

一种复配表面施胶剂对瓦楞纸板边压强度的影响

郝笑梦, 张新昌

(江南大学, 无锡 214122)

摘要: 分别以氧化淀粉、CMC 和 SAE 类表面合成施胶剂为强化助剂, 对瓦楞纸板进行了表面涂覆试验, 研究了其边压强度变化情况; 将上述施胶剂复配, 以分散剂 CMC 用量、氧化淀粉与 SAE 混合溶液的质量分数、氧化淀粉与 SAE 配比、施胶温度为因素, 应用正交试验法进行复配效果研究。试验结果表明, 氧化淀粉、SAE 和 CMC 的复配, 比单独使用具有更好的增强效果。试验获得的最佳瓦楞纸板强化工艺参数是: CMC 质量分数为 5%, 氧化淀粉与 SAE 混合溶液质量分数为 9%, 氧化淀粉与 SAE 质量比为 1:10, 施胶温度为 85 ℃。

关键词: 瓦楞纸板; 表面施胶; 边压强度; 正交试验

中图分类号: TB484.1; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)05-0051-05

Effect of Compound Surface Sizing Agent on Edgewise Compression Strength of Corrugated Paperboard

HAO Xiao-meng, ZHANG Xin-chang

(Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The edgewise compression strength of corrugated paperboard with oxidized starch, CMC, SAE synthesized surface sizing agent was studied. The effects of the amount of CMC, which was the dispersant, the mixed solution of oxidized starch and SAE, the proportion of oxidized starch and SAE, and the sizing temperature were investigated. The results showed that the combination of oxidized starch, CMC, SAE has better strengthening effect than used alone. The optimum technical strengthening conditions of corrugated board are 5%CMC, 9% mass fraction of mixed solution of oxidized starch and SAE, 1:10 mass ratio of oxidized starch and SAE, and sizing temperature 85 ℃.

Key words: corrugated paperboard; surface sizing; edgewise compression strength; orthogonal experiment

纸板作为环保包装材料, 应用范围越来越大, 在“以纸代木”等重型包装行业的需求量在逐年增加^[1]。由于纸质包装材料本身的特点, 其机械强度有限, 为了扩大包装纸板的应用范围, 有必要对其进行强化, 提高强度, 以满足低成本重型包装的需要。另外, 由于目前国内包装用纸的原料相当一部分采用废纸, 纸浆原料本身的质量较差, 机械强度较低^[2-4], 对其采用浆内施胶进行增强不仅施胶量大, 而且可能会降低纸板的表面性能。采取表面施胶则有很多优点, 这种方法在提高普通包装纸板的机械强度方面, 应用越来越广泛。

目前复配表面施胶剂主要用于提高纸张的性能,

施胶剂主要应用二元表面施胶剂, 如白春妮、韩卿将氧化淀粉和阳离子聚丙烯酰胺(CPAM)混合作为表面施胶剂, 研究了其对瓦楞原纸的影响^[5]; 张国运、彭莉等人将阳离子共聚物(PSBD)与氧化淀粉以不同对比对瓦楞原纸表面施胶, 并研究了其影响规律^[6]; 余仁聪用 PAS 与 CMC 混合提高瓦楞纸板结构件的抗压强度^[7]。表面施胶对瓦楞纸板性能影响的研究很少, 笔者采用表面施胶的方法, 侧重研究复配化学增强助剂对瓦楞纸板边压强度的影响, 在单组分试验的基础上进行三元配方的复配试验, 得出了使瓦楞纸板增强效果最好的复配增强剂配方, 以为普通瓦楞纸板应用于重型包装产品的生产奠定一定的基础。

收稿日期: 2011-11-20

作者简介: 郝笑梦(1987—), 女, 陕西榆林人, 江南大学硕士生, 主攻包装材料与结构。

1 试验条件和方法

1.1 材料

材料:A 楞瓦楞纸板,苏州科柏印刷包装有限公司,面纸、芯纸定量分别为 $175, 120 \text{ g/m}^2$;LS-2 氧化淀粉,为木薯变性淀粉,呈阴离子性,白度 $\geq 88\%$,水分 $\leq 15\%$,粘度 $10\sim 200 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ($10\%, 50\text{ }^\circ\text{C}$),广西名阳生化集团股份有限公司;羧甲基纤维素钠(CMC),钠质量分数为 $6.5\%\sim 8.5\%$,国药集团化学试剂有限公司;SAE 表面施胶剂,乳白色乳液, $\text{pH}=3\sim 5$,郑州诚志实业有限公司。

1.2 仪器

仪器:8761-S2 型真空干燥箱,上海浦东荣丰科学仪器有限公司制造;JB200-S 型数字显示专色电动搅拌机,上海标本模型厂;GT-6011 型微电脑压缩试验机,东莞市奥通电子仪器有限公司;YQ-2B-25 型边压取样机,杭州轻通博科公司;仪表恒温水浴锅,江苏省金坛市融化仪器制造有限公司;Elcometer3520/4 型涂膜器,英国易高 Elcometer 公司。

1.3 方案

试验首先制取强化助剂溶液,进行纸板涂覆。设置涂覆厚度 $500 \mu\text{m}$,然后进行干燥、预处理,最后进行瓦楞纸板机械强度试验。每个试验样品试验次数为 10 次,取其平均值,进行涂覆效果评价。

1.3.1 制备强化助剂溶液

1) LS-2 氧化淀粉溶液的制备。将 LS-2 氧化淀粉放入烧杯中,加入一定量水,调成质量分数为 15% 的溶液,用搅拌器搅拌均匀,放入恒温水浴中继续搅拌;升温至 $90\text{ }^\circ\text{C}$,保温 $20 \text{ min}^{[8]}$,将溶液分别稀释为 $3\%, 6\%, 9\%, 12\%$ 备用。

2) 羧甲基纤维素钠(CMC)溶液的制备。称取一定量的 CMC,加水,用搅拌器搅拌均匀,放入水浴锅中加热至 $60\text{ }^\circ\text{C}$,高速搅拌大约 0.5 h ,分别配制成质量分数为 $0.5\%, 1\%, 1.5\%, 2\%$ 的溶液备用。

3) SAE 表面施胶剂溶液。溶液质量分数一般取 $1\%\sim 3\%$ 。

4) 复配溶液的制备。将氧化淀粉溶液使用上述第 1 种方法糊化好后,加入所需量的 CMC,高速搅拌至溶液溶解、分散均匀,加入所需量的 SAE。

1.3.2 施胶与干燥

1) 利用涂膜器设置涂覆厚度 $500 \mu\text{m}$,用涂布辊

将不同质量分数的溶液均匀涂覆到瓦楞纸板的表面,进行表面施胶试验;

2) 将涂布后的纸板放到真空干燥箱中进行干燥,干燥温度为 $90\text{ }^\circ\text{C}$ 。

1.3.3 边压强度测试

边压强度是影响重型包装制品承载性能的重要指标。以边压强度为施胶强化瓦楞纸板的评价指标,按 GB/T 6546—1998 进行试验^[9],分析经过化学强化后瓦楞纸板的边压强度变化情况。

1.3.4 表观性能评定

表观性能直接影响到施胶层的牢度,影响到瓦楞纸板的适印性。主要通过以下指标进行评定:复配助剂溶液流动性是否良好,溶解是否均匀,观察溶液中是否有未溶解的小颗粒等;观察是否有气泡,有气泡会使成膜不均匀,溶液与纤维不能够紧密结合。

1.3.5 试样的处理

1) 根据 GB/T 10739—2002,将未涂覆的纸板试样在恒温恒湿箱中预处理 24 h ,温度为 $(23\pm 1)\text{ }^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $(50\pm 2)\%$;

2) 纸板涂覆后,根据 GB/T 6546—1998 及 GB 450—2002,使用边压取样机取得尺寸为 $25 \text{ mm}\times 100 \text{ mm}$ 的试样;将裁好的试样在恒温恒湿箱中预处理,温度为 $(23\pm 1)\text{ }^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $(50\pm 2)\%$, 24 h 后取出进行边压强度试验。

2 试验结果与分析

2.1 单组分试验结果

2.1.1 氧化淀粉含量对瓦楞纸板边压强度的影响

氧化淀粉施胶效果见图 1。从图 1 中可以看出,随着氧化淀粉质量分数的增大,瓦楞纸板的边压强度先增大后减小。质量分数小于 9% 时,边压强度上升趋势很明显, $9\%\sim 12\%$ 之间时,边压强度上升很缓慢,质量分数为 12% 时边压强度达到最大值 $4\,612.86 \text{ N/m}$,与空白组试验相比,提高了 41.18% 。随着含量的继续增大,边压强度趋于下降。分析可知,边压强度的增大是由于淀粉分子中引入了能与纤维中的硫酸铝或者其他被活化的阳离子吸附的阴离子基团,产生较强的吸引力^[10],但是随着质量分数的增大,阴离子电荷的密度也逐渐增大,直至纸纤维表面电荷过量,导致淀粉与纤维表面的吸引力降低,因此纸板边压强度也逐渐降低。

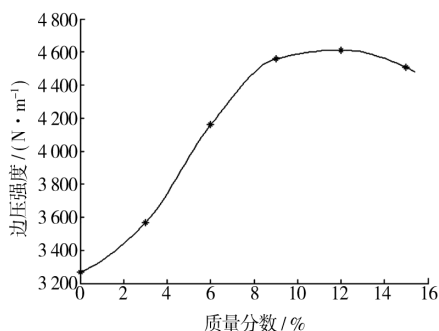


图1 氧化淀粉表面施胶质量分数对边压强度的影响

Fig. 1 Influence of mass fraction of oxidized starch surface sizing on edgewise compression strength

氧化淀粉质量分数在 3% 左右时溶液流动性最好,溶液质量分数增大,流动性逐渐变差,并且有气泡。氧化淀粉的低质量分数溶液施胶后形成的膜比高质量分数溶液更平整、光滑,溶液质量分数在 3%, 6%, 9% 时表观性能比较好,质量分数更高时膜面不够平整。由于溶液质量分数为 9% 时边压强度提高 39.52%,质量分数为 12% 时提高 41.18%,相差不是很大,综合考虑表观性能、边压强度提高情况和生产成本,认为氧化淀粉的合适质量分数为 9%。

2.1.2 CMC 对瓦楞纸板边压强度的影响

CMC 的表面施胶结果见图 2。由图 2 可以看出,

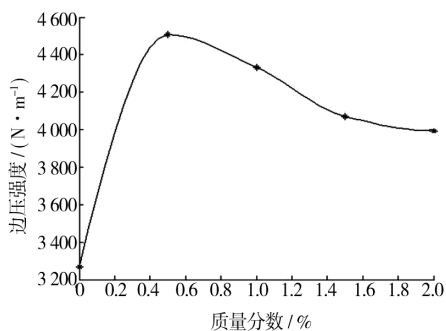


图2 CMC 表面施胶质量分数对边压强度的影响

Fig. 2 Influence of mass fraction of CMC surface sizing on edgewise compression strength

瓦楞纸板边压强度随着溶液质量分数的升高先上升后下降。在 0.5% 时,边压强度增大趋势非常明显,达到最大值 4 506.04 N/m,比空白组试样增大了 37.91%。质量分数大于 0.5% 后,边压强度一直呈下降趋势。这可能是因为随着 CMC 质量分数的增大,CMC 中的羟基与纤维的氢键结合力增大^[11],因此纤维间的结合强度更大,边压强度增加,质量分数

增大到一定范围后,负电荷的密度逐渐增大,根据异性相斥的原理,CMC 分子与纸中带负电荷的纤维产生相互排斥力,相互作用的吸引力逐渐降低,因此边压强度下降。

在 CMC 质量分数低时溶液比较均匀,质量分数为 1.5% 时,开始出现气泡,2% 时,溶解比较困难,流动性非常差,施胶后纸板上有一些肉眼可见的未溶颗粒。

2.1.3 SAE 质量分数对纸板边压强度的影响

SAE 的表面施胶结果见图 3。由图 3 可以看出,

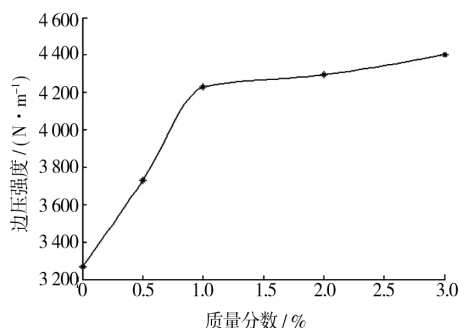


图3 SAE 表面施胶质量分数对边压强度的影响

Fig. 3 Influence of mass fraction of SAE surface sizing on edgewise compression strength

随着质量分数的增大,瓦楞纸板边压强度一直呈增大趋势,但质量分数在 0.5%~1% 时边压强度增大得比较快,2%~3% 时,曲线逐渐趋于平缓。这是因为 SAE 类合成表面施胶剂含有能与带负电的纤维结合的阳离子性基团^[12],此类增强剂还有颗粒小的优点,可以在纤维间隙形成立体网状结构来提高纸的强度,纸板干燥后,能形成一层均匀稳定的膜,保护纤维与增强剂之间的结合,因此纸板的强度提高;质量分数大于 1% 后,表面正电荷聚集过多,正电荷的排斥作用使聚合物分子与纤维分子的结合力降低,因此边压强度的增大趋势减缓。

SAE 水溶性良好,用水稀释后,溶液的表观性能和流动性很好,溶解非常均匀,膜非常平整光滑,并且干燥速度很快。由于 SAE 质量分数达到 1% 以后,随着质量分数的增加,纸板边压强度增加极其缓慢,成本增加比较明显,因此 1% 的 SAE 质量分数比较适宜。

2.2 复配试验结果与讨论

根据单组分试验结果,确定正交试验的因素水平。氧化淀粉通常与 SAE 配合使用,CMC 可以用作

分散剂,以氧化淀粉与 SAE 的溶液质量分数、氧化淀粉与 SAE 配比、CMC 用量、施胶温度为四因素,施胶后纸板的边压强度为指标,做四因素三水平试验 $L_9(3^4)$,各因素水平见表 1。

表 1 正交试验因素水平表

Tab.1 The factor level of orthogonal experiment

水平	因素			
	A	B	C	D
	溶液质量 分数/%	m_{SAE} : $m_{\text{氧化淀粉}}$	CMC 质量 分数/%	温度 /℃
1	3	1 : 8	0.2	55
2	6	1 : 10	0.5	70
3	9	1 : 12	0.8	85

正交试验试验结果见表 2,极差分析结果见表 3。

表 2 正交试验结果

Tab.2 The result of orthogonal experiment

试验号	溶液质量分数	m_{SAE} : $m_{\text{氧化淀粉}}$	CMC	温度	边压强度 /($\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$)
1	1	1	1	1	4 485.46
2	1	2	2	2	5 167.54
3	1	3	3	3	4 644.22
4	2	1	2	3	4 884.32
5	2	2	3	1	4 863.74
6	2	3	1	2	4 654.02
7	3	1	3	2	4 766.76
8	3	2	1	3	5 449.78
9	3	3	2	1	5 119.52

表 3 极差分析

Tab.3 Range analysis

	A	B	C	D
K_1	4 765.740	4 712.180	4 863.087	4 822.907
K_2	4 800.693	5 160.353	5 057.127	4 862.773
K_3	5 112.020	4 805.920	4 758.240	4 992.773
R	346.280	448.173	298.887	169.866

由表 3 可以看出,以边压强度为指标,各因素的影响程度大小为: $B(\text{SAE/氧化淀粉}) > A(\text{溶液质量分数}) > C(\text{CMC}) > D(\text{温度})$,其中 SAE 与氧化淀粉对比对边压强度的影响最大。

试样的边压强度-水平趋势见图 4。复配表面施胶剂的微粒与纸板纤维之间、微粒之间能够连接在一起,干燥后微粒与纸板表面的纤维发生作用连接成膜,使纸板强度提高。随着溶液质量分数的升高,边

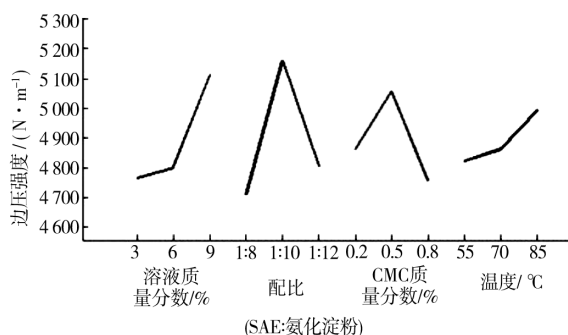


图 4 边压强度-水平趋势

Fig. 4 The trend of edgewise compression strength-level

压强度增大,质量分数为 6%~9%时,纸板纤维之间的空隙对溶液吸收增快,边压强度增加比较快;SAE 与氧化淀粉的对比对边压强度的影响是先增大又减小,在 1 : 10 时边压强度最大;CMC 与纸中的纤维和其他粒子的亲和力很强,由于 CMC 呈阴离子型,随着 CMC 的添加,使纸板表面带有负电荷的纤维的负电性增大,由于同性相斥,使 SAE 与氧化淀粉的复配溶液的分子分散得更均匀,与纤维结合更加紧密,强度能够进一步提高,但 CMC 质量分数增大到一定程度时,会使 SAE 与氧化淀粉不能充分混合接触,造成与纤维的结合力下降,导致纸板边压强度下降;随着施胶温度的增加,边压强度缓慢增大,但温度过高,会导致淀粉糊化。

确定试验的最佳组合条件为 $A_3B_2C_2D_3$,即质量分数为 9%,SAE 和氧化淀粉配比为 1 : 10,CMC 质量分数为 0.5%,施胶温度为 85℃。

以正交试验获得的最佳配方和工艺参数进行验证试验,测得经过涂覆强化后,瓦楞纸板的边压强度显著提高,达到了 5 460.02 N/m,与未强化(空白组)纸板比较,性能提高了 67.11%。

3 结论

1) 氧化淀粉对瓦楞纸板边压强度的提高效果最明显,比空白组试样提高了 41.18%;其次是 CMC,提高了 37.91%;SAE 的增强效果一般,边压强度提高了 25.78%,但它对涂覆纸板的表观性能有良好影响,并且使用 SAE 涂覆时干燥速度较快,可以提高施胶效率。

2) 以氧化淀粉与 SAE 的溶液质量分数、氧化淀粉与 SAE 配比、CMC 用量、施胶温度为 4 个因素,施

胶后瓦楞纸板的边压强度为指标做正交试验,可得最佳组合条件为质量分数为 9%,SAE/氧化淀粉为 1:10,CMC 质量分数为 0.5%,施胶温度为 85℃。

试验表明,复配增强施胶剂具有增强效果好、干燥速度快、涂覆纸板表面性能好等优点,可以作为普通瓦楞纸板的专用表面增强施胶剂。

参考文献:

- [1] 高德,孙智慧. 可降解缓冲包装材料的现状及发展前景[J]. 包装工程,2002,23(5):141—144.
GAO De, SUN Zhi-hui. Present and Future Prospect of Dissoluble Buffering Package Materials[J]. Packaging Engineering,2002,23(5):141—144.
- [2] 詹新岭,朱勇强,严丽君. 合成聚合物表面施胶剂的最新研究进展[J]. 上海造纸,2006,37(5):42—48.
ZHAN Xin-ling, ZHU Yong-qiang, YAN Li-jun. Development of Synthetic Polymer Surface Sizing Agent[J]. Shanghai Paper Making,2006,37(5):42—48.
- [3] 沈明. 瓦楞原纸的表面施胶[J]. 江苏造纸,2007,11(4):35—45.
SHEN Ming. Surface Sizing Application of the Corrugated Medium[J]. Jiangsu Paper Making, 2007,11(4):35—45.
- [4] 高德,刘壮,董静,等. 瓦楞纸板包装材料的性能及其发展前景[J]. 包装工程,2005,26(1):1—4.
GAO De, LIU Zhuang, DONG Jing, et al. The Property and Prospect of the Corrugated Paper Board [J]. Packaging Engineering,2005,26(1):1—4.
- [5] 白春妮,韩卿. CPAM 与氧化淀粉混合物用于瓦楞原纸的表面施胶[J]. 中华纸业,2009,30(11):82—84.
BAI Chun-ni, HAN Qing. Surface Sizing Application of the Mixture With CPAM and Oxidized Starch In Corrugated Medium[J]. China Pulp&Paper Industry,2009,30(1):82—84.
- [6] 张国运,彭莉,付旭东. 阳离子 PSBD 与氧化淀粉用于瓦楞原纸的表面施胶[J]. 纸和造纸,2011,30(4):45—48.
ZHANG Guo-yun, PENG Li, FU Xu-dong. Application of the Mixture with Cationic PSBD and Oxidized Starch as Surface Sizing Agent in Corrugated Medium[J]. Paper and Paper Making,2011,30(4):45—48.
- [7] 余仁聪. 典型瓦楞纸板基础结构件的承载性能及其强化方法研究[D]. 无锡:江南大学,2011.
YU Ren-cong. Bearing Properties and Strengthening Technology of Typical Corrugated Board Based Structure [D]. Wuxi:Jiangnan University,2011.
- [8] 刘亚伟. 淀粉生产及其深加工技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,2001.
LIU Ya-wei. The Production of Starch and the Deep Processing Technology [M]. Beijing: China Light Industry Press,2001.
- [9] GB/T 6546—1998,瓦楞纸板边压强度的测定法[S].
GB/T 6546—1998, Corrugated Fibreboard-Determination of Edgewise Crush Resistance[S].
- [10] 姚献平,郑丽萍. 淀粉衍生物及其在造纸中的应用技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,1999.
YAO Xian-ping, ZHENG Li-ping. Starch Derivatives and Its Application in Papermaking Technology[M]. Beijing: China Light Industry Press,1999.
- [11] 尹继明,周伟明. CMC 在表面施胶工艺中的应用技术[J]. 造纸化学品,2002(2):31—33.
YIN Ji-ming, ZHOU Wei-ming. Applied Technology of CMC in Surface Sizing[J]. Paper Chemicals, 2002(2):31—33.
- [12] 林龙平,郑丽萍,应晓荣. 合成聚合物表面施胶剂[J]. 造纸化学品,2000(2):13.
LIN Long-ping, ZHENG Li-ping, YING Xiao-rong. Synthetic Surface Sizing Agent[J]. Paper Chemicals, 2000(2):13.

(上接第 8 页)

- WANG Da-li, SUN Jin-hua. Study on Truck for Transporting Both Explosives and Detonators[J]. Explosive Materials,1995,24(1):32—37.
- [4] 蔡军锋,易建政,续新宇,等. UMMWPE 纤维增强聚氨酯泡沫对爆炸冲击波衰减性能的影响[J]. 高分子材料科学与工程,2009,25(4):119—122.
CAI Jun-feng, YI Jian-zheng, XU Xin-yu. Shock Wave Attenuation Properties of UHMWPE Fiber Reinforced Polyurethane Foam Plastics[J]. Polymer Materials Science & Engineering,2009,25(4):119—122.
- [5] 蒋伟华. 基于 O 形橡胶圈密封的高压容器设计和研究[D]. 杭州:浙江大学,2006.
JIANG Wei-hua. Study and Design of High Pressure Vessel Based on Rubber O-ring Sealing[D]. Hangzhou: Zhejiang University,2006.
- [6] MANNING W R D, LABROW S. High Pressure Engineering[M]. London: Engineering Publications Limited for the Institute of Mechanical Engineering,1977.