

一种多孔介质的表面散斑图转印涂装方法研究

张振斌, 王建利

(北京工商大学人工智能学院, 北京 100048)

摘要: 本研究的目的在于探索一种可行的方法, 即利用水转印技术, 在多孔的高分子发泡材料上实现散斑图的转印, 以便于在涂装时候能够适用于多种场景。由于在一般的散斑图制备方法中, 每一次制斑时所得到的散斑图是不同的, 而通过转印相关方法, 可以采用打印技术将散斑图稳定地转印在水转印纸上, 使得每次得到的散斑图图形完全相同, 从而有利于进行后续试验和测试。通过文献分析和试验验证, 水转印技术被认为是可行的应用方法。通过拉伸试验验证了经转印的散斑图可以随试件的变形而变形, 并且在变形过程中不会发生脱落现象, 从而证明了本研究工艺及方法的可行性。

关键词: 散斑图; 水转印; 转印涂料; 涂装

中图分类号: TS805.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-9548(2024)12-0020-05

Study on A Method of Surface Speckle Pattern Transfer Coating for Porous Media

ZHANG Zhen-bin, WANG Jian-li

(School of Artificial Intelligence, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: The purpose of this study is to explore a feasible method to transfer speckle patterns on porous polymer foams using water transfer technology, so that it can be applied to a variety of scenarios during coating. Because in the general speckle map preparation method, the speckle map obtained each time the speckle is different, and through the transfer related method, the speckle map can be stably transferred on the water transfer paper through the printing technology, so that the speckle map pattern obtained each time is exactly the same, so as to facilitate the follow-up experiments and tests. Through literature analysis and experimental verification, water transfer printing technology is considered to be a feasible application method. The tensile test verifies that the transferred speckle pattern can be deformed with the deformation of the specimen, and will not fall off during the deformation process, which proves the feasibility of the process and method in this study.

Key words: speckle pattern; water transfer printing; transfer coatings; painting

0 引言

在如今的社会上, 转印方法的应用领域和范围极为广泛, 随着各种转印技术的产生和崛起, 人们对于转

印质量和效果的需求与日俱增。转印涂装技术以其卓越的装饰效果和高度的仿真性而受到广泛欢迎, 其应用范围正在不断拓展。最初, 这种技术主要局限于体积较小的金属部件和塑料部件, 用于提升这些产品的外观吸引力和耐用性。随着技术的进步和市场需求的不断增长, 转印涂装已经逐步扩展到更广泛的领域, 包括大型家电、汽车内饰、建筑材料、家具装饰等多个行业。这种技术的灵活性、多样性和高品质的装饰效果, 使其成为现代工业和家居装饰中不可或缺的一部分。在转印基础上加入高分子发泡材料和制备散斑图的相关技术,

收稿日期: 2024-06-05

基金项目: 国家自然科学基金: 62006008, 62173007, 61903009;

国家重点研发计划: 2021YFD2100605; 北京市自然科学基金:

6214034。

作者简介: 张振斌(1999—), 男, 硕士, 主要从事智能制造方面的研究工作。E-mail: 14747256956@163.com。

结合到一起进行研究之后能更好地规范转印技术流程,提升转印质量及效果,完成更多不同环境下的相关实践,更好地满足人们的需求,对于技术和社会的进步有着非凡的意义。

1 相关研究及方法

1.1 数字图像相关方法

数字图像相关法(Digital Image Correlation)简称DIC,又称数字散斑相关方法,是一种通过图像上的不规则斑点的变形来计算被测件变形的非接触试验测量方法,这种方法可以用来测量整个散斑区域的变形量。具体操作方法是将被试件变形前后的两幅数字图像通过相关计算获取感兴趣区域的变形信息。

1.2 转印相关方法

1.2.1 热转印

涂装转印技术主要包括直接涂装转印和间接涂装转印两大类^[1],其中,热涂装转印技术属于间接涂装转印方式^[2]。该技术的具体操作过程是:首先设计并确定需要转印至涂装表面的图案,然后依照设计制作出铜质涂装版。接着,利用电雕设备对铜版上的图案颜色进行分区雕刻,形成涂装所需的图案。然后,根据铜版上的图案,在专门的热涂装转印膜上使用印刷机械进行精确印刷。最后,将热转印膜上的图案通过热转印技术,转移到涂装样品的表面,完成整个涂装转印过程。

1.2.2 水转印

涂装水转印技术涵盖了水标贴涂装转印和水披覆涂装转印两种方法^[3]。水标贴涂装转印主要用于文字和写真图案的转印,而水披覆涂装转印则适用于整个产品表面的完整覆盖转印。其基本原理是:先将图案印刷并附着在专用的水转印纸或转印载体薄膜上^[4],然后利用水压和活化剂处理,使得水转印载体薄膜上的剥离层溶解于水,或者直接撕下带有图案的水转印纸,将图案转印到涂装样品的表面^[5-7]。通过这种方式,可以实现复杂图案的高质量转印,丰富涂装效果。水转印工艺品如图1所示。



图1 水转印工艺品

2 水转印试验介绍

2.1 光油和白漆介绍

光油所采用的是水性光油,具有无色、无味、透明

度高、无毒、成本低等特点,并且呈液体状态,易于喷涂均匀,而且便于掌握用量和喷涂的薄厚程度。应用在本次试验的过程中,可以有效提升转印纸的平整度和抗卷曲程度,避免因过度干燥而引起的飞边、卷边、皱起等问题^[8-9]。

白漆采用的是自喷漆,即气雾喷,主要用于工业机械、广告业、玩具业等各个行业。其主要特点是流平性好、遮盖力强、颜色保持能力强、附着力强、耐磨与耐水性好。

2.2 设计初步水转印试验流程

1)在电脑上将散斑图通过打印机打印在水转印纸上,剪下合适的一倍面积大小。

2)在室温 20℃左右,准备 20℃左右温水,将水转印纸放置其中浸泡。

3)将水转印纸表面的载体薄膜轻轻剥落,使得披覆薄膜在水中与转印纸底层分离,所得到的图案延展到水表面。

4)在不喷涂、喷涂光油和喷涂白漆这三种情况之下进行转印试验,使转印图案完整无断裂地贴在材料表面,实现转印的成功。

5)干燥后进行拉伸尝试,对试样进行横向和纵向两个方向上的拉伸,看图案是否依然可以固定在上面,并且是否可随着表面同步拉伸变形。

6)剪下 2 倍的水转印纸面积大小,重复上述试验操作过程,与 1 倍面积大小的试验质量及效果进行对比。

3 试验设计

3.1 试验设计

3.1.1 试验影响因素及评定标准

试验影响因素:转印纸的浸泡时间、转印面积大小、喷涂量、喷涂后与转印前的时间间隔。与之相对应的水平数为二,分别为:10 s、20 s,1 倍面积、2 倍面积,喷涂一次、喷涂 2~3 次,直接转印、快干时转印。

效果评定主要分为固定效果评定、拉伸效果评定。固定效果的评定标准为:有无飞边现象产生、有无断裂情况产生。拉伸效果的评定标准为:能否随着材料拉伸变形、拉伸后有无断裂情况。效果评分采用 5 分制:0 分为最低分,5 分为最高分。

根据效果评定标准量化评分,固定效果 5 分:完全固定在物体表面,无滑移,无飞边,无断裂;固定效果 4 分:无滑移,飞边一处,无断裂;固定效果 3 分:无滑移,飞边 2 处,轻微断裂;固定效果 2 分:无滑移,飞边 3 处,轻微断裂;固定效果 1 分:有滑移,飞边达 3 处以上,有断裂情况;固定效果 0 分:无法固定在物体表面,容易脱落。

拉伸效果 5 分:拉伸后无断裂,可随着材料同步拉伸变形;拉伸效果 4 分:拉伸后无断裂,可以随着材料变形但同步性较差;拉伸效果 3 分:拉伸后轻微断裂,可随着材料变形但同步性较差;拉伸效果 2 分:拉伸后轻微断裂,无法随着材料拉伸变形;拉伸效果 1 分:拉伸后断裂严重,无法随着材料拉伸变形;拉伸效果 0 分:无法拉伸,易断裂,易脱落。

3.1.2 试验设计过程

1) $L_{12}(3^1 \times 2^4)$ 是规范的正交试验表示形式, L 表示正交, 12 表示试验总共要做多少组, 即试验表格行数, 1 表示第一列, 3 表示第一列的因素水平数, 4 表示后 4 列, 2 表示后 4 列的因素水平数。

2) 根据已经确定的试验相关影响因素进行正交表的查询。正交试验如表 1 所列。

表 1 正交试验

列号	试验号				
	1	2	3	4	5
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2
3	1	2	2	1	2
4	1	2	2	2	1
5	2	1	2	1	1
6	2	1	2	2	2
7	2	2	1	2	2
8	2	2	1	2	2
9	3	1	2	1	2
10	3	1	1	2	1
11	3	2	1	1	2
12	3	2	2	2	1

3) 按照试验正交表填写表格内的相应试验材料、试验影响因素和每个因素下的水平状态数, 完成试验设计表格的相应内容。

4) 按照试验设计表格的内容进行每组试验, 要保证每一组试验的试验环境、试验温度、水温等因素不存在太大差异, 最小化影响试验结论的得出。每一组试验完成之后, 使用对应的评分规则标准进行评分, 并记录数据。记录单组试验现象, 以便后续试验的改进作为参考。

5) 12 组试验全部完成之后, 得出第一阶段的总体试验结论, 选出总评分最高的一组试验并记录。重复做这 12 组试验, 若结果不存在明显差异, 则直接将试验评分和结论记录下来, 若存在明显差异, 则再多做几组试验, 取几次试验的平均评分后, 再进行记录, 得出最终的试验结论。

3.1.3 试验表格设计

试验表格设计如表 2 所列。

表 2 试验设计

试验组数	喷涂材料	浸泡时间/s	转印面积	喷涂量/次	喷涂/浸泡后时间间隔
1	无外界条件	10	1 倍		直接转印
2	无外界条件	10	1 倍		快干时转印
3	无外界条件	20	2 倍		快干时转印
4	无外界条件	20	2 倍		直接转印
5	光油	10	2 倍	1	直接转印
6	光油	10	2 倍	2~3	快干时转印
7	光油	20	1 倍	2~3	快干时转印
8	光油	20	2 倍	2~3	快干时转印
9	白漆	10	2 倍	1	快干时转印
10	白漆	10	1 倍	2~3	直接转印
11	白漆	20	1 倍	1	快干时转印
12	白漆	20	2 倍	2~3	直接转印

3.1.4 首次试验效果图

首次试验效果见图 2 所示。

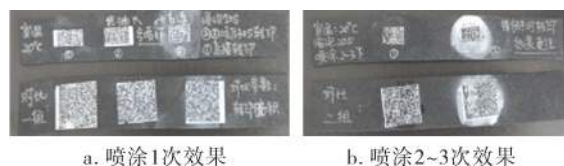


图 2 首次试验效果

3.1.5 试验影响及流程修改

1) 转印纸: 浸泡时间不能过短, 否则图案层不易剥落; 浸泡后拿出不能太过干燥, 否则容易起皱出现裂纹; 浸泡后拿出不能太过湿润直接转印, 否则转印过程中容易被拉断; 转印过程中不能用尖锐的工具接触转印纸, 否则需要用人手操作进行转印。

流程修改: 不利用任何工具进行转印, 只用人手自己操作; 转印纸浸泡 20 s 左右之后拿出, 在上下两层面巾纸的按压下, 吸走转印层表面多余的水分, 以免影响转印质量, 否则转印层与高分子材料层残留水珠, 形成突起的现象。要注意按压力度要适当, 不能在吸走水分的过程中影响和破坏图案。

2) 光油、白漆: 白漆喷涂在表面后容易起气泡, 容易吸附灰尘、粉尘; 不宜喷涂过多, 使底层过厚。光油与白漆喷涂时无法做到均匀喷涂, 而且喷雾状喷涂方式无法固定喷射区域, 造成喷涂面积过大且喷涂不均匀的现象。

流程修改: 找一张 A4 纸, 在中央处剪下一个和转

印的散斑图大概相同大小的图案,在喷涂时将此张已有一处空白的 A4 纸放置于高分子发泡材料上,喷涂时拉开一定的距离,对准空白剪下的区域进行喷涂,可以避免喷涂到高分子发泡材料的别处区域。喷涂后拿开 A4 纸,用硬质卡片反复刮匀在此区域内的光油或白漆,使在此区域内的喷涂材料平整匀质。

3)喷涂过后不要马上转印,因为喷涂液体流动力大,流动性会破坏图案。

最终试验结论:在室温 20℃左右,水温 20℃左右,转印纸浸泡时间 20 s,喷涂光油 2~3 次,在快干的时候转印固定效果和拉伸效果最佳,温度和转印面积无太大影响。

3.2 试验最终流程及结论

3.2.1 试验最终流程

1)在电脑上将散斑图在 A4 纸大小的纸张上面排版好后,通过打印机打印在水转印纸上,剪下每一张完整的散斑图图案备用。

2)准备一张 A4 纸,在中央部分剪下一个和完整的散斑图一样大小的区域,备用。在喷涂之前将高分子发泡材料表面的灰尘等脏东西掸干净,使表面平整一些,不会影响后续试验。将此张 A4 纸平整放置在高分子发泡材料的上面,摇匀喷涂的光油,在稍远一点的距离之下对着中央区域喷涂 2~3 下,将 A4 纸移开。用硬质纸片将表面的光油区域刮平,直至光油均匀地覆盖在该区域表面,等待晾干。

3)在室温 20℃左右,准备 20℃左右的温水,将水转印纸放置其中浸泡 20 s 左右,刚入水时,水转印纸会发生卷曲的现象,用手指轻轻按压住两边,使水转印纸平铺在水中,注意不要破坏图案本身。

4)20 s 后,将水转印纸从水中拿出并放置在事先准备好的面巾纸上,再将另一层面巾纸放置于其上,向下按压,吸走表面残余的水分,注意不要形成位移,以免破坏图案本身。

5)将面巾纸拿开后,把水转印纸拿起,用手指向左或者向右移动表面的载体薄膜使其和底层发生一小段距离的位移,形成错位,使得水披覆薄膜与转印纸底层分离。

6)待高分子发泡材料表面的光油层到一种雾面快要干的状态下,将错出的转印图案层先置于光油层表面,轻轻用手指按压,频率尽量少。之后慢慢从底下抽出水转印纸底层,抽出的同时将图案层一点点按压到光油层表面,最后实现完全转印,效果如图 3 所示。

7)整理边角,如果外边有没贴好的现象或者中间进入少量空气产生气泡的现象,使用棉签轻轻按压,将气泡挤出或者将边角按压平整。



图 3 水转印效果

8)干燥后进行拉伸尝试,看图案是否固定在上面,是否可随表面同步拉伸变形。

9)在不喷涂材料、喷涂光油和喷涂白漆这三种情况下重复进行上述转印流程,使转印图案能够完整不断裂地贴在材料表面。剪下 2 倍的水转印纸面积大小,重复上述试验操作过程,与 1 倍面积大小的试验质量及效果进行对比。

3.2.2 试验结论

最终试验结论:在室温 20℃左右,水温 20℃左右,转印纸浸泡时间 20 s,喷涂光油 2~3 次,在快干的时候转印固定效果和拉伸效果最佳,具体如表 3 所列。

表 3 试验结论

试验组数	固定效果	拉伸效果	总分	结论
1	2	0	2	转印纸浸泡时间短不易剥落,固定效果一般
2	1	0	1	转印纸过于干燥,固定效果不好
3	2	0	2	转印面积影响较小
4	3	0	3	
5	3	2	5	产生飞边凸起情况,不易拉伸
6	3	2	5	
7	5	5	10	固定效果最佳,并可随拉伸变形
8	5	4	9	
9	3	3	6	白漆喷涂表面易起泡,影响固定和拉伸效果
10	0	0	2	喷涂量多,液体呈流动状态,破坏转印图案
11	4	4	8	
12	0	0	0	

4 拉伸试验

4.1 试验过程

准备试样的过程包括将完整的一个散斑图完好地转印到高分子发泡材料的表面并确保表面平整,无破裂、飞边或气泡等现象。完成转印后,静置 2~3 d,观察是否出现凸起或凹陷等现象。

在固定试样时,需将其夹持在仪器上并使纵轴和夹具中心线对齐,夹持力度适中,以免在拉伸过程中试样脱落或断裂。设置计算机上的拉伸速度为 5 mm/

min, 注意不要过快, 以免影响应力松弛过程。应力松弛需要一定时间, 因此拉伸速度过快会导致分子链无法跟上外力运动的速度, 无法展现出韧性状态。在试验过程中, 使用摄像头对试样进行定期拍摄, 以采集试样随拉伸变化的图像。启动仪器进行拉伸, 开始采集图像, 直到试样完全拉断, 结束试验并关闭仪器。夹取试样与断裂试样如图 4 所示。

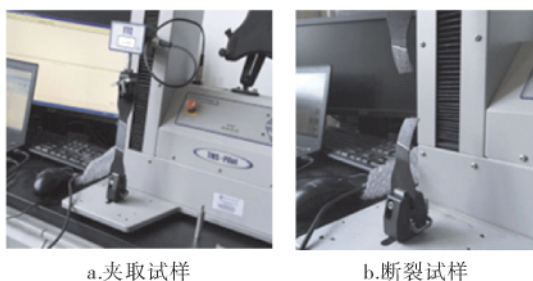


图 4 试验状态

在计算机上查看直到断裂时的拉伸长度, 取下已经断裂的试样, 查看其拉伸效果, 看是否有破损现象的产生。

4.2 试验结果

试验结果如图 5 所示。

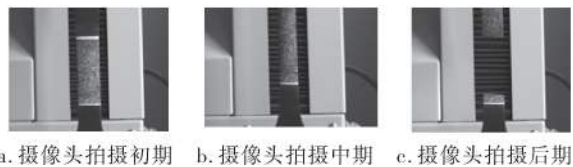


图 5 试验结果

通过图 5 可以看出, 转印图案层基本上可以随着高分子发泡材料层进行同步的拉伸变形, 到中后期快要拉断的阶段时, 有一组试验会有一些图案边缘脱落现象, 其他 3 组并没有出现类似现象, 实际试验与预期的试验效果基本一致。

5 结语

本研究对一种多孔介质的表面散斑图转印方法进行了深入探讨, 并取得了一定的成果。通过对介质表面散斑图转印过程中液滴行为的分析和试验验证, 提出了一种新的表面图案转印方法, 并在此基础上进行了相关研究。在涂装过程中, 多孔材料的特性对涂料的选择和最终效果产生了显著的影响。涂料体系的不同会直接关系到转印纸的撕离难易程度。以聚氨酯体系的涂料为例, 它在多孔材料表面表现出较好的撕纸性能, 使得转印过程更为顺畅。相比之下, 其他树脂类型的涂料可能在多孔表面上出现黏纸现象, 这不仅影响了转

印的顺利进行, 还可能导致涂装质量的下降。另一个关键因素是涂膜的固化程度。在多孔材料上, 如果涂膜未能彻底固化, 将会增加与转印纸的黏附力, 使得在撕离转印纸时遇到困难。这种情况下, 转印纸上的图案可能无法完全且清晰地转移到多孔材料表面, 从而影响涂装的美观度和功能性。因此, 确保涂膜在热转印前达到完全固化状态是至关重要的, 这不仅能够保证转印效果的完美呈现, 还能够提升整个涂装工艺的效率 and 成功率。

本研究成功实现了利用多孔介质表面的散斑图案进行图案转印, 有利于改善涂装的过程。通过在多孔介质表面形成一定的散斑图案, 并利用液滴的行为和介质的特性, 实现了高质量、高分辨率的图案转印。这为在不同表面和不同材料上进行图案转印提供了新的思路和方法。基于多孔介质的表面散斑图转印方法将在日常生活中的装饰、纺织印染、电子设备制造等领域发挥重要作用。同时, 在科学研究领域, 这一方法也将为材料表面处理、图案转印、生物传感器等领域的研究提供新的思路和方法。随着对该方法的不断完善和优化, 其在工程技术和生产制造中的应用前景将会更加广阔。

参考文献:

- [1] 余英, 乔月, 王彩印, 等. 基于色度学系统和热转印技术的纺织品图像数字水印技术[J]. 数字印刷, 2022(1): 44-52.
- [2] 董亮, 冯宇航, 王彬开, 等. 转印技术在柔性电子组装领域的应用进展[J]. 数字印刷, 2022(6): 14-22.
- [3] Lulu Sun, Xueshi Jiang, Yinhua Zhou. Efficient nonfullerene organic solar cells with active layers fabricated by water transfer printing[J]. Journal of Energy Chemistry, 2019(4): 37.
- [4] Brice Borgne, Siyi Liu, Xavier Morvan. Water transfer printing enhanced by water-induced pattern expansion: toward large area 3D electronics[J]. Advanced Materials Technologies, 2019(4): 600.
- [5] 梁佑慈, 马泽超, 钟云飞. 三维物体水转印精准上色工艺参数研究[J]. 数字印刷, 2019(1): 60-65.
- [6] 徐燕. 基于水转印栅线的大变形测量[D]. 南京: 东南大学, 2021.
- [7] 马银行, 徐燕, 吴敏杨, 等. 水转印栅线聚氨酯大变形及动力学特性测量[J]. 光学学报, 2022(1): 52-58.
- [8] 郭丽娜, 崔小康, 马顺堃, 等. 发光剂含量对 UV 发光丝印油墨性能的影响[J]. 印刷与数字媒体技术研究, 2023(3): 83-91.
- [9] 杨伟栋, 魏华, 沈海生, 等. 耐磨型水性光油的制备及性能研究[J]. 数字印刷, 2022(3): 136-141.