



结构用高含水率木材的胶合研究概况

那斌¹, 卢晓宁¹, A. PIZZI²

(1. 南京林业大学木材工业学院, 南京 210037; 2. ENSTIB-LERMAB, University of Nancy 1, 88051 Epinal, France)

摘要: 湿材胶合, 即高含水率木材的胶合, 在 20 世纪 80 年代初就已实现商业化。笔者介绍了国内外热固性胶黏剂、常温固化胶黏剂在高含水率木材胶合中的应用, 以及单组分聚氨酯胶黏剂在结构用胶合材方面应用的研究概况, 为我国结构材的研究和制造提供参考。

关键词: 湿材; 胶黏剂; 胶合木; 苯酚-间苯二酚甲醛树脂胶; 单组分聚氨酯胶

中图分类号: TS65; TQ433

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2009)05-0031-03

Review on Resin Development for Bonding Wood with High Moisture

NA Bin¹, LU Xiao-ning¹, A. PIZZI²

(1. College of Wood Science and Technology Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China;

2. ENSTIB-LERMAB, University of Nancy 1, 88051 Epinal, France)

Abstract: Adhesives used to bond timbers with high moisture content were developed in the early 1980's. These adhesives can be used to manufacture wood products for structural applications such as glulam. This paper reviewed the adhesive developed for three different processes: curing with heat, curing without heat (at room temperature), and fast curing with catalysts.

Key words: green wood; adhesives; glulam; phenol resorcinol formaldehyde (PRF) adhesive; one component polyurethane adhesive

木材在加工成产品的过程中, 通过相互间的胶合, 根据设计图纸的尺寸, 加工出所需要的产品; 并可通过合理选取和胶合, 有效地使具有天然缺陷的木材性质均匀, 提高产品的质量。

影响木材胶合及最终产品胶合性能的因素很多, 其中, 木材含水率是影响胶合性能最主要的因素之一。木材被胶合时含水率的确定, 通常是根据产品使用环境的气候条件, 如木家具构件是 8%、建筑结构件采用 12%~18%。

高含水率木材的胶合, 一般是指未经干燥、或刚锯解完的木材的胶合。此方法具有实现短材接长, 小材大用; 无需干燥, 节约能源; 提高木材利用率等优点。在 20 世纪 80 年代初, 已有含水率在 90% 以下

木材胶合的研究成果, 主要是结构用胶合木类产品。笔者从热固性胶黏剂、常温固化胶黏剂在高含水率木材胶合中的应用、及单组分聚氨酯胶黏剂的应用等 3 个方面, 介绍了用于结构材胶合的研究概况, 以期对国内相应的研究开发和企业生产提供参考和借鉴。

1 热固性胶黏剂在湿材中的应用

高含水率木材胶合的早期研究, 是采用传统的苯酚-间苯二酚甲醛树脂 (PRF) 和三聚氰胺尿素甲醛树脂 (MUF) 胶黏剂, 通过热压方式加速胶的固化。Murphey 等^[1]是较早进行高含水率木材胶合的研究者之一, 他们发现, 采用 PRF 树脂, 进行含水率 50% 的柃木胶合时, 胶液的渗透率较高, 结果导致胶合面的胶层较薄。

Troughton 等^[2]研发了木材端面胶合技术, 并成功地应用在含水率在纤维饱和点以上的木材。这种方法是在木材预热后涂胶, 以加速胶黏剂的固化。所用胶黏剂为 PRF 树脂, 由于其官能团反应活性较高,

收稿日期: 2008-12-09; 修改日期: 2009-03-23

基金项目: 欧盟项目“单组分聚氨酯胶黏剂用于湿材胶合的研究”。

作者简介: 那斌(1971—), 男, 南京林业大学木材工业学院副教授, 博士。

通讯作者: 卢晓宁, 男, 南京林业大学木材工业学院教授, 博士生导师。

在较低温度下就能获得固化反应所需的活化能。具体方法为:先将木材加工出指榫,放入干燥箱内进行加热,然后用苯酚-间苯二酚甲醛树脂黏剂涂胶、对接。加压后,利用木材中的余热固化胶黏剂,制成所需的指接材,均能满足结构使用要求,并已在加拿大的几个工厂得到成功应用。

2 常温固化胶在湿材中的应用

常温固化胶黏剂胶合高含水率木材,常用的胶黏剂是双组分的 PRF,包含改性的 PRF 树脂、固化剂和加速固化的氨类物质,可用于含水率为 12%~150%的木材。树脂和固化剂混合后施加到木材表面,加速固化的氨类物质再喷洒到涂胶层表面或被胶合的木材表面。这种指接材能够满足美国 ASTM D 2559-92《室外结构用材标准》的要求,并已成功的新西兰、澳大利亚、美国 and 英国生产^[3]。

另一种用于制造指接材的常温固化胶黏剂,是由大豆蛋白和 PRF 树脂胶黏剂的组合。其双组分分别是:1)水解大豆蛋白,贮存期较长;2)PRF 树脂添加有固化剂和多聚甲醛。这两种组分按要求分别施加到 2 块木材的指榫上,进行指榫对接后,即发生胶凝作用并固化。这种胶可应用在含水率 10%~160%的木材,而且胶合后指接面的力学性能能达到美国 ASTM D 2559-92 所规定的要求^[3]。

高含水率木材胶合的指接材在美国、加拿大、新西兰、澳大利亚得到广泛应用,但在欧洲大部分国家,受欧洲标准制约,不允许采用高含水率的木材制造结构用指接材。但近几年有研究发现采用高含水率木材胶合后再窑干的指接材,能够满足结构材的要求,并且能够提高木材的利用率和附加值^[4]。

快速常温固化胶的应用,可缩短热压周期。与 PRF 树脂相比,这种胶在室温下具有更大的活性和较好的性能。在固化过程中,降低了胶的流动性,分子量增长迅速,减小胶液渗透性,这是高含水率木材胶合的关键。与此同时,在 20 世纪 70 年代,利用木材和树皮中提取的单宁得到了发展,其目的是部分替代价格昂贵的间苯二酚和间氨基苯酚。

Pizzi 等^[5]研制了单宁改性的胶黏剂用于制造结构材,并在南非和智利两个国家得到了工业化应用。北美国家在单宁基常温固化胶黏剂的研究中,测试了含水率在 8%~150%的指接材的胶合性能^[6],结果显示,用间苯二酚/单宁胶胶合含水率为 20%~40%的指接材,可以用作露台、栈道等室外结构;在含水率为

50%~150%的木材胶合时发现,虽然胶合强度较高,但其木破率变异很大。主要是因为木材的含水率变化范围大,当木材含水率越高时,木破率则降低。而采用氨类物质作为催化剂,能够获得较佳的胶合性能。

郭柏林等^[7]研究了一种结构用 PRF 树脂胶,分别胶合 18%~20%、50%~60%和>100%含水率的水曲柳(*Fraxinus mandschurica*)木材,结果表明,胶合性能均达到日本农林省告示 601 号《集成材》的要求,其中含水率在 18%~20%的胶合性能最好,含水率 50%~60%的次之,>100%含水率的较差。

Properzi 等^[8]研究了用于结构材快速常温固化 MF 树脂胶黏剂,进行高含水率木材胶合。结果显示,在胶合 22%含水率的榉木(*Fagus sylvatica*)时,表现出良好的胶合性能,试件的剪切强度和木破率均达到英国 BS 1204-1965 胶黏剂性能测试标准。

笔者等^[9]用 PRF 树脂对 55%含水率的云杉类(*Picea* spp.)木材进行胶合试验,试件经气干和 30℃窑干,显示出 PRF 树脂具有良好的胶合性能,试件的剪切强度和木破率均达到英国 BS 1204-1965 胶黏剂性能测试标准要求。

3 单组分聚氨酯胶在结构材中的应用

单组分聚氨酯胶黏剂具有防水、无有害气体、透明、常温快速固化、适用于室内外结构材的胶合。单组分聚氨酯胶含有极性很强、活泼的异氰酸酯和氨基甲酸酯基团,当异氰酸酯与空气及木材中的水分发生反应时,释放出二氧化碳,引起胶的体积快速膨胀,易使胶层出现孔隙,导致胶合强度的下降。

Lange 等^[10]用这种单组分聚氨酯胶黏剂进行云杉等高含水率木材指接材的试验。结果显示,云杉指接材能够达到结构材使用要求,香脂冷杉(*Abies balsamea*)和北美铁杉(*Tsuga* spp.)只达到美国木制品协会规定的装饰等级的要求。有研究表明,用聚氨酯胶黏剂粘接的结构材,其胶合强度比用 PRF 树脂的要高,而且其具有较高的韧性,因此,具备了用于结构材使用的潜力^[11]。

聚氨酯胶黏剂的耐久性和抵抗蠕变的性能,较鲜为人知,因而对于其能否用于结构材,存在很大的争议。随着近几年研究的深入,用于高含水率木材胶合的单组分聚氨酯胶,才被欧洲一些国家正式批准用于结构胶合木的制造。

George 等^[12]研究了聚氨酯胶胶层的蠕变性能,认为:与室外结构用 PRF 树脂胶相比,聚氨酯胶抵抗

蠕变的能力较弱。笔者等^[13]研究了聚氨酯胶的温度蠕变,并与胶的化学结构相联系,结果表明,异氰酸酯与多元醇的比率,影响50℃以下的最初胶接强度和蠕变效应,固化后呈高度共价交联,是获得良好热稳定性的决定因素。

Radovic等^[14]研究了聚氨酯胶和PRF树脂胶的蠕变行为,对10年后的试件进行测试。结果发现,2种聚氨酯胶黏剂中因成分的比率不同,表现蠕变行为不同。其中表现较好的聚氨酯胶的蠕变,与PRF树脂胶相近。

Vick等^[15]研究发现,用聚氨酯胶黏剂粘接的试件,经历了60天的高温高湿处理,其抗蠕变性能超过了美国ASTM D 2559-92规定的结构使用要求,但聚氨酯胶黏剂胶接面的木破率较低。可能是由于被胶结木材的密度较高和抽提物含量大引起^[16]。

Sterley等^[17]采用单组分聚氨酯胶对含水率为35%~130%的欧洲赤松进行边-边胶合,对含水率44%的挪威云杉进行面-面胶合。结果表明,有96%的边-边胶合试件,窑干后的剪切强度和木破率达到EN 386:2001《Glued laminated timber. Performance requirements and minimum production requirements》规定的最低强度要求;而面-面胶合试件中,74%的边材与心材胶合试件,93%的边材与边材及心材与心材胶合试件的剪切强度和木破率,能够达到EN 386:2001规定的最低强度要求。

4 结语

我国对高含水率木材制造胶合木的研究较少,实际应用及工业化生产更鲜有报道。到目前为止,主要是针对制造胶合板进行的高含水率单板的胶合,或单板、薄木的湿贴工艺的研究。随着木结构建筑在我国的快速发展,采用高含水率木材进行胶合将具有潜在的市场。

国内的科研工作者和相关企业,应对高含水率木材胶合引起重视,结合我国的木材资源和应用环境,研究出适合我国推广的高含水率木材胶合用胶,并得到工业化应用。

参考文献:

- [1] Murphey, W K, Nearn W T. Effect of moisture content on the appearance of resorcinol glue lines in laminated oak lumber[J]. Forest Products Journal, 1956, 6(5): 194-197.
- [2] Troughton G E, S Chow. Finger jointing kiln dried and unseasoned white spruce lumber using the WFPL method [J].

Forest Products Journal, 1980, 30(12): 48-49.

- [3] Steele P H, Kreibich R E, Steynberg P J, et al. Finger jointing green southern yellow pine with a soy-based adhesive [J]. Adhesive Age, 1998(10): 49-57.
- [4] 那斌. 单组分聚氨酯胶黏剂用于湿材胶合蠕变特性的研究[D]. 法国:南锡第一大学-南京林业大学, 2006.
- [5] Pizzi A, Rossouw D T, Knuffel W E, et al. "Honeymoon" phenolic and tannin-based adhesive systems for exterior grade finger-joints[J]. Holzforschung und holzverwertung, 1980, 32(6): 140-150.
- [6] Kreibich R E, Hemingway R W. Formulation of tannin-based adhesives of the "honeymoon" type for end jointing wood at extreme ranges of moisture content[R]. In proceeding of wood adhesive symposium, Forest Products Society, Madison, 1996.
- [7] 郭柏林, 姚沂, 崔正兰, 等. 集成材用PRF树脂胶的研究[J]. 林业科技, 1994, 19(1): 36-41.
- [8] Properzi M, Pizzi A, Uzielli L. Honeymoon MUF adhesives for exterior grade glulam[J]. Holz als Roh-und werkstoff, 2001, 59(6): 413-421.
- [9] Na Bin, Pizzi A, Lu X. Green wood gluing by traditional honeymoon PRF adhesives [J]. Holz als Roh-und werkstoff, 2005, 63(6): 473-474.
- [10] Lange G A, Fields J T, Stim S A. Fingerjoint application potentials for one-part polyurethanes[R]. In proceeding No. 7260(EA), Wood Adhesives 2000 Extended Abstracts. Forest Products Society, Madison, WI, USA, 2000: 17-18.
- [11] Wernersson H. Fracture characterization of wood adhesives joints [R]. Report TVSM 1006 lund University, Sweden. Division of Structural Mechanics, 1994.
- [12] George B, Simon C, Properzi M, et al. Comparative creep characteristics of structural glulam wood adhesives[J]. Holz als Roh-und Werkstoff, 2003(61): 79-80.
- [13] Na Bin, Pizzi A, Delmotte L, et al. One-composite polyurethane adhesives for green wood gluing: structure and temperature-dependent creep[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2005, 96(4): 1231-1243.
- [14] Radovic B, Rothkopf C. Eignung von 1K-PUR-Klebstoffen für den Holzbau unter Berücksichtigung von 10-jähriger Erfahrung [J]. Bauen mit Holz, 2003 (6): 36-40.
- [15] Vick CH B, Okkonen E A. Strength and durability of one-part polyurethane adhesive bonds[J]. Forest Products Journal, 1998, 48(11/12): 71-76.
- [16] Richter K, Schirle M A. Behavior of 1K PUR adhesives under increased moisture and temperature conditions [R]. In Proceeding of the International Symposium on Wood Based Materials, Wood Composites and Chemistry, Vienna, Austria, 2002: 149-154.
- [17] Sterley M, Blumer H, Walinder M E P. Edge and face gluing of green timber using a one-component polyurethane adhesive [J]. Holz als Roh-und Werkstoff, 2004, 62(6): 479-482.

(责任编辑 鲍加芬)