

麦秸表面的润湿性研究

张洋, 华毓坤

(南京林业大学, 南京 210037)

摘要: 本研究测定了异氰酸酯和脲醛树脂胶粘剂对麦秸不同部位表面的接触角, 并通过测量不同表面张力的液体对麦秸的接触角, 推算出麦秸表面的自由能。结果表明: 麦秸表面的自由能较低; 麦秸的纵向和横向均存在润湿性能的差异。

关键词: 麦秸; 接触角; 表面自由能

中图分类号: TS721⁺.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2001)02-0006-03

A Study of Moist Character of Wheat Straw

ZHANG Yang, HUA Yu-kun

(Nanjing Forestry University, Nanjing 210037)

Abstract: In this study, the surface contact angle among methane diisocyanate (MDI), urea-formaldehyde resin (UF) and different parts of wheat straw were tested, and the surface free energy of wheat straw was reckoned by testing the contact angle between liquid with different surface tensile and wheat straw. The result showed that the surface free energy of wheat straw was low and there was difference in the longitudinal and cross directions of the wheat straw.

Key words: Wheat straw; Contact angle; Surface free energy

我国麦秸资源丰富, 年产量达1亿t左右, 利用麦秸生产人造板, 不仅可以弥补有林地区因禁伐而引起的原料供应不足, 也可以为缺林但有麦秸资源地区提供生产人造板的机遇。生产麦秸人造板的胶粘剂主要是异氰酸酯(MDI)和脲醛树脂(UF)。前者生产的麦秸板不含游离甲醛、物理力学和化学性能优良, 但价格较高; 后者虽然价格较低, 但不能生产高质量的麦秸板。为了寻找适合麦秸板生产、价格合理的胶粘剂, 有必要研究这两种胶粘剂对麦秸表面的润湿性能。本研究采用显微望远镜仪测量了异氰酸酯和脲醛树脂胶粘剂对麦秸不同部位表面的接触角, 并通过测量一系列不同表面张力的液体对麦秸的接触角推算出麦秸表面的自由能。

1 材料及方法

1.1 试验材料

收稿日期: 2000-07-17, 修改稿: 2000-09-19

第一作者: 张洋(1956-), 男, 南京林业大学副教授, 博士研究生。

麦秸来源于南京市郊, 为当年收割。其主要化学成分如下^[1]:

灰分 / %	8.28
热水抽出物 / %	11.53
1%NaOH 抽出物 / %	42.59
苯-醇抽出物 / %	4.37
戊聚糖 / %	24.04
综纤维素 / %	68.42
总木质素 / %	20.76

麦秸的化学成分与木材基本相同, 主要是纤维素、半纤维素和木素, 其中纤维素以微纤丝形式存在, 形成细胞壁的骨架, 半纤维素和木素起填充作用, 还包含少量的糖、油脂物、蜡、灰分中的硅等。麦秸纤维长度为0.80~1.85 mm, 宽度13.1~17.9 μm , 长宽比为37~104, 细胞壁厚度3.36~5.25 μm , 胞腔直径5.82~10.39 μm 。

胶粘剂 MDI 由市场购买, 牌号为 MR-400 (日本产), 是一种不同官能度的多异氰酸酯混合物。深棕色液体, 粘度 450 mPa·s, 不挥发分含量 99.5%, pH

值 6.2;UF 树脂来源于江苏省建湖轻工通用机械厂刨花板车间。其固体含量 54.7%,粘度 230 mPa·s, pH 值 7.90,固化时间 95 s。

试验仪器 主要为国产显微望远测角仪。

1.2 试验方法

接触角测定 分别将被测液体滴一小滴在麦秸表面上,5 min 后通过显微望远测角仪测出该液体与麦秸表面之间的接触角,每种条件均重复 10 次。

表面自由能测试 通过测定一系列不同表面张力的液体对麦秸表面的接触角,然后在坐标纸上描点,通过外推法近似求得其表面自由能^[2]。

2 结果及分析

2.1 麦秸表面的润湿性能

从胶粘剂润湿的热力学条件可知,液体对被胶接物表面的接触角及表面张力可以反映出胶粘剂对该物体的润湿性^[3]。表 1 列出了 MDI、UF 以及 MDI 与 UF 混合(1:1)胶液与麦秸、柳安及意杨单板表面之间的接触角。从表中可知:与柳安及意杨相比,UF 以及 MDI-UF 混合胶液对麦秸表面的润湿性能较差(接触角较大);MDI 对麦秸和柳安及意杨单板的润湿性能相似;MDI 与 UF 相比,前者对麦秸有较好的润湿性能。

表 1 表面接触角测定结果

Tab. 1 Testing result of surface contact angle

试 材	不同胶粘剂对试材表面接触角/(°)		
	UF	MDI	UF+MDI
麦秸外表面	77.2	39.8	59.3
麦秸内表面	71.7	34.1	56.7
麦秸中心层表面	61.4	32.5	50.2
柳安单板表面	43.8	33.3	42.9
意杨单板表面	48.3	35.7	46.1

由于麦秸表面蜡质含量较高,会阻碍水溶性 UF 的渗透,所以宏观上表现为 UF 对其表面的接触角较大。而 MDI 是一种反应型的胶粘剂,能与麦秸及木材表面的一OH、—COOH 等活性基团反应,而且在反应前 MDI 以小分子状态存在,很容易渗入麦秸表面。

2.2 麦秸表面的自由能

表面自由能是产生一单位面积无应力表面所需要的能量。国外学者认为,固体的表面自由能与液体的临界表面张力非常接近,因此,可以通过测算临界表面张力来估算固体的表面自由能。表 2 列出了一系列不同表面张力的液体(在水中加入不同比例的木素类表面活性剂调制而成)与麦秸表面接触角之间的关系,根据表中数据可以作出图 1。通过将连线外推至

cosθ=1 处的平行于横坐标的直线相交,其交点所对应的表面张力值即为临界表面张力,也就是麦秸表面自由能的近似值。从图 1 可知:麦秸外表面自由能约为 25 mJ/m²,内表面的约为 30 mJ/m²,比木材低得多。Marian^[3]曾求出花旗松、加州铁杉和欧洲栎木的表面自由能分别为 57.80、56.50 和 40.80 mJ/m²,Liu 等^[4]曾求出云杉木材纤维的表面自由能为 47.0 mJ/m²。

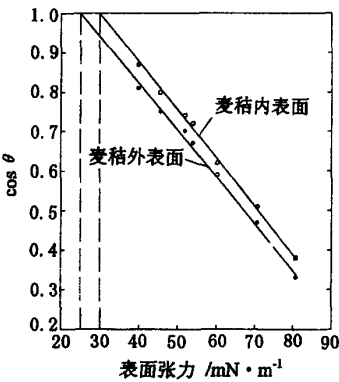


图 1 液体表面张力与麦秸表面接触角的关系

Fig. 1 Relation between liquid surface tension and surface contact angle of wheat straw

表 2 液体表面张力与麦秸表面接触角之间的关系

Tab. 2 Relation between liquid surface tension and surface contact angle of wheat straw

液体表面张力 mN·m ⁻¹	麦秸外表面 接触角/(°)	cos θ	麦秸内表面 接触角/(°)	cos θ
39.77	36.6	0.8028	29.5	0.8704
45.53	41.7	0.7466	37.1	0.7976
51.90	45.5	0.7009	42.0	0.7431
54.0	48.0	0.6691	43.9	0.7206
60.30	53.8	0.5906	51.8	0.6184
70.67	62.1	0.4679	59.5	0.5075
80.83	70.5	0.3338	67.6	0.3811

2.3 麦秸纵向及秆壁中心层的润湿性能

由于麦秸自身结构上的差别,使其纵向及横向存在着润湿性能的差异。以 UF 树脂对麦秸纵向不同高度为例,从麦秸根部向上,随着高度的增加,UF 树脂对麦秸表面的接触角逐渐变小(见图 2),但差值不大。对测试数据进行二次多项式回归,得出麦秸外表面的回归方程为:Y= - 0.0655X² - 0.4583X + 79.929;麦秸内表面的回归方程为:Y= - 0.0476X² - 0.4762X + 75.214。

从麦秸的显微构造(图略)中可知,在横切面上有四种基本组织:表皮组织,位于麦秸的最外层,结构比较紧密;机械组织,位于表皮层内侧,为 3~5 层纤维

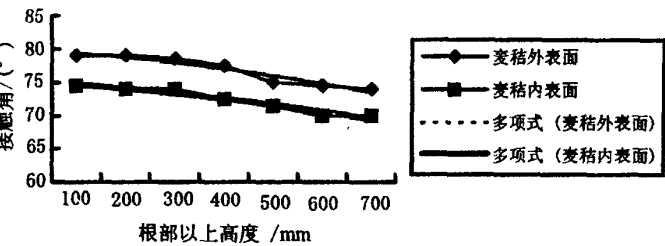


图 2 麦秸纵向表面接触角分布
Fig. 2 Distribution of portrait surface contact angle for wheat straw

合性能的提高。

3 结论

- 1) MDI 对麦秸的润湿性较好;UF 对麦秸的润湿性较差。
- 2)麦秸表面的自由能比木材要低得多。
- 3)从麦秸的根部向上,麦秸表面的润湿性能逐渐变好,但变化不大;麦秸中心层的润湿性能要比其内、外表面好。

参考文献:

[1] 张大同,等. 小麦草各部位纤维形态和化学组成的分析[J]. 中国造纸,1990,8(4):16~21.
[2] 李坚. 木质材料的界面特性与无胶胶合技术[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1989,18~25.
[3] 李兰亭. 胶粘剂与涂料[M]. 北京:中国林业出版社,1992,23~30.
[4] Liu, et al. Characterization of the Interface between Cellulose Fibers and a Thermoplastic Matrix[J]. Composite Interfaces, 1994, 2(6): 419~432.

细胞组成的纤维组织带;基本组织,所占比例较大,结构疏松,均由薄壁细胞组成;维管束组织,分布在纤维组织带和基本组织中。由于麦秸的厚度较薄(0.10~0.40 mm),所以在测试麦秸的横向润湿性能时,仅在其内、外表面和中心层的位置测试了 MDI 和 UF 树脂胶粘剂对其表面的接触角(见表 1)。结果表明:麦秸中心层的润湿性能要比其内、外表面好得多。因此,在制造麦秸刨花板时,原料粉碎细一些,有利于其胶

(上接第 5 页)

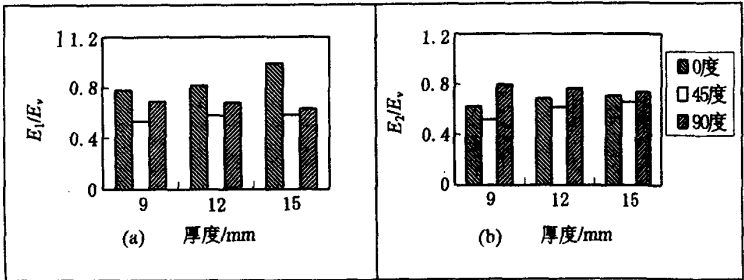


图 5 胶合板弯曲振动抗弯弹性模量与纵波传播抗弯弹性模量的关系
Fig. 5 Relation between MOE of plywood measured by flexural vibration and longitudinal transmission test

4 结论

利用弯曲振动法、纵波共振法、纵波传播法测得的胶合板动态抗弯弹性模量之间有一定差异,有的甚至差异较大,但它们之间存在较密切的相关性。

- 1) 胶合板的面外弯曲振动抗弯弹性模量与纵波共振抗弯弹性模量间有如下关系:当 $\theta=0^\circ$ 时, $E_1/E_p > 1$; 当 $\theta=45^\circ$ 时, $E_1/E_p \approx 1$; 当 $\theta=90^\circ$ 时, $E_1/E_p < 1$ 。
- 2) 胶合板的面内弯曲振动抗弯弹性模量与纵波共振抗弯弹性模量之间有如关系:当 $\theta=0^\circ$ 时, $E_2/E_p = 0.981 \sim 1.017$, 当 $\theta=45^\circ$ 时, $E_2/E_p = 1.026$

~ 1.073 , 当 $\theta=90^\circ$ 时, $E_2/E_p = 0.948 \sim 1.010$ 。

- 3) 胶合板的面外弯曲振动抗弯弹性模量与纵波传播抗弯弹性模量间有如下关系:当 $\theta=0^\circ$ 时, $E_1/E_v = 0.779 \sim 0.995$, 当 $\theta=45^\circ$ 时, $E_1/E_v = 0.535 \sim 0.581$, 当 $\theta=90^\circ$ 时, $E_1/E_v = 0.634 \sim 0.690$ 。

- 4) 胶合板面内弯曲振动抗弯弹性模量与纵波传播抗弯弹性模量间有如下关系:当 $\theta=0^\circ$ 时, $E_2/E_v = 0.623 \sim 0.709$; 当 $\theta=45^\circ$ 时, $E_2/E_v = 0.517 \sim 0.660$; 当 $\theta=90^\circ$ 时, $E_2/E_v = 0.741 \sim 0.796$ 。

参考文献:

[1] 日本非破坏检查协会编. 非破坏检查的实际[R]. 日本:东京, 1957.
[2] Ross J R, Pellerin F R. Nondestructive Testing for Assessing Wood Member in Structure[J]. FPL-GTR-70, 1994.
[3] Hearmon R F S. The Influence of Shear and Rotatory Inertia on the Free Flexural Vibration of Wooden Beams[J]. Brit. J. Appl Phys., 1958, 9(10):381~388.