

淀粉基API胶合木胶接结构破坏模式及失效机理

时君友,徐文彪,王淑敏

(北华大学木质材料科学与工程吉林省重点实验室,吉林吉林 132013)

[摘要] 以淀粉基水性高分子异氰酸酯(API)胶合木胶接结构为研究对象,以胶接的压缩剪切强度为评估指标,通过加速湿热老化试验对胶接结构的破坏模式和失效机理进行了研究。结果表明:胶接结构的断裂性质为韧性断裂,且随着老化时间的增加,其破坏模式为由内聚破坏向内聚破坏+界面破坏转变。在湿热老化试验前期温度对压缩剪切试样性能起主要作用,在老化后期湿度起主要作用。

[关键词] 胶接结构;加速湿热老化;断裂性质;破坏模式

[中图分类号] TQ432.7-3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2014)04-0040-05

1 前言

随着人们居住环境的不断改善,对环保型木质人造板的需求量越来越大,淀粉基无醛木材胶黏剂胶接人造板的耐老化性能直接影响制品的使用寿命。研究耐老化性能的影响因素,对提高人造板耐久性,具有重要的理论意义与实际应用价值。因此应加快木材胶黏剂的改性研究,提高耐老化性,增加胶接产品的使用寿命^[1]。人造板的胶接结构中的胶黏剂属于高分子材料,它在使用和存储过程中,受不同环境因素如光照、氧、温度、化学介质、生物活性介质等作用下,或材料自身因素(化学成分、相结构、分子结构以及官能团)作用下,引起的材料表面或材料物理化学性质和力学性能的改变,最终丧失使用性能,这种变化通常称为材料的失效^[2-4]。对于高可靠性的产品,如果采用自然环境条件来研究,通常需要多年的时间,在实际操作上难以实现,因此,加速老化试验就显得尤为重要^[5-7]。

2 试验材料和方法

胶接结构采用胶合木胶接的方式,胶黏剂选用

[收稿日期] 2013-12-01

[作者简介] 时君友,1964年出生,男,辽宁丹东市人,教授,博士生导师,主要从事生物质材料方面的研究工作;

E-mail: bhsjy64@163.com

淀粉基水性异氰酸酯体系,该体系由淀粉基API主剂和聚合异氰酸酯为交联剂组成,由吉林辰龙生物质材料有限责任公司提供,参照日本工业(JIS K6806)标准I型I类进行检测合格。

试件:桦木,含水率8%~10%,形状和尺寸为30 mm×25 mm×10 mm,如图1所示。胶接面加工平滑,主纤维方向与试片的轴相平行。试片从3个不同的木块上截取,每个木块制备3个试件并编为一组。

2.1 试件的制作

试片称量后进行配对,以使相邻密度的试片作为一个试件。将主剂与交联剂按一定比例混合均匀,分别涂在两块试片的胶接面上,涂胶量为 $(125 \pm 25) \text{ g/m}^2$ 。将两试片按同纤维方向层积成试件,陈放时间不超过5 min。在20~25℃下以1.0~1.5 MPa的压力加压24 h后,解除压力,将试样在同样温度下放置72 h。如此制作12个试件,分别测量其胶接面的长度和宽度。

2.2 试件压剪强度检测

试件压剪强度采用如下方法检测,试验数据采用3个试件的数据的平均值。

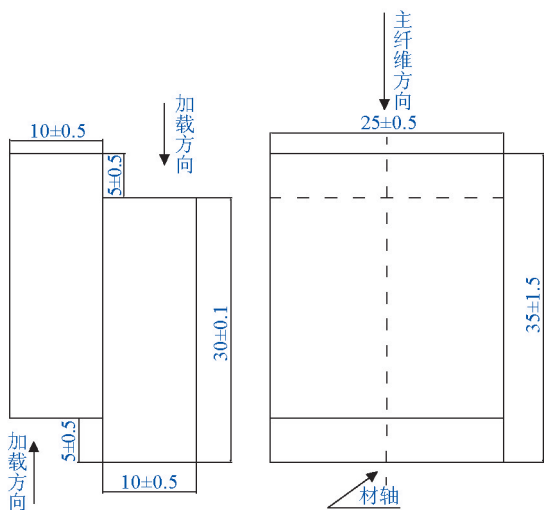


图1 压缩剪切强度和压缩剪切强度试件的形状和尺寸(单位:mm)

Fig.1 Shape and dimension of test block of compression and tension shearing strength (unit: mm)

2.2.1 常态

将试件置于温度(23±2)℃,相对湿度(50±5)%的室内48 h后进行。

2.2.2 压剪强度测试

将试件置于温湿度中一定时间,取出后置于室温水中冷却10 min后立即进行测试。

2.2.3 试验步骤

将试件置于压缩剪切强度试验用的夹持器中,使试件的剪切面与荷重轴平行,开动试验机对试件连续施加压力。使试件受剪切力后破坏,测定试件破坏时的最大荷重。

2.2.4 试验结果

试件的压缩剪切强度按式(1)计算

$$\sigma = \frac{p}{L_a \times L_b} \quad (1)$$

式(1)中: σ 为压缩剪切强度,MPa; p 为试件破坏时

的最大荷重,N; L_a 为试件胶接部分的长度,mm; L_b 为试件胶接部分的宽度,mm。

2.3 扫描电子显微镜分析

利用日本电子JEOL扫描电子显微镜(SEM)对经老化处理后的压缩剪切试样断口进行观察,通过低倍观察来判断胶接结构的破坏模式,研究其中的破坏模式变化过程。通过高倍观察来确定胶接结构的断裂性质,通过破坏模式和断裂性质研究胶接结构的失效机制。

3 试验结果与分析

3.1 压缩剪切强度分析

将4组压缩剪切试样放入恒温恒湿箱,分别将温度、湿度设为85℃、95%;75℃、95%;85℃、85%和75℃、85%这4种条件下进行加速湿热老化试验,加速老化不同时间后进行压缩剪切试验。每种条件取3个有效试件压剪强度平均值,标准差大于0.95。将得到的压缩剪切数据用Origin Pro 7.5进行拟合,得到相同湿度不同温度下压缩剪切强度与老化时间的曲线图。由图2可知,在相同湿度下,温度越高其压缩剪切强度值下降越明显,且压缩剪切强度随着老化时间最终趋于恒定时的强度值,温度高的条件下比温度低的条件下要小。

相同温度不同湿度下的压缩剪切强度与老化时间的关系见图3。由图3可知,在相同温度下,湿度越大,其压缩剪切强度值下降越明显,压缩剪切强度随着老化时间最终趋于恒定时的强度值,湿度高条件下要比湿度低条件下要小。

3.2 胶接结构断II破坏模式分析

一般说来,胶合木胶接结构的破坏有内聚破坏、界面破坏和混合破坏3种情况^[5]。内聚破坏分为胶黏剂的内聚破坏和被粘物的内聚破坏。前者

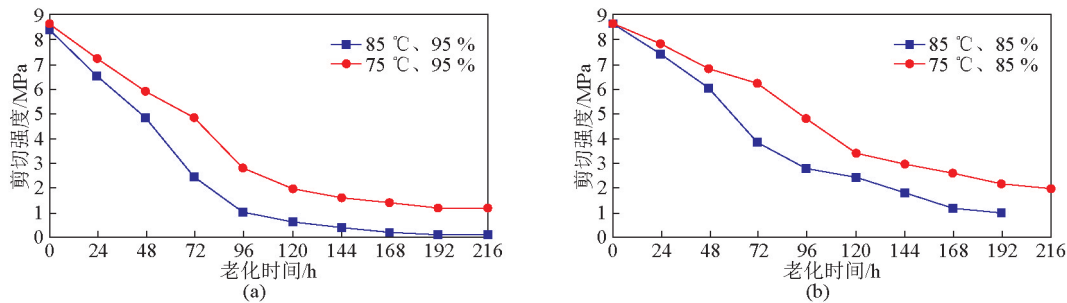


图2 相同湿度不同温度下压缩剪切强度与老化时间关系图

Fig.2 Relationship between compression shear strength and aging time at same humidity and different temperature

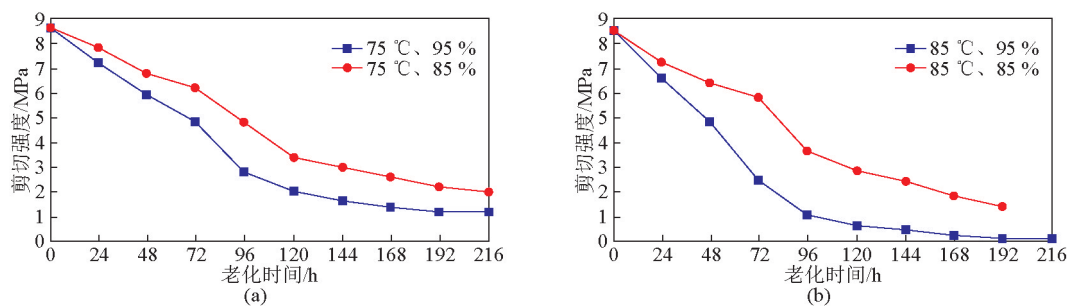


图3 相同温度不同湿度下压缩剪切强度与老化时间关系

Fig.3 Relationship between compression shear strength and aging time at same temperature and different humidity

是胶黏剂胶层自身发生破坏,后者是被粘物发生破坏。界面破坏是指胶层与被粘物在界面处整个脱开而形成的一种破坏。混合破坏也叫交替破坏,包括一部分内聚破坏和一部分界面破坏,即破坏通过胶黏剂在两界面处交替进行。

图4分别给出了85 °C、95 %条件下不同老化时间的压缩剪切试样断口,由图4可见,随着老化时间的增加,压缩剪切试样由内聚破坏慢慢转变为内聚

破坏+界面破坏,且界面破坏的面积随着老化时间的增加而增大。

通过其他3个湿热老化条件下的压缩剪切试样断口进行观察,发现其破坏模式也均与85 °C、95 %条件下的破坏模式一致,均为随着老化时间的增加,从试件宏观与微观的观察看,压缩剪切试样由内聚破坏慢慢转变为内聚破坏+界面破坏,且界面破坏的面积随着老化时间的增加而增大。

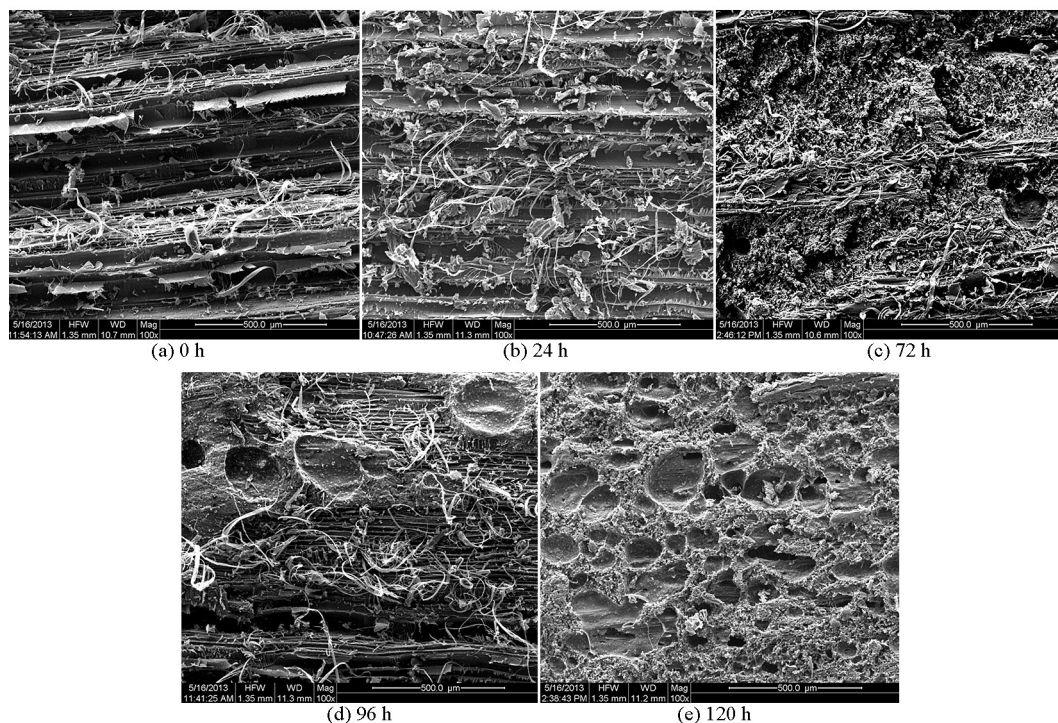


图4 不同老化时间压缩剪切试样断口

Fig.4 Micro-appearance of the fracture surfaces of compression shear specimens after different aging time

3.3 胶接结构断口微观分析

为判断该胶接结构的断裂性质,针对85 °C、95 % (a); 75 °C、95 % (b); 85 °C、85 % (c); 75 °C、

85 % (d)这4种条件下的试件,利用日本电子JEOL-SEM对胶接结构断口放大500倍进行观察,其形貌见图5,从图5可以看出,断口呈现撕裂棱特征,即韧

性断裂。并且在老化前期温度占主导作用,在老化后期湿度占主导作用。

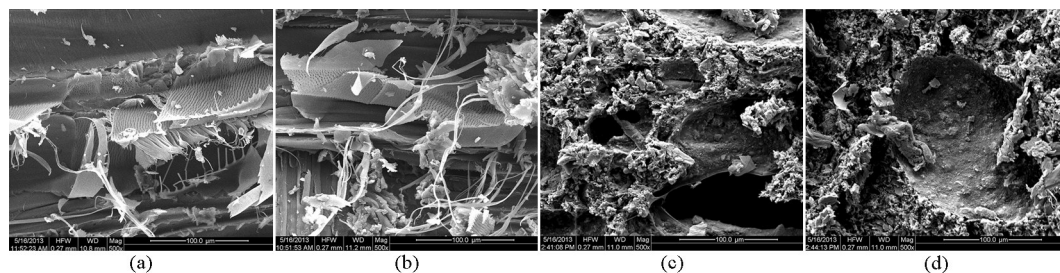


图5 压缩剪切试样微观断口

Fig.5 Micro-appearance of the fracture surface of compression shear specimen

3.4 胶接结构失效机理分析

4种条件下加速老化试验后的压缩剪切强度对比如图6所示。对于75 °C、95 % ,85 °C、85 %条件下其压缩剪切强度值在开始时的下降速度为:75 °C、95 % < 85 °C、85 % ,而随着老化时间的增加下降速度为:75 °C、95 % > 85 °C、85 % 。

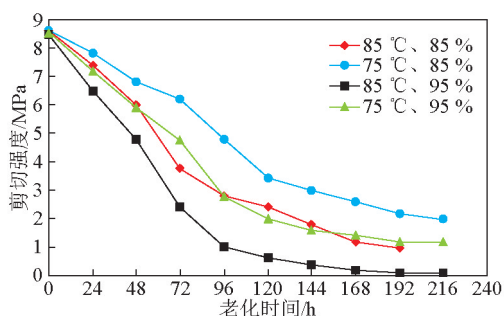


图6 不同条件下的压缩剪切强度对比示意图

Fig.6 Compression strength curves under different conditions

对这种现象进行分析,原因为胶接结构老化试验在试验前期时,温度对压缩剪切强度起主要作用,这是因为胶黏剂遇热后将会发生物理变化和化学变化,物理变化表现为在外力作用下有变形。化学变化主要表现为热分解,在有氧气存在时将发生氧化裂解。随着老化时间的增加,湿度对胶接结构性能的影响较大,这是因为水对胶接结构的影响一方面为大量水分子沿着亲水性的被黏物表面很快地渗透到整个胶接界面后,取代了胶黏剂分子原先在木材表面上的物理吸附,从而引起胶接强度大幅度下降。另一方面,水对胶层的作用为水能够渗入几乎所有的聚合物本体,并和聚合物本身发生两种类型的作用:水分子可以破坏聚合物分子之间的氢键和其他次价键,使聚合物发生增塑作用,并引起

力学强度及其他物理性能的下降,水还可以断裂高分子键,引起聚合物的化学降解。

4 结语

对胶接结构断口利用SEM进行低倍图像观察发现,4种老化条件下的破坏模式均为由内聚破坏向内聚破坏+界面破坏的模式转变,且随着老化时间的增加,界面破坏的面积也相应增大。

通过对胶接结构断口中选取胶黏剂部分进行高倍形貌图像观察,发现4种老化条件下的断口均呈现撕裂棱特征,因此,胶接结构的断裂性质为韧性断裂。

通过对相同温度、不同湿度和相同湿度、不同温度条件下的压缩剪切强度下降规律进行观察发现:相同温度下,湿度越高,压缩剪切强度下降越明显;相同湿度下,温度越高,压缩剪切强度下降越明显。

压缩剪切强度下降速率和断口宏微观图像观察结果均表明,在老化前期温度占主导作用,在老化后期湿度占主导作用。

参考文献

- [1] 时君友. 淀粉基API木材胶粘剂及其固化与老化机理的研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2007.
- [2] 常化申,张 昕,彭家安. 复合材料和金属胶接结构失效的检测研究[J]. 科技风,2009(12):45-49.
- [3] 徐凤玲,魏然振. 人工加速老化试验中常见问题分析[J]. 化学建材,2008,24(1):29-33.
- [4] 朱春芽,赵 晴,孟江燕. 不饱和聚酯玻璃钢人工加速老化研究[J]. 失效分析与预防,2008,3(3):12-16.
- [5] Wang Y Y, Meng J Y, Zhao Q, et al. Accelerated ageing tests for evaluations of a durability performance of glass-fiber reinforcement polyester composites [J]. Journal of Material Science and technology, 2009(6):572-576.
- [6] Bullions T A, Mcgrath, J E, Loos A C. Thermal-oxidative aging

effects on the properties of a carbon fiber-reinforced phenylethynyl-terminated poly(etherimide) [J]. Composites Science and Technology, 2003, 63(12): 1737-1748.

[7] 王石英, 刘杰, 孟江燕, 等. 纤维增强聚合物基复合材料老化研究进展[J]. 材料工程, 2011(7): 85-89.

Damage mode and failure mechanism of starch based API gluelam bonding

Shi Junyou, Xu Wenbiao, Wang Shumin

(Beihua University Wood Material Science and Engineering Key Laboratory of Jilin Province, Jilin, Jilin 132013, China)

[Abstract] The starch-based aqueous polymer isocyanate (API) gluelam bonding as the research object, with tensile shear strength as a key evaluation index, accelerated aging tests on gluelam bonding to study damage mode and failure mechanism of the bonding. The results show that: the adhesive fracture properties of ductile fracture structure, and with the increase of aging time, the damage mode of the bonding transforms from cohesion damage mode to the integrated mode of cohesion damage and interface damage. In the early stage of the aging tests, the effect of temperature on the tensile shear strength is more important; however, with the increase of aging time, the effect of humidity on tensile shear strength becomes more important.

[Key words] bonding structure; accelerated aging; fracture character; damage mode

(上接 16 页)

The research and development of biomass fuel pellets production line and key manufacturing technology

Zhu Dianxiang

(Nanjing Forestry University, College of Materials Science and Engineering, Nanjing 210037, China)

[Abstract] As an important field of the conversion of biomass energy, biomass fuel pellets (commonly known as "wood-pellet") get more and more attention. This paper discusses the combustion performance, the effect of energy conservation and emissions reduction, manufacturing technology and research achievement of the key production equipments. On the basis, the large-scale (annual output of 2.0×10^5 t) and low-cost wood-pellet production line is completed finally, which has an important demonstration significance to promote the healthy development of wood-pellet industry.

[Key words] biomass fuel pellet; combustion performance; energy conservation and emissions reduction; production line; manufacturing technology; key equipments