

影响包装产品覆膜强度的工艺因素研究

朱慧

(北京工商大学, 北京 100048)

摘要: **目的** 定性并定量地分析影响覆膜产品复合强度的主要因素,提出覆膜过程中应注意的问题和利于提高复合强度的建议。**方法** 采用数学分析中的正交试验法,试图找到最佳覆膜工艺参数,以提高覆膜强度。**结果** 直观最优工艺参数方案为复合温度 90 ℃、复合压力 20 MPa、复合速度 800 r/min;位级最优工艺参数方案为复合温度 80 ℃、复合压力 20 MPa、复合速度 800 r/min;可能最优工艺参数方案为复合温度 80 ℃、复合压力 25 MPa、复合速度 800 r/min。合理的工艺选择范围是平印印刷品的墨层厚度在 0~3 μm 时适宜选择覆膜加工;复合温度一般为 85~95 ℃,墨层较厚时还应适当提高;复合压力为 20~30 MPa;复合速度为 500~700 r/min。**结论** 通过选择最佳覆膜工艺参数,有效提高了包装印品覆膜强度。

关键词: 覆膜产品;复合强度;工艺因素

中图分类号: TB484.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)01-0047-05

Process Factors Influencing Membrane Intensity of Packaging Products

ZHU Hui

(Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

ABSTRACT: This article qualitatively and quantitatively analyzed the main factors influencing the strength of composite coated products and put forward the problems that should be paid attention to in the process of laminating machine and many beneficial suggestions for the improvement of composite strength. Using the orthogonal test method in mathematical analysis, this paper tried to find the optimal process parameter to improve composite strength. The optimal intuitive process parameters were as follows: composite temperature of 90 ℃, composite pressure of 20 MPa, and compound rate of 800 r/min. The optimal process parameters for the bit level were composite temperature of 80 ℃, composite pressure of 20 MPa, and compound rate of 800 r/min. The possible optimal process parameters were composite temperature of 80 ℃, composite pressure of 25 MPa, and compound rate of 800 r/min. The scope of reasonable technique selection for ink layer thickness was lithographic printing ink layer thickness in 0~3 microns for selecting coated processing. The composite temperature could be generally 85~95 ℃ and should be increased when the ink layer was thicker. And the composite pressure could be set as 20~30 MPa, the composite speed 500~700 r/min. Through selecting the best parameters, the strength of composite coated products was improved.

KEY WORDS: coated products; composite strength; process factors

包装印刷品覆膜工艺就是将塑料薄膜涂上胶黏剂,与纸印刷品经加热、加压后使之黏合在一起,形成纸塑合一产品的加工技术,是印刷品表面装饰加工技术之一,是印刷的辅助工艺。覆膜工艺广泛应用于书

刊、画册、封面、证件、广告说明书的表面装饰,以及各种纸制包装制品的表面装潢处理。经覆膜的印刷品光亮夺目、色彩鲜艳,明显提高了印刷品的艺术品位和价值,对印刷品起到了保护作用,使之耐水、耐光、

收稿日期: 2015-06-11

作者简介: 朱慧(1973—),女,西安人,博士,北京工商大学副教授,主要研究方向为包装设计。

耐摩擦、防水、防污染,并且不会改变印刷品图文信息和色彩。

虽然覆膜技术的应用范围广、发展前景大,但在实际生产中,覆膜产品经常出现诸如粘合不好、脱膜等质量问题,究其缘由就是复合强度不高。因为影响复合强度的因素很多且复杂,要严格精确地控制覆膜产品的复合强度目前还很难做到。复合强度的高低受到很多因素的影响,主要包括印刷品状况(墨层厚度、油墨类型、油墨冲淡剂的使用、燥油的加放、喷粉的加放、金银墨印刷品、墨层干燥状况等)、覆膜材料(薄膜、胶黏剂等)本身特性、生产环境因素(温度、相对湿度等)和生产工艺设计因素(复合温度、复合压力、复合速度、烘干道温度、粘结剂涂布状况等)。这些因素分别包含许多内容且相互影响,有的与印刷品印刷过程相关,有的与覆膜生产过程相关,使得复合强度很难控制,因此有必要对它们进行研究分析。在覆膜产品生产过程中,应在工艺设计时有效地趋利避害、设计出有利于复合强度较高的生产方案,并最终生产出合格的、质量高的覆膜产品。

文中定性并定量地分析了各影响覆膜产品复合强度的主要因素,提出了覆膜过程中应注意的问题和许多有利于提高复合强度的建议。由于进行覆膜加工时印刷品状况等已确定、环境因素也容易控制,对于印后加工企业,如何合理设计加工工艺参数,以提高覆膜产品的复合强度是它们面临的最大问题。文中采用数学分析中的正交试验法,试图为这一问题的解决寻求较佳的方案。

1 实验分析

在影响覆膜产品复合强度的因素中,印刷品状况和覆膜材料(薄膜、胶黏剂等)因素在印品印刷和覆膜材料选定时应依据相关理论进行协调,环境因素也较容易控制。

对于覆膜工艺参数(复合温度、压力、速度三因素在覆膜生产时可调)而言,目前实际生产中还缺少能够准确控制复合强度的覆膜工艺方案,于是考虑通过试验法寻找使覆膜产品复合强度较高的生产工艺参数。

2 实验设计

为了寻找使覆膜产品复合强度较高的生产方案,采用剥离强度为考核指标。

2.1 实验用具

- 1) WD-5D 电子式万能试验机。用T型剥离法测试覆膜产品剥离强度。
- 2) 未覆膜的印刷品。选用 157 g/m² 双面铜版纸,印刷墨层厚度分别为 0, 2, 4 μm。
- 3) HY90 型覆膜压合机。用于印刷品覆膜,覆膜方式为即涂式覆膜,选用相同薄膜、胶黏剂。

2.2 步骤

- 1) 由于试验可变因素多,且各因素取值范围广,为减少实验次数,并使结果具有普遍性和整体性,采用正交试验法。4个可变因素各取3个不同位级,选用正交表 L₉(3,4),根据设备条件,各因素取不同数值分别对印刷品覆膜,见表 1。

表 1 试验条件
Tab.1 Test conditions

	墨层厚度 /μm	复合温度 /℃	复合压力 /MPa	复合速度/ (r·min ⁻¹)
1	0	70	10	200
2	0	80	15	500
3	0	90	20	800
4	2	70	15	800
5	2	80	20	200
6	2	90	10	500
7	4	70	20	500
8	4	80	10	800
9	4	90	15	200

注:烘干道温度为 55℃,覆膜环境条件为温度 14℃、相对湿度 55%。

- 2) 裁取试样(试样尺寸为 15 mm × 200 mm),用T型剥离法分别测定各不同条件下所得覆膜产品的剥离强度。
- 3) 纪录试验结果,分析数据,寻找工艺方案。

3 数据分析

试验中各组结果记录后,见表 2。

3.1 直接观察选择直观最优方案

通过对表 2 中试验结果的观察,用不同覆膜工艺参数加工得到的试样条分别进行拉伸试验,相应得到 9 个试验结果。由于剥离强度是覆膜产品复合强度的量化

表2 试验数据
Tab.2 Test data

	墨层厚 度/ μm	复合温 度/ $^{\circ}\text{C}$	复合压 力/ MPa	复合速度/ ($\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$)	剥离强度/ ($\text{kN}\cdot(15\text{ mm})^{-1}$)
1	0	70	10	200	200
2	0	80	15	500	500
3	0	90	20	800	800
4	2	70	15	800	800
5	2	80	20	200	200
6	2	90	10	500	500
7	4	70	20	500	500
8	4	80	10	800	800
9	4	90	15	200	200
1位级均值	5.963	4.450	4.257	3.853	
2位级均值	4.733	5.263	4.963	5.093	
3位级均值	4.157	5.140	5.633	5.907	
级差	1.806	0.813	1.376	2.054	

体现,所以剥离强度应越大越好,在这9个试验结果中,第3次试验的剥离强度最大,为7.79 kN/(15 mm),所以直接观察的优秀工艺参数方案为:墨层厚度0(无印刷油墨)、复合温度90℃、复合压力20 MPa、复合速度800 r/min。

3.2 计算分析选择可能最优方案

1) 计算每一因素各个位级导致结果之和的均值。各个生产工艺因素取3个不同位级,每个位级参与了3次实验就会由它导致3个不同的结果,将这些结果相加后算出算术平均值。如:墨层厚度因素,1位级(0)导致结果之和的均值为5.963,2位级(2 μm)导致结果之和的均值为4.733,3位级(4 μm)导致结果之和的均值为4.157。采用同样方法,计算出其他3个因素相应的均值,并填入数据表。

2) 计算每一因素各个位级导致结果之和的均值的极差。极差是每组数据中最大值和最小值的差,用*R*表示。各个生产工艺因素取3个不同位级,就有3个结果之和的均值,这3个均值组成一组数据中最大值和最小值的差就是均值的极差。*R*(墨层厚度)为1.806,*R*(复合温度)为0.813。采用同样方法,计算出其他3个因素相应的极差,并填入数据表。

3) 确定关键因素、重要因素。关键因素和重要因素是指由于它的变动会对结果有较大影响的因素。它的微小变化有可能会使试验结果有较大差异,划分的依据是极差。极差大说明该因素很活泼,它的变化对结果影响很大。极差小说明该因素是保守的,它的

变化对结果影响很小。该剥离强度试验中,复合速度的极差最大,*R*(复合温度)为2.054,它即为关键因素。其他因素根据极差,主次排列顺序:墨层厚度 $\geq$ 复合压力 $\geq$ 复合温度。

3.3 可能最优工艺参数方案

可能最优方案是在已选用的各因素位级中优秀位级组合成的试验方案。优秀位级是导致结果和的均值最好的位级。剥离强度越大越好,导致结果均值最大的位级就是优秀位级。据此,可能的最优方案为:墨层厚度0(无印刷油墨)、复合温度80℃、复合压力20 MPa、复合速度800 r/min。

考察位级趋势是通过分析位级与结果的内在联系,探寻在试验中并没有选取而可能是更好的位级,并以此总结出可能更优秀的方案。考察位级趋势使用效应曲线,用因素的位级作横坐标,相应位级导致的结果之和均值作纵坐标,在图中画出相应的点,用直线把它们依次连接起来。绘制的剥离强度试验效应曲线见图1。

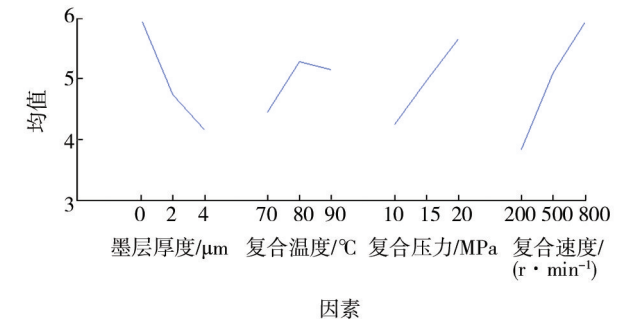


图1 剥离强度试验效应曲线
Fig.1 Curve of peel strength test effect

从图1看出,墨层厚度为0导致结果和的均值最大,大于0时剥离强度变小,说明墨层厚度为0即为比较理想的位级;复合温度80℃导致结果和的均值最大,低于或高于80℃结果都较小,说明复合温度80℃即为比较理想的位级;复合压力、复合速度由低到高,导致结果和的均值不断增加,形成了当复合压力越大、复合速度越高,剥离强度随之不断增大的趋势,所以可能会出现更佳的工艺参数方案。考虑到当复合速度太高时,黏结层在烘干道中干燥不充分,使覆膜产品出现薄膜起皱等质量问题,不应再提高复合速度。根据位级趋势,最后确定的更优方案为:墨层厚度0(无印刷油墨)、复合温度80℃、复合压力25 MPa、复合速度800 r/min。此方案复合速度较高,应在覆膜时提高烘干道温度。

4 数学方法确定工艺范围

应用Matlab工具分析覆膜主要工艺参数对复合强度的影响,Matlab建模工具中零阶 Sugeno 型模糊推理模型的典型模糊规则为:if x is A and y is B then z=K。覆膜中采用不同工艺参数方案对应不同复合强度测试值,符合零阶 Sugeno 型模糊推理模型,利用 ANFIS 自适应神经网络,建立一个模糊推理系统,对不同输入值(复合温度、复合压力、复合速度)对应不同输出值(复合强度)构造模型。程序编制如下:

```
p=[70 80 90 70 80 90 70 80 90;
    10 15 20 15 20 10 20 10 15;
    200 500 800 800 200 500 500 800 200];
t=[3.67 6.43 7.79 5.20 4.63 4.37 4.48 4.73 3.26];
trndata=[p' t'];
nummfs=2;
mftype='gaussmf';
epoch_n=500;
in_fisat=genfis1(trndata,nummfs,mftype);
out_fisat=anfis(trndata,in_fisat,epoch_n);
程序运行后得到相应规则的曲面视图见图2。
```

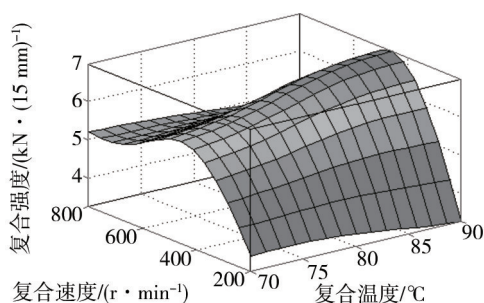


图2 复合温度、复合速度对复合强度影响曲面

Fig.2 Surface diagram of influence of composite temperature and composite speed on the composite strength

由图2看出,复合速度对复合强度的影响很大,当复合速度较低(200 r/min)时,复合强度处在比较低的水平,温度变化对复合强度的改善并不明显。此外,复合速度还直接决定生产效率,因此在生产中应尽可能提高复合速度。为了保证涂布在塑料薄膜上的胶黏剂得到充分烘干,可以考虑适度提高烘干道温度。在复合速度较快时,复合温度在70~90℃间变化,对应适当的复合速度,都能取得较理想的复合强度,这是一个比较理想的区间。单独考虑这2个因素,最高的复合强度值出现在复合温度接近90℃,复合速度在

500 r/min左右时。

由图3看出,复合温度和复合压力的提高均有利于提高覆膜产品的复合强度。压力大些有助于使薄膜与印刷品的黏合更牢固。温度大些有助于使黏结剂层处于熔融状态,加剧分子运动,提高反应分子的活化能,使塑料薄膜、印刷品、胶黏剂层界面间达到较大黏合力。由此可见,覆膜时应尽量提高复合的温度、压力。同时需注意,温度过高会使薄膜收缩、变形,使产品发生皱褶、卷曲及局部起泡;压力过大容易使薄膜发生变形、皱褶。当二者之一较大时,可以考虑降低另一因素的大小。单独考虑这2个因素,最高的复合强度值出现在复合温度接近90℃,复合压力20 MPa时,并有进一步上升的可能。

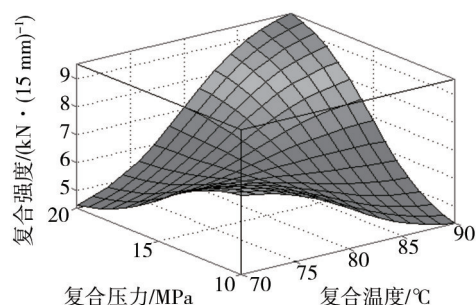


图3 复合温度、复合压力对复合强度影响曲面

Fig.3 Surface diagram of influence of composite temperature and composite pressure on the composite strength

由图4看出,当复合速度较低时,复合强度处在较低水平,复合压力的提高对复合速度低造成复合强度差有一定改善,所以当要求复合速度较低时,可通过提高复合压力来提高复合强度。单独考虑这2个因素,最高的复合强度值出现在复合压力20 MPa,复合速度500 r/min左右时,复合压力的提高有可能进一步提高复合强度。

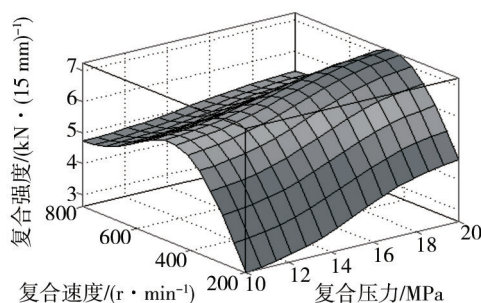


图4 复合压力、复合速度对复合强度影响曲面

Fig.4 Surface diagram of influence of composite pressure and composite speed on the composite strength

5 结语

印刷品状况、覆膜材料(薄膜、胶黏剂等)因素在印品印刷和覆膜材料选定时应当依据文中相关理论进行协调,对于环境因素,要做到生产环境清洁,温度、湿度适宜。生产中,对复合温度、复合压力、复合速度三可调因素的选择,通过正交试验,所得结论如下:直观最优工艺参数方案为复合温度 90 ℃、复合压力 20 MPa、复合速度 800 r/min;位级最优工艺参数方案为复合温度 80 ℃、复合压力 20 MPa、复合速度 800 r/min;可能最优工艺参数方案为复合温度 80 ℃、复合压力 25 MPa、复合速度 800 r/min。

通过数学分析,合理的工艺选择范围如下:平印印刷品的墨层厚度在 0~3 μm 时,适宜选择覆膜加工;复合温度一般为 85~95 ℃,墨层较厚时还应适当提高;复合压力为 20~30 MPa;复合速度为 500~700 r/min。

覆膜产品的影响因素种类繁多、复杂多变,为了保证覆膜产品的复合强度,实际生产中应注意分析研究各因素对复合强度的影响,有针对性地加以注意。

参考文献:

- [1] 钱军浩. 印后加工技术[M]. 北京:化学工业出版社,2003.
QIAN Jun-hao. Post-press Processing Technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003.
- [2] 朱浩. 包装覆膜印品常见的几种质量问题[J]. 印刷世界, 2003(5): 11—16.
ZHU Hao. Packaging Labeling Several Common Quality Problems[J]. Printing World, 2003(5): 11—16.
- [3] 陈港能. 包装印刷的特殊加工工艺[J]. 网印工艺, 2014(2): 161—166.
CHEN Gang-neng. Packaging Printing Special Processing Technology[J]. Screen Printing Process, 2014(2): 161—166.
- [4] ZEVEDO S, CUNHA L M, MAHAJAN P V, et al. Application of Simplex Lattice Design for Development of Moisture Absorber for Oyster Mushrooms[J]. Proedia Food Science, 2011(1): 184—189.
- [5] 吴晓莉. MATLAB辅助模糊系统设计[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2002.
WU Xiao-li. MATLAB Fuzzy System Design[M]. Xi'an: Xi'an University of Electronic Science and Technology Press, 2002.
- [6] 刘尊忠. 覆膜产品复合强度测试方案设计[J]. 印刷质量与标准化, 2003(2): 61—63.
LIU Zun-zhong. Coated Products Composite Strength Test Scheme Design[J]. Printing Quality and Standardization, 2003(2): 61—63.
- [7] 马兰. 影响塑料薄膜干式复合强度的主要因素[J]. 今日印刷, 2014(3): 15—20.
MA Lan. The Main Factors Influencing the Plastic Film Dry Type Composite Strength[J]. Today Printing, 2014(3): 15—20.
- [8] 黄志刚, 刘凯, 刘科. 食品包装新技术与食品安全[J]. 包装工程, 2014, 35(13): 161—166.
HUANG Zhi-gang, LIU Kai, LIU Ke. New Technology of Food Packaging and Food Safety[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(13): 161—166.
- [9] 张宇瑶. 浅谈包装印刷品的质量控制[J]. 印刷杂志, 2015(5): 46—50.
ZHANG Yu-yao. Introduction of Packaging Printing Quality Control[J]. Journal of Printed, 2015(5): 46—50.
- [10] Migration of Di-(2-ethylhexyl) Adipate and Acetyltributyl Citrate Plasticizers from Food-grade PVC Film into Isooctane: Effect of Gamma Radiation[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 78(3): 870—877.
- [11] 王莉, 龚文才. 包装印刷对环境的污染及治理措施[J]. 包装工程, 2014, 35(11): 61—65.
WANG Li, GONG Wen-cai. Packaging Printing Pollution to the Environment and Governance Measures[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(11): 61—65.
- [12] 许文才. 包装印刷及印后加工技术的新发展[J]. 包装工程, 2002, 23(6): 120—125.
XU Wen-cai. The New Development of Packaging Printing and Post-press Processing Technology[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(6): 120—125.
- [13] 方伟. 覆膜工艺条件对预涂膜覆膜质量影响研究[J]. 北京印刷学院学报, 2010(6): 36—40.
FANG Wei. Effect of Process Conditions on the Pre-coating Film Coated Quality Impact Study[J]. Journal of Beijing Institute of Printing, 2010(6): 36—40.
- [14] 邓倩. 覆膜工艺浅析[J]. 今日印刷, 2008(4): 125—128.
DENG Qian. Research on Laminating Process[J]. Today Printing, 2008(4): 125—128.
- [15] 郑钦. 关于覆膜工艺技术的探讨[J]. 广东印刷, 2015(2): 33—36.
ZHENG Qin. Discuss about Laminating Technology[J]. Guangdong Printing, 2015(2): 33—36.