

应用技术

半干法粉煤灰水泥刨花板的生产工艺

李新功¹, 郑 霞², 李德怀³

(1. 中南林业科技大学材料科学与工程学院, 长沙 410004; 2. 信阳师范学院, 河南信阳 464000;

3. 新疆布尔津山区林场, 新疆布尔津 836600)

摘要: 通过改进粉煤灰水泥刨花板的生产工艺,在不改变水泥的等级、保证板材力学性能的前提下,选择粉煤灰的替代比例、添加剂的种类、用量以及密度、水灰比和灰木比等因子进行试验,以确定粉煤灰水泥刨花板的最佳工艺。

关键词: 半干法; 粉煤灰; 水泥刨花板; 生产工艺; 物理力学性能

中图分类号: TS653 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-8654(2006)05-0048-03

Manufacturing Technology for Coal-Ash Cement Particleboard by Semi-dry Processing

LI Xin-gong¹, ZHENG Xia², LI De-huai³

(1. Material and Science College of Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China;

2. Xinyang Normal University, Xinyang 464000, Henan, China;

3. Xinjiang Burqin Mountainous Forestry Centre, Burqin, 836600, Xinjiang, China)

Abstract: The authors made research improvements on the manufacturing technology for coal-ash cement particleboard. Using ordinary cement (# 32.5), they conducted a series experiments to evaluate the most dominate factors and their levels, to ensure the best properties from coal-ash cement particleboard. Through analysis of the results, optimum parameters for the proportion of coal-ash substituted for cement, additive usage, board density, ratio of water and coal-ash to cement, were determined.

Key words: semi-dry processing; coal-ash; cement particleboard; production technology; physical and mechanical properties

水泥刨花板是一种符合墙体发展方向的新型建筑材料,已引起世界各国的关注。目前,粉煤灰替代水泥的比例约为 20%~45%。为保证其力学性能,生产中常需添加 42.5# 高等级硅酸盐水泥。而普通水泥刨花板生产只用 32.5# 普通硅酸盐水泥^[1]。目前 42.5# 水泥南京市的市场价为 380 元/t,比 32.5# 高出 80 元左右。对年产 3 万 m³ 的粉煤灰水泥刨花板生产线,每年需 18 900 t 水泥,则增加成本约 151.2 万元。笔者通过改变粉煤灰水泥刨花板的生产工艺,如调整保压压力和改进热养护传热方式等,同时选择合适种类的添加剂及添加量,仍使用 32.5#

普通水泥,采用半干法压制粉煤灰水泥刨花板,旨在寻找一种经济可行的生产方式。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

杨木(*Populus tomentosa*)采自江苏建湖,加工成长 10~30 mm,宽 1~6 mm,厚 0.2~0.4 mm 刨花^[1]。

粉煤灰 I 级,购于南京热电厂,其成分指标符合 GB 1596-91《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》I 级灰的指标要求。32.5# 普通硅酸盐水泥,购自江苏金陵水泥厂。添加剂为氯化钙(CaCl₂),纯度 96%;硅酸钠(Na₂SiO₃),固体含量 42%;均购自南京化工厂。

1.2 试验方法

试验分两步进行。首先在预试验的基础上,初步

收稿日期:2005-07-16; 修改稿:2005-08-26

基金项目:中南林业科技大学引进高层次人才基金资助。

作者简介:李新功(1970—),男,中南林业科技大学讲师,硕士。

选定一些工艺参数,通过试验和分析,确定粉煤灰最佳替代量、添加剂的种类及用量。然后,利用回归正交旋转组合设计,分析密度、灰木比、水灰比对板材性能的影响,最终确定粉煤灰水泥刨花板的最佳工艺参数。

1.3 工艺流程

采用厚度规冷压法,单位压力 5.0 MPa;采用热养护和自然养护工艺^[2]。试板规格为 300 mm×300 mm×12 mm。

1.4 试板检测

参照 JC 411-91《水泥木屑板》中的相关内容。

2 试验结果及分析

2.1 粉煤灰替代量和添加剂种类及用量对板材性能的影响

2.1.1 试验主要工艺参数 板材密度 1 200 kg/m³;灰木比为 3,水灰比为 0.55。试验采用正交试验设计 $L_9(3^4)$,因素、水平见表 1。

表 1 试验因子及水平

Tab. 1 Factors and levels for the first experiment

水平	因 素		
	A 粉煤灰替代量/%	B 硅酸钠/%	C 氯化钙/%
1	20	1.5	0.6
2	30	2.5	1.6
3	40	3.5	2.6

注:粉煤灰替代量、硅酸钠和氯化钙的添加量分别按水泥和粉煤灰总的质量分数计。

2.1.2 结果分析 样板的检测结果见表 2。

表 2 检测结果与标准对照

Tab. 2 Results of the first experiment

试验号	MOR /MPa	MOE/MPa	TS/%	IB/MPa
1	9.023	3008	1.380	0.414
2	9.682	3500	1.224	0.498
3	10.854	3911	0.949	0.566
4	8.887	3052	1.520	0.337
5	9.334	3469	1.315	0.441
6	8.797	2930	1.601	0.325
7	7.370	2759	1.904	0.292
8	7.075	2433	2.251	0.270
9	7.860	2807	1.727	0.298
JC 411-91	≥9.0	≥3000	<1.5	≥0.35

注:参照一级水泥木屑板标准,密度<1250 kg/m³。

通过综合平衡法对各个指标进行计算与分析可知,粉煤灰替代量的变化对粉煤灰水泥刨花板的性能有很大影响。随着粉煤灰替代量的增加,板材的 MOR、MOE 和 IB 都呈下降趋势,TS 则增加较快。这主要是水泥中的硅酸三钙(3CaO·SiO₂)和硅酸二钙(2CaO·SiO₂)与水发生化学反应,生成水化硅酸

万方数据

钙,并析出 Ca(OH)₂^[3-4]。粉煤灰的主成分为活性氧化硅和活性氧化铝,调水后其本身并不硬化,但在 Ca(OH)₂ 溶液中,其活性可被激发,发生水化反应形成胶凝材料,从而产生强度^[5]。本试验中,当粉煤灰的替代量超过 30% 时,水泥水化反应产生 Ca(OH)₂ 溶液的活性消耗殆尽,或浓度较低时,粉煤灰中的活性成分没有完全被激发,使部分粉煤灰不能完全转化为胶凝材料。因此,板材的力学性能下降。

硅酸钠和氯化钙用量对板材力学性能略有影响。当其用量增加时,板材的 MOR、MOE 和 IB 都增加,但 TS 下降。其原因是:当硅酸钠、水和水泥混合后,硅酸钠和水泥水化产物一起对粉煤灰进行激发,赋予粉煤灰活性,生成胶凝材料。另外,水泥和粉煤灰水化反应过程中呈现较强的碱性,使刨花中的半纤维素水解,产生水溶性糖,与刨花中的“阻凝”物质一起,在粉煤灰和水泥表面形成隔层,使粉煤灰和水泥难以发生进一步的化学作用,也使水分子难以透进粉煤灰和水泥颗粒中,造成粉煤灰和水泥固化过程的抑制^[6]。

由此可见,在保证板材力学性能、最大程度的利用粉煤灰和降低生产成本的原则下,较佳的参数:粉煤灰的替代量为 30%,硅酸钙 3.5%,氯化钙 2.6%。

2.2 板材密度、灰木比与水灰比板材性能的影响

2.2.1 试验安排 在其他工艺条件已确定的情况下,本试验选择了板材密度(X_1)、灰木比(X_2)和水灰比(X_3)等 3 个对板材性能影响较显著的因素进行第二次试验,并确定了各因素的零水平。采用二次回归正交旋转组合设计,因素水平编码见表 3,二次回归正交旋转组合设计表略。

表 3 因素水平编码

Tab. 3 Factors and levels for the second experiment

Z_j	X_1 板密度	X_2 灰木比	X_3 水灰比
上星号臂(1.682)	1284	3.84	0.63
上水平(1)	1250	3.50	0.60
零水平(0)	1200	3.00	0.55
下水平(-1)	1150	2.50	0.50
下星号臂(-1.682)	1116	2.16	0.47
Δ_j	50	0.50	0.05

2.2.2 结果分析 对样品的指标测试结果见表 4。

对表 4 结果进行数学处理,得到 4 个力学性能指标的回归方程(表 5)。对回归方程的显著性和回归系数的显著性进行检验(表略),结果表明,四个回归方程都显著。

由表 5 可看出,对 MOR 影响最为显著的是密度,其次是灰木比,水灰比的影响较小。其原因是:粉煤灰水泥刨花板的强度主要依靠灰料与刨花之间的

表 4 测试结果

Tab. 4 Results of the second experiment

试验号	MOR/MPa	MOE/MPa	IB/MPa	TS/%
1	9. 636	3658	0. 638	0. 925
2	9. 645	3615	0. 650	0. 914
3	8. 894	2921	0. 390	1. 898
4	8. 502	2985	0. 375	1. 961
5	7. 130	2555	0. 384	1. 233
6	7. 363	2442	0. 378	1. 309
7	7. 310	2667	0. 315	2. 748
8	7. 474	2632	0. 350	2. 846
9	12. 230	4297	0. 641	0. 985
10	6. 014	2366	0. 300	1. 747
11	8. 130	2821	0. 662	0. 710
12	7. 822	2552	0. 280	3. 011
13	9. 609	3651	0. 504	1. 212
14	9. 653	3620	0. 512	1. 245
15	9. 806	3890	0. 551	1. 194
16	11. 110	3911	0. 567	1. 253
17	9. 793	3818	0. 545	1. 187
18	10. 400	3910	0. 539	1. 025
19	9. 820	3800	0. 558	1. 225
20	9. 801	3823	0. 561	1. 111
21	9. 751	3714	0. 536	1. 025
22	11. 210	4015	0. 550	1. 174
23	9. 786	3845	0. 571	1. 115

表 5 回归方程表

Tab. 5 Regression equations for the results of test two

力学性能	回归方程
MOR	$y=-334.39+0.49276X_1+21.456X_2-0.000194X_1^2-3.576X_2^2$
MOE	$y=-144918.3+208.84184X_1+1341.56X_2+55457.6X_3+8.345X_1X_2-0.093708X_1^2-1855.56X_2^2-50416X_3^2$
IB	$y=-20.8+0.0319426X_1-1.46125X_2+10.879X_3+0.00213X_1X_2-0.00001524X_1^2-0.1516X_2^2-9.89X_3^2$
TS	$y=-111-0.137345X_1-14.63708X_2+0.00516X_1X_2+0.000048508X_1^2+1.18928X_2^2$

胶结强度、灰料本身的胶接强度以及刨花的强度^[4]。当板材密度增大时,各材料间接触点多,板坯孔隙率低,粉煤灰和水泥结晶体的形成与发展较容易,进而提高了粉煤灰水泥刨花板的 MOR。但板材密度过大,既增加生产成本,也使板材的使用受到限制。

水灰比在 0.5~0.6 之间,对板材的强度影响不大。粉煤灰水泥刨花板在长达 12 h 的热养护期间,因为板坯吸水需要一定的过程,如水灰比过小,将减慢粉煤灰和水泥的水化过程,影响整体胶结强度;另外,还将影响板坯铺装的均匀性,造成板材内部强度不均匀。水灰比过大,难以进行机械化铺装,同时给混合料的运输和输送设备的清理带来不便^[7]。而且,冷压过程中可能出现物料滑移现象,达不到预定的厚度,成为废品。

对 MOE 影响的显著性的排序同 MOR 一致, . 50 . 万方数据

X_1X_2 交互作用对 MOE 也有影响。

对 IB 的影响极显著的是 X_1 和 X_2 , 二者的交互作用对板材 IB 的影响亦较显著, X_3 对 IB 的影响不显著。以上各因素对 MOE 和 IB 影响的分析基本与 MOR 相似。

对 TS 影响极显著的是 X_2 , 其次是 X_1 , 然后是 X_1X_2 的交互作用。 X_3 的影响不显著。刨花是粉煤灰水泥刨花板 TS 的决定性物质,需要依赖粉煤灰和水泥所具有的防水性能来阻碍其自身的吸水膨胀率。在板材密度一定的情况下,粉煤灰和水泥的比例越高,提供防水作用的物质就越多,从而可降低整个板材的 TS。但随着板材密度的增加,板坯压缩率高,粉煤灰水泥刨花板中各物料间接触更紧密,使板材的整体强度提高,从而限制了刨花的吸水膨胀,进而降低了整个板材的 TS。本试验所选水灰比在 0.5~0.6 之间,又加上是手工铺装,对铺装性能的影响有限,也是 X_3 对 TS 的影响不显著的原因之一。

3 结论

- 1) 粉煤灰替代量对粉煤灰水泥刨花板的力学性能有非常明显影响;添加剂(硅酸钙和氯化钙)用量对板材性能有比较明显的影响。经济合理的粉煤灰替代量为 30%,硅酸钙 3.5%,氯化钙 2.6%;
- 2) 板材密度对 MOR、MOE、IB 和 TS 都有明显的影响,板材密度在 1 200 m³ 左右较为经济合理;
- 3) 灰木比对板材 TS 影响较显著,对 MOR、MOE 和 IB 也有一定影响。合理的灰木比为 3.0;
- 4) 水灰比在一定的范围内对 MOR、MOE、IB 和 TS 的影响不显著,理想的水灰比以 0.55 左右为宜。

参考文献:

[1] 李新功. 第一条国产模压粉煤灰水泥刨花板生产工艺及设备的特点[J]. 人造板通讯,2003(12):11-12.

[2] 李新功,郑霞,华毓坤. 粉煤灰水泥刨花板热养护工艺改进的研究[J]. 人造板通讯,2005(12):10-12.

[3] 王浩. 建筑材料[M]. 北京:中国铁道出版社,1987.

[4] Won Yung Ahn,MOSELEMI A A. SEM examination of wood-portland cement bonds[J]. Wood Science,1980,13(2):77-82.

[5] 赵鹏高. 粉煤灰固化剂与常温固化技术[J]. 粉煤灰综合利用,1996,46(2):63-66.

[6] Aeiichi yasuda. Manufacture of wood-cement boards Ⅷ: Cement-hardening inhibitory compounds of hannoki (Japanese alder, alnus japonica steud) [J]. The Japan Wood Research Society, 2002 (48):242-244.

[7] 华毓坤. 人造板工艺学[M]. 北京:中国林业出版社,2002.

(责任编辑 鲍加芬)