

研究与开发

异氰酸酯胶芦苇刨花板生产工艺研究

濮安彬 陆仁书 艾 军

摘要 芦苇的 SiO_2 含量高,使用脲醛胶(UF)难以获得良好的胶合结果。本研究采用二苯基甲烷二异氰酸酯(MDI)胶粘剂压制芦苇刨花板,试验结果表明,当MDI施胶量为4%和5%、刨花板的密度为 0.70 g/cm^3 时,其物理力学性能指标分别达到我国A类刨花板优等品和二等的标准要求。如果MDI单价由现在20.00元/kg下降到17.30元/kg,MDI芦苇刨花板和UF芦苇刨花板的生产成本相同。

关键词 异氰酸酯胶(MDI); 芦苇; 刨花板; 生产工艺

Study on Manufacturing Technique of Reed Particleboard Bonded with Diisocyanate Resin

Pu Anbin Lu Renshu Ai Jun
(Northeast Forestry University, Harbin 150040)

Abstract As reed's SiO_2 content is high, it is difficult to glue with UF resin. 4,4'-diphenylmethane diisocyanate(MDI) was used to manufacture reed particleboard in this study. The results showed that mechanical properties of the particleboard reached the requirement of high-class and second class of A type particleboard standard of China GB/T 4879-92 when the resin consumption was 4% or 5% while the density of the particleboard was 0.70 g/cm^3 . If the MDI price is reduced from RMB 20 yuan/kg to RMB 17.30 yuan/kg, production cost of the particleboard will be equal to that of particleboard bonded with urea formaldehyde resin.

Keywords Diisocyanate(MDI); Reed; Particleboard; Manufacturing technique

1 前言

我国每年大约生产芦苇200万吨,约占世界总产量的6%,主要分布在湖南、湖北、江苏、河北、辽宁、黑龙江和新疆等省区。芦苇耐盐碱,品种很多,南方的粗高,北方的细矮,目前除做造纸原料外,尚无其它工业用途。作为刨花板原料,芦苇的优点是纤维素含量与木材相当,比杨木高,比红松略低;缺点是芦苇秆壁密度大,气干密度为 0.65 g/cm^3 ,导致刨花板密度大,尤其是灰分含量较高,一般为3.0%~5.0%,分别是棉秆、甘蔗渣和亚麻屑的2.25和3倍。是木材的4~12倍,灰分的主要成分是 SiO_2 ,芦苇不同部位的 SiO_2 含量见表1^[1]。芦苇中的高 SiO_2 含量严重妨碍脲醛树脂对芦苇的胶合,经试验,用UF胶合,甚至加入偶联剂所制成的刨花板,其物理力学性能都很差。探求提高芦苇胶合性能的方法应从构成矛盾双方入手,即从芦苇和胶粘剂

两个方面入手,一是对芦苇作改性处理,二是改善胶粘剂性能,三是芦苇改性处理与改善胶粘剂同时进行。

表1 芦苇不同部位的 SiO_2 含量(%)

Tab. 1 SiO_2 content of different location of reed					
序 号	部 位	灰 分	SiO_2 含量	各部位重量比	各部位 SiO_2 含量比
1	苇 叶	8.29	7.22	20	44
2	苇 茎	3.51	2.19	70	47
3	苇 节	4.48	3.65	8	9
4	全 苇	4.07	3.18	100	100

芦苇秆壁光滑, SiO_2 基本上处在表皮细胞中。提高原料破碎程度,可在一定程度上提高刨花板的物理力学性能,这一点已被试验所证明^[2]。另外,苇叶和苇膜中 SiO_2 含量非常高,备料工段应尽量除去苇叶和苇膜。芦苇表面活性低,影响UF对它的胶合,若要获得良好胶合,芦苇首先必须有良好的润湿,其表面张力必须比胶粘剂高,原料浸煮是一种方法。用水煮1h和1.15 MPa蒸汽处理的办法,可以改善芦苇的表面活性,促进胶合强度的提高^[3]。处理原料的另一种有效方

收稿日期 1996-11-19
濮安彬、陆仁书、艾军:分别为东北林业大学副教授、教授、讲师,哈尔滨150040

法,是将芦苇与其它易胶合原料混合,如杨木、亚麻屑等^[3,4]。这样既可以提高胶合性能又可以降低刨花板密度,技术上可行,经济上合理。

从胶粘剂方面改善胶合性能可采用施加硅烷偶联剂的方法,硅烷偶联剂粘度小,表面张力低,容易渗透进被粘物表面极细微的空隙之中,对促进粘接是有效的。从其化学结构 RSiX_3 上看,它含有两类反应基团,其中 R 为有机官能团,能与胶粘剂分子发生化学结合。 X 为易水解成硅醇的官能团,可与芦苇表面的 SiO_2 和羟基反应,生成化学键,这样可以有效地改善界面层的胶接强度和对水解的稳定性。文献 [4] 进行了这样的试验,但效果不十分显著。从胶粘剂方面改善胶合性能的另一种有效方法是采用多异氰酸酯胶,它含有化学性质很活泼的异氰酸酯基 ($\text{N}=\text{C}=\text{O}$),能与含活泼氢原子的物质反应。多异氰酸酯胶粘剂分子较小,容易渗入被胶接物的微细空隙中,对绝大多数物体表面能湿润、紧密接触,并显示很强的吸力。本试验主要研究以二苯基甲烷二异氰酸酯 (MDI) 胶粘剂,压制芦苇刨花板的生产工艺和成本情况。

2 试验材料和方法

2.1 试验材料

芦苇取自黑龙江省大庆市,含水率为 15%。经切草机切成长 3~4 cm 的秆段,再经双鼓轮刨片机加工成碎料,干燥至含水率 9%。

二苯基甲烷二异氰酸酯胶粘剂 (MDI) 为红棕色液体,密度 1.24 g/cm^3 ,粘度 $450\text{ mPa}\cdot\text{s}$,贮存期 1 年,价格 20 元/kg。采用外脱模技术。

DU-10 低毒脲醛树脂胶,固体含量 61%,游离甲

醛含量 0.1%,粘度 $240\text{ mPa}\cdot\text{s}$,实验室制。固化剂是浓度为 25% 的 NH_4Cl 水溶液,施加量为 1%。

石蜡防水剂,实验室制,浓度 30%,用于 UF 刨花板,施加量为 0.5%。

2.2 试验方法

施胶采用气压 (0.40 MPa) 喷胶方法,在实验室拌胶机上进行。施胶后的刨花采用手工铺装方法,铺成 $370\text{ mm}\times 340\text{ mm}$ 的单层板坯。先经预压,预压压力 1.5 MPa ,时间 1 min。再经热压制成 12 mm 厚的刨花板,UF 胶芦苇板热压温度为 180°C ,MDI 胶热压温度为 160°C ,热压曲线见图 1。

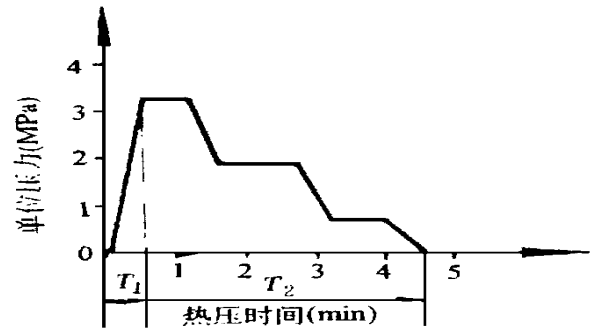


图 1 热压曲线

Fig. 1 Hot-pressing curve

T_1 : 闭合时间 T_2 : 热压时间

2.3 检验标准

刨花板的物理力学性能按国家标准 GB/T 4897-92 检测,24 h 吸水厚度膨胀率 (TS) 和水煮 2 h 的内结合强度 (IB) 按照德国标准 DIN 68763 V100 检测。12 mm 刨花板物理力学性能指标见表 2。

表 2 12 mm 刨花板物理力学性能指标

Tab. 2 Physical and mechanical properties requirement of particleboard with 12 mm thickness									
标准	等级	密度 (g/cm^3)	含水率 (%)	MOR (MPa)	MOE (10^3 MPa)	IB (MPa)	TS(2h) (%)	IB(水煮 2h) (MPa)	TS(24h) (%)
GB/T 4897-92	优等	0.50~0.85	5.0~11.0	≥ 16.0	-	≥ 0.40	≤ 8.0	-	-
	一等	0.50~0.85	5.0~11.0	≥ 16.0	-	≥ 0.40	≤ 8.0	-	-
	二等	0.50~0.85	5.0~11.0	≥ 15.0	-	≥ 0.35	≤ 12.0	-	-
DIN 68763	V100	-	9 ± 4	≥ 19.0	-	-	-	≥ 0.15	≤ 12.0

3 生产工艺研究

影响刨花板物理力学性能的因素很多,有板密度、施胶量、热压时间和热压温度等,其中板的密度和施胶量为主要影响因素。参考国内外有关文献^[5,6],确定热压温度为 160°C (UF 为 180°C),热压时间均为 20 s/mm。本试验主要研究密度和施胶量单因素变化对刨花板物理力学性能的影响规律。

3.1 密度对芦苇刨花板物理力学性能的影响

根据刨花板制造工艺理论,原料密度对刨花板密度、生产工艺和板的物理力学性能影响很大。芦苇的特点是密度大,管壁的平均密度为 0.65 g/cm^3 ,与兴安落叶松和水曲柳密度相近。用芦苇制造刨花板的密度必需较高,否则就不能得到足够的强度。但刨花板国家标准的密度范围为 $0.50\sim 0.85\text{ g/cm}^3$ 。因此试验仅研究施胶量为 5% 时,密度在 $0.70\sim 0.85\text{ g/cm}^3$ 范围内刨花板物理力学性能的变化规律,与相同条件下施胶量为

12%的 UF刨花板作对比,试验结果见表 3

表 3 密度对芦苇刨花板物理力学性能的影响

Tab. 3 Effect of reed particleboard density on its physical and mechanical properties									
胶种	设定密度 (g/cm ³)	实测密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	MOR (MPa)	MOE (10 ³ MPa)	IB (MPa)	TS(2h) (%)	IB(水煮 2h) (MPa)	TS(24h) (%)
MDI	0.70	0.70	6.58	30.72	3.18	0.41	4.01	0.06	6.51
	0.75	0.75	6.31	38.59	4.07	0.45	4.34	0.08	6.56
	0.80	0.81	6.15	45.32	4.69	0.48	5.01	0.10	9.45
	0.85	0.84	5.78	47.56	4.84	0.53	4.48	0.11	13.04
	0.75	0.74	8.39	3.76	0.37	0.05	21.03	-	-
UF	0.80	0.79	8.07	9.15	1.32	0.08	17.72	-	-
	0.85	0.84	7.72	11.43	2.22	0.11	13.11	-	-
	0.90	0.89	6.55	16.27	2.48	0.19	9.61	-	-

从表 3可以看出,当密度由 0.70 g/cm³提高到 0.81 g/cm³,MDI刨花板的 2 h 吸水厚度膨胀率由 4.01% 提高到 5.01%,当密度达到 0.84 g/cm³时,吸水厚度膨胀率又下降至 4.48%;而当密度由 0.70 g/cm³提高到 0.84 g/cm³时,MDI刨花板的 24 h 吸水厚度膨胀率随密度提高而提高,由 6.51% 提高到 13.04%,由此可以推断 MDI胶刨花板的长期耐水性不如 PF胶板。

随着密度提高,MDI刨花板的静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)、内结合强度(IB)和水煮 2 h 内结合强度(IB)均有提高。当密度由 0.70 g/cm³提高到 0.84 g/cm³时,MOR、MOE和 IB(水煮 2 h)分别由 30.72 MPa、3.18×10³ MPa、0.41 MPa 和 0.06 MPa 提高到 47.56 MPa、4.84×10³ MPa、0.53 MPa 和 0.11 MPa,从表中还可以看出,在施胶量为 5% 条件下,板密度为 0.70 g/cm³时,MDI刨花板的物理力学性能已达到我国 A 类刨花板优等品的指标要求。而使用 UF,即使密度达到 0.89 g/cm³,刨花板的物理力学性能仍难达到 A 类刨花板二等品的指标要求。这说明,芦苇这种原料本身强度比较好,制造刨花板的困难在于其难于胶合。在整个试验范围内,MDI刨花板的物理力学性能未能达到德国室外级刨花板标准 DIN 68763 V 100 的指标要求。

3.2 施胶量对芦苇刨花板物理力学性能的影响

表 4给出了在设定密度为 0.70 g/cm³的条件下,施胶量从 4% 到 6%,MDI刨花板的物理力学性能变化情况。可以看出,当施胶量由 4% 提高到 6% 时,刨花板的物理力学性能均呈变优的趋势,静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)、内结合强度(IB)和水煮 2 h 的内结合强度(IB)分别由 29.56 MPa、3.06×10³ MPa、0.37 MPa 和 0.04 MPa 提高到 32.17 MPa、3.35×10³ MPa、0.51 MPa 和 0.10 MPa,分别提高了 8.83%、

表 4 施胶量对芦苇刨花板物理力学性能的影响
Tab. 4 Effect of resin consumption on physical and mechanical properties of reed particleboard

序号	施胶量 (%)	实测密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	MOR (MPa)	MOE (10 ³ MPa)	IB (MPa)	TS(2h) (%)	IB(水煮 2h) (MPa)	TS(24h) (%)
1	4	0.70	6.75	29.56	3.06	0.37	6.42	0.04	8.25
2	5	0.70	6.58	30.72	3.18	0.41	4.01	0.06	6.51
3	6	0.71	6.47	32.17	3.35	0.51	3.43	0.10	6.04

9.48%、38.89%和 150.00%;2 h 吸水厚度膨胀率(TS)和 24 h 吸水厚度膨胀率(TS)分别由 6.42% 和 8.25% 下降至 3.43%和 6.04%,分别下降了 46.57% 和 26.79%。从试验结果还可以看出,在 0.70 g/cm³ 条件下,当施胶量分别达到 4%和 5%时,MDI刨花板的物理力学性能分别达到 A 类刨花板二等品和优等品的性能指标要求,继续提高施胶量到 6%,MDI刨花板的物理力学性能仍不能达到德国室外级刨花板标准 DIN 68763 V 100 的指标要求,主要是水煮 2 h 的内结合强度达不到要求,再继续提高施胶量,在经济上是不合适的。这可以认为,MDI的干强度优于 PF,但耐湿热性能不如 PF。

4 MDI芦苇刨花板的成本情况

以某年产 1万 m³UF芦苇刨花板厂为基础,分析讨论芦苇刨花板的成本情况。由于 UF和 MDI的热压时间相当,故该生产线每年也可生产 1万 m³ MDI芦苇刨花板。为便于在同等条件下对比,刨花板的物理力学性能为 A 类刨花板二等品,UF芦苇刨花板的密度为 0.84 g/cm³,MDI芦苇刨花板的密度为 0.70 g/cm³,两种芦苇刨花板的成本对比情况见表 5。

可以看出,MDI芦苇刨花板单位生产成本为 1061 元/m³比 UF刨花板的 989 元/m³高 7.28%。由于 MDI刨花板密度低,生产同等性能的刨花板,在原料消耗上比 UF刨花板节省 15 元/m³芦苇用量;辅助材料用量 MDI刨花板为 536 元/m³比 UF刨花板 449 元/m³高 87 元/m³。二者合计,MDI刨花板比 UF刨花板高 72 元/m³。目前 MDI单价为 20 元/kg,如果 MDI单价降至 17.30 元/kg,那么 MDI刨花板生产成本将达到 UF刨花板的水平,随着我国化工工业的迅速发展以及上海等地一些大型异氰酸酯生产基地的建设,MDI将来有望达到刨花板生产可以接受的价格。

5 结论

5.1 芦苇的纤维素含量与木材相当,作为刨花板原料
(下转第 10 页)

表 7 实测值、预测值及 EN300 UF胶 OSB标准值的比较

Tab. 7 A comparison among test value, predicted value and EN 300 standard value

指标	OSB/级	OSB/级	实测值	预测值	预测偏差 (%)
MOR (M Pa)	20	22	52.39	54.59	4.03
MOR _⊥ (M Pa)	10	11	16.88	15.97	5.70
MOE (M Pa)	2500	3500	6316	6577	3.97
MOE _⊥ (M Pa)	1200	1400	2052	2071	0.90
IB (M Pa)	0.3	0.34	0.614	0.606	1.00
TS (%)	25	20	8.04	6.81	18.06
SH (N)			1640	1764	7.03

注: 预测偏差率= 100%× (预测值 - 实测值) / 预测值

低的能耗,生产性能达标的产品。

- ### 6 结论
- 6.1 用水杉为原料生产 OSB完全可行。
- 6.2 以水杉为原料生产的 OSB,只要工艺选择适当,板材性能完全可以达到或超过欧共体 UF胶定向刨花板的标准要求。
- 6.3 水杉本身密度较低,故而在强度性能保持不变的前提下,产品密度也可相应降低,有望生产低密度的

(上接第 5页)

表 5 两种芦苇刨花板的单位生产成本对比情况

Tab. 5 Comparison of properties between reed partideboards bonded with MDI and UF resin, respectively

胶种	成本项目	单位	耗量	单价 (元)	金额 (元)	备 注
UF	1.原料——芦苇	t	1.00	150.00	150.00	
	2.辅助材料				449.00	
	①脲醛胶	kg	148.00	2.50	370.00	固体含量 61%,施胶量 12%
	②固化剂	kg	1.00	4.00	4.00	
	③防水剂	kg	15.00	2.00	30.00	浓度 30%
	④助剂	kg	4.50	10.00	45.00	
	3.燃料动力				150.00	
MDI	4.工资和福利费				40.00	
	5.制造费用				200.00	
	6.单位生产成本				989.00	刨花板密度为 0.84 g/cm ³
	1.原料——芦苇	t	0.90	150.00	135.00	
	2.辅助材料— MDI	kg	26.80	20.00	536.00	
	3.燃料动力				150.00	
	4.工资及福利费				40.00	
	5.制造费用				200.00	
	6.单位生产成本				1061.00	刨花板密度为 0.70 g/cm ³

注: MDI板生产中采用具有防粘板功能的垫板,不另用脱模剂

其密度较大,为 0.65 g/cm³, SiO₂含量高,用 UF难以生产出合格的刨花板,但可以通过改善胶粘剂性能提高胶合性能

5.2 MDI可以很好地胶合芦苇,在热压温度为 160℃,热压时间为 20 s/mm条件下,压制密度为 0.70 g/cm³,施胶量为 4%和 5%的 MDI刨花板,其物理力学

OSB结构材。

6.4 试验所得回归方程的预测偏差小,可用于预测板材的性能

谢词 丹阳市林场和高邮市多种经营管理局林业站为本试验提供了试材,试验过程中得到本院廖元强老师、陈俊平和孙文卿两位同学的大力帮助,在此一并致谢!

- ### 7 参考文献
- 1 中国林业出版社编辑.速生树种造林技术.北京:中国林业出版社,1984
 - 2 成俊卿主编.木材学.北京:中国林业出版社,1985
 - 3 [美]莫斯勒米 A. A.著,申宗圻等译.碎料板.北京:中国林业出版社,1980
 - 4 陆文达.水杉木材半纤维素中各种高聚糖的分离和提纯.南京林业大学学报,1984,8(2): 95
 - 5 王思群.竹木复合定向刨花板的研究.南京:南京林业大学博士学位论文,1991
 - 6 尤纪雪等.木材酸性测定方法的研究.林产工业,1996,23(1): 23~25
 - 7 余俊等.最优化方法及其应用.湖北:华中工学院出版社,1984
 - 8 朱伟勇等.最优设计在工业中的应用.沈阳:辽宁科学技术出版社,1993
 - 9 林业部科学技术委员会.定向刨花板的研究.北京:1993,115

性能分别达到我国 A类刨花板二等品和优等品的指标要求。密度和施胶量对 MDI刨花板的物理力学性能影响很大

5.3 虽然 MDI刨花板的干强度较大,但即使施胶量达到 6%时,其物理力学性能仍难以达到德国室外级刨花板标准 DIN 68763 V100的指标要求,主要是水煮 2 h的内结合强度 (IB)低

5.4 在设定条件下,MDI芦苇刨花板的单位生产成本比 UF高 7.28%,只有当 MDI价格由 20元/kg降至 17.30元/kg时,MDI芦苇刨花板和 UF芦苇刨花板单位生产成本才能相同

- ### 6 参考文献
- 1 聂勋载,范恩齐.常用非木材纤维碱法制浆实用手册.中国轻工业出版社,1993
 - 2 韩广萍,王戈,刘振国.芦苇特性与芦苇刨花板制板工艺关系.林产工业,1995,22(4): 37~38
 - 3 李凯夫,谭海彦,李卓夫.提高芦苇-麻屑刨花板性能的研究.木材工业,1995,9(4): 1~4
 - 4 濮安彬,陆仁书,李明.芦苇-杨木刨花板制造工艺研究.林产工业,1996,23(2): 1~4
 - 5 石锐.用异氰酸酯做胶粘剂生产刨花板的工艺.林产工业,1988,15(1): 5~8
 - 6 Pizzi A. Wood Adhesive Chemistry and Technology. Marcel Dekker Inc. 1983, 306~317