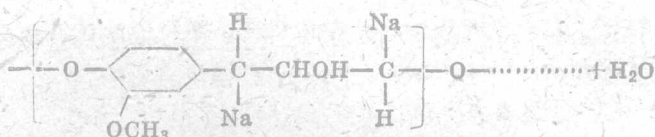
木素可溶解于碱溶液造纸工业即用以除去木素，溶于碱溶液的木素称謂碱木素。

在用淡碱溶液加温作用下它的作用有两种：

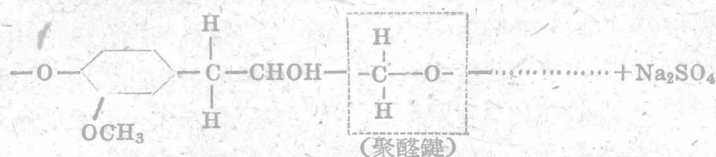
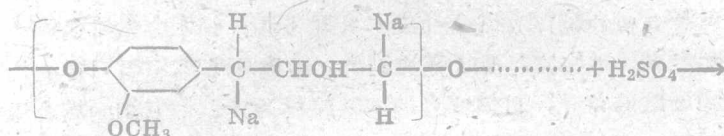
(i) 由于溶解作用，使木素与碱溶液化合并將木素（在蒸煮条件下）分解为較低分子量的碱木素，碱木素可溶于水，長期未被工业上利用，如以硫酸中和除去其中的 Na 根，則得一种可塑性的木素具有聚醛根的性质，在一定的加压加热条件下，可以自身或与甲醛、戊醛縮聚成为高分子的稳定物質，它的縮聚温度約在 90°C 左右，如果加入少許催化剂縮聚速度加快，縮聚温度亦可降低，这种可塑性的木素与一般磺酸木素完全不同。

(ii) 由于淡碱溶液的接触作用，同时將木素的醚鍵“C—O—C”改为縮醛鍵“CH—O—CH”，它的变化过程我們認為是：





如經中和后則变为：



木素获得聚醛根后，性質活跃，更易与其他物質化合。

它的拉力比纖維低是由于聚醛根較少的原因。

上述聚醛键的获得是在适当的压力、碱液、濃度与時間与溫度等条件下才能产生，过度作用甚至可得簡單的單糖化合物。

木素的液解和轉变为聚醛键的二种作用，可在两种不同情况下进行，即常压或加压，压力不同，它們的产物不同，不过两种产物的比例不同，在加压的条件下時間可以縮短。

(C) 戊糖变化：

竹材含有物中尚有戊糖(指戊糖多縮戊糖)約20%，在各种禾本类植物中含量大致相差不大，竹材中戊糖是由各种多縮戊糖所組成的，含有环鏈型的聚合物，多縮戊糖在淡碱的作用下变为戊醛，戊醛本身含有羰基($>\text{C}=\text{O}$)容易聚合成为穩定性的高分子化合物，因此加压后(或常压下)以淡碱作用的戊糖也可以轉变为可塑性的原料。在上述作用的同时，竹材中所含有的其它少量物質，像果膠等則經碱溶液处理后分解而成可溶性物質，随溶液离去，这时塑化竹材的被蛀蝕的可能大为降低的原因。

从上述以淡碱溶液作用經中和后即可产生多种可塑性物質，

在热压下可以縮合成为一个整体材料，不过它的縮合条件较高，并且縮合后的吸水性很大，对凝結和強度有影响。

(D) 催化作用：

酚与甲醛能成为热固性的酚醛树脂，由于酚与甲醛活性较大，可以使聚醛根的縮合作用加速进行，因此塑化竹材中的木素与纖維素的縮合可用酚醛作为催化剂，实验証明，純木素纖維的縮合温度約在 240°C 左右，經酚醛的催化，温度可降至 210°C 左右，并且由酚醛的存在，可使縮合的木素纖維为大，但它們的縮合温度仍嫌过高，对纖維的強度有所影响，采用橡膠催化剂如 N. D. H. 等，可更增加酚醛縮聚活性，因而使木素纖維的縮合温度可降到 180°C 左右，我們在塑化竹材中，使用酚醛树脂，主要在于催化作用与一般的膠合剂有所不同，我們曾經探索了一下无机物：如硅酸鈉等也有一定效果，不过对它某些地方尚不够清楚，得不到稳定的結果，但由于无机远較有机价廉，它是有一定的前途的，我們認為今后还应繼續研究。

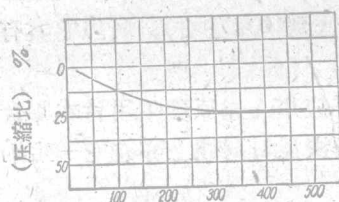
II. 物理变化：

至于物理方面的作用，由于热压所引起的，大家知道木材是可以制造压縮木材，它的性能各方面均有所提高，竹材在热压后強度也显著的提高，根据試驗的結果：

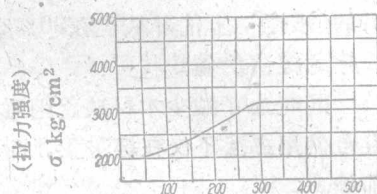
強度与压縮的关系如下表：

压力 kg	強度 kg/cm ²	附 註
50	2025	在温度 0% 时
100	2185	在温度 0% 时
150	2460	在温度 0% 时
200	2720	在温度 0% 时
250	3000	在温度 0% 时
300	3165	在温度 0% 时
350	3150	在温度 0% 时
400	3200	在温度 0% 时
450	—	在温度 0% 时
500	3250	在温度 0% 时

根据我們实验强度經压缩后約可增40~60%体积經压缩后約25%，它的变化如下：



压力与压缩比曲线
 σ kg/cm² (压力)



压力强度曲线
 σ kg/cm² (压力)

自然竹材的强度压缩比与力的关系

从上图可以看出为了增加强度，压力是有一定限度的，超过此限，反而可能造成破坏竹材的原組織，对强度亦无帮助。

經上述两个作用后竹材根本上改变了原有性質与状态，它具有下列各优点：

(1) 由于把竹材作为原料，加以塑化，因此塑化竹材可以为任何我們所需的形状：如角形、工字形、圓方形等等，而且它們的受力和形变情况可較均匀。

(2) 由于果膠等杂質的除去，木素、纖維素、戊醣等性質改变，并且变性的木素仍与纖維（变性的）縮聚合一起，保护纖維的不致易被氧化，因此塑化竹材对抵抗蛀蝕、菌腐、微酸、微碱的性能大增，使用年限可以延長，这个性能当然也由于密度增大，（加热后的关系），表面紧密所致。

(3) 由于塑料化的关系，导电、导热性能也大有改进。

(4) 在力学性能上各个方面均有提高，得到一种能在工程上及工业上应用的优质材料。

另一方面，它又具有某些缺点：

(1) 成型一定要在模型中进行。

(2) 要高温高压，尤其是压力在一般構大構件中噸位更大，由于設備关系，因此用途受一定限止。

我們又在試驗中得知木素是可以改变性質的，而能与酚醛树

脂相化合，这种化合縫的結合力較用同样酚醛树脂的膠結力大，利用这概念，在膠合木中可以利用，亦可达到减少酚醛使用量的目的(根据初步估計从現在30%余降低到10%左右)，所以它具有一定的經濟价值。

同时为了减少木材缺乏困难，亦应用上述原理采用竹木膠合混合使用办法不仅在經濟上，而在解决原料問題上亦有它一定的前途。

三、縮合中的几个工艺問題

塑化竹材的强度和性能，与制造工艺及过程有密切联系，它的主要变化因素，可分五点来討論。

(1) 原料选择与处理：

植物在微菌或細菌影响下，或則分解纖維素，或則分解木質素，都影响碱解作用的进行，即使腐蝕情况非常輕微(如竹黃上稍有黑斑)，碱解后便变成黑暗、脆弱、不能承受应力，所以原料竹材，必須慎重剔除腐爛、疵点的部分。

竹材木質素对碱溶液的抵抗力与生長年分有关，根据文献：

名 称	生 長 齡	1%NaOH 煮后殘留的木素
白 莢 竹	嫩 竹	2.66
	一 年	7.25
	二 年	14.76
	三 年	15.72

由上表中可以看出，竹的生長齡愈大，木質素抗碱性也愈強，但考虑到纖維的程度，其随生長齡而增高，一般生長三、四年后的竹材，因已成材，采用較宜。

竹材外表有一层青色薄层，含有丰富的竹臘，它的熔点初步測定为 87°C ，品質非常优良，可作为有价值的产品。同时由于此种竹臘之存在，虽在理論上可能对縮合有帮助，但我們試驗对

碱解和缩合二种作用都产生极不良的影响，会使缩合后的竹材在受力时发生脱层、裂开，这可能由于竹腊的数量太多关系，我们认为这层青色薄层必须充分刮净（干竹去含腊层不易刮净，可于碱解后未中和前用力刮过，此时腊层与竹青划分鲜明，可剔除干净）。

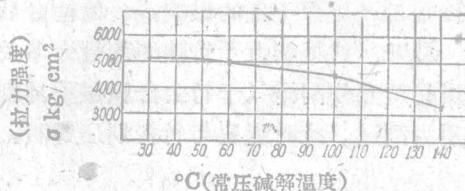
竹材的劈开形状：可根据需要而定，竹筒可热压平坦而成平板状，但费工不合算，一般劈为块状，弦向片状、条状、刨花状（副产品）或粉状，径向片状不宜采用。块状竹因厚度较大，碱解及分佈催化剂时不能完全透彻均匀，一般仅可作为与木材混合时（胶合竹木）使用为宜。片状与条状的厚度与碱解作用有关，采用 1.0~1.5 mm 厚度，不仅碱解可透彻，催化剂可匀佈，且在压制各种型竹时施工亦较易；不过人工劈成细条和薄片较费工，如用机器生产，当可便宜。整块竹材可取表面二层（头青及二青）加工成竹片或竹条制造承重型竹，其余可作为竹花或竹粉的原料制造塑化竹粉，竹粉还可利用竹枝加工轧碎，这部分材料来源的潜力很大，是值得注意利用。

竹节处的强度较节间部分约降低50%，并且它的形状凹凸不平，压制时容易损坏邻近纤维，影响整根塑化竹材的强度，所以在备料时应先将竹竿的节刨平，劈开时应尽量达到均匀。

(2) 碱解：

碱解竹材目的在于使它所含的木质素和纤维素的醚键组织转变，醚键转醛键的数量愈多，塑化竹材的性能也愈佳。键组织的转变与碱解温度，碱液浓度，碱用量，碱解时间及压力（指加压碱解）等均有密切关系，其中尤以温度及浓度二项影响最大。

碱解作用随温度及压力的增高而加速进行，但温度增高，强度（以拉力强度为平）反而降低，我们试验用1.0~1.5 mm厚的竹片，在0.6N的NaOH溶液中常压碱解时，塑化竹材的拉力强度与碱解温度的关系如下：



从上图中可以看出，碱解温度以30~50°C为佳，但30°C 碱解（指常压时）需时太长，如竹片在 1.0~1.5 mm 时约需 60 小时，所以碱解温度以50°C为最佳，碱解时间约4½小时即可。

碱液浓度过高过低均不合适，过高的碱液浓度使强度稍减。过低则缩合不够完全；我们试验，对竹条、竹片等以 0.8N 浓度为最宜（竹片厚度 1.0~1.5 mm）；竹粉因接触面大，以 0.6N 为佳，时间三小时即可。

碱液用量约为竹材（竹片或竹条）重量的四倍，例如一公斤竹材需用 128 克碱制成 4000 毫升的碱溶液；对竹粉约为十倍。

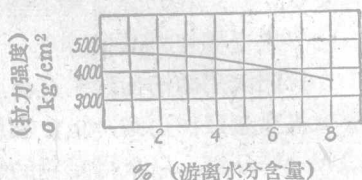
碱解后用稀硫酸中和，目的在于将 H 离子置换 Na 离子，以达到纤维素与木质素的稳定；如果中和不完全，即存在碱性状态，则吸水率增加，绝缘系数降低，如果中和后余酸未除尽，即存在酸性状态，在热压后促进竹材分解变为脆性，强度显著降低，故应特别注意。中和的硫酸溶液不宜过浓，我们试验对竹片、竹条用 0.5N 硫酸溶液分两次把竹材浸泡，竹材浸入稀硫酸溶液后，应静待中和作用的进行，不可搅动过多，否则两端已中和透，但中部虽长时浸在酸溶液内，也不能完全中和，中和时间每次约 1 小时；对竹粉用 0.2N 硫酸一次中和即可，时间约四十五分钟。碱解完善的竹材如透明棕色（拿竹片在阳光下照射时），中和透澈后棕色转淡，成透明淡黄色，中和既毕，应用水充分洗涤，并在 80°C 左右温水中泡置约十五分钟，以清除余酸。

毛竹经碱解、中和后，收获量约为原重的 85%。碱解过程中同时产生一部分碱木质素。其溶于碱溶液中，可用酸中和析出加以利用，我们试验中尚未进行利用。在大规模生产时，碱用量还可以降低，通过测定用过的碱溶液剩余浓度再补充加入碱来加以

反复利用。

(3) 湿度:

竹材与木材一样, 强度与含水率有关(竹材的影响较小), 在保持一定量的化合水分后, 游离水分愈大, 强度愈低, 烘干竹材的温度以不超过 80°C 为宜。游离水分含量与强度的关系如右图。



竹材在整个工艺过程中, 均匀保持干燥(不损及化合水分), 以便碱解能透澈, 浸泡酚醛时可以分佈均匀, 在热压时不影响缩合作用进行。

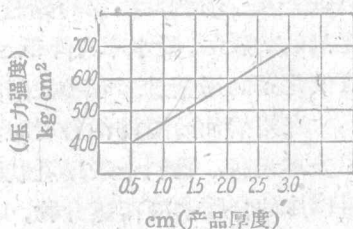
(4) 缩合时的压力强度和温度:

决定成形压力强度的因素有三:

1) 为了产生物理性的塑性形变增加强度, 压力强度以 300 kg/cm^2 为经济(详见前述)。

2) 为了使缩聚作用进行完全, 经初步试验压力强度约为 400 kg/cm^2 , 温度约 190°C 。

3) 纤维与纤维间和纤维对模壁间有摩擦力存在必须加以克服, 始能紧密坚实, 擦摩力大小与接触面积有关与模型表面光洁度有关, 因而与产品厚度成正比, 我们试验片状竹材在 0.5 cm 厚度时压力强度需 400 kg/cm^2 ; 在 3 cm 厚度时, 压力强度需 700 kg/cm^2 , 它的变化估计如右:



压力强度过高不仅造成浪费, 对纤维组织因超过它的流限达到破坏程度, 也影响强度; 如果制品采用纵横交错的纤维时会形成切断的危险。

我们加压是用普通压力机进行, 如果制品较大所需压力动辄千吨以上, 从设备上讲要求比较高, 这对塑化竹材工业用途有很

大影响，如果改用橡皮成型方法来压制，則簡單得多，因缺乏設備来做試驗。

竹材中纖維素与木質素的縮合温度很高，我們初步測出約为 240°C 左右，在这种温度下縮合时纖維大部分碳化失去強度，所以必須采用催化剂降低温度。

我們試用醇溶性的酚醛树脂(由甲酚甲醛合成)作为催化剂，并加入少量 H 催化剂，縮合温度可降低为 $185\sim 190^{\circ}\text{C}$ 持續時間約 $10\sim 15$ 分鐘，以获得足夠的热能使縮合完整，否則縮合温度較低时虽也能成形，但吸水大增，我們加热的方法是用煤气直接来燒鉄模，時間較快，但当模型厚度不足时，热量容易散失会影响縮合完全，此时可用鉄墊块增加模型整个热容量，最好能采用高頻率电热法，温度瞬时即可达到，热量自内部向外散失，控制温度正確、容易，我們因无設備未能进行試驗。

(5) 催化剂作用：

催化剂的作用除了降低縮合温度外，还应注意增強防水性能，我們試用醇溶性酚醛作为催化剂，縮合温度可降低为 210°C 左右，此仍嫌过高，在增加 0.4% 的 H 催化剂后，縮合温度降为 $185\sim 190^{\circ}\text{C}$ ，吸水率約在 1.67% (浸泡 24 小时)，为了更多地降低吸水率，我們在酚醛內加入桐油，桐油預先热至 180°C (加有 1% 的 MnO_2)，酚醛与桐油的置量比为 1:3，这种桐油酚醛树脂作为催化剂后的成品，吸水率可降低至小于 1% (試驗中最低为 0.67%)。H 催化剂的用量过多容易使酚醛树脂老化，过少則作用不佳。

在用桐油酚醛浸泡竹材时，需將酚醛稀釋，如用酒精作溶剂則成本太高，我們今采用乳狀酚醛溶液；酚醛树脂的乳化方法是用 12% 的骨膠溶液作媒介物，在加热的状态下充分攪拌而成。

为了使酚醛在竹材中更均匀的分佈，曾企图改用水溶性酚醛，但在水溶性酚醛試制成功后，发现在加入桐油这一点有困难，故縮合情况虽佳，但防水性能較差，所以今仍采用醇溶性酚醛。

为了提高塑化竹材的彈性模数，曾試用多元酸醇代替酚醛树脂，縮合情况良好，彈性模数也提高到 6×10^5 ，但完全溶解于

水，現正在設法改善。

于桐油酚醛树脂中加入适量松香作为增塑剂对缩合作用能起良好的影响。

桐油酚醛的用量视产品不同而异，我們試驗时制作塑化型竹（原料为竹片或竹絲）的用量是10%的含水桐油酚醛（其为純酚醛7.5%，桐油2%）。对塑化竹粉而言，开始也采用10%含水桐油酚醛，其缩合状态及吸水率尚佳，但缩合温度为 220°C ，此將使塑化竹粉与塑化型竹混合压制时有困难，为降低塑化竹粉的缩合温度起見，便增加酚醛使用量为20%的含水桐油酚醛（其以純酚醛13%，桐油4%），此时缩合温度降为 190°C 。

由于塑化竹粉的成品硬度不够，增加填充材料可以改善，填充材料种类很多，我們試用了硅酸钠，因其本身可起胶合作用，并为稳定硅酸钠又試用加入石灰，性能尚佳，但这种配合流动性很差，当將石灰改用二氧化錳后流动性能有所改善，但与电木粉相比仍显較差，故有待繼續研究。

四、塑化型竹和塑化竹粉的試制步驟和配方

1. 塑化型竹：

（甲）步驟：

（1）加工：先將自然竹材劈成条狀或片狀，使含水率在5%以下（用烘箱或阳光干燥）。

（2）碱解：用每公斤已干燥后的竹材，以4000毫升（竹材的4倍）0.8N的NaOH水溶液加温至 50°C 碱解4时30分，碱解后竹材呈棕色。

（3）中和：已碱解好的竹材先用清水冲洗二次，以0.5N的 H_2SO_4 兩次中和之，每次時間为1小时，中和后再用清水冲洗，以 80°C 温水浸泡15分鐘，呈淡黄色透明狀。

（4）干燥：中和好后竹材用烘箱或阳光干燥（烘箱温度为 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ ）。

（5）加剂：先將4%的H促进剂溶于酚醛內，以10克骨膠，