

木材的汽相硼处理——木材防腐处理新方法

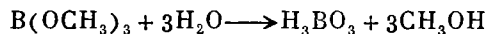
陈允适 译编

硼的汽相处理是从传统木材防腐处理技术基础上发展起来的一种全新的处理方法,它不依靠溶剂,而是使防腐剂的有效成分成汽相直接进入木材。该方法5年前由新西兰林业研究所和英国皇家学院联合研究开发。

在新西兰,用硼来防治窃蠹已有近50年的历史。国际上也普遍把硼作为防治木材害虫和木腐菌的有效药剂,在新西兰甚至用硼来防治白蚁,并有取代毒土法的趋势。现在新西兰每年大约有40万 m^3 木材用硼处理,约相当于全部处理材的1/3。尽管硼有易流失的缺点,但作为有效的防腐防虫药剂至今仍被广泛使用。多年来新西兰硼的处理一直沿用扩散法,50mm厚的木板扩散过程大约需要5~8周。硼具有成本低,药效好,不使木材着色和对人畜低毒的优点。在新西兰,所有的防腐处理都要求达到边材的全浸透。对于硼来说,针叶树材的占木材1/9的中心部位也要求有一定的吸药量(占木材重量的1%),阔叶树材则无此要求,而大多数商业处理在50年代即已达到这一要求。好多学者对扩散法都做过研究,为缩短处理时间及提高处理质量曾尝试改用加压方法(如交替加压等)。进入木材的防腐剂都是液体状态,直到汽相法处理问世,才彻底改变了防腐处理的概念,并给防腐处理工业带来一场革命。

1 原理和处理方法

该方法是使木材处于硼的蒸汽中(使用三甲基硼),含硼汽体进入木材后与木材中的水分结合生成硼酸,作为木材防腐剂沉积在木材中:



在这一反应中,首要的条件就是木材含水率。研究结果显示,在试验范围内,最终木材中硼酸的保留量几乎与木材含水率成直线关系(图1)。

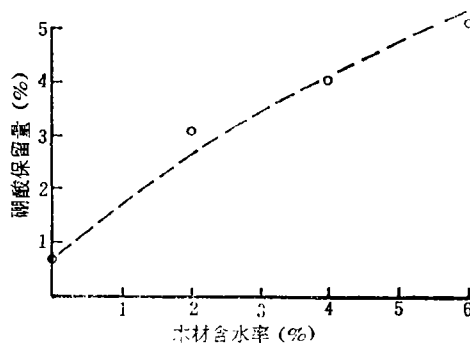


图1 硼酸保留量与木材含水率的关系

在工业生产中,木材干燥一般使用高温窑干。这样有可能把硼的汽相处理和高温窑干结合在一起,因为在窑干时木材含水率条件容易控制,而窑干的设备只需做一些小的改进便可以用于硼的汽相处理(图2)。

整个处理过程包括三个阶段(图3)。
1.1 干燥(以50mm厚木材为例) 干燥窑保持大气压,干球温度120℃,湿球温度70℃,加热或通蒸汽以保持这一条件,干燥过程大

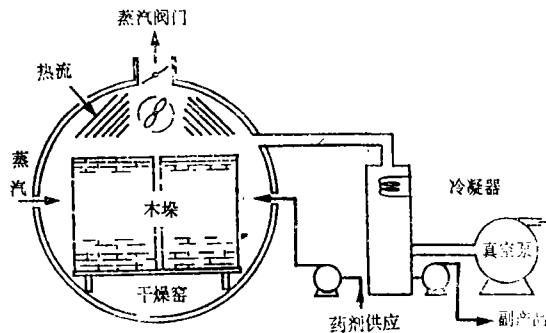


图2 汽相硼处理过程示意图

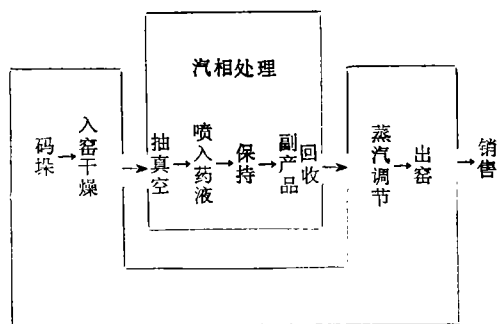


图3 汽相硼处理流程图

约22~24小时。木材含水率直接影响着汽相处理的结果,含水率太高,汽体穿透性受到限制,太低造成不必要的能源浪费,且使木材达不到需要的药剂保留量。研究发现,6%的含水率是合适的,它足以使硼酸到达整个木材的横断面。

1.2 硼的汽化及汽相处理 当木材干燥至防腐处理所需要的含水率时,将干燥窑密封,并抽真空(95kPa),当窑内压力低于15kPa(绝对值)时,以一定数量的三甲基硼防腐剂溶液(以处理木材的体积为准)喷向干燥窑内壁,利用壁的温度和干燥窑的真空条件,药剂迅速汽化。继续真空,使药剂充分汽化并均匀分布。这一过程时间很短,只有两分钟。汽相处理过程大约需要4小时(包括再干燥时间),过程中所产生的水和甲醇可在抽真空时冷凝回收。

1.3 处理结束 冷凝停止后再将蒸汽在大气压下进入干燥窑,这也是高温干燥的一部分。它的作用除了促进药剂对木材的汽相透入外,可以消除木材干燥后的应力并使木材含水率达到平衡。整个过程较单一的高温干燥要增加6个小时。

药剂用量视处理目的而定,按新西兰有关规定,用硼处理要求吸药量达到 $6\text{kg}/\text{m}^3$ 。

2 影响处理效果的因素

处理过程中控制药剂的透入量是保证质量的关键。要花最少的钱达到最佳的效果,于此有三个重要的因素:

2.1 处理时木材的含水率 木材越潮湿,

木材内生成的硼酸越多,但如果木材内含水率多于产生一定的防腐剂保留量所需要的值,则要求降低木材含水率,但也有一定的限制,延长干燥时间,导致能源消耗增加和木材应力加大。研究发现,木材含水率在4%~6%最为合适(干燥基准)。

2.2 干燥窑内一定的负压对于处理很重要。其作用:①促进硼的汽化;②使硼蒸汽易于进入木材;③排出潮湿空气,这种潮湿空气会损坏防腐剂;④从系统中排出气体(其中包括氧气)时降低燃烧的危险。

低于15kPa(绝对值)的压力对于有效的处理是必要的。过高的压力可能会使木材中心部位产生未处理区,因为木材内过多的空气限制了硼蒸汽的进入。这种现象在圆木纵向四分锯开的锯材中表现得更为明显。

2.3 气体的分布 试验发现,药剂进入处理窑时必须十分迅速,不能超过1分钟,同时在短时间内还要在窑中均匀分布。以保证药剂在板间和板内部的分布相等。

3 汽相处理的几种试验

3.1 实体木材的处理 辐射松是新西兰最重要的商用材,因此大量的研究工作集中于此。由于木材含水率是影响处理效果的关键因素,因此按照最初的设想,把处理过程与干燥过程合在一起。这就使得最终产品具有了双重效果,既经过了防腐处理,又干燥了木材。合二而一的处理过程是在一个改进了的干燥窑中进行的。其中大约 25m^3 的辐射松板材($100\text{mm} \times 50\text{mm}$)干燥至6%含水率以下时将窑密闭并抽真空,三甲基硼溶液迅速泵入窑中并喷向已加热的窑壁,继续保持真空,药剂迅速汽化并均匀分布。排出的副产物冷凝回收复用。20分钟后再将蒸汽引入窑中,并维持蒸汽压力4小时。整个过程总的时间少于30小时,包括干燥24小时,真空45分钟,引入药剂并汽化2分钟,汽相处理20分钟,复原和引入蒸汽25分钟,保持蒸汽压力4小时。同样的试验在同一窑中重复三

次，比原来总的干燥时间仅增加 1.5 小时，从时间上看是有吸引力的。但与处理相关的设备如真空泵、冷凝器和计量系统等的闲置时间很长，最大优点是可以利用现有干燥条件，从而节约了一次性投资。

为解决部分设备的闲置问题，可以专门装备一个真空容器，用于干燥木材的汽相处理。试验证明，在将干燥材从干燥窑中转移至真空容器时，时间要尽量地短，否则难以保证处理质量，而在实际生产中这是比较困难的。

整个处理过程看起来是干燥时间过长，但一般木材使用前都要经过干燥。若木材在窑外停留一些时间，就不可避免地吸收水分，影响处理效果。在这种情况下应在 70℃ 下，在带有良好通风和空气循环的窑中再次干燥，使含水率降至适于汽相处理的水平。再次干燥和处理后，尺寸的改变不会超过 0.5%，一般只有 0.2%。

3.2 不同树种的试验 除辐射松以外，其他树种的试验表明，处理效果至少与用其他处理方法的效果一样（表 1）。有些树种试材很少，因此这些结果仅作为参考。尽管如此，结果还是令人感兴趣的，特别是处理边材和对于难浸注木材心材的处理结果。

表1 部分树种木材汽相处理的难易比较

树 种	边材	心材
欧洲赤松 (<i>Pinus sylvestris</i>)	✓	✓
西黄松 (<i>Pinus ponderosa</i>)	✓	✓
北美黄松 (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	✓	✓
美国扁柏 (<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>)	✓	?
剥皮桉 (<i>Eucalyptus deglupta</i>)	✓	?
娑罗双属 (<i>Shorea</i> sp.)	✓	?
欧洲落叶松 (<i>Larix decidua</i>)	缺	?
葡萄牙柏 (<i>Cupressus lusitanica</i>)	✓	×
扫枝桉 (<i>Eucalyptus fastigata</i>)	✓	×
王桉 (<i>Eucalyptus reguans</i>)	✓	×
银假水青冈 (<i>Nothofagus menziesii</i>)	✓	×
高山桉 (<i>Eucalyptus delegatensis</i>)	缺	×
桃花心木属 (<i>Swietenia</i> sp.)	缺	×

注：✓—易处理；×—难处理；?—难易未定

3.3 人造板的处理 各种人造板如 MDF 板、刨花板和层积材等的化学处理数量甚至超过了实体木材。市场要求这些产品有防虫、防腐和阻燃功能，用硼处理可以满足这三方面的需要，而汽相硼处理可以达到满意的“三防”效果。

人造板的处理不能采用与实体木材一样的方法。人造板的外层细密（有时密度可达 1000kg/m³）阻止了溶液的透入，而且溶液处理总会引起一些膨胀，还需要重新干燥和砂光。新西兰人造板产品主要使用脲醛胶，用溶液处理会引起结构破坏和降低强度。汽相硼处理完全避免了这些缺点。经试验，硼与胶是相容的。

汽相硼处理人造板的药剂保留量是 0.5~3%（药剂与板子的重量比）。据报导，硼酸保留量在 0.7% 时就足以有效地防止人造板的腐朽。在这一吸药量时，人造板的物理力学性质没有明显改变。试验证明，汽体对人造板的穿透性很好，如 MDF 板的穿透性 4 倍于被人们认为穿透性好的辐射松边材。人造板含水率在 7% 时适用汽相法处理。目前软质纤维板处理药剂保留量可达 11%，这是出于阻燃的需要。

4 汽相硼处理的优点

①迅速 木材高温干燥后，实际汽相处理从开始到结束不到 1 小时。从木材接触硼蒸汽到处理完毕，时间少于 60 秒。

②分布均匀 表 2 为商业性处理的硼酸保留量的测定结果。

从表中看出，在木材横截面上，周边与中心吸药量差别不大，窑中不同部位的木材差别也不大，说明汽相处理完全可以达到吸药量的均匀一致。

③ 全过程自动化 硼汽相处理与木材高温干燥不需要其他附加操作。生产全过程及处理质量实现了质量自动控制。

④可充分发挥现有生产设备的作用 干燥和汽相处理在同一容器中进行，对现有干

表2 辐射松边材 (100mm×50mm) 硼酸保留量

酸硼保留量 (kg/m³)	木材在窑中的位置			
	前部	前部/中间	中间/后部	后部
A.横截面	0.355	0.317	0.330	0.339
最小	0.341	0.259	0.300	0.293
最大	0.369	0.390	0.360	0.365
B.中心位置*	0.363	0.417	0.461	0.406
最小	0.284	0.312	0.404	0.372
最大	0.417	0.499	0.509	0.461
B : A	1.02	1.31	1.40	1.20

• 注：中间1/9的部位

燥窑仅需稍加改进即可用于汽相处理。

⑤清洁 处理仅需一定量的防腐剂，不会造成多余防腐剂从处理木材中滴落，从而避免了对木材和对环境的污染。

⑥生产周期适合生产的需要 木材从装料到处理完毕大约需要30个小时，与传统的扩散法相比节约了时间。考虑到木材贮存期间的降值和处理后产品的增值，这样的生产周期完全可以被工厂接受。

⑦经费 表3是汽相硼处理与扩散法处理费用的比较。在总的费用中，处理费用仅

表3 汽相法与扩散法处理成本费用的比较

	扩散法(干燥)	汽相法
总资金(百万美元)	1.75	2.075
处理费用(USD/m³)		
木 材	250	250
能 源	18.75	20.31
处理费	22.3	15.8
药 剂	7.0	20.00
贮 存	0.35	0
试验费	5.83	3.50
合 计	304.23	309.61

注：设定每年干燥能力3万m³人工林湿材，15年生木材购买价250美元/m³，售出价330美元/m³，

占很小部分，若把其他直接或间接费用加在一起时，汽相法费用比扩散法要高，但单位体积木材处理成本高出不多。考虑到扩散法产品至少在8周内不能销售获利，因此汽相法的极高返还率便具有了特殊的吸引力。两者费用的主要差别在干燥窑，如果利用已有的设备则大大节约了一次性投资。

5 面向未来

试验结果证明用这种处理方法具有产品质量好、生产时间短和节省开支等一系列特点。由于环境问题的日益突出，使该方法更具市场竞争性。扩大的商业试验，也证实这些优点。新 西 兰的Koppers—Hickson木材技术公司已在澳大利亚和新西兰获得了汽相硼处理的生产许可。

下一步的研究将是开发其他药剂的汽相处理技术和汽相处理的其他应用领域（如木材尺寸稳定性处理等）。目前正在开发适用的人造板防虫、防腐和阻燃处理技术及难处理材的处理技术。

感谢朱家琪同志提供资料。

6 参考文献

1 Russell Burton, Vapour phase preservation of wood, Forest Research Institute, Rotorua, New Zealand

2 Bergervoet A. Gaseous boron treatments of wood and wood products, Paper prepared for the Twenty Third Annual Meeting, 1992

3 Vapour boron treatment, What's new in forest research, Forest Research Institute, New Zealand, 1990