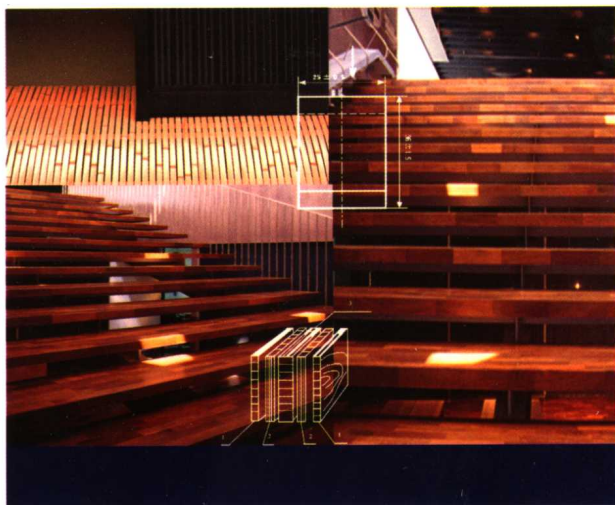


程瑞香 编著

木材与竹材 粘接技术



Chemical Industry Press



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

木材与竹材粘接技术

程瑞香 编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

本书共分为4篇,16章,分别对木材加工业和家具制造业常见产品和新型产品的粘接技术进行了阐述,内容实用,工艺详尽,可让读者充分了解木材与竹材的各种生产方法。

本书可供从事木材和竹材加工生产的工程技术人员、从事家具制造的工程技术人员参考之用,也可作为高等林业院校木材科学与工程专业学生用参考书。

图书在版编目(CIP)数据

木材与竹材粘接技术/程瑞香编著. —北京:化学工业出版社,2006.4

ISBN 7-5025-8500-1

I. 木… II. 程… III. ①木材-粘接②竹材-粘接
IV. TS65

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第032421号

木材与竹材粘接技术

程瑞香 编著

责任编辑:丁尚林

文字编辑:李锦侠

责任校对:于志岩

封面设计:韩 飞

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010) 64982530

(010) 64918013

购书传真:(010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 10 字数 265千字

2006年5月第1版 2006年5月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-8500-1

定 价:25.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

我国由于成过熟林资源的迅速减少以及天然林保护工程的实施，木材供应缺口进一步扩大。以质优、价廉的天然林原木为原料的时代已经过去，传统的天然优质大径级木材大多被间伐材、抚育材、低质材等所代替，并已成为一种长期的趋势。因此，人工林的开发和利用在木材工业中的地位日趋重要。由于人工林木材径级相对较小，其制材产品只能是小规格板材、方材，产品出材率低且应用上也受到限制。为实现木材资源的合理利用、高效利用，提高木材的利用率，如何采用速生材、小径材、抚育间伐材经机械加工去除缺陷，利用粘接技术，将短料接长，再横向拼接成大规格板材，达到短材长用、小材大用、劣材优用的目的，来替代实木材，是木材工业生产和研究一直所关注的重要问题。

我国又是一个竹类资源最丰富的国家，竹子种类、竹林面积和蓄积量均居世界之冠，素有“竹子王国”之称。据全国第六次森林资源调查统计，全国现有竹林面积 484.26 万公顷。但竹材类植物直径小、尖削度大、壁薄中空，竹材难以通过简单的加工制成大尺寸的板材或方材而加以利用，仅能加工成宽度约 20~30mm、厚度 5~8mm 的竹片，为提高竹材的利用价值，可以利用粘接技术将其粘接成大的板材、方材来使用。

因此，木材和竹材的粘接技术，对于开发木质和竹质粘接材料具有重要的理论价值和现实意义。随着木材和竹材粘接技术的不断涌现，将促进木质和竹质材料应用范围的日益扩大。

本书共分 4 篇，第 1 篇粘接基础，第 2 篇木材粘接，第 3 篇竹材粘接和第 4 篇竹木复合材料，共 16 章，分别对木材加工业和家具

制造业常见产品和新型产品的粘接技术进行了阐述。本书可作为高等林业院校木材科学与工程专业学生用参考书，也可供从事木材和竹材加工生产的工程技术人员、从事家具制造的工程技术人员参考之用。

书中欠妥之处，敬请读者批评指正。

编 者
2006 年 2 月

目 录

第 1 篇 粘接基础

第 1 章 粘接基础	3
1.1 粘接强度的产生	3
1.2 粘接的破坏及评价	9
1.3 界面结合的类型	18
1.4 粘接接头形成的基本条件	19
第 2 章 粘接强度及影响因素	21
2.1 粘接强度的组成	21
2.2 粘接性能测试方法	22
2.3 影响粘接强度的木材方面的因素	32
第 3 章 集成加工	46
3.1 接长加工	46
3.2 拼宽加工	52
3.3 厚度上层积	52

第 2 篇 木材粘接

第 4 章 集成材（胶合木）	55
4.1 简介	55
4.2 集成材的生产工艺	62
4.3 集成材生产中重要工序的技术说明	63
4.4 集成材使用的胶黏剂	76
4.5 集成材粘接质量的影响因素	81

4.6	集成材生产中的管理要素	85
4.7	集成材的技术要求和试验方法	87
第5章	重组木材粘接	92
5.1	速生人工用材林木材特性	92
5.2	小径木梯形拼板	95
5.3	径向锯切拼板	96
5.4	星形锯割径切三角形拼板	99
5.5	胶黏方材	100
5.6	人造方材	100
第6章	三层结构实木复合地板	102
6.1	概述	102
6.2	三层结构实木复合地板的生产工艺	105
6.3	三层结构实木复合地板主要生产工序的技术关键	114
6.4	三层结构实木复合地板产生弯曲变形的主要原因	117
6.5	预防三层结构实木复合地板弯曲变形的主要办法	118
6.6	三层结构实木复合地板的质量检验	123
6.7	三层结构实木复合地板的创新趋向	131
第7章	其他结构复合地板	134
7.1	细木工板型复合地板	134
7.2	表板密实化的杨木复合地板	140
7.3	LVL(表层)复合木地板	142
7.4	以胶合板为基材的实木复合地板	143
第8章	细木工板	152
8.1	概述	152
8.2	细木工板的生产工艺	156
8.3	影响细木工板质量的主要因素	163
8.4	细木工板的检验	164
第9章	科技木(重组装饰材)	169
9.1	科技木概述	169
9.2	科技木薄木的生产工艺	172

9.3 科技木锯材的生产工艺	211
第 10 章 单板层积材	213
10.1 概述	213
10.2 单板层积材的生产工艺	216
第 11 章 粘接技术在实木家具生产中的应用	221
11.1 家具用胶黏剂	221
11.2 榫接合中的粘接	221
11.3 指榫接合中的粘接	222
11.4 拼板中的粘接	223
11.5 薄木饰面中的粘接	225
11.6 单板胶合弯曲件的粘接	229

第 3 篇 竹材粘接

第 12 章 竹地板	237
12.1 概述	238
12.2 竹地板的生产工艺	242
12.3 影响竹地板质量的主要因素	253
12.4 竹地板质量检验	259
第 13 章 竹材集成材	261
13.1 竹材集成材	261
13.2 弯曲竹材集成材	263
13.3 曲线型竹家具零件	265
第 14 章 刨切竹单板	267
14.1 概述	267
14.2 刨切竹单板的生产工艺	269
14.3 刨切竹单板主要生产技术的工艺要求	273

第 4 篇 竹木复合材

第 15 章 竹木复合地板	287
15.1 三层结构竹木复合地板	287

15.2 竹杉复合地板.....	290
第 16 章 竹木复合层积材	296
16.1 定义及用途.....	296
16.2 生产工艺.....	297
16.3 竹帘复合结构竹木复合层积材的主要加工 工序及材料.....	299
参考文献.....	302

第1篇

粘 接 基 础

第 1 章 粘 接 基 础

随着世界木材资源的日益匮乏，合理有效地利用木材和竹材资源显得越来越重要，粘接木材和竹材是增加其使用范围、提高其价值的重要方法。为此，研究木材和竹材的粘接性能和粘接技术，对于开发木质和竹质粘接材料具有重要的理论价值和现实意义。

两种相同或不同的材料 A、B 用介于两者之间的第三种材料 C 来结合成一体的现象和操作称为粘接。材料 A、B 称为被粘接材，材料 C 就称为胶黏剂。

1.1 粘接强度的产生

国内外学者把木材粘接时粘接强度的形成过程分为以下 5 个步骤：流动、传递、渗透、润湿和固化。

(1) 流动 流动指的是液体胶黏剂在基材外部表面的铺展，胶黏剂只有流动才能填满被粘接面的空隙，胶黏剂的流动性与涂胶时间、操作温度、胶黏剂的组分以及树脂相对分子质量等因素有关。

(2) 传递 传递是指木材组件涂胶装配时导致的液体胶黏剂向相邻层木材表面的转移。

(3) 渗透 渗透指的是在压力的作用下，胶黏剂依靠毛细管作用而渗入木材细胞腔中的现象。木材属于多孔性材料，增加胶层和被粘接材间的接触面积有助于提高粘接强度，而增加粘接面积可由提高胶黏剂的渗透程度来完成。胶黏剂固化过程中施加的压力有利于胶黏剂对木材充分浸润，特别是对黏度较大的胶黏剂，固化过程中应该施加较大的压力，这样有利于胶黏剂分子对木材的渗透和浸润。

当胶黏剂渗入木材表面的凹陷处时，会像钉或锚那样产生投锚效果（投锚力），形成“机械的粘接”。水性高分子异氰酸酯胶黏剂（API）粘接白桦弦切面和柞木弦切面时形成的“胶钉”情况分别见图 1-1 和图 1-2。

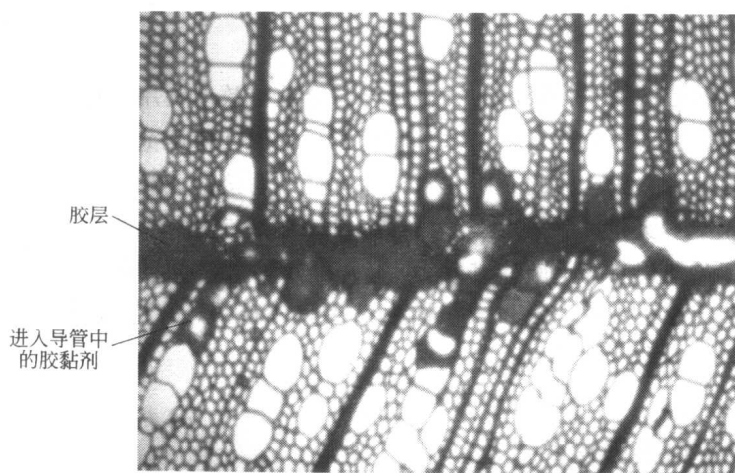


图 1-1 白桦弦切面粘接时水性高分子异氰酸酯（API）胶黏剂的渗透情况（端面切片）示意图

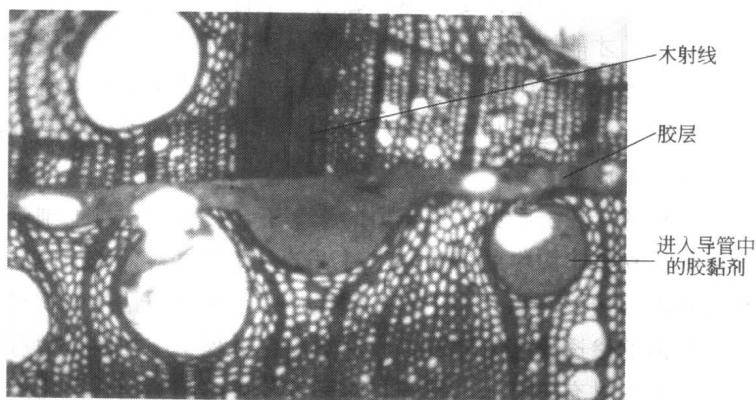


图 1-2 柞木弦切面粘接时水性高分子异氰酸酯（API）胶黏剂的渗透情况（端面切片）示意图

机械粘接是由于胶液渗入木材表面敞开的管孔中形成的，胶液渗透到木材中的程度与粘接强度有关。粘接时，胶液应能浸润木材细胞的孔壁并排除微孔内的空气。胶黏剂渗入木材细胞中的孔隙，固化后形成“镶嵌”、“啮合”，才可获得较高的粘接强度，胶液能够渗入木材细胞的孔隙内是木材机械粘接的关键之一。锯、刨、砂等机械加工影响木材的表面形态。E. Liptakova 在研究砂磨对木材表面化学组分变化和表面自由能变化的影响时发现，砂磨处理后的木材表面木材纤维与组织被撕裂，木材表面受到机械损伤，砂磨的粉末易堵塞木材中的孔隙，影响木材的机械粘接。Chung-Yun Hse 认为粘接前对木材表面进行刨光加工甚至比砂光加工对粘接强度的提高更有效。对木材表面轻轻地刨光不但可移走表面污染物，同时也可以暴露出具有很强极性的细胞壁次生壁 S_2 层，这对粘接是非常有利的。

(4) 润湿 润湿可以使胶黏剂与被粘面充分接触，这样才能产生更大的粘接作用力。润湿不仅仅发生在木材外部表面，它同时对液体胶黏剂沿细胞壁的运动也有帮助。胶黏剂在固化过程中施加的压力有利于胶黏剂对被粘物的充分浸润，特别对黏度较大的胶黏剂，固化过程中应该施加较大的压力，有利于胶黏剂分子与被粘物表面紧密接触。

胶黏剂在流动浸润的同时，产生“扩散”和“吸附”作用。

(5) 固化 最后发生的过程即为固化。在固化过程中形成各种吸附作用，以此产生最主要的粘接作用。在固化过程中的最大问题是易产生内应力。胶黏剂在溶剂蒸发、聚合、缩合等过程中，体积收缩产生收缩应力，同时胶层与被粘物二者之间因膨胀系数不同，受热或冷却会产生热应力。体系中的内应力可随着胶黏剂分子的蠕动而减小。在胶层分子蠕动不足的情况下，体系内始终存在内应力。由于内应力的存在容易引起粘接面剥离，并使粘接强度显著降低。为使这种残留应力趋于缓和，可采取在胶黏剂中适当加入增塑剂和填料等方法。

总之，粘接强度的形成是一个复杂的过程，简单地说，粘接强

度的形成主要是由胶黏剂在被粘材料表面上的浸润和黏附而连接起来的。所谓黏附是由胶黏剂和被粘材料在界面上的机械嵌接力、分子之间的作用力和个别化学键力所形成的。因此，如果从分子的角度来考虑木材粘接时粘接强度的形成过程，一般可简单地分为以下两个阶段。

第一阶段：液态胶黏剂分子借助布朗运动向木材表面扩散并逐渐靠近木材表面，对木材表面浸润。

压力作用或胶黏剂本身由于加热使黏度降低都有利于胶黏剂分子及其链节与木材表面的接触。尤其在木材粘接制品的热压过程中由于热压压力和热压温度的同时作用使这种效果更加明显。

第二阶段：当胶黏剂分子非常接近木材细胞分子时产生吸附作用。

当胶黏剂分子与木材表面的分子间的距离接近至 1nm 左右时，由分子间作用力引起的二次结合便开始起作用，并随着胶黏剂分子与被粘物表面分子间距离的进一步减小而增至最大，当木材和胶黏剂间存在化学结合（一次结合）时又产生所谓的“比粘接”。

① 范德华力（Van der Waals bonds）提供键能 $2\sim 42\text{kJ/mol}$ ，与真正化学反应能相比很低，但对于获得好的黏合已经足够。

木材是一个极性表面，所以应该使用极性胶黏剂与其粘接，如使用脲醛树脂胶黏剂、异氰酸酯胶黏剂、环氧树脂类胶黏剂、乙烯类胶黏剂等。

② 氢键力（Hydrogen links）木材纤维素中分子含有羟基—OH，当胶黏剂中也包含羟基组分（如苯酚类、脲醛树脂 UF）时，粘接时形成氢键力（图 1-3）。氢键力将形成在纤维素与脲醛树脂、酚醛树脂分子之间。

③ 化学键（True chemical links）在木材组分和胶黏剂之间发生化学反应将得到很强的粘接，如异氰酸酯胶黏剂（图 1-4）。木材中含有约 $50\%\sim 55\%$ 的纤维素、 $15\%\sim 25\%$ 的半纤维素及 $20\%\sim 30\%$ 的木质素。无论是纤维素、半纤维素还是木质素均含有

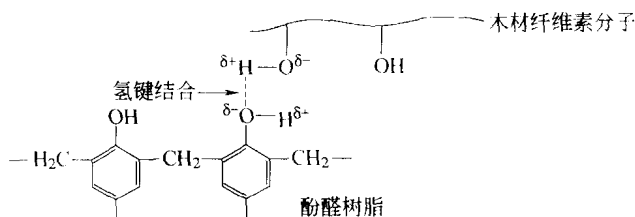


图 1-3 木材纤维素分子含有的羟基—OH 与酚醛树脂中的—OH 形成的氢键结合

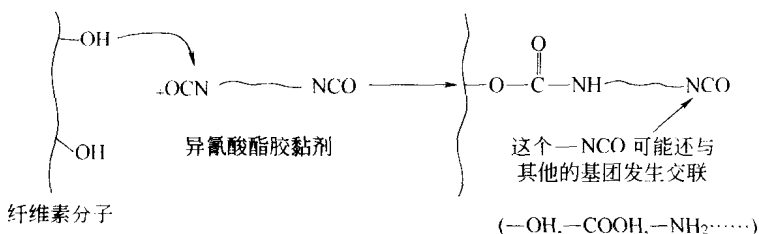


图 1-4 异氰酸酯胶黏剂中异氰酸酯基与纤维素分子的羟基反应形成的化学键结合

大量的羟基，可以与异氰酸酯反应。

由于化学键对粘接强度有相当大的影响，所以，早就为人们所重视。Donaldson 和 Lomax 研究了胶黏剂的分布以及胶黏剂和纤维之间的相互作用；Zaporoshskaya 等利用 IR 分析测试技术研究胶黏剂和基材间反应所生成的衍生物；G. W. Ball 等研究证实了纤维素与 4,4'-二苯甲烷二异氰酸酯（MDI）之间发生化学反应生成氨基甲酸酯键；Paul R. Steiner 等也研究了 MDI 与木材间的反应，证明了 MDI 可与木素、纤维素发生反应。胶黏剂与被粘物分子之间产生化学反应而获得高强度的共价键结合；有利于提高粘接强度，防止裂缝扩展，也能有效地抵抗应力集中和气候环境老化等因素的影响。

用异氰酸酯类胶黏剂粘接木材时，胶黏剂中的异氰酸酯基就可与木材上的羟基发生反应，形成化学键结合，图 1-5 是水性高分子异氰酸酯（API）胶黏剂、API 胶黏剂与桦木的界面以及桦木的傅里叶

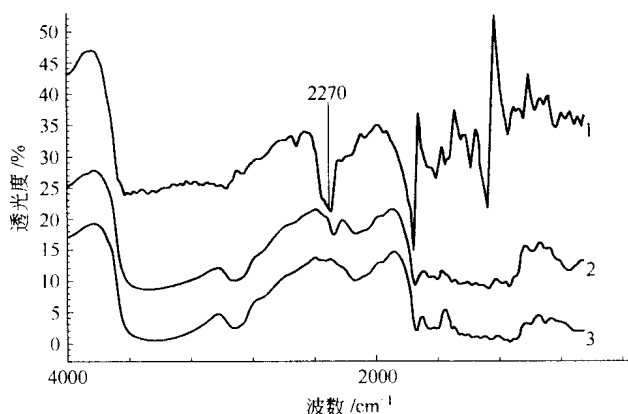
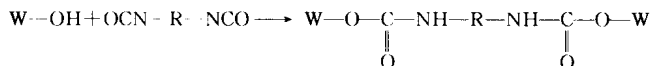


图 1-5 API 胶黏剂、API 胶黏剂与桦木的界面以及
桦木的显微镜傅里叶红外光谱图

1—API 胶黏剂；2—木材和 API 胶黏剂的界面；3—桦木

红外光谱图。从图 1-5 的 3 个图谱中发现，在 API 胶黏剂与桦木界面 2 的红外光谱图中波数为 2270cm^{-1} 左右的吸收峰的强度减弱。而在波数约为 2270cm^{-1} 左右的吸收峰为异氰酸酯的累积双键 ($\text{N}=\text{C}=\text{O}$) 的不对称吸收峰，它是 API 胶黏剂最重要的特征带，异氰酸酯的累积双键 ($\text{N}=\text{C}=\text{O}$) 的反应程度可由此带的强度来判断。

对比 API 胶黏剂与桦木的界面图谱中 $\text{N}=\text{C}=\text{O}$ 吸收峰与 API 胶黏剂的傅里叶红外光谱图中 $\text{N}=\text{C}=\text{O}$ 吸收峰的强度可见，界面中的 $\text{N}=\text{C}=\text{O}$ 的强度减弱，由此可以推断，API 胶黏剂中的 $\text{N}=\text{C}=\text{O}$ 基在粘接的整个体系中由于与木材中的某些基团发生反应而使其强度减弱。



尽管上面我们把木材粘接时粘接强度的形成人为地分为两个过程，但实际中这两个过程不能截然分开，在胶黏剂由液体变为固体前都在进行。

近年来用电子显微镜 (SEM) 观察胶层中的胶黏剂，由结果