

本书由星光集团有限公司特别资助出版



STARLITE
HOLDINGS LIMITED

星光集团有限公司

印刷生产精品图书译丛

Inkjet

History, Technology,
Markets and Applications

喷墨印刷

(上)

.....
Frank J. Romano 著

王 强 译

 印刷工业出版社

本书由星光集团有限公司特别资助出版

印刷生产精品图书译丛

Inkjet

History, Technology,
Markets and Applications

喷墨印刷

(上)

Frank J. Romano 著

王 强 译

 印刷工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

喷墨印刷 / (美) 弗兰克 (Frank J. Romano) 著; 王强译. —北京: 印刷工业出版社, 2010. 8
(印刷生产精品图书译丛)

书名原文: Inkjet History, Technology, Markets and Applications

ISBN 978-7-80000-937-2

I. 喷… II. ①弗…②王… III. 特种印刷—技术 IV. TS83

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第076383号

版权合同登记号 图字: 01—2010—1330

本书中文版由美国PIA/GATF Press授权印刷工业出版社在中国独家出版发行。未经出版者书面许可, 不得以任何方式抄袭、复制或节选本书中的任何部分。

版权所有, 侵权必究。

喷墨印刷 (上)

著: Frank J. Romano

译: 王 强

责任编辑: 张宇华 李 毅

责任校对: 郭 平

责任印制: 张利君

责任设计: 张 羽

出版发行: 印刷工业出版社 (北京市翠微路2号 邮编: 100036)

网 址: www.keyin.cn www.pprint.cn

网 店: [//shop36885379.taobao.com](http://shop36885379.taobao.com)

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京华联印刷有限公司

开 本: 889mm × 1194mm 1/32

字 数: 300千字

印 张: 14.625

印 次: 2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 68.00元 (上、下册)

I S B N: 978-7-80000-937-2

如发现印装质量问题请与我社发行部联系 发行部电话: 010-88275707

版权所有 • 侵权必究

喷墨印刷在历经近40年的发展后一举成名。

喷墨印刷是数字印刷的一种方式。数字印刷所需的复制工艺过程不需要任何恒定图文载体（如印版）。即使印刷的图文完全相同，所印刷的每一页图文也都是重新生成的。

数字印刷可以采用任何一种方式来将点状彩色颗粒放置于承印材料表面，其中色粉和喷墨最为常见。

基于色粉的印刷被称为静电成像或静电印刷，是通过静电荷来转移类似塑料包裹的颜料颗粒。激光在光导体上成像，将光能转换为电能。页面形成的图像是一组带正电或负电的电荷，能够吸附与其电荷相反的充电色粉。纸张要么是带电的，要么是导电的，并与半导体感光鼓上的色粉电荷特性相反，从而将色粉吸附到纸张上。当色粉加热到400℃时，色粉熔融于纸张表面。色粉的印刷既可以采用单张纸，也可以采用卷筒纸；既可以采用液态色粉，也可以采用固态色粉。

喷墨技术有热泡喷墨技术（加热产生墨滴）、压电喷墨技术（压力产生墨滴）和连续喷墨技术（压力产生墨流）三类。喷墨印刷可以采用单张纸输纸、卷筒纸输纸、平台输纸以及三种组合输纸等方式；可以采用水性油墨、溶剂型油墨、生态溶剂油墨和UV墨；色料既可以采用染料，也可以采用颜料。

经过一段时间的发展，色粉质量已经十分接近于胶印品质，具有1200 dpi左右的分辨力。在单张纸系统中印刷速度大约40~120页/分，在卷筒纸系统中大约130~200页/分（ppm）。所有数字印刷系统都适合短版印刷活件，也是实现可变数据和可变版本活件唯一的方法。

在300~600 dpi个性化和工业应用中，喷墨印刷质量水准已经符合用户要求，但对商业印刷而言还有差距。当然，目前很多照片的打印喷墨以相片级的质量水平替代了卤化银成像。时至今日，以500英尺/分以上的速度为标准而言，仅有极少用户能够实现高速度、高质量的目标。截止到撰写本书时，市面上只有惠普、柯达、Memjet、FFEI等厂商。他们声称的1000英尺/分，600 dpi分辨率领域已经引起用户的兴趣。需要思考的是在基于色粉主导的数字印刷领域，喷墨印刷如何创造利润？

1. 减少复杂度：喷墨的全部都聚焦在喷墨头上，所要处理电子器件、加热单元、鼓/带的问题极少；

2. 专色可能性：色粉印刷的单一性导致无法印刷全部潘通（Pantone）色和Goe™色；

3. 无须印刷作业准备：与色粉类似，在快速更换生产活件时，没有浪费；

4. 可扩展性：喷墨可以从桌面到印刷车间无限扩展，打样可以采用与客户办公室完全相同的技术；

5. 低能耗：大幅面基于色粉的系统需要更高能量供给，需配置大功率供电和更严格的环境需求，而喷墨能耗需求很低；

6. 墨耗低：喷墨油墨消耗大多低于色粉，但新色粉制造技术正在缩小这个差距。

在承印材料、喷嘴堵塞和打印头宽度上还有很多问题需要研究。从承印材料和质量角度来看，很多问题的解决都取决于墨水配方。打印头必须自我恢复，来防止打印头堵塞和打印点丢失。

新应用将包括票据和说明书的所谓事务性文件市场，这个市场将广告和零售促销券结合，充分提升了事务性文件的价值。UV平台式印刷机能够在厚纸板、塑料、金属、玻璃以及乙烯材料和纤维上印刷，从而开辟了很多新的工业印刷市场。

色粉占据数字印刷主导地位的原因是：

1. 高品质，并能够处理可变数据印刷；
2. 能够与连线印后加工设备进行系统集成；
3. 液态色粉能够处理专色，数字印刷声称能够比胶印处理更多的潘通（Pantone）色，并取决于你需要复制的颜色；
4. 从低端单张纸印刷机到高端单张纸或卷筒纸印刷机，色粉的数字印刷机有单色或彩色的100多个型号来供用户选择。

色粉打印技术和喷墨打印技术的竞争对手都是胶印，印刷买家必须针对专门的应用需求来调研全部生产过程。喷墨印刷吸引用户关注的原因是，只要操作正确，印刷过程就近乎完美。无须图像载体、无须印刷作业准备、快速干燥和集成化印后加工。今天，喷墨印刷的质量和速度已经能够与印刷工业生产要求同步发展。

喷墨印刷的所有领域都在发生变化。尽管基本原理没有变化，但更切实可行的喷墨印刷过程已经发生了显著进步，并促使其成为当今印刷工业的主流。

下一代数字喷墨印刷技术将具有：

1. 媲美胶印的图像质量；
2. 兼容涂布纸和非涂布纸的印刷适性；
3. 高速印刷；
4. 更大的纸张尺寸；
5. 无须干燥时间；
6. 无须印刷作业准备；
7. 可变性（电子校对和个性化）。

事实证明，喷墨印刷正在不断加快发展的步伐。

喷墨印刷（下）的信息来自Drupa 2008的介绍、展会期间的有关会议、专业参观人员、网站、产品展示、与工业分析专家和用户的访谈。

04

笔者有九届Drupa的参观经历，发现每届都有各自的特点。Drupa 2008已经对超大阵列喷墨印刷系统有了很多阐述和表达，但没能做出详细地评述，也没将之称为“喷墨Drupa”。

喷墨印刷市场在所有领域都在增长，从平台到大幅面、到标签、到商业促销宣传品，直至商业轮转和单张纸印刷。喷墨打印头制造商正在加速其发展，新型油墨每天都在推陈出新。笔者希望本书为读者在其商业模式中应用喷墨印刷技术提供所需的信息，并加深对喷墨印刷技术的理解。

CONTENTS

目 录

喷墨印刷(上)

引 言

- 第一章 喷墨印刷的历史发展历程 / 1
- 第二章 组件时代 / 17
- 第三章 大幅面印刷时代 / 34
- 第四章 喷墨印刷技术 / 84
- 第五章 工业印刷 / 127
- 第六章 包装印刷 / 190
- 第七章 事务性文件与促销账单印刷 / 222
- 第八章 发展动力与发展趋势 / 265

喷墨印刷(下)

- 第九章 喷墨印刷的背景 / 279
- 第十章 喷墨印刷技术 / 287
- 第十一章 生产型喷墨印刷机 / 301
- 第十二章 大幅面和超大幅面喷墨印刷 / 326
- 第十三章 喷墨印刷油墨的发展 / 361
- 第十四章 喷墨印刷纸张 / 376
- 第十五章 大幅面单张纸喷墨技术 / 384
- 第十六章 标签喷墨印刷机 / 395
- 第十七章 其他应用 / 409
- 第十八章 数字印刷产品 / 416

后记 / 447

作者简介 / 449

译者简介 / 450

PIA/GATF介绍 / 451

星光集团有限公司简介 / 453

林光如先生简介 / 454

喷墨印刷是由不同的人在不同的时期、不同的地点、采用不同方式发明的。喷墨印刷的形成历经了30多年的历程，一夜之间成名天下，是一个具有重大发展意义的技术作品。

初创

19世纪物理学和电子学领域的众多大小发明和进步引发了喷墨印刷的产生。这些科技进步包括1831年米契尔·法拉第 (Michael Faraday) 的电磁感应实验，1867年开尔文勋爵通过静电控制墨滴释放的流程，1878年瑞利勋爵的从喷嘴射出的液滴流在施加周期性能量或在喷嘴口形成墨滴时向微滴施加振动，就能够形成尺寸大小和间距均匀液滴的发明。1946美国广播公司 (RCA) 完成了开创性的工作，以当年专利号2,512,743推出了全球第一台按需喷墨装置，其通过压电盘产生压力波，并引发墨滴的喷射。但这项发明没能开发出一种商业产品。

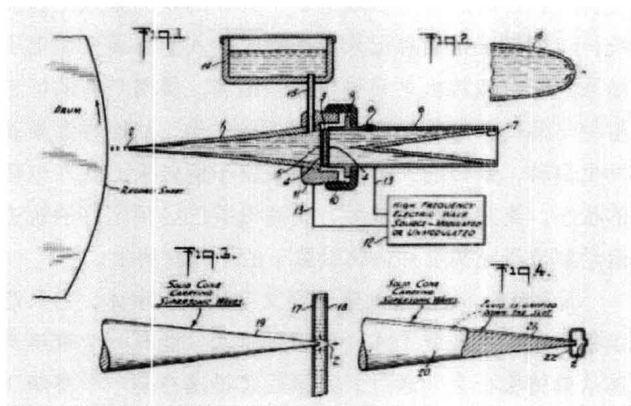


图1-1 1946年专利2,512,743号描述的压电式喷墨系统

1951年西门子的埃尔蒙维斯特 (Elmqvist) 提交了根据瑞利 (Ragleigh) 原理的第一项专利“记录方式的测量仪器”，美国专利号为2,566,443 (1951年)。第一台基于喷墨打印机的专著是用来记录模拟电压信号的。1951年，西门子为第一台喷墨设备申请了专利，它翻开了第一个喷墨字符记录的新篇章。这项技术通过向预置电荷的喷墨墨滴施加电场，从而偏转和控制连续喷射的墨滴落到印刷介质表面，或落入循环回收的墨槽中。1977年第一台面市的压电按需喷墨印刷机是西门子PT-80。1978年，Silnics公司推出了喷墨印刷机Quietype。

PT-80字符打印机系列将按需喷墨印刷技术推向了市场。按需喷墨印刷机只在需要将图文印刷到承印材料上时，才喷出油墨。这种方式消除了连续喷墨印刷对硬件的复杂要求。在这类早期印刷机中，墨滴通过压电陶瓷机械运动所产生的压力而喷射出来，打印机驱动将电信号传递给压电激励器，压电激励器产生压力波并将墨滴喷射到承印材料上。

C.R. Winston是第一个成功将这些发明创造转变为商业喷墨印刷机的人。1962年，他的设备申请了专利(美国专利号3,060,429)，并以Teletype Inktronic 商标进行销售，它通过在所形成的单个文件的系列墨液上施加统一电荷来进行信息记录。在接收输入信息源变化电子信号的一对偏转板之间引导这些墨滴。墨滴带有的恒定电荷与偏转板加载的可变电荷相互作用，从而导致墨滴发生偏转，偏转的大小和方向取决于偏转板上载入电荷的状态。离开偏转区域后，墨滴沿着已经预定好的轨迹运动到位于喷墨嘴和偏转装置下的承印材料上。

尽管Winston设备能够印刷文字和数字字体，它只能以相对较低的速度工作，原因是每次只能有一个带电墨滴从偏转极板之间通过。如果后续墨滴在前一个墨滴飞出偏移区域之前进入偏转区域，它就会沿着与前一个墨

滴相同的轨迹运行。由于所有的墨滴接受确定电荷，当墨滴位于当前偏转区域时，它们的轨迹就由施加在偏转板之间的电荷所决定。

进入A. B. Dick III时代

在20世纪50年代，A. B. Dick公司初始人的孙子艾伯特·布莱克·迪克（Albert Blake Dick III）认为作为公司核心业务的孔版和平版复印技术应该提升。他雇用了一个科学家吉姆·斯通（Jim Stone），并授权吉姆·斯通及其团队为他的公司开发新的技术。迪克确定公司的使命是“将标记置于纸上”。

斯通在美国加利福尼亚的斯坦福大学发现了一个有趣的项目：在阴极射线管CRT中导向电子束能够将静电荷放置在纸上。这些由静电产生的潜像通过显影和热熔而变为永久性的图像。在理论上，由于这些图像是由电子束生成的，图像生成速度应该很快。然而要将这种印刷方式进入实用，还需要开发很多新的技术，并使之完善。

斯通和他的团队需要确定如何运用电子束在CRT显示器表面生成字符。而CRT显示器面板是采用真空密封的嵌入导线来将电子束传到纸上的。在纸张涂层上获得静电图像的方法以及潜像显影机制、高速状态下卷筒纸张精确移动、印刷后的纸张裁切与复卷都是必需的。随着全球最快速印刷机，即高速阴极射线管印刷设备的发明，他们的努力与付出获得了回报。也开发出一系列相关的产品，包括服务美国政府的全张传真机和高速图像印刷机。

但是这个高速阴极射线印刷设备实际上是一个照相排字机，参与了一个大型联邦政府项目GPO和Wright Patterson空军基地高速照相排字机的竞争。最后Mergenthaler Linotype公司及其合作伙伴CBS Laboration获

胜，销售出5套Linotron 1010s。

A. B. Dick公司在寻找电子字符生成器的新兴市场上遭受重创。这个时期，在电视上显示出的字符信息都是置于电视镜头前的简单手写体字符。科学家们设想是否能够在成长的商业电视工业中应用电子字符显示技术，并将研发集中在应用以电视速度工作的核心内存、新电路以及使用键盘输入数据的方法之上。

在电视屏幕上标记而不是在纸上。所取得的进步是可以让字符在电视底部横向通过或纵向卷起，就如同今天电视上所见的一样。

1986年选举时选票统计的播放就是A. B. Dick公司对于这项技术的最早应用之一，它消除了手写结果的需求。第二年这项突破的最具戏剧性的应用发生在1969年尼尔·阿姆斯特朗（Neil Armstrong）登上月球。在人们紧张地注视这一历史时刻的时候，从屏幕上读到了阿姆斯特朗迄今闻名于世的名言“个人迈出一小步，人类迈出一大步”。

但是，Dick先生却想把它们印在纸上。

1961年，在斯坦福大学从事传导研究的电气工程师Richard G. Sweet收到了一个带有往水中输送气泡来提供氧气设备的鱼缸。Sweet开始研究氧气是如何通过气泡传送到水里的。这项研究最终获得美国3,596,275号的专利，Sweet专利奠定了喷墨印刷在商业应用的里程碑。Sweet写信给A. B. Dick公司技术副总裁，描述了最初没有移动部件的示波器，并用墨滴来产生一个电子信号的图像。在A. B. Dick影像操作部门的工程师们设想既然能够生成电子字符，为什么不能用电子控制充电的墨滴来生成文字呢？

Sweet专利公开的设备通过在偏转板上保持恒定电压来控制墨滴的运动轨迹，并在墨滴上加载可变电电压，正好与Winston采用的系统相反。Sweet的设备比Winston

的设备运行得更快，多个加载了不同各自“信号”电荷的墨滴能够同时在恒定电荷的电场中运行。Sweet的设备运行速度仅仅受到墨滴形成速率的限制。Sweet发现他的设备每秒能够产生12000个墨滴，使得其记录速度是Winston设备的数百倍。他在专利中描述到“带电墨滴是横向偏转的”，通过一个装置使墨滴“沿着特定的轨迹运行”，这个轨迹是上述墨滴上总带电量的函数。

Sweet专利的权利要求之一：

一种采用流动的墨滴在记录媒介上进行信息记录的方法，其组成步骤包括，在压力作用下，将流动液滴输送到喷嘴，通过喷嘴将液滴射向记录介质，按照既定的频率向打印墨滴施加周期性变化的电压，使从喷嘴射出的大量墨流分离成一系列单独间距一致的墨滴，这些墨滴能够自由飞行并按原文件中的位置呈现在记录介质上。与喷嘴相邻的墨流通过与之相邻的充电电极，用可变电子信号值代表充电电极的偏转期望值，单个墨滴可视为一个静电荷，通过充电电极时改变一些墨滴上的电荷数，使墨滴随后通过附近的偏转电极。在偏转电极上加加载的一定电势，产生一个静电偏转电场，当墨滴通过静电偏转电场时，带电墨滴横向偏转，而在记录介质和喷嘴间，带电量不同的墨滴按照不同的轨迹运动，最后，一些墨滴通过所谓的偏转电场后，留在记录介质上形成了记录影像。

在产品研发几年后，1969年6月Videograph引进了第一台商业喷墨印刷机Videojet 9600。同时，喷墨技术需要额外的维护来保持它的工作状态，所以在办公室应用就不可行了。取而代之的是科学家和工程师将重点集中在工业打印领域的应用。它成为了Videojet公司的奠基石，并使该公司成为喷墨印刷和条码打印的领导者。

在一个大型制罐企业咨询在饮料罐上印刷识别信息的可行性时，Videograph（已并入马可尼数据系统公司）

获得一个重大机会。数年间饮料行业投资了数百万的资金来尝试在饮料罐上打印时间标记，当考虑到要在高达每分钟2000罐（416英尺/分或610米/分）的运行速度上向饮料罐打印条码时，对这个项目的挑战性是足以令人生畏的。

A. B. Dick公司开始把它们的技术集中到工业应用上。1973年，A. B. Dick公司发布了全球第一台工业喷墨ID系统Modle 9000。

在制罐公司代表和该酿造企业执行官的陪同下，工程师Tom Madden参观了密尔沃基的一个酿造企业。Madden及其团队开发并安装了一个印刷样机进行生产试验。样机工作出色，直到所订购产品全部安装到位后，样机才归还。

1980年A. B. Dick将IDP部门更名为Videojet系统国际公司。其后A. B. Dick将Videojet分离出来，1993年Videojet兼并了其最强劲对手Cheshire公司，1998年又并购了大字符标记和打码领域的领导者Marsh公司。最终将英国伦敦PLC的通用电气公司整个收购。

在更名马可尼数据系统公司和1999年事业集中之前，通用电器公司（GEC）已经有长达百年的历史。2002年Danaher公司收购了马可尼，并继续在Videojet技术公司下运作。马可尼为Videojet筹集了4亿美元现金，获得了3亿收入。

丹纳赫公司（Danaher Corporation）是一个创建于1969年，总部设在华盛顿的全球性公司。丹纳赫公司业务遍及标记和跟踪技术领域，从喷墨印刷和激光打码到无线射频电子标签RFID。Division include: Aclu-Sort系统公司、Alltec、linx印刷技术、Videojet技术等；后者是一家生产条码、印刷、激光标记产品、流体以及工业产品识别配件的制造商。他们专注于小字符喷墨（SCIJ）、激光、热转移套印（TTO）、二维条码、大字符标识

(LCM)、标签印刷及其应用 (P&A)。在全球Videojet已经安装了超过275000个单元。

Lewis Brown专利

1962年年末,在了解Sweet的工作之后,Brush仪器公司生成器的Arling D. Brown和Arthur M. Lewis为Sweet的墨滴印刷设备增加了一种字符或函数,使之能够印刷文字字符与数字字符。字符生成器是一台能够存储文字和数字并根据文字和数字信息发出电压信号的仪器。

1964年9月25日,Lewis-Brown首次将这种技术提出书面的专利申请。1965年又两次提出改进申请,这两次申请从本质上包含了同第一次申请相同的内容。在Lewis-Brown的专利发布后,Sweet的专利申请还未授权,为了排除他自己与Lewis Brown的诉讼干扰,Sweet抄袭了Lewis-Brown专利中的权利要求书。在漫长的诉讼程序之后,专利办公室解决了Lewis-Brown专利发明优先权的问题,他们认为Sweet的专利申请说明书中没有字符生成器,因此Sweet不能在事后要求授权自己专利与喷墨印刷设备结合的应用。经过短暂的起诉,1967年1月10日Lewis-Brown专利发布,A. B. Dick成为其下专利授权的独有使用者。

Sweet-Cumming专利

1963年5月,在Sweet原始样机的制作过程中,Sweet的管理者Cumming博士把注意力集中于Sweet记录系统,该系统采用密集Wire Styluses阵列,并在其上across一张经过特殊处理的纸张。当电压施加在阵列上的单个针尖上时,电流通过电针到达特殊处理的纸张,从而产生标记并组合形成所期望的字符。Cumming博士发现针尖可以用喷墨墨滴取代,就如同Sweet原始样机所用的墨滴,由此,提高了系统的速度。

Sweet和Cumming建议斯坦福的研究实验室去开发这个设想,但是这个建议遭到拒绝。Sweet又找到原先帮

助他申请最初专利的Honeywell来实施这个设想。1964年3月25日，Honeywell作为Sweet和Cumming的代表，提出了一个专利的申请，申请中公开了一种利用多种喷射方法的结构。

Sweet-Cumming最初的专利申请仅仅是一个记录器的复制品，但是后来经改良后的修正案提出使用字符生成器，这使得Sweet-Cumming的设备能够印刷字符。1968年3月12日专利号33,733,437的S-C专利获得发布。

米德 (Mead)

1846年成立的米德纸业公司业务发展远远超出造纸行业。1968年收购了米德数据公司 (Mead Data Corporation) 和伍德沃德公司 (Woodward Company),大大扩展了业务发展领域。俄亥俄州的代顿 (Dayton) 数据公司也就是后来称为米德技术实验室,开发了一项电子信息储存和检索(electronic information storage and retrieval) 的技术,引领米德公司进入新业务领域。借助这项技术,1973年成立了米德数据中心 (Mead Data Central),并开发出了用于电脑辅助法律研究服务的LEXIS和NAARS系统,以及用于新闻和商业信息领域的全文搜索和检索服务的NEXIS。

米德技术实验室对喷墨印刷工业的发展有着举足轻重的作用,被称为米德数字技术 (Mead Digital Sqstews)。1984年在代顿,该公司成立了新的米德成像部门为低成本色彩复制而研发出一款光敏纸,这是一个米德在无碳复写纸涂布技术方面的产物。

Cycolor

米德Cycolor Photocapsule工艺整合了在无碳复写纸的微胶囊技术和UV固化油墨 (UV-curable inks) 的光聚合技术。该工艺采用了两种涂布材料, Cycolor胶片和Cycolor接收纸。在Cycolor胶片的涂层上嵌入了数百万个微胶囊,微胶囊里含有液态的丙烯酸单体;黄、青或品

红的隐色染料基体；以及对应三种染色基体之一的光引发剂。每种光引发剂对隐色染料最终颜色所对应的可见光光谱很是敏感。隐色染料是通过加入类似色彩阻隔剂的化学基因来使之无色的染料。这些色彩阻隔剂是可以消除的，通过染料与酸的反应能够显影出合适的色彩。当Cycolor胶片在色光下曝光时，光引发剂对特定色光敏感而发生化学反应，引起单体聚合进而固化。没有曝光的微胶囊则仍然保持其液体状态。

Cycolor接收纸表面涂布有酸性树脂，在处理过程中与胶片上的隐色染料发生化学反应而除去色彩阻隔剂并形成彩色染料。接收纸可以是纸张也可以是透明胶片。要在接收纸上印刷，接收纸和已曝光的Cycolor胶片在膜面对膜面的状态下同时导入两个滚筒之间加压。压力挤破胶片上未曝光的微胶囊，释放出无色染料母体、单体和光引发剂。其后，无色染料母体与接收纸上的涂层发生化学反应而形成彩色染料和固化单体。结果是形成连续调彩色图像。但所建立的原型在技术上没有商业价值。米德公司开始寻找其他实现印刷的方法。

Dijit 迪吉特印刷机

1967年，米德开始了一项研究并于1973年在迪吉特喷墨印刷机上达到研发工作的高峰。虽然迪吉特印刷机实质上涵盖了Sweet-Cumming专利全部原理和技术，米德的研究在Sweet和Cumming的引领下独立展开。在Sweet-Cumming专利发布后不久，米德购买了Cumming的股份，迪吉特因此而看作Sweet-Cumming专利的一项应用。

迪吉特印刷机安装有一行横跨承印介质之上的喷嘴，以便承印介质在垂直于喷嘴阵列之下移动。连续墨流从每个喷嘴同时喷出，每束墨流通过一个与Sweet和Lewis-Brown装置的相似的处理过程而分离成最终尺寸和间距一致的墨滴。与其他装置不同，在迪吉特印刷机