

基于纸胶体系及烘干模式的水基胶固化时间测定及影响因素研究

程传玲¹, 周耕耘¹, 李洪涛², 郑力文², 管仕栓², 杨硕³, 王晓斌⁴, 鲁平⁵

(1. 郑州轻工业大学 食品与生物工程学院, 郑州 450000; 2. 山东中烟工业有限责任公司 技术中心, 山东 青岛 266101; 3. 江苏中烟工业有限公司 淮阴卷烟厂, 江苏 淮安 223001; 4. 红塔烟草(集团)有限责任公司 玉溪卷烟厂, 云南 玉溪 653100; 5. 河南中烟工业有限责任公司 技术中心, 郑州 450000)

摘要: **目的** 了解水基胶固化过程中水分散失的规律。**方法** 建立基于纸胶体系及烘干模式的固化时间测定方法, 提出水基胶“有效固化”的概念, 利用皮尔模型对水基胶干燥曲线进行拟合, 并研究5种水基胶在不同干燥温度下的干燥曲线。**结果** 结果表明, 皮尔模型可以较好地拟合水基胶的干燥曲线。固化率在80%~90%存在一个拐点, 具体位置与干燥温度有关。当固化率达到70%时纸胶体系已基本完成黏合, 对应的有效固化时间相对于完全固化时间可缩短74.60%~83.70%。在干燥温度一定时, 不同水基胶的固化时间有一定的差异, 其差异性主要表现在低温干燥区域。**结论** 综上所述, 干燥温度一定时, 低玻璃化转变温度、低粒径、高固含量、高黏度的水基胶的固化时间更短。

关键词: 玻璃化转变温度; 黏度; 聚合物黏合剂; 固化时间; 干燥曲线

中图分类号: TS206.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)15-0202-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.15.026

Curing Time Measurement and Influencing Factors of Water-based Adhesives Based on Paper Adhesive System and Drying Mode

CHENG Chuan-ling¹, ZHOU Geng-yun¹, LI Hong-tao², ZHENG Li-wen²,
GUAN Shi-shuan², YANG Shuo³, WANG Xiao-bin⁴, LU Ping⁵

(1. College of Food and Biological Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450000, China; 2. Technical Center, China Tobacco Shandong Industry Co., Ltd., Shandong Qingdao 266101, China; 3. Huaiyin Cigarette Factory, China Tobacco Jiangsu Industry Co., Ltd., Jiangsu Huaian 223001, China; 4. Yuxi Cigarette Factory, Hongta Tobacco (Group) Co., Ltd., Yunnan Yuxi 653100, China; 5. Technical Center, China Tobacco Henan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China)

ABSTRACT: The work aims to understand the law of water loss during the curing process of water-based adhesives. The curing time measurement method based on the paper adhesive system and drying mode was established, and the "effective curing" concept of water-based adhesives was put forward. The drying curve of water-based adhesives was fitted with the Peel model, and the drying curves of five water-based adhesives at different drying temperature were studied. The results showed that the Peel model could better fit the drying curve of water-based adhesives. There was an inflection point in the curing rate between 80% and 90%, and the specific position was related to the drying temperature. When the curing rate reached 70%, the paper adhesive system basically completed the bonding, and the corresponding effective curing time

收稿日期: 2023-02-15

基金项目: 山东中烟工业有限责任公司科技项目(202202010); 红塔烟草(集团)有限责任公司科技项目(2021CP02)

作者简介: 程传玲(1977—), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为化学合成与分析。

通信作者: 鲁平(1971—), 女, 高级工程师, 主要研究方向为卷烟工艺材料技术。

could be shortened by 74.60%~83.70% compared with the complete curing time. At constant drying temperature, the curing time of different water-based adhesives was different, and the difference was mainly reflected in the low-temperature drying area. In summary, at constant drying temperature, the curing time of water-based adhesives with low glass transition temperature, small particle size, high solid content, and high viscosity is shorter.

KEY WORDS: glass transition temperature; viscosity; polymer adhesives; curing time; drying curve

水基胶由于其无毒环保的特点, 目前已经广泛应用于包装、建筑、纺织、汽车制造以及人造假肢中^[1-2]。同水性涂料相似, 由于其以水为分散相, 而水的比热容大, 因此挥发所需要吸收的热量较大, 相较于溶剂型聚合物, 其干燥速度较慢、固化时间较长^[3], 这将对生产效率以及产品质量有重要的影响。

水基胶的实干时间是指自上胶起至胶液固化、达到设计的胶接强度的时间^[4], 实干时间反映了水基胶的固化速度^[5], 固化速度越快, 对应的固化时间越短。水基胶的固化时间会影响黏结强度及其物理力学性能^[6-7], 从而对水基胶的使用效果产生一定的影响。影响固化时间的因素包括环境温湿度、水基胶自身性质(固含量、T_g、MFT)、涂层厚度、空气表面流速以及辅助干燥剂等。环境温湿度主要通过影响水分的散失从而影响干燥速度。有研究发现^[8], 表面活性剂的添加量也会影响水分的蒸发速率, 孙立科等^[9]发现, 聚合物中含有的残留未反应的羟基、羧基以及不饱和脂肪酸等会减缓干燥速度, 通过添加含不饱和双键的顺酐作为反应催化剂可以解决此问题, 从而加快漆膜干燥速率。此外, 辅助干燥剂包括固化剂^[10-14]、干燥催化剂^[11,15]、快干剂^[16]、复合填料^[17]等也可以通过加快反应或者结膜速度, 从而缩短固化时间。近年来, 有研究提出^[18]Karstedt 铂金催化剂通过促进自由基加成可以有效降低固化时间。另外, 紫外光技术^[19-20]、超声技术^[21]等通过促进自由基加成、提高聚合物转化率也能有效缩短固化时间。

在水基胶固化时间或干燥速度的测定方面, 曾国东等^[22]、韩海军^[10]以制样结束开始计时至试样无明显黏附手指现象记为实干时间; 杨雪芹等^[5,12-13]从乳液混合均匀开始至搅拌棒无法正常搅动或者试样出现某种异常计时结束, 此过程的搅拌时间记为固化时

间; 官仕龙等^[23]以恒定温度下试样体系达到恒重的最短时间计为完全干燥时间; Choi 等^[24]以薄膜透明度来界定水基胶固化程度; 而李国智等^[25]借助刮板细度计进行制样, 将一定深度刻度处薄膜干燥成连续均匀透明状态所需将时间记为固化时间; 离陌^[4]通过自制点胶仪进行上胶, 从涂胶完成开始揭扯即计时, 以揭扯过程中某个涂胶点被撕烂即停止计时, 此时间即为固化时间。除了以某一过程变化所经过的时间来表征固化时间以外, 水基胶的化学及物理性能指标也被用来量化其固化时间的变化。Eamonn 等^[18]以特征峰强度、流变性能和力学测试来量化固化时间的减少量; 孙展鹏等^[21]通过对水基胶进行超声处理, 以其升温速率、反应活化能以及自由基反应速率的变化量来判定其固化时间的变化。

可见, 水基胶固化时间的测定方法众多, 在制样、固化程度评判等方面均没有统一标准, 尤其缺乏水基胶固化过程方面的研究。因此, 本文以烘箱干燥实验为基础建立水基胶-纸体系固化时间的测定方法, 利用皮尔模型对干燥曲线进行拟合, 研究水基胶的固化过程, 提出水基胶“有效固化”的概念, 并研究干燥温度、水基胶玻璃化转变温度、固含量、黏度、粒径等物理性质对固化时间的影响。研究结果有助于合理控制水基胶固化时间, 对快干水基胶的研发也有参考价值。

1 实验

1.1 材料及仪器

主要材料: 1、3、4、5 号水基胶为实验室自制水基胶, 2 号为云南中烟工业有限责任公司提供的参比胶。合成原料用量及各项物理指标的测定结果见表 1。

表 1 样品水基胶的性能参数

Tab.1 Physical indexes of water-based adhesive samples

实验编号	乳化剂质量 分数/%	增塑剂质量 分数/%	VAc 质量 分数/%	BA 质量 分数/%	AA 质量 分数/%	T _g /°C	固含量/%	黏度/(mPa·s)	粒径/nm
1	5.50	5.00	24.00	12.00	0.40	-1.46	40.89	1 451.67	163.17
2						5.29	41.42	1 456.00	527.98
3	4.00	2.75	28.00	8.00	1.80	14.70	40.69	2 852.67	296.77
4	5.50	5.00	24.00	4.00	3.20	26.00	41.03	2 923.33	378.13
5	2.50	0.50	32.00	4.00	0.40	36.02	39.52	1 804.33	108.37

注: 乳化剂和增塑剂的用量为单体用量的质量分数, 单体用量为胶液总量的质量百分比。

主要试剂:乙酸乙烯酯(VAc)、丙烯酸丁酯(BA)、丙烯酸(AA)、过硫酸铵(引发剂)、柠檬酸三乙酯(增塑剂)、C12-14仲醇聚氧乙烯醚(乳化剂)、聚乙烯醇17-88(PVA)、pH调节剂NaHCO₃。

主要仪器:OS20-Pro型顶置电动搅拌器,大龙兴创实验仪器股份公司;NDJ-8S型数字式黏度计,上海菁海仪器有限公司;SHZ-DIIIIV型循环水式多用真空泵,郑州凯鹏实验仪器有限公司;DF-101型集热式恒温加热水浴锅,巩义市予华仪器有限公司;PHS-3E型酸度计,上海仪电科学仪器股份有限公司;FA2004B型电子天平,郑州利研仪器设备有限公司;电热鼓风干燥箱,上海一恒科学仪器有限公司;Q20差示扫描量热仪,美国TA公司;ZetasizerNano-ZS90型激光粒度仪,德芮克国际有限股份公司;KBF240型恒温恒湿箱,河南捷隆科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 水基胶的制备及物理参数测定

在装有搅拌器、温度计、回流冷凝管、恒压滴液漏斗的四口烧瓶中,加入设计量的PVA以及蒸馏水,边加热边搅拌至PVA溶解温度保温1h;降温加入一定量的乳化剂、混合单体以及引发剂溶液进行预乳化;0.5h后升温至聚合温度,间歇滴加混合单体以及引发剂溶液;4~4.5h滴加完毕后,保温一定时间后升温至较高温度进行抽真空并加入设计量的增塑剂;降至一定温度后加入NaHCO₃溶液调节乳液pH,搅拌均匀后降温出料。

黏度按照GB/T 2794—2013进行测定;固含量按照YC/T 188—2004进行测定;玻璃化转变温度采用差示扫描量热仪进行测定;粒径采用激光粒度仪进行测定。

1.2.2 水基胶固化时间测定方法

1) 纸胶样品体系制备。裁取4张宽度为5cm的接装纸备用;将裁剪后的接装纸放在铝盒内,置于设定温度的烘箱内干燥1h,取出后在干燥皿内放至室温,称量接装纸质量直至质量不变(两次称量之差不超过0.5mg),记为 m ;用3mL胶头滴管分别滴加4滴水基胶(涂胶量以均匀铺满一定区域的接装纸为标准)在接装纸上,涂布均匀(折合按压使之均匀)后称量接装纸质量,记为 m_0 。

2) 固化时间测定。将铝盒放入设定温度的烘箱内预热(时间设定为接装纸干燥时间的2倍)后,将涂抹有水基胶的接装纸放入铝盒内立即开始计时,到设定时间后将铝盒取出,置于干燥皿内放至室温,称量接装纸质量记为 m_n 。根据式(1)、式(2)分别计算质量损失率 W 以及固化率 Q 。重复上述步骤测定不同干燥时间下的质量损失率和固化率,每个指标重复测量2次,取其平均值作为最终测定结果。以固化

率为因变量、干燥时间为自变量,利用皮尔模型拟合干燥曲线,然后利用干燥曲线模型计算固化率达到设定值的时间,即为对应的固化时间。

$$W = \frac{m_n - m}{m_0 - m} \times 100\% \quad (1)$$

$$Q = \frac{W}{100 - P} \times 100\% \quad (2)$$

式中: P 为水基胶的固含量。

1.2.3 不同固化程度固化时间测定

利用1.2.2节所建方法测定不同水基胶在干燥温度为90、110、130、150、170、190℃时达到不同固化程度时对应的固化时间。

1.2.4 有效固化时间的测定方法

通过考察纸胶体系达到不同固化率时的黏合程度,以确定纸胶体系达到有效黏合时对应的固化率,并计算有效固化时间。具体步骤如下:

1) 建立黏合效果评判标准。结合预实验情况将黏合效果分为2类:一类是完全黏合,即涂胶区域完全干燥,撕揭时对纸张的破坏程度达到100%;另一类是未完全黏合,即撕揭时纸张部分遭到破坏,涂胶区域有明显水基胶未干的痕迹。

2) 固化效果评价实验。根据1.2.2节得到的皮尔模型计算干燥温度为110℃时样品固化率分别达到20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、100%时所需干燥时间;分别制备纸胶体系样品10张,在110℃条件下按拟合时间对样品进行干燥后立即进行撕揭实验;根据10个样品的黏合程度评判结果分别计算完全黏合率和未完全黏合率,并估算未完全黏合样品中未干区域的面积占比。每个固化率下的实验重复3次。

2 结果与分析

2.1 干燥曲线及拟合

图1是4[#]水基胶在130℃时固化率随干燥时间变化的曲线。由图1可知,随干燥时间的增加,固化率呈先急剧后缓慢升高,最后趋于稳定的变化趋势,其变化趋势符合皮尔模型(式(3))的变化特征^[26-27]。因此,可以利用皮尔模型对干燥曲线进行拟合。

$$Y = \frac{K}{1 + B \times e^{-ax}} \quad (3)$$

理论上,水基胶达到完全固化时其固化率为100%,因此将 K 值约束为100%进行模型拟合,结果见表2。模型的 R^2 达到了0.974,根据模型得到的不同干燥时间的预测固化率与实测固化率的吻合度(图1)较高,说明皮尔模型可以较好地反映水基胶的固化过程。

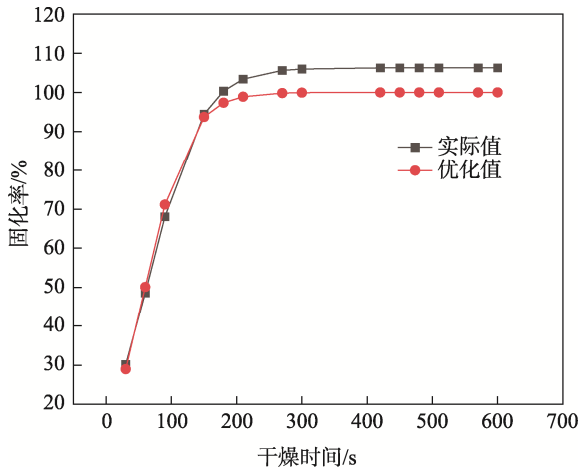


图 1 实际测量值与模型拟合值的散点趋势
Fig.1 Scatter trend chart of actual measurement and model fitting

利用皮尔模型对 5 种水基胶在不同温度下的干燥曲线进行拟合, 结果如表 3 所示。 R^2 均在 0.900 以上, 进一步证明皮尔模型能够较好地拟合水基胶干燥曲线, 这为利用皮尔模型预测水基胶的固化时间提供了依据。

表 2 优化后模型拟合参数估计值
Tab.2 Estimated values of model fitting parameters after optimization

参数	估计值	标准误差	95%置信区间	
			下限	上限
k	100.000	1.992	95.729	104.271
a	0.033	0.005	0.023	0.043
b	7.703	2.054	3.299	12.108

2.2 不同水基胶的固化时间测定结果及分析

5 种水基胶在不同温度下的干燥曲线如图 2 所示。总体看来, 固化率由急剧变化阶段至缓慢变化阶段的转折点主要发生在 80%~90%, 且干燥温度越低转折点对应的固化率越低、干燥时间越长, 即在较低温度下固化率的变化相对较为平缓, 达到 100% 固化需要的时间较长。随着温度的上升变化逐渐加剧, 且 2 条干燥曲线之间的距离逐渐变小, 说明温度对水基胶的固化速度影响较大。不同水基胶在同一温度下干燥曲线的变化趋势亦有着一定的差异, 说明水基胶自身性质与其固化速度也有关系。

表 3 不同水基胶模型参数及预测完全固化时间结果
Tab.3 Model parameters and predicted fulling curing time of different water-based adhesives

样品编号	参数	90 °C	110 °C	130 °C	150 °C	170 °C	190 °C
样品 1	R^2	0.984	0.972	0.988	0.971	0.963	0.920
	k	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
	a	0.025	0.028	0.045	0.054	0.079	0.072
	b	8.032	7.178	8.340	6.645	5.920	3.641
样品 2	R^2	0.979	0.974	0.981	0.966	0.971	0.951
	k	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
	a	0.013	0.020	0.032	0.041	0.065	0.068
	b	6.004	6.873	6.741	6.545	18.766	6.243
样品 3	R^2	0.980	0.978	0.982	0.971	0.965	0.940
	k	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
	a	0.018	0.024	0.029	0.038	0.047	0.068
	b	7.423	6.418	7.637	6.470	6.382	4.758
样品 4	R^2	0.976	0.974	0.974	0.960	0.970	0.968
	k	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
	a	0.016	0.022	0.033	0.041	0.064	0.063
	b	6.423	7.303	7.703	6.262	9.034	6.980
样品 5	R^2	0.956	0.967	0.970	0.968	0.982	0.939
	k	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
	a	0.015	0.027	0.033	0.040	0.072	0.078
	b	4.859	6.123	5.923	5.858	14.491	4.796

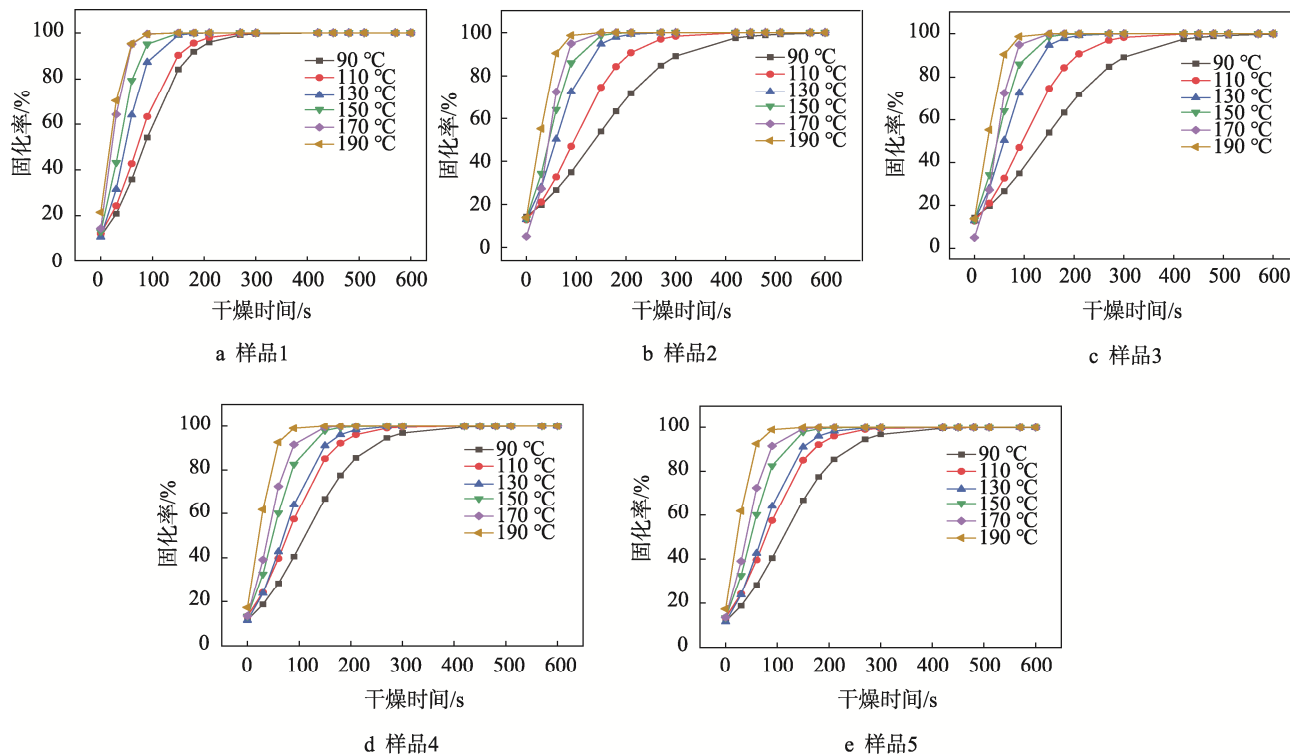


图2 不同水基胶在不同温度下的干燥曲线拟合
Fig.2 Drying curves of different water-based adhesives at different temperature

2.2.1 水基胶的完全固化时间

表4为根据皮尔模型预测的不同水基胶在不同温度下干燥时固化率达到100%时对应的干燥时间,即完全固化时间。由表4可知,同一种胶的完全固化时间随干燥温度升高呈快速缩短趋势,温度达到约170 °C时完全固化时间趋于稳定;相同温度下不同种类水基胶的完全固化时间也不相同,且差异主要表现在低温干燥区域。

2.2.2 水基胶的有效固化时间

表5所示是针对样品2水基胶在干燥温度为110 °C时、固化率对纸胶体系黏合效果影响的实验结果。可以

看出,随着固化率的增加,涂胶区域完全黏合的样品占比逐渐升高,且当固化率达到100%时完全干燥样品量趋于100%;未完全黏合的样品比例逐渐减少,且对应的未完全黏合区域占总涂胶区域的面积比逐渐降低。当固化率达到70%时,完全黏合样品数占比达到了83.33%;相应地,未完全黏合样品占比为16.67%,且未完全黏合区域的面积不足3%。利用其他几种水基胶对固化率为70%时的黏合效果进行验证,结果表明达到完全黏合的样品占比均达到了90%以上。因此,可以认为固化率达到70%时纸胶体系已达到有效黏合的程度,故将固化率达到70%时的干燥时间称为有效固化时间。

表4 水基胶在不同干燥温度下达到不同固化程度的时间
Tab.4 Time of water-based adhesives achieving different curing degree at different drying temperature

样品编号	固化程度	90 °C	110 °C	130 °C	150 °C	170 °C	190 °C
样品 1	完全固化	558.31	497.24	311.11	256.24	172.54	182.72
	有效固化	117.23	100.65	65.96	50.76	33.24	29.72
样品 2	完全固化	1 056.62	689.56	438.78	335.06	228.61	197.28
	有效固化	203.05	138.48	86.11	66.49	58.14	39.39
样品 3	完全固化	755.78	572.55	482.65	359.92	292.09	195.79
	有效固化	158.44	112.77	99.32	71.43	57.46	35.40
样品 4	完全固化	876.08	629.64	429.03	333.88	222.03	222.78
	有效固化	169.20	128.89	87.54	65.41	47.63	44.29
样品 5	完全固化	918.83	510.40	404.20	340.47	203.71	172.04
	有效固化	161.88	98.49	79.58	65.38	48.90	30.96

表 5 不同固化率的黏合结果
Tab.5 Bonding effect of different curing degree

固化率/%	完全干燥		不完全干燥
	样品量占比/%	样品量占比/%	未干区域面积占涂胶区域比/%
20	36.67	63.33	20 ~ 30
30	46.67	53.33	10 ~ 20
40	50.00	50.00	10 ~ 20
50	63.33	36.67	5 ~ 10
60	73.33	26.67	3 ~ 5
70	83.33	16.67	≤ 3
80	86.67	13.33	≤ 3
90	96.67	3.33	0
100	100.00	0.00	0

根据皮尔模型计算出的不同水基胶在不同干燥温度条件下的有效固化时间如表 4 所示, 相对于完全固化时间有效固化时间降低了 74.60%~83.70%。可见按照有效固化时间控制纸胶体系的干燥过程可以大大缩短干燥时间。Pearson 相关分析结果表明, 有效固化时间与完全固化时间之间呈极显著正相关关系 ($r=0.993, P=0.000$), 说明随着水基胶种类及干燥温度的变化两者具有一致的变化趋势。

2.3 影响水基胶固化时间的因素

以固化时间为因变量 (y), 温度 (x_1)、玻璃化转变温度 (x_2)、黏度 (x_3)、固含量 (x_4)、粒径 (x_5) 为自变量进行回归分析, 结果见表 6 和见表 7。由表 6 可知, F 检验结果为极显著 ($P=0.000$), 且模型的决定系数为 0.967, 说明建立的回归模型可以较好地反映水基胶固化时间与干燥温度以及水基胶各项物理指标之间的关系。

表 6 模型总结及 F 检验结果
Tab.6 Model summary and F test results

模型概述				F 检验	
相关系数	决定系数	调整决定系数	估计值的标准误差	F 值	P 值
0.984	0.967	0.955	50.860 65	78.103	0.000

由表 7 可知, 水基胶的玻璃化转变温度 (x_2)、黏度 (x_3)、粒径 (x_5) 对水基胶的固化时间均有显著或极显著影响, 且各项水基胶物理参数与温度间均存在交互作用, 说明不同水基胶固化时间的差异性与干燥温度密切相关。

结合干燥温度与水基胶各项物理指标之间的交互作用, 分析水基胶各项指标对固化时间的影响, 结果见表 8。由表 8 可知, 固化时间随固含量升高而降

表 7 回归系数检验
Tab.7 Regression coefficient test

模型	非标准化系数		标准化系数	t 值	P 值
	B	标准误差			
b	2 114.928	222.207		9.518	0.000
x_2	15.124	3.500	0.870	4.322	0.000
x_3	-0.188	0.069	-0.525	-2.719	0.013
x_5	1.615	0.286	1.030	5.650	0.000
x_1x_1	0.062	0.009	2.522	6.738	0.000
x_1x_2	-0.106	0.024	-0.913	-4.365	0.000
x_1x_3	0.001	0.000	0.710	2.912	0.008
x_1x_4	-0.553	0.069	-3.268	-8.039	0.000
x_1x_5	-0.008	0.002	-0.781	-3.818	0.001

表 8 各指标与温度间的交互作用分析
Tab.8 Analysis of interaction between index and temperature

指标	交互关系	临界温度/ $^{\circ}\text{C}$	临界温度下的变化趋势
玻璃化温度 (x_2)	$(15.124-0.106x_1)x_2$	142.7	正相关
黏度 (x_3)	$(0.001x_1-0.188)x_3$	188.0	负相关
固含量 (x_4)	$-(0.553x_1)x_4$		负相关
粒径 (x_5)	$(1.615-0.008x_1)x_3$	201.9	正相关

低, 且温度越高变化越明显; 其他 3 项指标对固化时间的影响则存在一个临界温度 (介于 142.7~201.9 $^{\circ}\text{C}$)。在临界温度以下, 固化时间随着水基胶玻璃化温度的升高和粒径的增大而升高, 随着黏度的增大而降低, 且干燥温度越低影响越明显。综合来看, 低玻璃化转变温度、低粒径、高固含量、高黏度的水基胶的固化时间短, 具有低温快干的特点, 且干燥温度越低该优势表现得越明显。这可能是由于玻璃化温度较低时, 其相对应的最低成膜温度也较低; 粒径较小的水基胶, 可以促进乳液成膜, 能够有效降低水基胶乳液的最低成膜温度与玻璃化转变温度; 而高固含量、高黏度的水基胶, 其所含水较少, 在干燥时水分挥发较快, 达到有效缩短固化时间, 提升干燥速度的目的。

3 结语

通过对水基胶固化时间测定及影响因素研究, 结果表明, 水基胶的固化率随干燥时间呈先急剧后缓慢升高, 最后趋于稳定的变化趋势, 符合皮尔模型描述的基本特征。根据皮尔模型可以计算出水基胶干燥至任意固化率所需时间。干燥温度是影响固化时间的主要因素。因干燥温度不同, 固化率由快速升高至缓慢升高阶段的拐点出现在 80%~90%, 且当固化率达

到70%时纸胶体系已基本完成黏合,对应的有效固化时间相对于完全固化时间可缩短74.60%~83.70%。水基胶的自身性质对固化时间有一定的影响。温度一定时固化时间与水基胶的玻璃化转变温度、固含量、黏度和粒径有关,在临界温度以下固化时间随着水基胶玻璃化温度的升高和粒径的增大而升高,随着黏度的增大而降低,且干燥温度越低影响越明显。

综合来看,干燥温度与水基胶自身性质对固化时间均有影响,但主要以干燥温度的影响为主。在干燥温度一定时,低玻璃化转变温度、低粒径、高固含量、高黏度的水基胶的固化时间更短,具有快干的特点。本文样品只选择了部分水基胶作为实验品,没有对所有自制水基胶进行实验,后续会对其他水基胶做进一步实验验证。此外,本实验只在实验室中完成,没有在实际生产中进行实验,后续会进行上机实验,进一步验证预期的效果。

参考文献:

- [1] 王正辉,刘雪琼,王红娟,等.水基胶粘剂及其应用[J].广州师院学报(自然科学版),2000(11):60-65.
WANG Zheng-hui, LIU Xue-qiong, WANG Hong-juan, et al. Water-based Adhesives and Its Application[J]. Journal of Guangzhou Normal University (Social Science Edition), 2000(11): 60-65.
- [2] 陈宜良,徐军,卫冬燕,等.水基乳液型纸塑复合胶粘剂的实验研究[J].郑州大学学报(工学版),2002,23(1):18-20.
CHEN Yi-liang, XU Jun, WEI Dong-yan, et al. Study on Water-Emulsion Paper/Plastic Laminating Adhesive[J]. Journal of Zhengzhou University of Technology, 2002, 23(1): 18-20.
- [3] 奚祥.水性木器涂料的干燥速度与相关因素讨论[J].中国涂料,2011,26(7):58-62.
XI Xiang. Discussion on the Drying Rate and Related Factors of Water-Borne Woodenware Coatings[J]. China Coatings, 2011, 26(7): 58-62.
- [4] 离陌.烟用水基胶质量控制指标体系建立与配套检测技术研究[D].长沙:湖南大学,2018.
PATTHAVONGSA P. Establishment of Quality Control Index System of Water-Based Adhesive for Tobacco and Research on Matching Testing Technology[D]. Changsha: Hunan University, 2018.
- [5] 杨雪芹,葛志华,韩捷,等.快干型聚四氟乙烯用复合胶黏剂的研制[J].塑料科技,2019,47(9):59-62.
YANG Xue-qin, GE Zhi-hua, HAN Jie, et al. Development of Quick-Drying Composite Adhesive for Polytetrafluoroethylene[J]. Plastics Science and Technology, 2019, 47(9): 59-62.
- [6] PAUL S, MOTALAB M, ZUBAER M, et al. Strain Rate and Curing Condition Effects on the Stress-Train Behaviour of Epoxy Adhesive Materials[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2017, 31(16): 1-14.
- [7] RICARDO C, LUÍS C, SUSANA C F, et al. Effects of the Preparation, Curing and Hygrothermal Conditions on the Viscoelastic Response of a Structural Epoxy Adhesive[J]. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2021, 110: 102961.
- [8] OKUBO M, TAKEYA T, TSUTSUMI Y, et al. Asymmetric Porous Emulsion Film[J]. Journal of Polymer Science: Polymer Chemistry Edition, 1981, 19(1): 1-8.
- [9] 孙立科,吉芹,郭珊珊,等.一种快干环保型醇酸涂料树脂的制备[J].化工新型材料,2020,48(12):265-268.
SUN Li-ke, JI Qin, GUO Shan-shan, et al. Preparation of an Environmentally Friendly and Fast-Drying Alkyd Resin[J]. New Chemical Materials, 2020, 48(12): 265-268.
- [10] 韩海军.低温快干单组分聚氨酯防水涂料的研制及施工应用[J].中国建筑防水,2018(6):4-9.
HAN Hai-jun. Development and Application of One-Component Polyurethane Waterproofing Coating Fast Curing at Low Temperature[J]. China Building Waterproofing, 2018(6): 4-9.
- [11] 刘振兴,陈颀,郭锦棠.高温条件下固化时间可控的环氧树脂体系[J].精细石油化工,2019,36(3):40-45.
LIU Zhen-xing, CHEN Di, GUO Jin-tang. Study on Epoxy Resin System with Controllable Curing Time under High Temperature Condition[J]. Speciality Petrochemicals, 2019, 36(3): 40-45.
- [12] 徐力峥,李建章,张世锋,等.固化剂对低摩尔比脲醛树脂固化特性的影响[J].北京林业大学学报,2009,31(3):124-128.
XU Li-zheng, LI Jian-zhang, ZHANG Shi-feng, et al. Effects of Curing Agents on Curing Characteristics of Low Molar Ratio Urea-Formaldehyde Resin[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2009, 31(3): 124-128.
- [13] 陈崇英,高金贵,邹志平,等.复合固化剂不同用量对脲醛树脂固化时间及适用期的影响分析[J].木材加工机械,2014,25(1):30-34.
CHEN Chong-ying, GAO Jin-gui, ZOU Zhi-ping, et al. Composite Curing Agent Dosage on the Effect of Curing Time and Applicable Period of Urea-Formaldehyde Resin[J]. Wood Processing Machinery, 2014, 25(1): 30-34.
- [14] RAHMAN M, KIM H D. Effect of Polyisocyanate Hardener on Waterborne Polyurethane Adhesive Containing Different Amounts of Ionic Groups[J]. Macromolecular Research, 2006, 14(6): 634-639.

- [15] 蔡永红, 许英, 陈宝元. 冷制高强快干系列胶黏剂的制备与性能[J]. 化学与黏合, 2007, 29(3): 164-168.
CAI Yong-hong, XU Ying, CHEN Bao-yuan. Preparation and Performance of Cold System High Strength Quick -Drying Series Adhesive[J]. Chemistry and Adhesion, 2007, 29(3): 164-168.
- [16] 高天娇, 娄延春, 尹绍奎, 等. 消失模用新型水基快干涂料工艺性能的研究[J]. 铸造, 2020, 69(5): 485-489.
GAO Tian-jiao, LOU Yan-chun, YIN Shao-kui, et al. Study of New-Type Quick-Drying Water Based Coating for LFC[J]. Foundry, 2020, 69(5): 485-489.
- [17] 李彭, 王小华. 快干耐水型氧化改性淀粉胶黏剂的研制[J]. 包装学报, 2012, 4(3): 1-5.
LI Peng, WANG Xiao-hua. Study on Quick Dry Water Resistant Type Oxidation Modification Starch Adhesive[J]. Packaging Journal, 2012, 4(3): 1-5.
- [18] MURPHY E, DUMONT J, PARK C, et al. Tailoring Properties and Processing of Sylgard 184: Curing Time, Adhesion, and Water Affinity[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2019, 137(7): 48530.
- [19] LEPRINCE J, HADIS M, DEVAUX J, et al. Phosphine Oxide-Based Adhesives: Reduced Curing Time and Increased Polymer Conversion[J]. Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials, 2012, 28(1): 10.
- [20] 石智铭, 崔金素, 吕振波, 等. 酰基氧化膦型光引发剂的合成及应用进展[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2020, 40(9): 140-141.
SHI Zhi-ming, CUI Jin-su, LYU Zhen-bo, et al. Progress in Synthesis and Application of Acyl Phosphine Oxide Photoinitiator[J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2020, 40(9): 140-141.
- [21] 孙展鹏, 姚远, 王辉. 超声加速环氧胶黏剂的固化动力学行为与机理[J]. 塑料工业, 2021, 49(8): 153-157.
SUN Zhan-peng, YAO Yuan, WANG Hui. Study on Kinetics and Mechanism of Ultrasonic Assisted Curing of Adhesive Resin[J]. China Plastics Industry, 2021, 49(8): 153-157.
- [22] 曾国东, 温广香, 李珏池, 等. 常温固化柔性环氧树脂路桥用防水黏结剂的研制[J]. 公路, 2021, 66(8): 310-315.
ZENG Guo-dong, WEN Guang-xiang, LI Jue-chi, et al. Development of Waterproof Adhesive for Road and Bridge with Room Temperature Curing Flexible Epoxy Resin[J]. Highway, 2021, 66(8): 310-315.
- [23] 官仕龙, 杨专, 叶青, 等. 快干卷烟胶用 VAc/AA/MMA 三元共聚乳液的制备[J]. 中国胶粘剂, 2009, 18(4): 49-52.
GUAN Shi-long, YANG Zhuan, YE Qing, et al. Preparation of VAc/AA/MMA Copolymer Emulsion as Fast Drying Adhesive for Cigarette[J]. China Adhesives, 2009, 18(4): 49-52.
- [24] CHOI Y M, LEE B H, PARK J W, et al. Adhesion Properties of Eco-Friendly PVAc Emulsion Adhesive Using Nonphthalate Plasticizer[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2013, 27(5/6): 536-550.
- [25] 李国智, 朱雪峰, 龙雨蛟, 等. 不同卷烟机用低温快干搭口胶的工艺参数优化及应用[J]. 中国胶粘剂, 2017, 26(12): 4-7.
LI Guo-zhi, ZHU Xue-feng, LONG Yu-jiao, et al. Optimization and Application of Technological Parameters of Low-Temperature Fast-Drying Cigarette Lap Adhesive for Different Cigarette Rolling Machines[J]. China Adhesives, 2017, 26(12): 4-7.
- [26] 陈青香. 基于皮尔曲线模型的隧道围岩变形预测研究[J]. 北方交通, 2010(11): 48-50.
CHEN Qing-xiang. Research on Distortion Prediction of Tunnel Surrounding Rock Based on Pearl Curve[J]. Northern Communications, 2010(11): 48-50.
- [27] 刘云川, 张龙生, 严绍洋, 等. 路堤沉降的皮尔模型预测[J]. 中国水运(理论版), 2007, 5(8): 108-109.
LIU Yun-chuan, ZHANG Long-sheng, YAN Shao-yang, et al. The Embankment Subsidence Peels the Model Forecast[J]. China Water Transport, 2007, 5(8): 108-109.

责任编辑: 曾钰婵