

研究与开发

麦秸刨花板的耐水性能研究

张洋

(南京林业大学木材工业学院, 南京 210037)

摘要: 本文研究了用MDI与UF两种胶粘剂以不同比率混合后制造的麦秸刨花板的耐水性能。结果表明:随着胶粘剂中MDI比率的增加,麦秸刨花板的耐水性能提高,但改善的程度逐渐趋缓;在一定范围内,提高麦秸刨花板的密度,可以降低其吸水厚度膨胀率。

关键词: 麦秸刨花板;吸水厚度膨胀率;耐水性能

中图分类号:TS721⁺.4, TS653.5 文献标识码:A 文章编号:1001-8654(2002)01-0017-03

Study on Waterproof Property of Wheat Straw Particleboard

ZHANG Yang

(College of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: The waterproof property of wheat straw particleboard, bonded with adhesive which mixed by methane diisocyanate (MDI) and urea-formaldehyde (UF) resin in different proportion, was researched in this paper. The result showed that waterproof property of the board was improved in a gradually slow way with increasing the ratio of MDI in adhesive. In a certain range, the thickness swelling would decrease with increased density of the board.

Key words: Wheat straw particleboard; Thickness swelling; Waterproof property

我国对麦秸刨花板制造工艺的研究已有十多年的历史,最初主要沿用木材刨花板的制造技术^[1],虽然成本较低,但板材性能较差^[2,3],未能形成工业化生产。近年来,由于美国、加拿大等采用二苯基甲烷二异氰酸酯(MDI)胶粘剂,并改进相应的制造技术,生产出了高质量的麦秸刨花板,使该产品在工业化生产方面取得了新进展^[4~6]。对此,国内的一些教学、科研单位也作了深入研究,并开发了用MDI与UF混合胶粘剂生产麦秸刨花板,其质量达到优质刨花板的要求,而且成本比使用单一MDI胶粘剂的麦秸刨花板有所降低^[7~9]。然而,要发展这种产品,首先需要考虑麦秸刨花板的应用问题,例如刨花板的尺寸稳定性问题。按照普通刨花板标准,测定刨花板吸水厚度膨胀率的时间通常是2h,时间较短,不能很好地反映刨花板的尺寸稳定性。东北林业大学的顾继友教授曾经研究了木质刨花板在较长时间内的厚度变化模型,为实际应用提供了很好的理论基础。同样,麦秸由于自

身密度低,压缩率较大,热压时锁定的内应力较高,因此,有必要延长麦秸刨花板的浸水时间,使其内应力充分释放,并检测在此过程中板的厚度变化。

1 材料和方法

1.1 试验材料

麦秸 为江苏建湖县收购的当年麦秸,在通风、干燥处堆放备用。

胶粘剂 采用MDI和UF两种树脂混和胶。其中MDI树脂市售,牌号MR-400(日本产),深棕色液体,粘度450 mPa·s,不挥发分含量99.5%,pH值6.2;UF树脂来源于建湖轻工通用机械厂刨花板车间,固体含量54.7%,粘度230 mPa·s,pH值7.9,固化时间95 s(100℃)。

1.2 试验方法

麦秸刨花板的制造工艺类似于普通刨花板,麦秸刨花制备使用植物粉碎机一次加工而成。热压后的麦秸刨花板需放置两周后测试,试件长宽尺寸均为25 mm。

收稿日期:2001-07-16

本文作者:张洋(1956-),男,南京林业大学木材工业学院副教授,博士研究生。

测试时恒温水浴锅的温度为 $(20\pm 1)^{\circ}\text{C}$,从麦秸刨花板试件入水开始计时,每隔一定时间,测其厚度膨胀率。测试初期,由于其厚度变化较快,测试间隔时间较短,随后间隔时间延长。总测量时间为96 h。

2 结果与讨论

2.1 麦秸刨花板的变形原因

麦秸刨花板的变形原因主要是其内应力和本身的不稳定体系(或称介稳体系)存在的。前者是膨胀和变形的动力,后者是条件。应力会自发地使麦秸刨花板体系向着对应条件下的稳定体系转化,使内应力以膨胀功耗能量和非膨胀功耗能量的方式消耗和释放。对于高分子体系,在外加载荷作用下,会不同程度地发生弹性变形、粘弹变形和粘性变形^[10]。麦秸刨花板是复杂的多组分高分子体系,其内应力本质上是麦秸刨花板在热压过程中锁定的外载荷,具有与外加载荷一样的作用性质。当麦秸刨花板含水率变化较大时,存在明显的吸湿膨胀或解吸收缩,同时引起内应力的进一步变化而产生胶接点破坏等。

麦秸刨花板的内应力,一方面由热压时锁定的外载荷转化而成,其大小可用压缩率定性描述。压缩率越大,锁定的内应力越大,但由于热压后麦秸、胶粘剂及“麦秸-胶粘剂”中的物理化学反应,使得锁定的内应力与压缩率之间失去正比性;另一方面是麦秸刨花板内部的各向异性或环境变化所致。例如,热压中板坯受热是从表层向芯层传递,表层和芯层存在一定的温度差异,此热作用差异和微区物理化学性质(结构、构造和胶粘剂分布情况等)差异将产生水分重新分布差异。由于水分在板厚度上呈一定的梯度分布,其本身就可能存在新的内应力。当麦秸刨花板吸湿或解吸时,由于含水率梯度和微区差异使得水分变化不同,导致变形量不同,其产生的内作用力也不同,即又有一个新的内应力产生。此外,与木材相似,麦秸刨花板在使用时,也随着外界环境(主要是温度和湿度)的变化而发生力学参数的改变。当温度变化时,板内会产生新的内应力分布;当湿度变化时,造成麦秸刨花板的解吸或吸湿,由此产生体积膨胀或收缩应力。

2.2 MDI 与 UF 用量比值影响

分别取 MDI 与 UF 的比值为 0.20、0.50、0.80,其余工艺参数固定为:热压温度 150 $^{\circ}\text{C}$,热压时间 8 min,板厚 10 mm,密度 0.75 g/cm³;MDI 和 UF 的总施胶量为 10%。根据以上工艺压制麦秸刨花板,并测其吸水厚度膨胀率(TS)与时间(t)的关系(见图

1)。根据图中的各测试点进行回归分析,得出三组回归方程 $TS(t) = a - be^{-t/\tau}$ (见表 1)。其中, a 表示麦秸刨花板的最大吸水厚度膨胀率, b 是用此厚度变化模型回归后求得的系数, τ 表示反映麦秸刨花板尺寸稳定性而又具有动力学性质的参数,由麦秸原料、胶料类型及用量、热压工艺、麦秸刨花板密度等因素决定,其值越大,则麦秸刨花板达到最大厚度膨胀率的时间越长,表明在一定时间内,该板的尺寸稳定性越好。从表 1 可知:随着 MDI 用量增加,麦秸刨花板的最大厚度膨胀率越小, τ 值越大。其原因是 MDI 可以和麦秸组分中的羟基产生化学结合,在麦秸之间的胶合处达到永久防水的效果,使麦秸刨花板的尺寸稳定性提高。当 MDI/UF 从 0.20 增加到 0.50 时,麦秸刨花板的最大厚度膨胀率从 25.93% 降低到 12.57%;当 MDI/UF 从 0.50 增加到 0.80 时,麦秸刨花板的最大厚度膨胀率从 12.57% 只降低到 10.51%。表明板材最大厚度膨胀率的降幅呈渐小趋势,从性价比的合理性考虑,MDI 用量不宜过多。

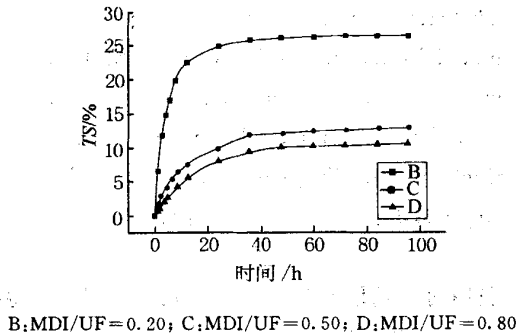


图 1 不同 MDI/UF 比值对麦秸刨花板吸水厚度膨胀率的影响

Fig. 1 Influence of MDI/UF ratio on TS of wheat straw board

表 1 不同 MDI/UF 比值的麦秸刨花板吸水厚度膨胀率的回归方程

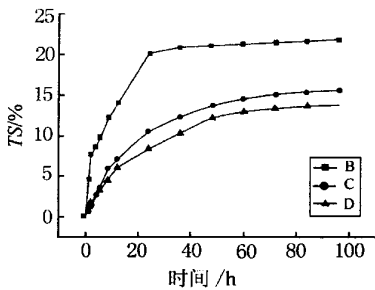
Tab. 1 Regression equation of TS of wheat straw board in different MDI/UF ratio

MDI/UF 比值	回归方程	相关系数 R^2	最大相对误差/%		
			a	b	τ
0.20	$TS(t) = 25.93 - 24.09e^{-t/5.26}$	0.9965	1.70	4.05	9.49
0.50	$TS(t) = 12.57 - 11.66e^{-t/13.51}$	0.9958	2.04	3.38	10.07
0.80	$TS(t) = 10.51 - 10.09e^{-t/15.87}$	0.9923	1.05	1.54	4.89

2.3 麦秸刨花板的密度影响

分别取麦秸刨花板的密度(ρ)为 0.65、0.70、0.75 g/cm³。其余工艺参数分别为热压温度 150 $^{\circ}\text{C}$,热压时间 8 min,板厚 10 mm,MDI/UF 取 0.40,总施胶量 10%。根据以上工艺压制麦秸刨花板,并测定不同密度麦秸刨花板的吸水厚度膨胀率与时间的关

系(见图 2)。根据图中各测试点进行回归,得出 3 组回归方程 $TS(t) = a - be^{-t/\tau}$ (如表 2 所示)。从表 2 可知:在试验区内,随着麦秸刨花板密度的增加,其最大厚度膨胀率越小, τ 值越大。即在一定范围内,增加麦秸刨花板的密度,有助于提高板的尺寸稳定性。其原因是因为板密度增加,麦秸之间接触紧密,MDI 和 UF 胶粘剂能够更充分发挥作用,与麦秸中的亲水性基团发生反应,减少了亲水性基团的数量,提高了麦秸刨花板的永久性防水效果,使麦秸刨花板的尺寸稳定性提高。



B: $\rho = 0.65 \text{ g/cm}^3$; C: $\rho = 0.70 \text{ g/cm}^3$; D: $\rho = 0.75 \text{ g/cm}^3$
图 2 麦秸刨花板的密度对其吸水厚度膨胀率的影响

Fig. 2 Influence of density on TS of wheat straw board
表 2 不同密度麦秸刨花板的吸水厚度膨胀率的回归方程

Tab. 2 Regression equation of TS of wheat straw board in different density						
密度 g/cm ³	回归方程	相关系数 R^2	最大相对误差/%			
			a	b	τ	
0.65	$TS(t) = 21.59 - 19.77e^{-t/10.87}$	0.9948	2.03	3.82	10.58	
0.70	$TS(t) = 15.53 - 15.40e^{-t/21.28}$	0.9926	1.01	1.14	3.84	
0.75	$TS(t) = 14.20 - 13.64e^{-t/26.32}$	0.9937	1.82	1.91	6.30	

2.3 麦秸刨花板的可逆和不可逆厚度膨胀
麦秸刨花板的厚度膨胀与木材刨花板相似,分为可逆和不可逆厚度膨胀两部分^[10]。可逆厚度膨胀为麦秸本身的自然膨胀,其可逆厚度变化是由麦秸的吸湿膨胀性能所决定的,其大小取决于麦秸刨花板在环境变化达到吸湿平衡时所产生的含水率改变。当麦秸刨花板湿胀后再干燥,其厚度不会再恢复到原来的厚度,由此产生的厚度差被称为不可逆厚度膨胀,是由于麦秸刨花恢复了本身的形状、麦秸刨花压密的反作用以及麦秸刨花之间的胶结破坏所致。

热压后的麦秸刨花板暴露于高湿环境下,其厚度膨胀包括麦秸的自然膨胀和麦秸刨花压缩变形的恢复。这种不可逆厚度膨胀的量主要与在热压期间产生以及胶固化、板冷却后锁定在板中的压缩应力有关。不可逆厚度膨胀对刨花板耐久性的影响不仅表现在板厚度的变化上,而且可降低板的强度性能。

表 3 不同 MDI/UF 比值时麦秸刨花板的吸水厚度膨胀率
Tab. 3 Comparison of TS of wheat straw board in different MDI/UF ratio

MDI/UF 比值	最大厚度膨胀率 %	可逆厚度膨胀率 %	不可逆厚度膨胀率 %
0.20	25.93	13.48	12.45
0.50	12.57	7.87	4.70
0.80	10.51	8.92	1.59

表 4 不同密度时麦秸刨花板的吸水厚度膨胀率
Tab. 4 Comparison of TS of wheat straw board in different density

板密度 g/cm ³	最大厚度膨胀率 %	可逆厚度膨胀率 %	不可逆厚度膨胀率 %
0.65	21.59	14.14	7.45
0.70	15.53	10.61	4.92
0.75	14.20	9.89	4.31

3 结论
1) 热压后的麦秸刨花板是一个不稳定体系,存在内应力。麦秸刨花板的变形原因主要是其内应力和本身的不稳定体系(或称介稳体系)的存在。前者是膨胀和变形的动力,后者是条件。
2) 随着胶粘剂中 MDI 用量比例的增加,麦秸刨花板的最大厚度膨胀率越小,系数 τ 值越大,尺寸稳定性提高。
3) 在一定范围内,增加麦秸刨花板的密度,使麦秸之间接触紧密,MDI 和 UF 胶粘剂充分发挥作用,可减少麦秸亲水性基团的数量,有助于改善麦秸刨花板的尺寸稳定性。

参考文献:
[1] 李凯夫,等. 麦秸特性与制板工艺的研究[J]. 林产工业,1990, 17(1):30~35.
[2] Guangping Han, etc. Upgrading of Urea Formaldehyde-bonded Reed and Wheat Straw Particleboards Using Silane Coupling Agents[J]. J Wood Sci., 1998,(44):282~286.
[3] Guangping Han, etc. Improvement Mechanism of Bond Ability in UF-bonded Reed and Wheat Straw Boards by Silane Coupling Agent and Extraction Treatments[J]. J. Wood Sci., 1999, (45):299~305.
[4] Sauter S. Development Composites from Wheat Straw. In: Proceedings of the 30th International Particleboard/Composite Material Symposium[J]. WSU, 1996: 197~214.
[5] Rich Donnell. Act is Key Participant in Wheat Straw Panel Mill Surge in United States[J]. Panel World, May,1998, 33~34.
[6] David A. Pease. Resin Advances Support Strawboard Development[J]. Wood Technology, March, 1998,30~40.
[7] 周定国,梅长彤. 面向 21 世纪的农作物秸秆工业[J]. 南京林业大学学报,2000,(5):1~4.
[8] 南京林业大学中密度麦秸板课题组. 中密度麦秸板的生产性试验研究[J]. 林业科技开发变化,1999,(3):28~29.
[9] 张洋,华毓坤. 麦秸人造板的胶合机理研究[J]. 林产工业, 2001,28(1):41~43.
[10] 王逢瑚. 木质材料流变学[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社, 1997,243~273.