

稻草刨花板制造工艺的初步研究

郝丙业

刘正添

(中国林科院木材工业研究所 北京 100091) (北京林业大学 北京 100083)

摘要 探讨了以脲醛(UF)胶和以异氰酸酯(PMDI)改性的UF胶制造稻草刨花板的可行性。结果表明,用UF胶很难制造出较高强度的刨花板,以PMDI改性可明显提高UF胶对稻草的胶着力。通过对改性胶的施胶方式、固化剂用量与板材性能关系的研究,以及对制板主要工艺参数的正交试验,提出了制造稻草刨花板的工艺条件。

关键词 稻草;刨花板;脲醛树脂胶;异氰酸酯胶

1 前言

木材短缺已成为世界性问题,节约代用是解决这一问题的的重要途径之一。人造板工业的崛起为提高木材利用率和节约代用木材开辟了广阔前景,特别是非木材人造板生产技术的开发为解决平原地区木材供应严重不足和促进农村致富创造了条件。近年来利用蔗渣、棉秆、竹材为原料生产各种板材的工厂或车间不断涌现,但对麦秸和稻草在这方面的利用却罕见报导^[1,2]。中国是一个农业大国,谷类种植遍及全国,稻、麦草年产近3亿吨^[3],利用潜力实为可观。

本文旨在探讨以脲醛树脂和以异氰酸酯改性的脲醛树脂为粘接剂,以稻草为原料制造刨花板的工艺可行性。

2 原、辅材料及实验方法

2.1 原料和辅助材料

稻草:产于北京地区,含水率15%~20%;

脲醛(UF)胶:为北京木材厂刨花板生产用胶(N-12),固含量66%,pH=7.86,粘度315mPa·s;

异氰酸酯(PMDI,商品名MR):烟台合成革厂实验车间生产。固含量100%,常温时为液态,不溶于水。化学结构式为多苯

基多次甲基多异氰酸酯(PMDI);

石蜡乳液:北京木材厂刨花板生产用乳液,比重 ≤ 0.95 ,固含量 $\geq 30\%$;

固化剂:部分实验采用 NH_4Cl 为UF胶的固化剂,化学纯,调配成浓度为20%的水溶液。

2.2 刨花制备

不经任何处理的稻草在鼓式削片机(PH 120×430-PALLMANN)上切成段状,再以双鼓轮刨片机(PALLMANN)再碎成细丝状刨花。用圆筛筛选,筛除过细粉末和没有被打碎的长杆及草叶,合格部分用于制版。筛分值如表1。将表、芯层刨花在电热鼓风干燥箱(F82-2)中烘干至含水率为 $5\pm 1\%$,然后用塑料袋密封,至平衡含水率之后待用。

2.3 制板工艺

刨花施胶采用DRA-IS拌胶机和PQ-2型喷枪。拌胶后的刨花用UM200型快速含水

表1 制板刨花的筛分值

筛网直径(mm)	组成(%)	用途
>12	3.7	无用
12~5	34.5	芯层
5~2	18.7	表层
2~1	19.0	表层
<1	24.1	无用

收稿日期 1992-10-08

率测定仪测量刨花含水率。若含水率偏低,用喷枪适量加水至含水率接近预定值。刨花用手工铺装成均匀结构的板坯,幅面 $30\text{cm} \times 30\text{cm}$ 。板坯先经预压(50吨实验用冷压机),而后再用单层电加热压机进行热压。分别采用两种施胶方法:混合施胶,即将UF胶与MR相互混合;分别施胶,先将MR用丙酮溶解稀释后喷于刨花表面,然后再施以UF胶。所有实验的制板工艺条件为:板厚 12mm ;分层铺装;表芯层重量比为 $1:4:1$ 。正交试验的因素及其水平见表2,

表2 正交试验的因素及其水平※

因子	温度A ($^{\circ}\text{C}$)	剩余项 B	板坯含水 率C (%)	时间D (min)	密度E (g/cm^3)
水平					
1	$A_1=150$		$C_1=9.5$	$D_1=7.5$	$E_1=0.62$
2	$A_2=160$		$C_2=10.5$	$D_2=8.0$	$E_2=0.67$
3	$A_3=170$		$C_3=11.5$	$D_3=8.5$	$E_3=0.72$
4	$A_4=180$		$C_4=12.5$	$D_4=9.0$	$E_4=0.77$

※板厚 12mm ;表:芯:表= $1:4:1$ (重量比);施胶量= 9% UF+ 2% MR;表芯层施胶量相差 4% ;高压时间 $0.45\text{min}/\text{mm}$,压力 2.5MPa 。

采用 $L_{16}(4^5)$ 正交表。根据探索性试验结果来确立各因素的水平。

除正交试验以外,其它试验的制板条件均为:温度 150°C ,压力 2.5MPa ,时间 $45\text{s}/\text{mm}$ (其中高压时间 $0.45\sim 0.5\text{min}/\text{mm}$ 板厚)。预压压力和时间均采用 1.5MPa 和 15s ,表、芯层施胶量相差 4% 。为防止鼓泡,分3段卸压。

2.4 板的性能测试

刨花板压制完毕,置于室内平衡 48hr 。再按GB 4900~4905—85测试有关物理力学性能指标。

3 结果与讨论

3.1 探索性试验

3.1.1 UF胶制板的可行性

表3数据指出,以UF压制的稻草刨花板的强度与同等密度的木材刨花板相比要低

表3 UF施胶量与板性能的关系

施胶量 (%)	12	14	16	18
指标				
密度(g/cm^3)	0.79	0.81	0.79	0.80
MOR(N/mm^2)	11.6	15.6	17.1	18.6
IB(N/mm^2)	0.13	0.17	0.21	0.23
TS (%)	20.2	13.3	8.3	6.9

注:固化剂用量:表层 0.5% ,芯层 1.0% ;防水剂: 1% ;MOR为静曲强度;IB为内结合强度;TS为吸水厚度膨胀率。

得多。这一事实与陆仁书^[1]用UF胶压制麦秸刨花板的结果一致(板密度达 $0.8\text{g}/\text{cm}^3$ 以上时,只能满足二级品要求)。应向东等^[2]用PF(酚醛树脂)胶和PVA(聚醋酸乙烯酯)改性的UF胶制造麦秸刨花板的结果亦与本实验相似。导致这一现象的主要原因可能有两个:第一,草片表面含有光滑的蜡质层,胶液润湿程度很低,从而降低了表面的胶合性能;第二,谷草类的茎秆纤维中,纤维素含量低于木材,草片本身强度比木刨花低,亦可导致成品板的强度低。

应该指出,本试验所用的刨花是经削片和双鼓轮刨片两次加工而成,草片表面的光滑蜡层已经受到很大程度的破坏,使表面的润湿性提高。即使如此,产品质量仍不能满足要求。因此可以得出结论:使用常规的刨花板胶粘剂和制板条件难以制造出合格的稻草刨花板,需要寻找新的粘附性强、胶合强度高的胶粘剂品种,以明显改善板的质量。这种新胶种之一便是异氰酸酯胶^[4]。

3.1.2 以PMDI改性的UF胶制板的可行性

Jensen^[5]用PMDI改性的UF胶制取麦草板,取得了较好的效果。本研究以PMDI改性的UF胶所制板的结果列表4。

表4证明,加 2% 的MR(即PMDI)后,成板的内结合强度(IB)比单纯的同等施胶量的UF胶板(见表3)提高3倍以上;分别施胶的效果优于混合施胶。后一点与作者的想法一致,将昂贵的MR全部直接施于稻草表面,使其尽量分散并分布均匀,在稻草

表4 改性胶施胶量、施胶方式与板材IB的关系

施胶量	施 胶 方 式			
	A (混合施胶)		B(先施MR, 后 施UF)	
	密 度 (g/cm ³)	IB (N/mm ²)	密 度 (g/cm ³)	IB (N/mm ²)
UF+MR				
(%)				
10+2	0.78	0.45	0.80	0.54
10+2	0.90	0.50	0.91	0.0
9+2	0.79	0.38	0.78	0.44
9+2	0.90	0.47	0.89	0.55
8+2	0.79	0.32	0.79	0.38
8+2	0.89	0.41	0.95	0.49

注: ①UF中加0.5%NH₄Cl。

②MR在表芯层中的用量相同, 均为2%。

和UF之间形成“桥梁”, 提高了UF胶的胶合强度。制板过程中还发现, 当总的施胶量相同时, 施改性胶以后的刨花并不象施纯UF胶的刨花那么粘手, 比较松散。

MR本身的粘附性好, 对草类茎秆表面的附着力强。此外, MR是多苯基多次甲基多异氰酸酯的聚合物, 含有反应性极强的官能团——NCO, 它可以和许多含活泼氢的物质(如氨、醇、水等)迅速反应, 生成聚氨酯化合物。在一定条件下, 还可以和木素、聚糖等木材组分反应^[6, 7]在热压条件下, 原料中的水分可参与和异氰酸酯的反应, 这一事实已由本研究的热分析部分证实(详见《木材工业》Vol.7, NO.2“应用DSC研究脲醛树脂胶和异氰酸酯胶混合液的固化过程”)。上述各种反应的综合结果, 加强了板的强度。

3.1.3 NH₄Cl对改性胶的影响

MR的高反应性既给制板带来许多好处, 同时又引起许多不便。如MR可和金属反应, 导致热压时粘板现象严重, 尤其在混合施胶时, 所以必须使用脱模剂。另外, MR的反应特性决定了制板工艺的特殊性。一个必须考虑的问题是, 在有MR存在的条件下, UF胶中的固化剂(NH₄Cl)是否还起到与纯UF胶一样的作用? 本研究的差热分析部分已证

实, NH₄Cl与MR有相互抑制作用, 改变了混合胶的DSC图谱。因此, 有必要进一步实验, 以证实固化剂对改性胶稻草刨花板强度的影响。单因素(NH₄Cl用量)研究结果及其方差分析见表5。

表5 NH₄Cl用量与板材IB关系

NH ₄ Cl用量 (%)	IB (N/mm ²)					
	1	2	3	4	5	平均
0.0	0.43	0.42	0.44	0.39	0.40	0.42
0.2	0.39	0.38	0.40	0.37	0.38	0.38
0.3	0.33	0.29	0.31	0.32	0.32	0.32
0.4	0.26	0.28	0.27	0.29	0.24	0.27
0.5	0.23	0.21	0.24	0.26	0.25	0.24

注: ①NH₄Cl用量以UF中干固体物为基准;②总施胶量为(9+2)%; 板密度0.7g/cm³, 制板条件见表2说明;③单因素方差分析: F=4.50, 而F_{0.05}=2.87, 故差异显著。

结果表明, 固化剂的用量已对板的胶合强度造成显著影响, 用量仅从0~0.5%, 就导致IB的急速下降。可以推断, MR的良好作用受到抑制, 其反应活性受pH的影响较大。

据以上探索性试验结果, 以MR改性UF时, 不宜添加固化剂, 否则MR不能显示自身的特性。

3.1.4 施胶方式的再确定

前次进行A、B两个施胶方案比较(见表4)时, 在UF胶中均加入过NH₄Cl作固化剂。在不加固化剂的前提下, 是否仍以分别施胶为佳? 为此又安排了一次实验, 其结果列于表6。

表6 两种施胶方式的比较(无固化剂)

施胶量 (%)		IB (N/mm ²)		TS (%)	
UF	MR	A	B	A	B
9	2	0.39	0.34	6.9	7.2
10	2	0.43	0.39	5.9	6.5

注: 板密度为0.70g/cm³; A为混合施胶法, B为分别施胶(先施MR, 后施UF胶)法。

表6证明, 在不加固化剂时混合施胶的

效果优于分别施胶,这一结果与表4相反。对此现象作者提出如下解释:由于 NH_4Cl 对MR的反应性起抑制作用,如果混合施胶,则MR的优势不能发挥出来,故施胶效果不如分别施胶的效果好。但不加固化剂时,将少量(2%)的MR与大量(8%~10%)的UF胶混合均匀,分散于UF之中,能更好地起到交联剂的作用。据此,在今后的、为选择最佳制板工艺参数的正交试验中,选择MR与UF两胶混合后喷胶的施胶方式。

3.2 最佳制板工艺参数的选择

经探索性试验确定了制造稻草板所用的胶粘剂种类(以MR改性的UF胶)、调配方式(不加 NH_4Cl)以及施胶方法(混合施加),并为确定各因素的水平范围提供了依据(见表2),在此基础上进行最佳制板工艺的正交试验。由于考虑到MR可与水反应的特性及改性胶反应速度较快的特点,将板坯含水率列为一个因子进行考察,热压压力取恒量。板坯表、芯层含水率相差3%~4%;施胶量为2%(MR)+9%(UF)。按正交表 $L_{16}(4^5)$ 进行正交试验的结果及其方差分析见表7、8,直观分析见图1。

从正交实验结果及直观图可知,密度和温度是两个最为显著的因子,随着板子密度

表8 正交实验方差分析结果

因子 指标	温度	剩余项	表 层 含 水 率	时间	密度	F_α
TS	16.23 **		4.63	0.67	0.42	$\alpha=0.05$
MOR	10.56 **		2.49	1.76	32.51 ***	$F_{0.05}=9.28$ $\alpha=0.10$
IB	19.00 **		10.00 **	3.94	35.00 ***	$F_{0.05}=5.39$

的增加,其静曲强度和内结合强度明显提高,这也符合人造板力学性能变化的一般规律。温度的变化对所测试的三项性能指标都产生显著影响(表8)。温度在150℃到180℃的范围内,随着温度的升高,板的吸水厚度膨胀率增加,强度(包括静曲强度和内结合强度在内)下降,但考虑到热压机的生产效率,热压温度不宜过低。

板坯表层含水率也是影响成板性能的重要因子。这和改性胶的特性有关,较大的表、芯层含水率梯度可以加快传热速度,使板坯芯层的胶粘剂充分固化。另外,成板含水率较高,其吸水厚度膨胀率减小。一般情况下,热压终点控制在成板含水率为4%到6%的范围内。

根据产品的三个主要性能指标(TS, MOR, IB)所确立的最佳参数分别列于表7内,表中R为极差值。三个指标综合考虑,则可选定以下最佳工艺参数:

热压温度(℃) 150

热压时间(s/mm板厚) 40

板坯表层含水率(%) 10~11

成板密度(g/cm^3) 0.72

与此相配合的其它重要工艺条件:

胶粘剂种类:以MR改性的UF胶

施胶量:2%MR+9%UF

施加方法:混合施胶,不加固化剂

上述最佳工艺参数因故未能作重复试验。此外,在进行探索性试验时发现,石蜡乳液的施加量以及施加方法对产品性能有很大影响,为使研究因素过于复杂化,以保证将研究的重心置于

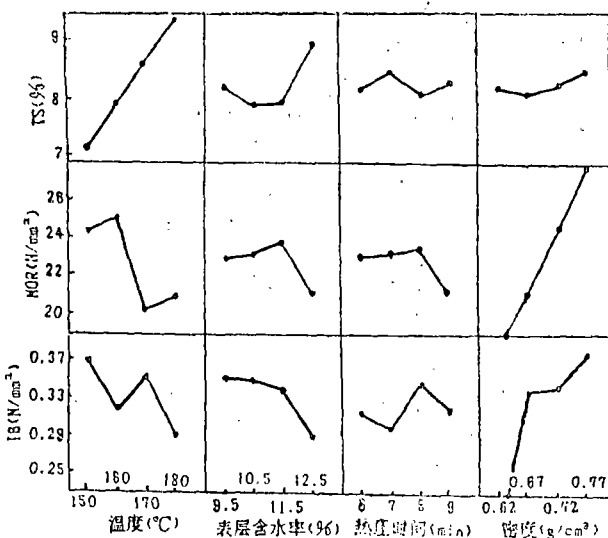


图1 正交试验结果直观图

表7 正交实验结果

	A (℃)	B	C (%)	D (min)	E (g/cm ³)	TS (%)	IB (N/mm ²)	MOR(N/mm ²)	板含水率 (%)
1	150	1	9.0	7.5	0.64	7.09	0.29	19.6	4.4
2	150	2	9.4	8.0	0.69	7.24	0.39	24.3	4.3
3	150	3	11.4	8.5	0.73	6.13	0.41	27.7	4.1
4	150	4	13.1	9.0	0.79	8.20	0.37	25.2	4.3
5	160	1	10.2	8.5	0.79	7.60	0.40	31.9	3.0
6	160	2	9.1	9.0	0.71	8.19	0.35	27.1	3.0
7	160	3	11.9	7.5	0.69	8.22	0.28	22.7	3.7
8	160	4	11.4	8.0	0.64	7.71	0.25	21.3	3.3
9	170	1	11.8	9.0	0.67	8.15	0.35	18.0	4.0
10	170	2	12.5	8.5	0.65	9.25	0.28	14.9	3.0
11	170	3	9.8	8.0	0.75	8.73	0.42	26.0	3.2
12	170	4	10.5	7.5	0.74	8.18	0.39	21.7	3.4
13	180	1	13.1	8.0	0.71	10.3	0.24	22.0	3.2
14	180	2	11.4	7.5	0.76	9.5	0.33	29.3	2.1
15	180	3	10.3	9.0	0.62	8.8	0.23	15.2	2.3
16	180	4	10.0	8.5	0.68	9.1	0.34	19.9	2.1

最佳参数与主次顺序

TS	K ₁	7.71	8.29	8.28	8.25	8.22	温度: 150℃ 时间: 8.5min 密度: 0.67g/cm ³ 含水率: 11.5% (表层), 11.5% (芯层) 温度>表层含水率>时间>密度
	K ₂	7.93	8.55	7.96	8.50	8.18	
	K ₃	8.59	7.97	7.87	8.03	8.20	
	K ₄	9.23	8.30	9.00	8.33	8.51	
	R	2.06	0.58	1.13	0.47	0.33	
MOR	K ₁	24.2	22.9	23.1	23.3	17.7	温度: 160℃ 时间: 8.5min 密度: 0.77g/cm ³ 含水率: 11.5% (表层), 8.5% (芯层) 密度>温度>表层含水率>时间
	K ₂	25.8	23.9	23.3	23.4	21.3	
	K ₃	20.1	22.9	24.1	23.6	24.6	
	K ₄	21.6	22.0	21.2	21.4	28.1	
	R	5.7	1.9	2.91	2.2	10.4	
IB	K ₁	0.37	0.32	0.35	0.32	0.22	密度: 0.77g/cm ³ 温度: 150℃ 含水率: 11.5% (表层); 8.5% (芯层) 时间: 8.5min 密度>温度>板坯含水率>时间
	K ₂	0.32	0.34	0.35	0.30	0.34	
	K ₃	0.36	0.33	0.34	0.35	0.35	
	K ₄	0.29	0.34	0.29	0.32	0.38	
	R	0.08	0.02	0.06	0.05	0.16	

MR改性UF胶的效果之上,故在正交试验中均未使用石蜡,将其排除在变量范围之外,待今后作专题研究。

应活性与介质pH值有关,如果酸性较大,则MR的反应活性被抑制,故无需添加NH₄Cl作为UF胶的固化剂。

4 结论

①以普通UF胶制取符合质量要求的稻草刨花板是难以实现的。

②以MR使普通UF胶改性(混合)是制造稻草刨花板的比较理想胶种。

③在MR与UF的混合胶液中,MR的反

5 参考文献

- 1 陆仁书.麦草特性与制板工艺研究.林产工业,1990,(1)
- 2 应向东.平压法生产麦秸板的研究.江西人造板研究所.
- 3 蒋远舟,向仕龙.非木质人造板.中国林业出版社,1989.

- 4 Forest Products Laboratory, Proceeding of 1980 Symposium, "Wood Adhesives—Research, Application and Needs."
- 5 Jensen O.A. SHS-straw particleboard. 1975, SUKKERFABRIKEN NYKOBING.
- 6 Ellis W D, Rowell Roger. Bonding of isocyanate to wood, Second Chemical Congress of the North American Continent, Las Vega, N.V. August, 1980
- 7 Paul Steiner, Suezone Chow. International of polyisocyanate adhesive with wood. For. Pro. Jour., 30 (7).

A primary study on the technology of making rice-straw particleboard

Hao Bingye

Liu Zhengtian

(The Research Inst. of Wood Industry, CAF) (Beijing Forestry Univ.)

Abstract The feasibility of manufacturing rice-straw particleboard was discussed when UF resin or the mixtures of UF resin and polymethylene diphenyl-diisocyanate (PMDI) were used as binders. The results showed that it was very difficult to produce a board with rather high strength when only UF resin was applied as a binder. However, the adhesion of UF resin to the surface of rice-straw was enhanced obviously by modification with PMDI. Based of study, the optimum technical conditions for making rice-straw particleboard were proposed.

Keywords Rice-straw, Particleboard, UF, PMDI

征 订 启 事

下列两本论文集从1993年8月开始征订。

《木材胶粘剂及人造板表面二次加工讨论会论文集》是根据1992年11月在重庆市举行的木材胶粘剂与人造板表面二次加工学术讨论会征集到的论文，由《木材工业》编辑部汇编而成，现已出版。内容包含：树脂合成机理探讨；单宁（包括树皮）胶粘剂的制造与应用技术；胶粘剂的调制及几种填充剂的开发与应用技术；装饰板用浸渍树脂的研制等。可供科研、教学、设计、生产和管理部门科技人员参考。论文集共收录论文33篇，22万字，每本定价10元。

《人造板生产与应用技术研讨会论文集》是根据1993年10月在山东烟台召开的人造板生产与应用技术研讨会征集到的论文，由《木材工业》编辑部汇编出版。内容包括：木材人造板与非木材人造板（如蔗渣、竹材、麻屑人造板）及模压制品的新产品开发；胶合板、纤维板、刨花板生产线的技术改造；人造板质量控制技术；生产装备的革新；人造板应用技术等。该论文集收录论文50篇，约30万字，预计于今年10月底前出版，每本定价13元。

需要订购的单位与个人，如尚未收到征订单，可向本编辑部函索，并将订款汇至：

北京市颐和园后中国林科院木材工业研究所29信箱，《木材工业》编辑部，邮编：100091