

DOI: 10.13957/j.cnki.txcb.2014.05.002

陶瓷数字喷墨打印机用喷头现状及应用展望

胡校兵¹, 朱海翔^{1,2}, 余江渊^{1,2}, 陈诚¹, 朱志刚¹, 王艳香²

(1.上海第二工业大学城市建设与环境工程学院, 上海 201209; 2.景德镇陶瓷学院材料科学与工程学院, 江西 景德镇 333403)

摘要: 喷墨印刷技术正在我国陶瓷砖领域中快速发展, 繁荣的景象让人对全球陶瓷行业的发展前景充满希望, 而喷墨印刷技术的一个关键因素就是喷头。掌握了喷头的制造技术便可垄断陶瓷印刷的市场。所以关于喷头的研究正在变得炙手可热。

关键词: 陶瓷喷墨打印机; 喷头

中图分类号: TQ174.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-2278(2014)05-0465-05

The Situation and Application Prospect of Print-head for Digital Ceramic Ink-jet Printer

HU Xiaobing¹, ZHU Haixiang^{1,2}, YU Jiangyuan^{1,2}, CHEN Cheng¹, ZHU Zhigang¹, WANG Yanxiang²

(1. School of Urban Development and Environmental Engineering, Shanghai Second Polytechnic University, Shanghai, 201209, China; 2. School of Material Science and Engineering, Jingdezhen Ceramic Institute, Jingdezhen 333403, Jiangxi, China)

Abstract: The ink-jet printing technique has grown fast in Chinese tile industry. The prosperity of such growth encourages the development of global ceramic industry. The key element of ink-jet printing is the print-head. The leading print-head manufacturing companies have a monopoly over ceramic ink-jet printing market, and the printing-head becomes a hot research area in this field.

Key words: ceramic ink-jet printer; print-head

0 前言

陶瓷墙地砖的装饰经历了从丝网印花到辊筒印花, 2008年, 我国研发了属于自己的第一台陶瓷砖装饰用喷墨打印机, 标识着我国的陶瓷砖行业开始进入喷墨打印时代。喷墨打印技术在国内外市场上发展迅速, 为我国陶瓷砖装饰行业迎来良好的发展机遇。

目前, 一台陶瓷喷墨机的均价为200万元左右, 一个喷头的终端价格为3-5万元, 依据喷头结构和孔数的不同, 一台喷墨机所需要的喷头数量也不一样, 一般至少为40个, 以一个喷头3万元计算, 也就意味着喷头占整机成本60%以上。喷头作

为喷墨打印机最核心的部件, 到目前为止在我国最常使用的有三类喷头, 主要是赛尔公司1001喷头、日本精工510/80 pI喷头和508 Gs灰度级喷头喷头、FujifilmDimatix (北极星喷头)都需要依靠进口^[1]。

因此, 我国陶瓷行业最迫切需要解决的三大难题分别是喷墨打印墨水、传动技术和喷墨打印头, 其中当属喷墨打印头的研发难度最大, 喷头高昂的成本已经成为喷墨打印技术在我国无法普及的最主要的因素, 所以我国一些研发机构纷纷把研究重点放在喷头上, 试图打破国外的技术封锁^[2]。

本文着重介绍两种喷头的喷墨方式、工作原理、喷头主要制造商, 以及喷头的性能指标, 探讨喷墨打印技术在我国陶瓷墙地砖行业的应用并最终

收稿日期: 2014-05-24。

修订日期: 2014-06-18。

基金项目: 上海市东方学者项目、上海市科委基础研究重点项目(编号: 13NM1401300)、上海市人才发展基金(编号: 201346)、教育部留学归国人员科研启动基金、上海第二工业大学重点学科及校基金资助(编号: XXKPY1302、EGD13XQD14)、上海高校青年教师培养资助计划(编号: ZZegd12001)

通信联系人: 朱志刚(1977-), 男, 博士, 教授。

Received date: 2014-05-24.

Revised date: 2014-06-18.

Correspondent author: ZHU Zhigang(1977-), male, Ph.D., Professor.

E-mail: zgzhzhu@sspu.edu.cn

展望喷墨打印机喷头的发展前景。

1 喷头的喷墨方式

喷墨印刷按喷墨系统中墨水喷射是否连续, 可以将喷墨技术分为连续喷墨(Continuous Ink-jet printing)和按需喷墨(Drop-on-Demand Ink-jet printing)两种印刷方式。

1.1 连续喷墨

在连续喷墨方式中, 通过外加压力使微小的墨滴被挤压出喷嘴形成连续的墨滴流。每个墨滴离开喷嘴的时候都带有静电荷, 这个过程是通过一个充电的静电电极完成。随后, 这些墨滴会经过一个带相反电荷的高压电极板, 如果某点需要被墨水覆盖, 就无需对墨滴施加电场力, 墨滴则直接滴落到印刷物的表面; 如果某点不需要被墨水覆盖, 则需对墨滴施加电场力, 墨滴受到电场力后发生偏转, 直接掉落到墨水回收系统, 以便再次被利用, 其工作原理如图1所示^[3]。

连续喷墨技术具有如下优点: 一是速度快, 因为喷墨可连续喷射出墨水, 所以连续喷墨技术十分适合高速、大幅面的喷绘, 且能保证较高的喷绘精度; 二是喷头和被印刷物之间有相当大的一段距离, 这样被印刷物材料的厚度就不会受到限制, 而且对材料表面平滑度的要求不高; 三是连续喷墨技术可使用有机溶剂基墨水, 该墨水比水基墨水干燥快, 所以连续喷墨技术基本不用干燥, 可以节省大量的时间和能源; 四是连续喷墨技术设备运行成本低, 经济实用。

连续喷墨技术也存在相应的缺点: 一、解析度

(解析度代表的是单位面积上墨点的数量)不高, 通常用在比较粗糙的物质表面; 二、连续喷墨中部分不需要的墨滴在回收过程中容易受到污染, 污染的墨滴被回收到墨水系统后, 势必会污染整个墨水系统, 长时间污染物的聚集容易导致喷头堵塞, 所以经过一段时间使用后, 需要对喷头进行清洗; 三、易出现漏墨现象, 这主要是因为每一个墨滴离开喷头的时候被充以静电荷, 当周围的环境有静电干扰时, 原本不带电荷的墨滴就会带上静电, 受到电场力作用发生偏转后掉落到回收系统, 导致那些原本需要被墨水覆盖的地方没有被喷墨, 出现了漏墨现象, 从而影响打印质量^[4]。

1.2 按需喷墨

按需喷墨也叫脉冲给墨或随机喷墨, 与连续喷墨技术不同, 按需喷墨技术墨滴的产生是非连续的, 只有在需要墨滴形成部分图像时, 系统才会产生墨滴。按需喷墨技术就是将计算机里的图文信息转化成脉冲的电信号, 然后由这些电信号控制喷墨头的闭合, 只有形成图文区的部位才产生墨滴, 其成像原理是: 按需喷墨设备根据图像记录信号的需要断续地在被印刷物上喷射墨滴。如图2所示。

从图1和图2比较可以看出, 按需喷墨技术的设备相对于连续喷墨技术的设备简单。压电陶瓷在挤压过程中有机机械因素存在, 同时墨滴需要有重新进入墨腔的过程, 故打印机喷头的喷速较慢。目前, 厂家大多采用多喷头联组的方法来提高打印速度。按需喷墨技术的墨滴是由压电陶瓷形变产生的机械力挤出而成, 只有在图文区才会形成墨滴, 也不会受到周围环境的静电场干扰, 所以漏墨现象较连续喷墨技术而言相对较少^[5]。

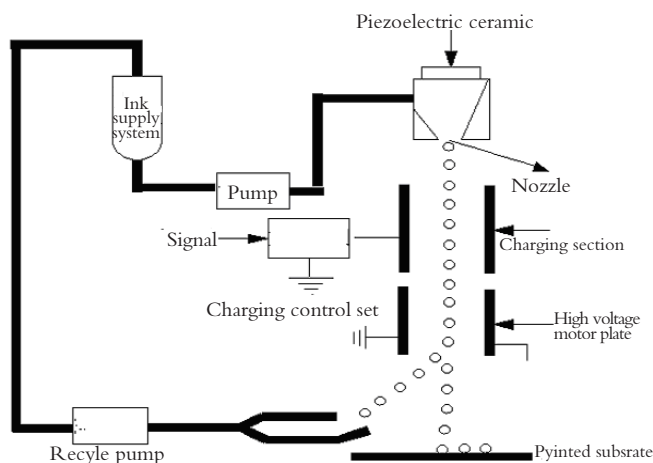


图1 连续喷墨工作原理示意图

Fig.1 Schematic diagram for working principal of continuous ink-jet printing

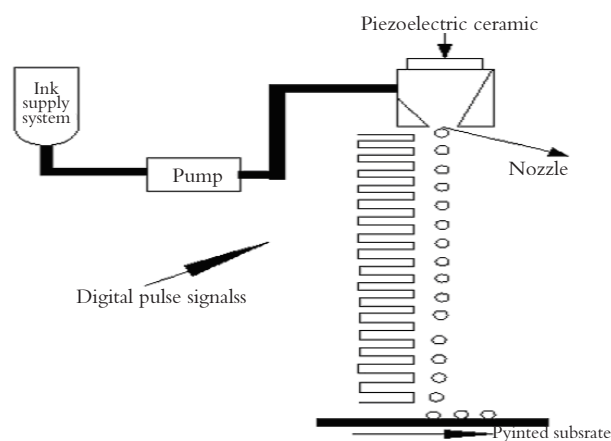


图2 按需喷墨原理示意图

Fig.2 Schematic diagram for working principal of Drop-on-demand ink-jet printing

按需喷墨分为热喷墨、压电喷墨、静电喷墨、声波喷墨等,其中热喷墨技术和压电喷墨技术是最有代表性的两种按需喷墨技术,而且发展最为迅速。

热喷墨技术又称热泡式喷墨或气泡喷墨技术。其基本原理是:将墨水装入到一个非常微小的毛细管中,打印时通过一个加热装置迅速将墨水加热到沸点,墨水汽化形成气泡,此时毛细管中压强增大从而将墨水滴挤出。墨滴喷出后气泡破裂,喷出的墨滴脱离,飞落到制定的图文区域。停止加热时,墨水冷却导致蒸汽凝结收缩从而使墨水停止流动,直到下一次再产生气泡并形成墨滴。如图3所示,热喷墨方式主要由加热装置产生热量让墨水沸腾、产生气泡并通过压力将墨滴从喷嘴飞出。

热喷墨技术不需压电晶体的挤压,不存在机械运动,随着半导体集成技术的飞速发展,每个喷头上可集成更多喷孔,实现更高的喷孔密度,从而实现更快的打印速度。而且由于喷孔数量多,就有空闲的喷孔作为备用喷孔,以保障打印头性能的高质量。热喷墨技术的喷头相比压电技术的喷头,其成本要低很多,更容易被广泛接受。但是由于使用过程中需要对墨水加热,所以对墨水的要求也更高。加热会使墨水的化学性质发生变化,导致打印出来的画面图像不真。由于喷射的墨滴呈喷溅散射状,很难把握墨滴的形状,墨滴量也会有10%左右的误

差,从而造成精度低,耗墨量大等问题^[6]。

压电喷墨技术是现在大多陶瓷喷墨机所采用的技术,利用压电传感器的形变对墨水施压。最常用的压电传感器就是压电陶瓷,当交变电压施加在压电陶瓷上,压电陶瓷会随电压的变化而发生形变,这种体积的变化会产生压力差。打印头内装有一定容量的墨水,当压电陶瓷的体积膨胀时,打印头内的压强增大,从而挤压喷孔中的墨水喷射出墨滴;当压电陶瓷的体积收缩时,打印头内的压强减小,此时墨滴完全脱离喷孔。墨滴落到打印介质上形成墨点,由不同颜色喷孔喷射的墨点组成所设定的画面。压电陶瓷通过打印控制系统控制打印头喷孔的工作状态,此外,喷孔和墨管相连,因此可通过精确控制墨水容量和墨路压力的供墨系统为打印头连续不断提供墨水,原理示意图见图4^[7]。

压电喷墨技术和热气泡技术相比,不需要对墨水加热,所以墨水不会发生化学变化。其次墨滴喷出的初速度很高,不易产生拖尾现象。还有就是压电喷墨技术通过控制电压来有效调节墨滴体积的大小,不会产生溅射、定位准确,因此有更高的打印精度。但压电式喷头成本较高,为降低成本,一般采用喷头和墨盒分离的设计。

2 喷头的性能指标及先进技术

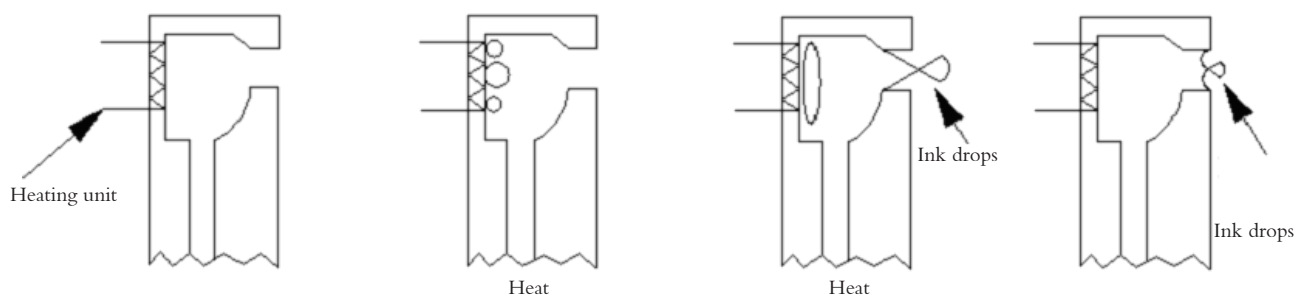


图3 热喷墨方式工作原理示意图

Fig.3 Schematic diagram for working principal of thermal ink-jet printing

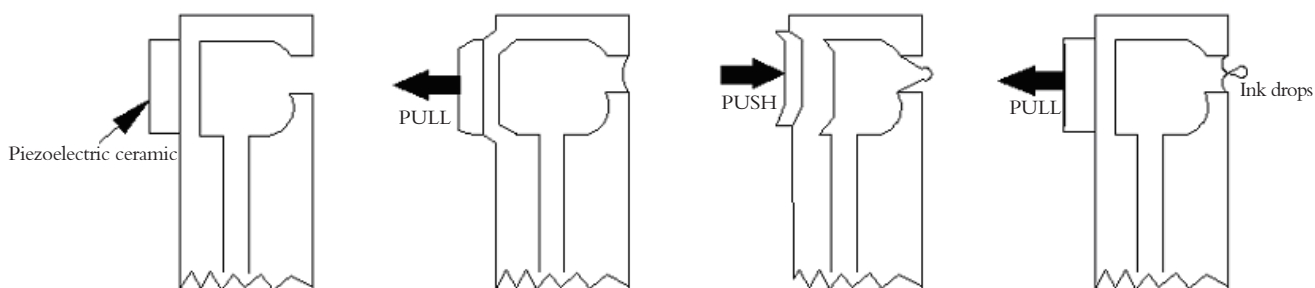


图4 压电喷墨方式示意图

Fig.4 Schematic diagram for working principal of piezoelectric ink-jet printing

2.1 喷头主要制造商

打印机喷头的制造基本被欧美厂商垄断,目前主流的四家制造商包括FUJIFILM Dimatix(北极星,美国)、XAAR(赛尔,英国)、Konica(柯尼卡,日本)以及SPT(精工,日本)。其中北极星系列采用不锈钢喷头,特点是墨滴较小(对应精度高),喷射频率非常高(速度快),对墨水材质不“挑剔”,最常见的型号为Spectra。赛尔系列采用特氟龙材料,特点是安装容易,套色简单,在生产当中因其具备良好的可调性能,断墨、飞墨和烧喷头现象都大大地降低,打印画面更加稳定,最常见的型号是XAAR1001。柯尼卡系列采用全钢制喷头,特点是喷头是全封闭喷头,具有防水、防老化等独特的喷头防堵功能;喷头自动排气功能保证使用过程中不会出现堵头断墨的现象,最常见的型号是Konica512。精工系列采用不锈钢喷头,特点是具备超强的耐磨寿命、喷头电压可随温度变化而变化,喷头打印宽幅为75 mm,是普通喷头的4倍,可进行快速输出,常用的型号为SEIKO510/508GS。

2.2 性能指标

喷头的性能指标有墨滴大小、喷孔数量、喷头精度、打印精度、喷射频率、打印速度、喷嘴宽度、使用寿命等,见表1。其中:墨滴大小是喷孔喷射出的墨滴体积的大小;喷孔数量是一个喷头上喷孔的总数量;喷头精度是指相邻的两个喷孔的中心孔距;打印精度是指喷头在每英寸上可打印的点数,是衡量打印质量的一个重要标准,也是一个最基本的判断喷墨机分辨率的指标;喷射频率是指单位时间内喷孔喷射墨滴的数量,是决定产量的一项重要指标;打印速度是完成一次喷墨所需的时间,也和产量有关;喷嘴宽度是喷孔的直径;使用寿命即多久需更换一次喷头。这些也是选购喷头时所需

考虑的因素。

2.3 先进技术

自1998年西班牙Kerajet公司成功研发世界上第一台陶瓷喷墨打印机并正式投产后,Kerajet公司加快了对喷墨打印技术的研发。2004年,Kerajet首次推出Binary head(二进制喷头),第一代喷墨打印机喷头是二进制模式,它们要么喷射出墨水,要么不喷射墨水,不能只喷射出部分墨滴。对于二进制模式喷头,它们喷射出的墨滴大小一般为30皮升到100皮升,通常用于远距离(数米外)观测的货物或户外图形的条码和日期。随后,在2007年,Kerajet又推出了GS head(灰阶打印喷头),目前商用的新一代喷头可以喷射出不同尺寸,他们把这种技术称之为灰阶喷头,其喷射墨滴大小一般为3皮升到6皮升,意味着灰阶打印的分辨率更高^[8]。为了防止墨水沉淀而堵塞喷孔,所以整个供墨系统的墨水要处在不断的流动状态。而直属日本精工的SEIKO公司和英国XAAR公司分别研发出了喷头内循环系统和喷头外循环系统,并且都在陶瓷砖企业大量使用。

3 喷墨打印技术在我国陶瓷墙地砖行业的应用

3.1 喷墨打印相比传统技术的优势

陶瓷墙地砖的主要功能是装饰,随着现代社会对时尚和个性化的追求,由丝网印花技术和辊筒印花技术所印刷出来的单一花色和图案的墙地砖已不再满足消费者的需求,这给了喷墨技术一个很大的发展机会。

喷墨打印相比于传统的丝网印花和辊筒印花具有很大的优势:

(1)图案清晰度提高:喷墨打印技术在陶瓷墙

表1 四种常见喷头的性能指标
Tab.1 The performance of four leading print-heads

Parameters	XAAR1001	Spectra	SEIK510	SEIK508GS
Diameter of drops(pl)	6~42	15~150	80	12~36
Number of Nozzle	1001	512	510	508
Printing width(mm)	70.5	64.9	71.8	71.5
Nozzle precision(dpi)	360	200/100	180	180
Printing precision(dpi)	360	260	200	260
Ink drop velocity(m/s)	6	8	6	6
Nozzle frequency(kHz)	50	20	4	14
Lifetime(year)	2~3	3~5	2	2

表2 喷墨打印机数量及其发展趋势^[10]
Tab.2 The estimation for the number and price of ink-jet print-heads

Date	Ink-jet printers(used)	Ink-jet print-heads(estimated)	Value of print-head(RMB)
2012.4	260~270	10400~13500	312~405 Millions
2013.4	500	20000~25000	600~750 Millions
2015.4	800	40000~48000	1200~1440 Millions
2017.4	1000	50000~60000	1500~1805 Millions

地砖产品上的应用，使得产品图案的分辨率由传统技术的72dpi提高到360dpi，增加了五倍。

(2)对基板要求降低：可以在凹凸面（落差在3-5 mm）实现装饰且图案更加真实，近年来仿古砖越来越得到消费者的喜爱，如仿树皮、防原木一类的砖表面是凹凸不平的立体面，传统技术是很难实现的，但喷墨打印能很容易完成，并能真实还原自然材料的纹理和效果。

(3)设计元素丰富多彩：不论是花草树木、飞禽走兽还是山川河流都可以作为设计的元素，且可以真实还原这些景物。

(4)适应时尚化、个性化的发展：喷墨打印能充分利用现代社会计算机资源的优势，使陶瓷装饰图案的选择更随心所欲，消费者可在计算机上自由选择新品花色图案的种类^[9]。

3.2 我国喷墨打印的市场现状

尽管喷墨打印具有一系列的优势，但仍然没有成为目前墙地砖生产的主要技术，这其中有一系列原因：一是喷墨机单机价格高，安装使用复杂，我国瓷砖企业多、产量大，若全部采用喷墨打印，则需要大批量的喷墨机，成本过高；二是喷头技术被国外所垄断，喷头价格昂贵，且使用寿命短，更换成本高；三是墨水价格高，特别是进口墨水，虽然有国产墨水的出现，但有些喷头和墨水的匹配也是一大问题；四是喷墨产品定价过高，只有少部分消费者才能接受；还有另外一些原因导致近几年喷墨打印仍无法取代丝网印花和辊筒印花，但不可否认的是喷墨打印是未来墙地砖打印的方向，取代传统技术只是时间上的问题。

4 陶瓷喷墨机喷头的发展趋势

我国瓷砖行业使用喷墨技术生产瓷砖产品的比例较低，这同时也说明我国具有很大的发展潜力。到目前为止，我国陶瓷企业大约已使用350-450台喷墨打印设备，这些设备需要大量的喷头。黄惠宁等人对我国喷头的使用数量作了一个调查和预测，如表2所示。

近几年来，我国陶瓷装饰采用喷墨打印机的发展速度较快，主要得益于喷墨打印机生产技术不断提高以及下游需求市场不断扩大，喷墨打印机在国内和国际市场上发展形势十分看好，我国陶瓷砖装饰采用喷墨打印机迎来良好的发展机遇。喷头是目前陶瓷喷墨打印机最核心、所占成本最高、最重要、技术含量最高的部件。可以预见我国未来对喷头的需求量将逐年增加。

参考文献:

[1]HUTCHINGS I. Ink-jet printing for the decoration of ceramic tiles: technology and opportunities. 11th World Congress on Ceramic Tile Quality, 15 Feb. 2010, Castellon, Spain.

[2]谭灵, 郑乃章. 陶瓷喷墨打印技术的现状与展望[J]. 中国陶瓷工业, 2012, (4): 21-22.

TAN Ling, et al. China Ceramic Industry, 2012, (4): 21-22.

[3]胡维友. 喷墨印刷技术概述[J]. 印刷世界, 2008, (2): 2-3.

HU Weiyou. Print World, 2008, (2): 2-3.

[4]王茂生. 连续喷墨vs按需喷墨[J]. 网印工业, 2008, (5): 40-42.

WANG Maosheng. Screen Printing Industry, 2008, (5): 40-42.

[5]张伟. 喷墨打印技术的发展现状[J]. 染料与染色, 2005, 42(6): 9-10.

ZHANG Wei. Dyestuffs and coloration, 2005, 42(6): 9-10.

[6]刘惕生. 喷墨打印技术概述[J]. 影像技术, 2005, (Z1): 26-29.

LIU Tisheng. Image Technology, 2005, (Z1): 26-29.

[7]陈锦新. 喷墨印刷技术原理与发展趋势[J]. 广东印刷, 2009, (2): 42-44.

CHEN Jingxin. Guangdong Yinshua, 2009, (2): 42-44.

[8]Industrial Inkjet for Dummies, XAAR Special Edition. Wiley Publishing, Inc., 2010, 8: 15-18.

[9]张柏清, 王德良, 钟树铭. 喷墨打印技术在墙地砖行业的应用现状及发展趋势[J]. 陶瓷学报, 2011, (4): 591-595.

ZHANG Boqing, et al. Journal of Ceramics, 2011, (4): 591-595.

[10]黄惠宁, 柯善军, 钟礼丰, 等. 喷墨印刷技术在我国陶瓷领域的应用现状[J]. 佛山陶瓷, 2012, (6): 1-5.

HUANG Huining, et al. Foshan Ceramics, 2012, (6): 1-5.