

[新设备·新材料·新方法]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2017.03.014

纸浆模塑包装制品的丝网印刷技术研究

魏佳星¹, 张新昌^{1,2}

(1. 江南大学 机械工程学院, 江苏 无锡 214122;
2. 江南大学 江苏省食品先进制造装备技术重点实验室, 江苏 无锡 214122)

摘要:针对目前纸浆模塑包装制品有颜色单调、表面结构复杂、表面粗糙等局限,及产品外观粗劣、附加值低无法应用于高端产品包装等缺点,提出了采用丝网印刷的方式完成纸浆模塑包装制品表面印刷的方案。设计以纸浆模塑制品为承印物,以网印水基油墨、紫外线光固油墨、电子束辐射固化油墨为实验油墨,通过不同的印刷速度、印刷压力、网版间距进行表面印刷,并对纸浆模塑包装制品进行表面印刷效果测试评估,从而确定最适合的工艺参数。实验结果表明:油墨对丝网印刷的效果影响最为显著,紫外线光固油墨黏度适中,同时在特定光线光照条件下油墨固化快,文字平滑度比电子束辐射固化油墨好,不易蹭脏,印品相对完整,清晰,是最佳的丝网印刷油墨,但成本较高;5~10 cm/s的印刷速率变化对试验结果的影响较小。

关键词:纸浆模塑制品;丝网印刷;正交试验;印刷适性;印刷速度;网版间距

中图分类号:TS871.1 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2017)03-0060-06

Analysis of Screen Printing Technology of Molded Pulp Packaging Products

WEI Jiaxing¹, ZHANG Xinchang^{1,2}

(1. School of Mechanical Engineering, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;
2. Jiangsu Key Laboratory of Advanced Food Manufacturing Equipment & Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract: Aiming at the limitations of present molded pulp products color monotonous, surface structure complicated, and the shortcomings of poor products appearance, low added value, not be applied to the high-end product packaging, put forward molded pulp packaging products surface printing solutions by the screen printing method. The design of molded pulp packaging products surface printing solutions to pulp products for printing, screen printing with water-based ink, UV curing inks, electron beam curing inks for surface printing ink experiment, through different printing speed, screen printing pressure, spacing, and assess the effect of pulp molding surface printing test packaging products, in order to determine the most suitable process parameters. The experimental results show that the effect of printing ink on screen printing is the most significant. UV curing ink viscosity is moderate, and in particular the light illumination ink curing fast text smoothness than the electron beam radiation curable ink is good, not easy to get dirty, printing is relatively complete, clear, is the best screen printing ink, but the cost is high, the effect of 5~10 cm/s printing speed change on the test result is small.

Keywords: molded pulp products; screen printing; orthogonal test; printing adaptability; printing speed; screen spacing

纸浆模塑包装制品的生产材料来源广泛,主要为废旧纸箱、白色纯木浆及其他废旧纸张等^[1]。目前纸浆模塑的用途非常广,生活中随处可见纸模的产

品^[2]。纸浆模塑包装制品有颜色单调、表面结构复杂及表面粗糙等问题的局限及产品外观粗劣、附加值低,无法应用于高端产品包装的缺点^[3]。纸浆模塑具有表

收稿日期:2016-11-22;修回日期:2017-02-06

第一作者简介:魏佳星(1992),男,辽宁盘锦人,硕士研究生,主要研究方向为包装材料与制品开发。通信作者:张新昌(1961),男,河南南阳人,教授,硕士生导师,主要研究方向为产品包装技术、包装材料与制品。E-mail:zxc89@126.com

面印刷适性较差,粗糙度较高,白度较低及吸水基油墨强的特点^[4-5]。基于纸模的印刷适性及其结构形状的变化多样,要求油墨能够以任意角度转移到承印物上。而丝网印刷正是通过刮板和丝网版接触形成的夹角,通过施压和移动的方法进行油墨的转移,适合结构形状多变的承印物的印刷^[6]。丝网印刷其油墨普遍存在着固化干燥的问题,结合现在市场对于油墨的环保性要求,目前国内主要有3款油墨符合要求,分别是:网印水基油墨、紫外线光固油墨和电子束辐射固化油墨^[7]。

国内外对于在纸浆模塑上的印刷适性及工艺研究非常少,目前国内研究普遍集中在对于单个印刷技术及其参数的研究,以及对未来趋势的3D打印的研究。李树坤指出当进行细线或四色网点的印刷成像时,丝网和网点之间的关系需要作为一个因素进行讨论^[8];李婧伟通过加入润滑理论,建立了一个综合因素下的动态的研究模型,为精细化的印刷提供了一个研究逻辑^[9];Mareti等人对于青色油墨在不同材料上印刷后的图像的色值进行了一个比较^[10];王学美等人分析了特定的几种油墨在不同纸张上的印刷,其墨层厚度与油墨的饱和密度之间的关系^[11];Mishra等人分析研究了3D打印的层层模型和控制^[12]。因此本文基于纸浆模塑这种基材的最佳印刷方式的研究具有一定的意义。

本文基于丝网印刷工艺,着力于优化纸浆模塑包装制品表面印刷工艺技术参数,研究适合于纸浆模塑包装制品表观的印刷工艺及印刷适性参数配置,从而提高产品包装装潢效果,提高产品质量,使纸浆模塑包装制品更加顺应社会发展的需求并得到良好的应用,并为纸浆模塑包装材料表面印刷提供了相关技术及工艺参考。

1 试验

1.1 试验材料

纸浆模塑托盘,规格为27 cm×27 cm×8 cm;牛肉膏(BR);固化油墨黑色丝印油墨1 kg(主要成分:溶剂100号矿物溶剂油,颜料炭黑,连接料环氧树脂,乙二醇-丁醚等);UV黑色丝印油墨1 kg(主要成分:反应性齐聚物环氧双丙烯酸酯,光引发剂二苯甲酮,活性剂有机胺,颜料炭黑等);网印水基油墨黑色丝印油墨1 kg(主要成分:溶剂水,连接料丙烯酸树脂,消泡剂硅油,颜料炭黑等)。

1.2 仪器与设备

03小2型丝网印刷机,东莞市益彩设备有限公

司;YQ-Z48B白度测试仪,杭州轻通博科自动化技术有限公司。

1.3 试验方法

本文采用正交试验法,比较不同的印刷工艺参数时紫外线光固油墨、网印水基油墨和电子束辐射固化油墨对印品质量的影响,找出最适合纸浆模塑制品印刷的丝印油墨,对印刷工艺参数中的网版间隔、印刷压力和印刷速率进行研究,设计了4因素3水平正交试验。试验步骤如下:

1) 纸浆模塑制品处理

选择已成型的纸浆模塑制品,将其印刷面标记,将不规则和变形部分整形,保持其整体架构规则完整,剔除切割面的毛糙部分,尽量保证试验印刷表面平整整洁,备用。

2) 实验室条件选择

实验室选择温度为20~25℃,湿度为50%,日光光源照明,D65光源检测。

3) 网版制作

综合纸浆模塑表面印刷适性与观察距离要求,拟采用60 lpi加网线数,同时丝网网版目数与网版加网线数之间存在一个的比例关系,应大于加网线数的4倍,从而确定本次试验制作网版的丝网目数为300条。

在设计丝网角度时,应考虑到丝网与底片加网干涉导致的龟纹现象,两者角度之差应大于22°^[13],所以,本次试验设计的丝网角度为45°。

制作所需菲林片时的主要参数如下:加网线数,60 lpi线;角度,45°;网点形状,圆形;绷网方式,标准气动绷网。使用张力计在丝网四角及中心点位检测并记录绷网张力^[14],位置如图1所示。

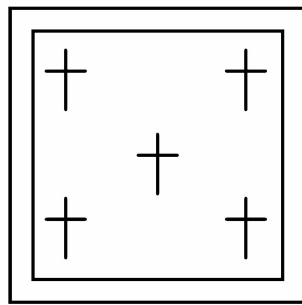


图1 网框张力测试点

Figure 1 Net frame tension test point

由于网版存在张力松弛,需要静置8 h,使丝网内部张力均匀^[15]。在试验中,需要再紧网一次,检测并记录其张力是否变化。

将丝网与铝合金网框粘合并使用橡胶板干燥。粘

合胶干燥后,将网框外的多余丝网剪除,同时用单面胶纸将网框周围及与丝网粘合部分固定,防止洗网水影响印版质量。最后将丝网冲洗晾干,准备进行制版。

制版采用的是感光制版法中的直接法。采用重氮型丝网感光乳剂,利用感光胶的光化学变化,将受光部分交联硬化,堵塞网版通孔,使只有未感光的区域即印刷时的图形文字区域的网版逐步形成通孔。将图文区域网版清洗、干燥后进行表面涂布,随后进行晒版清洗^[16]。

制版参数:网版张力 15 N,外径 32 cm × 37 cm 铝合金外框,网目数 300 条,丝网类型为涤纶,网版原稿如图 2 所示。



图 2 印刷测试版

Figure 2 Print test edition

4) 印刷

印刷过程:①把纸模试样放入工作台印刷位置定位,调整固定两根支撑架位置,并使其保持平行,调整印刷高度,使印版与水平面平行。安装网版、固定试样应在正式印刷之前,印刷网版与样品之间应该保持网版间隔 h 的平稳状态^[17]。②调整刮墨刀位置,使其与印刷网版的平面形成压印角 α ,然后以 α 角度压向网版平面,同时网版平面与试样上水平面形成线形接触状态^[18]。③刮墨刀移动,通过施加在刮墨刀上印刷压力,使得局部油墨从印版的镂空区域渗透达到试样表面。其他区域印刷油墨则与刮墨刀一同移动。利用摩擦力来实现纸浆模塑包装制品的丝网印刷。刮板硬度肖式 60 度。④取出印刷试样,观察印刷效果,选择完整性较好样品标号保存,调整印刷参数,重复试验步骤。

1.4 试验方案

1) 最细线划检测

最细线划测试时指线宽测试版中边缘平整干净,无锯齿形波纹的最细线宽度,用来衡量印刷品的印刷

精度。最细线划宽度越小,则印刷效果越好,质量越高。线宽的设定由网版制作决定,最细线为 0.10 mm,其次为 0.20,0.25,0.50,0.75,1.00 mm,之后以 0.5 mm 递增,如图 3 所示。



图 3 最细划线测试图像

Figure 3 Most fine line test image

2) 文字及图像检测

检测图像为江南大学 logo,通过目测来确定印品表面是否有印刷不完整,以及图像边缘不平滑的现象,如图 4 所示^[19]。



图 4 文字及图像测试图样

Figure 4 Text and image test pattern

3) 最小图案检测

通过一连串大小不等的正方形图像来检测印刷精度,测试方式为印刷品中出现正方形图案越小,数量越多,则表面印刷精度越高,反之,印刷精度越小,表面印刷效果越差,如图 5 所示。

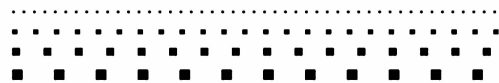


图 5 最小图案检测图像

Figure 5 Minimum pattern detection image

4) 试验流程

试验的具体流程如图 6 所示。

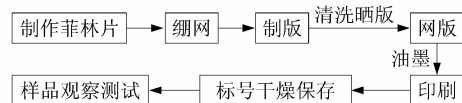


图 6 试验流程

Figure 6 Test procedure

2 结果与讨论

2.1 正交试验表

本文中试验的因素水平表如表 1 所示。

表1 正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal experiment

水平	因素			
	油墨类型	印刷压力/ MPa	印刷速率/ ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	网版间隔/ mm
1	水基油墨	0.12	5.0	1.0
2	UV	0.24	7.5	2.0
3	固化油墨	0.36	10.0	3.0

2.2 试验结果

由表1得9组试验数据,每个试样中最细线划及最小方格数如表2所示。

表2 正交试验测试数据表

Table 2 Orthogonal test data

试验 序号	因素				最细线 划/mm	最小 方格数
	油墨类型	印刷压力	印刷速率	网版间隔		
1	1	1	1	1	3.00	0
2	1	2	2	2	2.50	1
3	1	3	3	3	1.50	2
4	2	1	2	3	0.50	3
5	2	2	3	1	0.10	8
6	2	3	1	2	0.20	5
7	3	1	3	2	0.20	4
8	3	2	1	3	0.25	4
9	3	3	2	1	0.25	3

分析表2可得,最佳的试验样品为5号试样,最差的试验样品为1号试样。从外观表现上看,5号试样无论是印刷精度还是油墨转移完整性,都要比其他试样好,整体图案完整度较高。采用QB/T 3007—2008凹版纸基装潢印刷品对样品进行检测评估,实验结果表明,试样1,2的印刷效果较差,最细线划分别为3.0,2.5 mm,主要表现在油墨覆盖不完整,以及图像边缘凹凸不平等现象上,随着压力的增加,现象有所好转。试验号5的印刷效果较好,最细线条较为清晰可见,而其他样品则最细线划在0.2~1.5 mm之间。

2) 文字及图像效果如图7所示。

图7中试样1,2,3普遍出现了溢墨及图案蹭脏的现象,这主要是由于水基油墨黏度较低,透过丝网出现渗透现象,导致印刷效果大大降低,尤其是试样3,在较大的印刷压力下油墨转移量过大,图案已经完全模糊。紫外线光固油墨与电子束辐射固化油墨在图案及文字反馈中的效果较好,同样最好的为5号试样,墨迹均匀清晰,墨层较厚。通过比较网版间隔也可得出较大的网版间隔油墨转移量更小。

3) 最小图案效果图如图8所示。

最小图案效果与最细线划效果大致相同,试验号

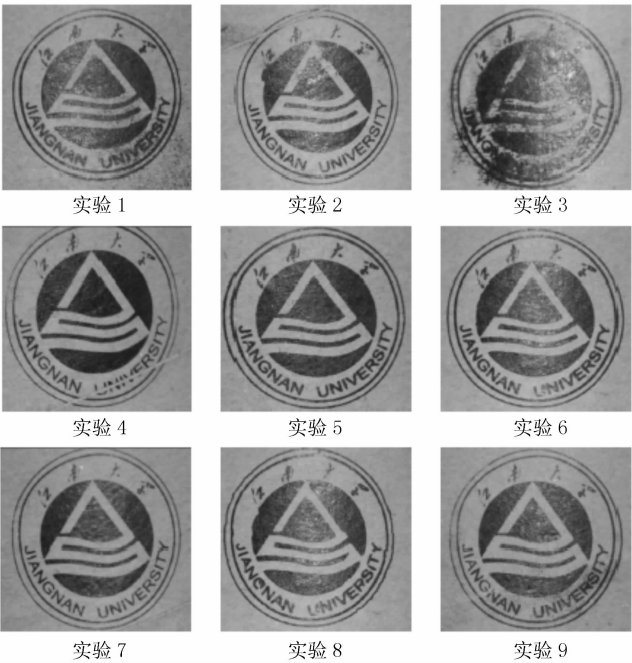


图7 文字及图像效果图

Figure 7 Text and image effect chart

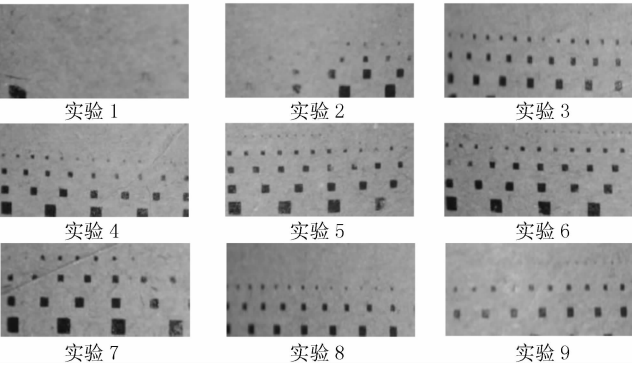


图8 最小图案效果图

Figure 8 Minimum pattern effect diagram

1,2的效果最差,5,6号的效果较好,最小方格数较多,其他样品次之。另外,根据试验研究,最小方格所能达到的最短边长为0.25 mm,与最细线划不同,最小0.1 mm×0.1 mm的方格在本次正交试验中无法清晰的观察到,这是与纸浆模塑表面粗糙和白度较低的情况有关。

2.3 工艺参数对试验结果的影响

进一步分析主要工艺参数对试验结果的影响。

1) 油墨对试验结果的影响

选用网目数为300条的印版,选择不同的油墨进行分析,包括电子束辐射固化油墨、网印水基油墨和紫外线光固油墨,检测结果如表3所示,其中C,M,Y,K分别代表黄、品红、青、黑4种印刷色。

表3 纸模制品不同油墨表面印刷检测结果

Table 3 Pulp molded products of different ink printed on surface of test results

油墨类型	实地密度/mm				光泽度/%				网点 扩大	最细线划/mm			边缘 平滑度	墨层 牢固度
	C	M	Y	K	C	M	Y	K		22.5	45.0	90.0		
固化油墨	0.75	0.84	1.17	0.90	1.20	1.90	1.60	1.10	不明显	0.05	0.05	0.30	低	合格
紫外线光固油墨	0.86	0.75	1.00	0.84	1.50	2.00	2.80	1.40	不明显	0.05	0.05	0.30	高	合格
网印水基油墨	0.95	0.98	1.23	0.94	1.75	2.20	2.90	1.60	明显	0.05	0.05	0.30	低	合格

通过试验得出,油墨对丝网印刷的效果影响最为显著,在本次试验所用的300条涤纶丝网条件下,油墨的黏度对丝网印刷质量有着最明显的影响,网印水基油墨由于其黏度低,很容易发生渗透过丝网的现象,油墨转移不均匀,导致脏版、糊版,无法形成清晰的图案,甚至不得不暂停试验清洗网版;而电子束辐射固化油墨则黏度较大,需要较大的印刷压力,只有在印刷压力大于0.24 MPa的情况下,才能形成相对完整的图案。UV丝印油墨黏度适中,在特定光线光照条件下油墨固化快,文字平滑度比电子束辐射固化油墨好,不易蹭脏,印品相对完整,清晰,是最佳的丝网印刷油墨,但存在成本较高的缺陷。

2) 印刷速率对试验结果的影响

在本次试验条件下,5~10 cm/s的印刷速率变化对试验的影响效果较小,但在相同条件下,印刷速率的降低会使油墨转移量增大,由于纸浆模塑制品表面粗糙度较高,适合用较低的印刷速率来保证印刷图案的完整。但随着油墨转移量的提高需要有较长时间进行油墨干燥和固化,需要妥善保存和印后处理。

3) 印刷压力对试验结果的影响

印刷压力对印刷油墨的转移量存在一定的影响:在0.12 MPa条件下,紫外线光固油墨和电子束辐射固化油墨均不能印刷出完整的图案;在0.36 MPa的条件下,油墨转移量普遍偏大,难以控制,墨层厚度较大,不易干燥,容易导致试样蹭脏。同时较大的压力会导致网版和纸浆模塑制品产生变形,更不利于精细印刷。所以,本次试验的印刷压力为0.24 MPa。

4) 网版间隔对试验结果的影响

实验中,网版间隔的影响相较于印刷速率要大,纸浆模塑包装制品表面复杂程度高,表面经常出现凹凸不平,印刷网版间隔只有1 mm的情况下,容易出现图文区域由于油墨的持续渗透,进而在样品上出现拓张、表面模糊或图文变形,导致墨层极不均匀,在印刷压力大及油墨黏度小的情况下则更为严重,甚至印刷图案完全模糊。在网版间隔为3 mm的情况下则不易出现上述情况。因此本文试验条件下的最佳网版间隔选择

为3 mm。但依据正交试验结果,网版间隔的改变对于纸浆模塑表面印刷质量的影响呈现先减小后增大的趋势,这可能是由于试样表面凹凸不平所导致的误差。依据相同条件下,网版间隔应尽量减小以提高精度的原则,网版间隔的最佳选择还需要进一步讨论。

3 结语

文中网版制作、丝印试验以及试样的印刷质量分析从3个不同角度来判定试验所得9组试样的优劣,包括最细线划、最小方格数以及文字和图案效果。通过对试样的比较分析,得出最佳的试样为5号,并分别探讨正交试验中不同因素对印刷效果的影响,得到本次试验中最佳的工艺参数和油墨选择。该方案具备替代现有贴标及染色形式完成纸浆模塑制品表面装潢形式的能力。

通过试验得出:①油墨对纸浆模塑包装制品表面丝网印刷的效果影响最为显著,UV丝印油墨黏度适中,在特定光线光照条件下油墨固化快,文字平滑度比电子束辐射固化油墨好,不易蹭脏,印品相对完整,清晰,是最佳的丝网印刷油墨,但存在成本较高的缺陷。②在本次试验条件下,5~10 cm/s的印刷速率变化对试验的影响效果较小。③本次试验的印刷压力为0.24 MPa下可以得到最好的印刷效果。④依据相同条件下,网版间隔应尽量减小以提高精度的原则,网版间隔的最佳选择还需要进一步讨论。

参考文献:

- [1] 霍李江,王晓敏. 我国纸浆模制品生产工艺及发展对策[J]. 中国包装,2001,21(4):28-30.
- [2] 汪云. 纸浆模塑制品的用途[J]. 包装世界,2003(3):60.
- [3] 霍李江. 纸模销售包装制品表面印刷方式的探讨[J]. 中国包装工业,2000(12):20-22.
- [4] 原亚男,霍李江,黄赛飞,等. 纸浆模塑制品印刷适性分析[J]. 包装工程,2012,33(23):20-24.
- [5] 原亚男. 纸浆模塑装饰材印刷适性及印刷工艺的研究[D]. 大连:大连工业大学,2013:12-13.
- [6] 黄俊彦. 纸模包装制品装潢设计与印刷[N]. 中国包装报,2003-05-29(C1).
- [7] 汪宝荣. 丝网印刷油墨现状及其市场发展趋势[J]. 网印工业,2004(6):1-5.

(下转第70页)