

研究与开发

单板含水率对湿固化异氰酸酯胶性能的影响

郑志锋¹, 黄元波¹, 顾继友², 李海英², 张彦华²

(1. 西南林学院木质科学与装饰工程学院; 西南山地森林资源保育与利用省部共建教育部重点实验室, 云南昆明 650224;

2. 东北林业大学材料科学与工程学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要: 研究了木材含水率对湿固化异氰酸酯胶黏剂(YQJ-S)性能的影响。结果表明,木材含水率越高,YQJ-S润湿性和渗透性越好,且固化反应起始温度越低。因YQJ-S固化反应活化能较低,可在室温下与高含水率木材发生固化反应。当木材含水率为70%时,YQJ-S胶接强度最大。

关键词: 湿固化; 异氰酸酯胶; 含水率; 润湿性; 渗透性; 固化反应; 胶接性能

中图分类号: TS6; TQ433 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2010)03-0016-03

Effects of Wood Moisture Content on Isocyanate-Wood Bonding

ZHENG Zhi-feng¹, HUANG Yuan-bo¹, GU Ji-you², LI Hai-ying², ZHANG Yan-hua²

(1. Faculty of Wood Science & Technology, Southwest Forestry University; Key Lab of Protection, Cultivation and Utilization of Forest Resource in Southwest Country Cooperated by Ministry of Education with Yunnan Province; Kunming 650224, Yunnan, China;

2. College of Material Science & Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China)

Abstract: The authors studied the effect of wood moisture content on properties of moisture-curing isocyanate adhesive (YQJ-S). Results showed that the adhesive curing reaction increased as the wood moisture content increased. Furthermore, the curing reaction could also be started at lower temperatures with higher moisture contents. Because the curing activation energy of the YQJ-S adhesive was $84.25 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, the adhesive could even react with high moisture content wood at room temperature. They determined that the bonding strength of the YQJ-S adhesive reached a maximum when the wood moisture content was 70%.

Key words: moisture curing; isocyanate adhesive; moisture content; wetability; permeability; curing reaction; bonding properties

异氰酸酯胶黏剂是木材加工用主要胶黏剂之一。研究表明,异氰酸酯基能与羟基等含活泼氢的基团发生反应,异氰酸酯基不但可与木材表面的羟基反应,更易与木材中的水分发生反应^[1]。在热压过程中,异氰酸酯胶与水反应的速率较木素和纤维素迅速^[2-3],

因此,木材含水率对异氰酸酯胶的性能影响显著。本文着重研究单板含水率对湿固化异氰酸酯胶黏剂性能的影响,为其推广应用提供理论与实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 胶黏剂:YQJ-S异氰酸酯胶,自制,黏度1 000~1 100 mPa·s(25℃),—NCO含量10%~14%,固体含量80%~85%。

2) 桦木(*Betula albo-sinensis* Burk.)木粉:200

收稿日期:2009-09-15; 修改日期:2010-03-26

基金项目:云南省社会发展科技计划资助项目(2007C068M);云南省教育厅科学研究重点基金项目(08Z0026);西南林学院科研基金项目;西南林学院林产化学加工工程重点学科建设项目。

作者简介:郑志锋(1975—),男,西南林学院木质科学与装饰工程学院副教授,博士。

目左右,用于差示扫描量热分析。试验前将木粉的含水率分别调至 39、55、60、64、82%。

3) 桦木单板:规格(长×宽×厚)(400~500) mm×(220~230) mm×(1.2~1.5) mm,黑龙江省山河屯林业局提供。将含水率分别调至 6、25、70、90%,用于制备三层胶合板试件和渗透性能检测。

1.2 试验设备

JC2000A 型接触角/界面张力测量仪;Leitz 1400 型滑走式木材切片机;OLYMPUS-BX51 型显微镜;DSC 204 热分析仪;G-10TA 型万能力学实验机。

1.3 性能检测

1.3.1 润湿性能

取胶液约 1 μ L,在(16±2)℃、常压下,置于单板表面。拍摄间隔 3 s,播放延迟 6 s,测定接触角,重复 3 次,计算平均值。

1.3.2 渗透性能

1) 按照单板涂胶量(单面)90 g/m²、加压时间 2 h、压力 1.5 MPa、室温养生 24 h 的工艺参数,制备三层胶合板,幅面 300 mm×300 mm;

2) 将试件置于 90~100℃水中浸泡 7 d,再放入酒精和甘油的混合液中浸泡 2 周,软化后切片;

3) 切片染色、脱水、透明处理,用胶封片后置于显微镜下观测。

1.3.3 固化性能

将木粉与 YQJ-S 胶黏剂按质量比 1:5 混合均匀后,进行差示扫描量热分析(DSC),计算 YQJ-S 固化反应活化能^[4-5]。

1.3.4 胶接强度

根据 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》进行。

2 结果与分析

2.1 单板含水率对湿固化胶润湿性能的影响

单板含水率不同时,YQJ-S 胶润湿性能的变化,如图 1 所示。

由图 1 可知,YQJ-S 的接触角随着单板含水率的增加而减小,即单板含水率越高,YQJ-S 润湿性能越好。且随着接触时间的延长,接触角逐渐减小,主要是因为胶黏剂逐渐渗透进入单板内部。

2.2 单板含水率对湿固化胶渗透性能的影响

良好的润湿性是获得胶接强度的前提,渗透性能对板材胶接强度亦具有关键性作用,其影响如图 2 所示。

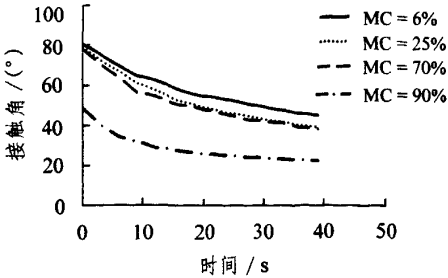


图 1 不同单板含水率时胶黏剂的接触角

Fig. 1 Contact angle of isocyanate adhesive at different wood moisture content

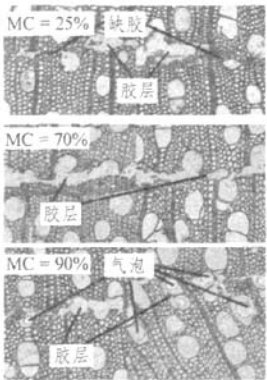


图 2 YQJ-S 胶在不同含水率单板中的渗透/(10 倍)

Fig. 2 Infiltration of isocyanate adhesive in wood

由图 2 可知,单板含水率为 25% 时,YQJ-S 的润湿性和渗透性较差,造成胶层不连续。当含水率提高至 70% 时,胶液的润湿性提高,易于施胶,使胶液涂布均匀。当含水率达 90% 时,胶液的渗透程度虽明显加深,但胶层中存在大量气泡,主要是异氰酸酯基与单板中的水反应产生 CO₂ 所致。若在胶层固化前不及时排出,亦将导致胶层不连续,影响胶接强度。

2.3 单板含水率对湿固化胶固化反应的影响

图 3 为木粉含水率对 YQJ-S 胶固化反应的影响;木粉含水率与 YQJ-S 固化速率的相关性见图 4。

由图 3 可知,升温速率相同时,固化反应的起始温度、终止温度和峰值温度(聚合反应温度),随着木粉含水率的增高而降低。木粉含水率越高,固化反应起始温度越低。在本试验参数范围内,木粉与 YQJ-S 胶在较低的温度下(20~30℃)就可以发生反应。

根据图 3 所示,以及固化反应的峰值温度和公式 $\ln[\beta/T_p^2] - 1/T$,计算出活化能值 $E = 84.25 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,说明 YQJ-S 胶黏剂在常温下,易与高含水率的木材发生固化反应。

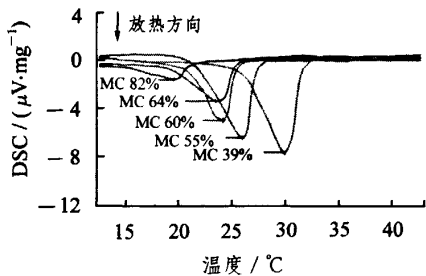


图3 单板含水率对YQJ-S胶固化反应影响的DSC曲线

Fig. 3 The differential scanning calorimetry chart of the effects of wood moisture content on curing reaction of isocyanate adhesive

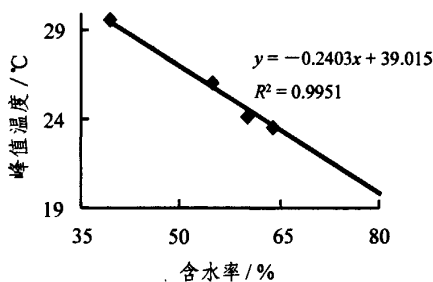


图4 单板含水率与YQJ-S胶固化速率的相关性

Fig. 4 Correlation between the wood moisture content and the curing rate of isocyanate adhesive

图4显示,单板含水率与YQJ-S胶黏剂固化速率呈线性相关性。单板含水率越高,YQJ-S越易发生固化反应。

2.4 单板含水率对湿固化胶接性能的影响

单板含水率逐渐增大时,YQJ-S胶接性能的变化趋势,如图5所示。

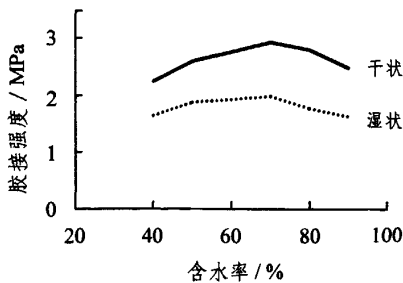


图5 单板含水率对胶合板胶接性能的影响

Fig. 5 Effects of wood moisture content on bonding properties of isocyanate adhesive

试验中,当单板含水率为6%时,胶合板的胶接强度低,板材易开胶。主要是因为室温下,异氰酸酯与含水率较低(<6%)的单板难以产生明显的化学反

应^[7],使得试件无法胶接。当单板含水率逐渐增大时,试件的干、湿状胶接强度都随之增大,在含水率70%时达到最大值,若含水率进一步增加,则其强度又呈降低趋势。

适量的异氰酸酯与水反应,产生的胺可与另一异氰酸酯继续反应,达到扩链的作用,使异氰酸酯胶的相对分子质量进一步增加,有益于增加树脂的内聚能,从而提高胶接强度^[8]。

但单板含水率过高时,木材中的水分过多地消耗游离的异氰酸酯基,并产生CO₂气泡,反而导致胶黏剂与单板的化学结合力大大降低,使得胶合板的胶接强度降低^[9]。

3 结论

1) 单板含水率提高,YQJ-S胶的润湿性能、渗透能力改善。适宜的单板含水率为70%左右。

2) 单板含水率对YQJ-S固化速率的影响呈线性相关。胶黏剂的活化能较小,可在室温条件下胶合高含水率单板。

3) YQJ-S胶用于高含水率单板胶合,对于降低单板干燥能耗、提高胶接强度均具有应用意义。但胶接过程中产生气泡、胶接均匀性等问题,仍有待进一步深入研究。

参考文献:

[1] Johns W E. Isocyanates as wood binders-a review [J]. The Journal of Adhesion, 1982, 15(1): 59-67.
[2] Udvardy O G. Evaluation of isocyanate binder for waferboard [C]. Washington; Proceedings, 13th Washington State University International Symposium on Particleboard, 1979; 159-177.
[3] Weaver F W, Owen N L. The isocyanate-wood adhesive bond [C]. New Zealand; Proceedings, Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, Rotorua, 1992; 143-153.
[4] Kissinger H E. Reaction kinetics in differential thermal analysis [J]. Analytical Chemistry, 1957, 29(11): 1702-1706.
[5] 胡荣祖,史启祯. 热分析动力学[M]. 北京:科学出版社,2001.
[6] 刘碧华,陈桂华,向仕龙,等. 两种秸秆表面润湿性研究[J]. 木材加工机械,2008,19(5): 37-39.
[7] 顾继友,高振华,李志国,等. 木材加工用单组分室温湿气固化异氰酸酯树脂的研制[J]. 中国胶黏剂,2002,11(1): 15-18.
[8] 高振华. 异氰酸酯室温下与醇、水反应规律及较高温度下与不同含水率纤维素反应规律的研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2003.
[9] 顾继友,高振华,谭海彦,等. 异氰酸酯树脂胶黏剂刨花板制板工艺研究[J]. 木材工业,1999,13(5): 7-10.

(责任编辑 姜征、张一萍)