

PET 柱镜光栅材料的转印适性研究

周立权

(四川省宜宾普什集团 3D 有限公司, 宜宾 644007)

摘要: **目的** 通过对 PET 柱镜光栅的表面改性, 并调整印刷参数和烫金参数, 改良 PET 柱镜光栅材料转印质量。**方法** 通过调整 PET-UV 水晶油墨厚度、UV 光固化机传送速度, 以及烫金技术上的烫印速度、烫金压力及电热温度, 用实验对比总结出最佳的工艺参数。**结果** 在室内温度为 18~25℃, 丝网印刷压力为 22 N/cm², PET-UV 水晶油墨厚度为 35 μm, UV 光固化机传送速度为 10~30 m/min, 烫印速度为 0.6 s/张, 烫金压力为 42 N/cm², 电热温度为 180℃条件下, 水晶油墨的附着力牢度、定位烫印效果最理想。**结论** 该工艺条件下 PET 柱镜光栅凹槽表面达到的转印效果最好, 全息定位电化铝具有的立体触摸感与柱镜光栅虚拟的立体图像有机结合在一起, 取得了很好的应用效果。

关键词: PET 柱镜光栅; 工艺流程; UV 水晶油墨; 丝印技术; 定位烫印; 附着力

中图分类号: TB484.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)19-0065-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.19.012

Gilding Behavior of PET Lenticular Sheet

ZHOU Li-quan

(Sichuan Yibin Push Group 3D Co., Ltd., Yibin 644007, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the transferability quality of PET lenticular sheet by means of surface modification of PET lenticular sheet and adjustment to printing and gilding parameters. The best process parameters were conclusively built on mutually contrastive experiments in adjusting the thickness of PET-UV cured crystalline ink, the transmission speed of UV photo-fixer, and the rate, pressure and temperature of the gilding thereof. When the indoor temperature was controlled at 18~25℃, the pressure of screen printing was adjusted at 22 N/cm², the thickness of PET-UV cured crystalline ink was 35 μm, the transmission speed of UV photo-fixer was 10~30 m/min, the hot stamping speed was 0.6 s/sheet, the gilding pressure was 42 N/cm² and the temperature was 180℃, the adhesion fastness and positioning hot stamping effects of the crystalline ink were optimal. The transferability effect on the groove surface of the PET lenticular sheet proves to be the best under such process conditions. The good application effects are obtained when the cubic sense of touch of the holographic positioning electrochemical aluminium is organically integrated with the virtual cubic graphics of lenticular sheet.

KEY WORDS: PET lenticular sheet; process; UV cured crystalline ink; screen printing technique; positioning hot stamping; adhesion

塑料柱镜光栅材料已在烟、酒、化妆品、药品的美观化包装以及宣传广告、婚纱摄影、文具、挂历、各式卡片等领域广泛应用。目前, 最为广泛使用的柱镜光栅的材质为 PET (聚对苯二甲酸乙二醇酯), 但经历近 20 年的发展, PET 柱镜光栅 (以下简称光栅) 包装的设计已经略显陈旧, 需要增加烫金等新工艺。考虑到烫金附着力不够, 易脱落, 如何提高油墨在光

栅凹槽表面的附着力成为了急需解决的问题。

解决油墨附着力不够问题的方法之一是在光栅凹槽表面印刷一层 PET-UV 水晶油墨 (以下简称油墨)。与传统的溶剂型油墨相比, 该方法具有固化时间短、抗化学品性好、光泽度好^[1]等较多优势。通过对丝印工艺技术、生产流程的分析, 寻找出拥有最理想附着力的油墨厚度参数及烫金工艺参数, 使得电化铝能很

收稿日期: 2018-07-31

作者简介: 周立权 (1969—), 男, 本科, 高级工程师, 主要研究方向为轻化工设备及工艺、3D 包装印刷技术及管理。

好地附着在承印物表面上, 实现转移印刷的目的^[2], 同时, 提高光栅包装的时尚感、精美度和全息效果。

1 原理及流程

1.1 原理

将油墨于光栅材料的凹槽表面进行丝网印刷; 再由紫外线光固化机进行固化, 利用油墨受紫外光照射凸起的性能, 来填充柱镜光栅凹槽和提高整体油墨高度; 最后采用烫金机在油墨层表面进行定位烫金, 使整个产品在烫金的点缀下, 既有光栅虚拟的立体图像, 又有平面真实的立体触摸感。其复合型产品的结构组成见图 1, 所用材料及设备见表 1。



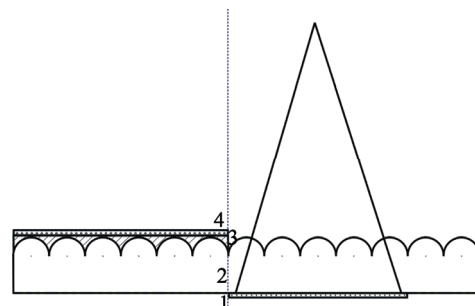
图 1 光栅复合型工艺整体性能设计
Fig.1 Overall performance design of integrated process of lenticular sheet

表 1 材料及设备
Tab.1 Material and equipment

材料/设备	生产商	型号
水晶油墨	广州龙珠化工有限公司	UV-1160A
光栅材料	四川宜宾普拉斯包装材料有限公司	0.65 mm/155 Lpi
烫金膜	四川宜宾普拉斯包装材料有限公司	CPH7.J010
丝网印刷机	上海大扬印刷机械有限公司	YKP-800 × 600B
紫外线光固化机	深圳科艺艺科技有限公司	DGG1020
烫金机	广亚机械有限公司	TL780
差示扫描量热仪 (DSC)	德国 Netzsch 公司	DSC 214

光栅复合型产品主要由胶印油墨层、光栅材料、水晶油墨层、电化铝层等 4 个部分组成, 见图 2。对光栅基材作电晕处理, 能有效增强油墨的附着力。烫金的相应位置焦平面没有印刷油墨, 呈现烫印的全息图像效果, 焦平面上油墨印刷的图像经光栅折射后呈现立体图像, 从而呈现出光栅立体图像和全息图像组合的视觉效果。

由于光栅凹槽油墨填平过程中, 对油墨的干燥速度要求较高, 对油墨厚度有要求, 太厚不易干燥且易脱落, 所以采用丝网印刷方式, 在光栅表面印一层较薄油墨后再进行粘拉测试, 以测试其附着力。



1.胶印油墨层 2.光栅材料 3.水晶油墨层 4.电化铝层

图 2 光栅复合型工艺结构设计
Fig.2 Structural design of integrated process of lenticular sheet

1.2 过程

复合材料加工工艺流程见图 3, 主要有丝网印刷、UV 固化及全息定位烫印等工艺流程。

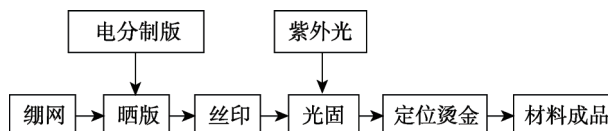


图 3 复合材料加工工艺流程
Fig.3 Process route of composites

将水晶油墨均匀倒在网版 (420 目) 上, 用一个刮板在平行于光栅方向完成刮墨和回墨 2 个动作, 采用水晶油墨在光栅的凹槽表面丝印不同的厚度 (20, 35, 50 μm), 印刷刮刀压力调节为 22 N/cm^2 , 丝网版与承印物之间距调整到 3.0 ~ 5.0 mm, 印刷速度为 13 r/min 。附着有水晶油墨的光栅通过传送带进入长 1.2 m 的固化通道, 液态低分子油墨连结料在紫外光作用下, 发生光化学聚合反应, 转化成网状大分子而变成固态^[3]。油墨经紫外光照射, 分子结构发生变化, 油墨就会固化凸起。待水晶油墨完全固化后, 再将附着有水晶油墨的光栅材料放在由上下两块金属板组成的烫金机中间, 具有防伪图案的全息电化铝通过上方的铝板发热并往下运动, 在不同的温度 (150, 180, 205 $^{\circ}\text{C}$) 和不同的压力 (30, 42, 52 N/cm^2) 下, 采用不同的烫印速度 (0.3, 0.6, 1.2 $\text{s}/\text{张}$) 分别进行试样测试。

2 油墨的性能研究

2.1 油墨对烫金效果的影响

实验过程中固定基本条件为: 室温为 18 ~ 25 $^{\circ}\text{C}$, 印刷刮刀压力调为 22 N/cm^2 , UV 灯的光固化功率为 280 mJ/cm^2 。UV 光固化机传送速度为 10 ~ 30 m/min , 在光栅的凹槽表面进行丝印油墨 (35 μm)。油墨紫外

光固化后，在其表面进行定位烫金，结果见图 4。

油墨/电化铝膜固化效果的确定，通过拉扯法测量底层固化效果，即用美国 3M 胶带粘拉一次，观察油墨/电化铝膜是否脱落，以无脱落、无脆裂现象表示底层固化完全^[4]。图 4 为胶带粘拉后的效果，白色是未烫上电化铝层或粘拉后电化铝层脱落的部分，黑色是粘拉后电化铝层未脱落的部分。图 4a 中，直接在光栅表面烫印电化铝，由于光栅表面均匀排布有柱状的凹槽(深度约 10 μm)，表面不平整，烫印的电化铝残缺不全，易被胶带拉扯掉，电化铝附着力不强，效果差；图 4b 中，采用油墨丝印填平光栅表面凹槽部分，油墨墨层变厚，这种油墨经紫外光照射，油墨的分子结构变得更稳定，在油墨表面烫印电化铝，产品的表面电化铝平整、均匀，产品表面单位面积电化铝附着率大，烫金效果好。

由此表明，丝印在光栅表面的油墨经紫外光照射后可发挥更稳固的作用，油墨具有良好的附着力、耐磨效果。

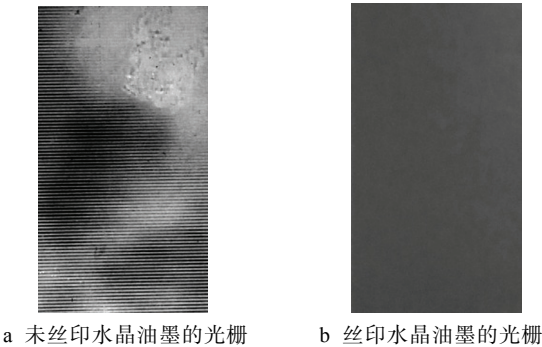


图 4 水晶油墨对烫金效果的影响
Fig.4 Effect of crystalline ink on gilding effect

2.2 油墨层厚度及 UV 光固化机传送速度对附着力的影响

实验过程中的基本条件与 2.1 节相同，改变 UV 光固化机传送速度，并在光栅表面分别丝印厚度为 20, 35, 50 μm 的油墨层，结果见图 5。

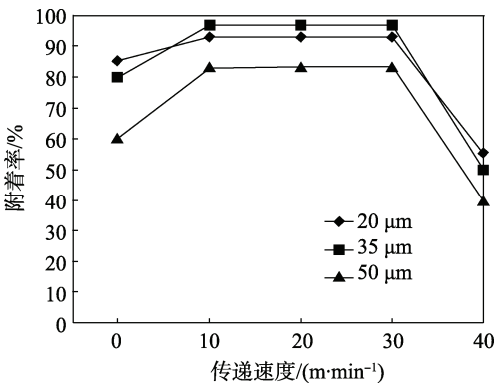


图 5 水晶油墨的厚度对其传递速度的影响
Fig.5 Effect of crystalline ink thicknesses on its transmission speed

从图 5 可见，不管油墨印刷厚度如何，传递速度低于 10 m/min, 油墨干燥过度, 部分油墨会出现易脆、破裂等现象，附着力不强，效果不好；传递速度高于 30 m/min, 样品在 1.2 m 长的固化通道停留时间太短，紫外光能量不足，油墨不能充分光固，油墨附着力随之减弱，效果不好；传送速度在 10~30 m/min 时，单位面积油墨的残留率越大，附着力越强，整体外观效果越好。

根据以上实验数据，下一步控制相同的实验条件，调节 UV 光固化机传送速度在 10~30 m/min，在光栅凹槽表面丝印 3 种不同厚度的油墨（20, 35, 50 μm），进入 UV 光固化机固化，然后作附着力测试，结果见图 6。

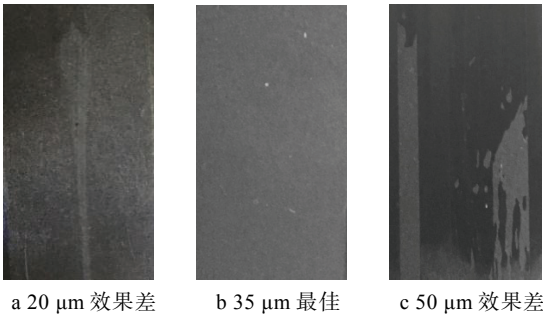


图 6 水晶油墨层厚度对油墨附着力效果的影响
Fig.6 Effect of the crystalline ink thickness on the ink adhesion

结果表明，厚度为 35 μm 的油墨效果最好。效果评价参照 GB/T 7706—2008 所述方法进行，单位面积内残留的油墨面积越大，附着力等级越高，效果越好，结果见表 2。3M 胶带粘拉后，油墨脱落小于 18%，设定等级为 I；墨脱落小于 12%，等级为 II；脱落小于 8%，等级为 III。从表 2 可看出，不同用量的油墨，在固定的时间内进行紫外固化会产生不同的影响。油墨的用量要适当，用量过低会使油墨易脆、易脱落；用量过大会使油墨不能完全固化，会对材料的物理性能产生负面影响。

表 2 水晶油墨的厚度对产品附着力的影响
Tab.2 Effect of crystalline ink thicknesses on the product adhesion

实验编号	传送速度/ (m·min ⁻¹)	UV 油墨厚 度/μm	附着力 等级
UV1	20	20	II
UV2	20	35	III
UV3	20	50	I

3 烫金工艺参数研究

将室温控制在 18~25 ℃，在彻底干燥后的油墨表面进行烫金。以电化铝的烫印适性和承印物的特性

为基础,采用烫印版的图文结构、面积和速度来确定最佳的压力,调整合适的温度和相对稳定的速度进行烫印,达到图文清晰干净、平整牢固、光泽度高、无脏点的良好效果^[5-6]。

3.1 烫金压力

基本条件控制为:室温 18~25℃,在厚度 35 μm 的油墨表面进行烫金,烫印速度为 0.6 s/张。电热温度 180℃时,使用不同的烫印压力得到的实验结果见图 7,对产品附着率的影响见表 3。

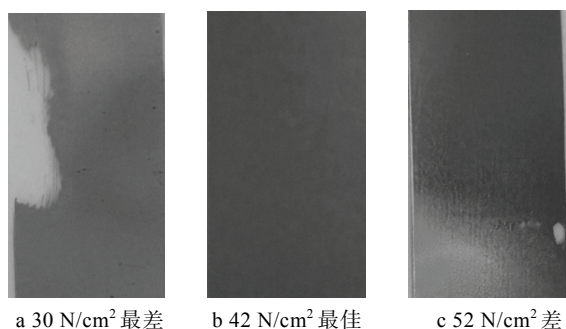


图 7 不同压力烫金试样效果对比
Fig.7 Comparison of effect of gilding samples under different pressures

结果表明,在光栅凹槽附着油墨部位进行烫金,在烫印速度、电热温度一定,烫印压力过小时,电化铝不能很好地附着在油墨的表面,造成图案残缺不全,牢度不佳;烫印压力大时,造成图案变形、变大;烫印压力达到 42 N/cm²时,产品的表面电化铝更平整、更均匀,单位面积电化铝附着率大,烫金效果好。

表 3 烫金压力对产品附着率的影响
Tab.3 Effect of gilding pressure on the product adhesion

实验编号	压力/(N·cm ⁻²)	附着率/%
A1	30	78
A2	42	96
A3	52	83

3.2 烫金电热温度

烫金基本条件同 3.1 节,烫印压力为 42 N/cm²,使用不同的电热温度得到的实验结果见图 8,对附着率的影响见表 4。

结果表明,在光栅凹槽附着油墨部位进行烫金,在烫印速度、压力一定,电温过低时,烫金材料染色层与胶黏层未充分融化,水性油墨中成膜树脂达不到玻璃化温度,烫印材料胶黏层也达不到融化温度,因此印刷墨层树脂与烫金材料中胶黏层难以粘合,铝层转移效果牢度不佳^[7-8];电热温度过高时,烫金材料中染色树脂更容易与铝层发生反应,铝层易变色,易焦化,效果较差;电热温度达到 180℃时,产品的表

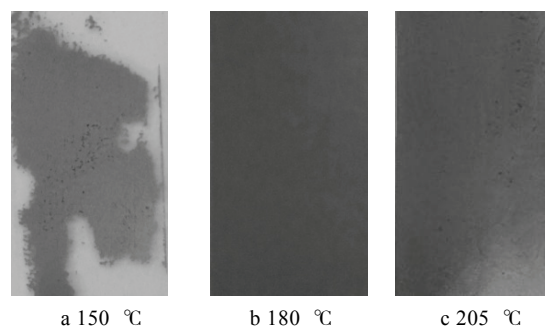


图 8 不同温度烫金试样效果对比
Fig.8 Comparison of effect of gilding samples at different temperatures

表 4 烫金电热温度对产品附着率的影响
Tab.4 Effect of gilding temperature on the product adhesion

实验编号	电热温度/℃	附着率/%
B1	150	56
B2	180	96
B3	205	88

面电化铝更平整、更均匀,产品表面单位面积电化铝附着率大,烫金效果好。

用 DSC 仪测试了电化铝胶黏层热熔胶的熔点,分别为 156℃与 197.8℃(见图 9),说明了烫金温度选择 180℃左右比较合理,150℃时热熔胶尚未熔化没有粘性,205℃时热熔胶已经融化成了流体,效果也不好。

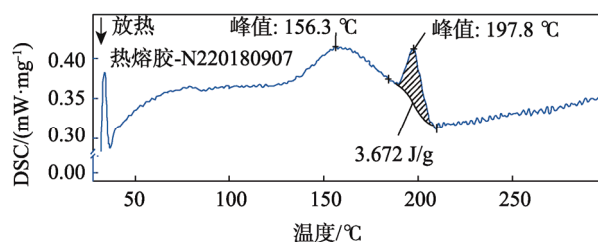


图 9 烫金膜热熔胶的 DSC 图
Fig.9 The DSC curves of the hot melt resins used in the hot stamping foils

3.3 烫金速度(时间)

烫金基本条件同 3.1 节,在烫印压力 42 N/cm²、电热温度 180℃时,使用不同的烫印速度得到的实验结果见图 10,对附着率的影响见表 5。

结果表明,在光栅附着油墨部位进行烫金,在电热温度、烫印压力一定,烫印时间太短时,易导致烫印图案发花、牢度不佳,不利于烫印产品的长期使用;烫印速度太长时,油墨与烫金材料胶黏层的粘合越容易发生不均匀的情况;烫印速度为 0.6 s/张时,产品表面电化铝更平整、更均匀,单位面积电化铝附着率大,烫金效果好。

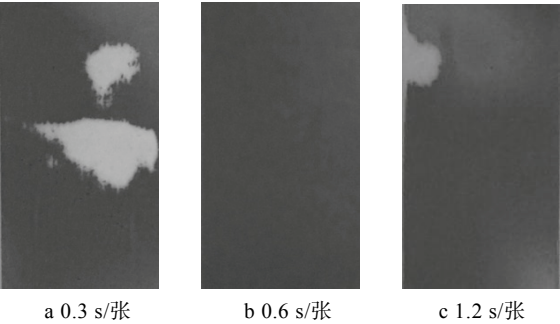


图 10 不同速度烫金试样效果对比
Fig.10 Comparison of effect of gilding samples at different speeds

表 5 烫金速度对产品附着率的影响
Tab.5 Effect of gilding speed on product adhesion

试验编号	速度/(s·张 ⁻¹)	附着率/%
C1	0.3	76
C2	0.6	96
C3	1.2	88

4 结语

油墨厚度、紫外光固化速度决定着油墨的光固程度、油墨的附着力。在光栅凹槽面丝印厚度为 35 μm 的水晶油墨，固化速度为 10 ~ 30 m/min 时，单位面积内残留的油墨面积率越大，耐刮性越强，附着力等级越高，效果越好。

在 PET 光栅片材凹槽表面上丝印的水晶油墨上定位烫印过程中，烫金的压力、温度、速度（时间）都会同时影响烫印的效果。通过测试，最佳的工艺参数为：烫金温度 180 ℃、烫金时间 0.6 s/张、烫金压力 42 N/cm²。在此工艺条件下，全息定位电化铝与凸出的水晶胶牢固粘接在一起，产品表面电化铝附着率大，形成了凹凸感强、图案清晰、美观的全息效果，烫金效果最好。

近年来，UV 油墨技术正逐步走向成熟，对开发光栅复合型包装具有重要意义。

参考文献：

[1] 周广亮. UV 油墨在丝网印刷中的应用[J]. 网印工业, 2012(1): 30—32.
ZHOU Guang-liang. Application of UV Curable Ink[J]. Screen Printing Industry, 2012(1): 30—32.

[2] 王能友. 墨膜附着力的检测[J]. 丝网印刷, 2005(1): 22—23.
WANG Neng-you. Adhesion Test of Ink Film[J]. Screen Printing House, 2005(1): 22—23.

[3] 张国瑞. 印刷应用 UV(紫外光)固化技术[J]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
ZHANG Guo-ru. Printing Application of UV Curing Technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.

[4] 樊淑兰, 李会录, 杨柳, 等. UV 丝网印刷油墨制备及性能研究[J]. 包装工程, 2013, 34(3): 121—122.
FAN Shu-lan, LI Hui-lu, YANG Liu, et al. Preparation and Research of UV-curable Screen Printing Ink[J]. Journal of Business & Economics Research, 2013, 34(3): 121—122.

[5] 李桂姣. 浅谈烫金质量的影响因素[J]. 广东印刷, 2003(6): 39—40.
LI Gui-jiao. Talking about the Influencing Factors of Bronzing Quality[J]. Guangdong Yinshua, 2003(6): 39—40.

[6] 王敏. 烫印原理与工艺条件[J]. 湖南包装, 2013(1): 28—29.
WANG Ming. Hot Stamping Principle and Technological Conditions[J]. Hunan Packaging, 2013(1): 28—29.

[7] 沈玲. 水性油墨用丙烯酸酯乳液连接料的研究[D]. 武汉: 湖北大学, 2009.
SHEN Ling. Study on Acrylic Emulsion Adhesive for Water-based Ink[D]. Wuhan: Hubei University, 2009.

[8] 朱月红, 文继华. 光纤光栅表面化学镀镍及影响镀层性能的因素[J]. 表面技术, 2018, 47(7): 241—245.
ZHU Yue-hong, WEN Ji-hua. Electroless Nickel Plating of Fiber Bragg Gratings and Influence Factors of Coating Properties[J]. Surface Technology, 2018, 47(7): 241—245.