

XAAR

利用高粘度打印拓展
喷墨技术的界限

高级应用首席工程师Nick Jackson
高级应用、技术和流体主管Mike Seal

Ultra High Viscosity
超高粘度技术



利用高粘度打印拓展 喷墨技术的界限

高级应用首席工程师Nick Jackson
高级应用、技术和流体主管Mike Seal

简介

自喷墨打印问世以来，该技术在新市场、新工艺和新场景中的应用一直都至关重要。

集合了数字工艺、日益提高的频率（速度）性能、打印分辨率以及对许多新工业应用成功最重要的因素—可靠性，喷墨打印成为许多创新开发人员的关键推动因素。

然而，喷墨技术也有其局限性，因此已采用了基于其他印刷或层积技术的各种涂层、装饰和制造工艺以克服这些局限性。因此，某些创新应用导致喷墨技术在新工艺和工作方法中被忽视。

流体和墨水粘度带来限制。

传统工艺中，仅在使用低粘度流体时才考虑采用喷墨技术—但现在这种情况正在发生变化。喷墨技术现在能够处理粘度高达100厘泊 (cP) 的流体，提高喷墨技术在各种新印刷、涂层、高级（功能性流体）和增材制造应用中的相关性和实用性。喷墨技术正迅速成为增材制造和3D打印以及个性化、涂层和其他创新打印和制造工艺所青睐的技术。

本白皮书着眼于喷墨技术使用限制的历史背景，同时重点介绍了最新打印头创新技术（例如Xaar的超高粘度技术）如何改变可喷射流体技术的格局。



什么是粘度以及粘度如何影响喷墨技术？

粘度是衡量流体流动时内部阻力的指标，它描述了移动流体的内部摩擦力。粘度较高的流体由于其分子组成而抵抗流体运动，这会产生较大的内部摩擦力，而粘度较低的流体因其分子组成很容易流动，在运动时产生的摩擦力较小。粘度还受多种因素的影响，包括温度、材料基本粘度和颗粒负载。

传统上，工业喷墨打印应用的推荐标称喷射粘度为10-12厘泊（cP），还会受打印头结构、流速、温度和流体处理能力的影响。

Xaar TF技术的开发帮助了喷墨技术过渡进入工业陶瓷市场。在该市场中，载有更多颗粒的流体会增加基础粘度。然而，随着新赋能技术和最新打印头的进一步发展，这种情况发生了较大的变化，已经可以实现浓度和密度增加颗粒的稳定，并且在3D光聚合物喷射等应用中探索使用更高粘度的流体。

高粘度的重要性

但是，为什么打印更粘稠的流体很重要，或者为何如此需要打印更粘稠的流体？答案就是打印高粘度流体的能力能够扩展按需喷墨打印的材料范围，因此使其成为许多不同应用中的首选技术。

例如，修改墨水配方可以在许多现有应用中实现额外功能。通过增加颗粒负载或使用更大颗粒，可以在单程打印中实现更宽色域和更高不透明度，同时有助于减少墨水消耗量并节省能源。

如此一来，打印出的颜色会更鲜艳，白色和黑色对比更加强烈。这种在单程打印中实现高不透明度（尤其是白色）的卓越性能对于许多标签打印和直接成型包装场景极为有用。

此外，单程喷射液体或墨水为标签和包装印刷商带来提高生产效率和产量的机会，使其能在更多类型的包装材料上为客户提供优异的新型饰面。

同时还节省了能源，因为以前UV流体需要在喷射前加热到45°C，现在可以在室温下进行喷印。总体而言，所需的流体也更少，从而使该工艺更具可持续性。

还可以更轻松地实现厚涂清漆装饰，为标签和包装、或初级包装或产品本身（如玻璃瓶）增加纹理、视觉效果和功能性（例如柔性表面防开裂墨水），并确保它们不会在搬运和清洗过程中褪色。为玻璃、硬包装和软包装提供高端外观和真实货架效果，包括标签上的盲文和触觉警告标识、最新触觉和浮雕效果等等。

在3D打印和增材制造应用中，高分子量聚合物打印可以带来一系列功能优势，例如打印部件更加坚固、更有弹性和柔性更大。

由于在打印内容固化之前降低了墨滴扩散（在模拟打印中称为网点增益），喷射更高粘度的流体还可以改善无孔承印物的边缘清晰度。

此外，可以采用喷墨打印的新型材料包括粘合剂、油漆和光刻胶。这为喷墨打印开辟了更多新应用范围，包括生物医学、汽车、印刷电路、电子应用和盲文打印解决方案。

喷墨打印属于数字技术，为现有市场和新市场中的新应用打开了大门，通过改进处理具有更高粘度的流体和墨水，喷墨打印不仅在今天的印刷和制造工艺中发挥着重要作用，在将来仍然会在印刷和制造工艺中扮演重要角色。



Xaar提供高粘度打印能力

Xaar在商业应用中已经展示出比其他制造商高得多的喷射粘度，这种能力的核心技术是打印头结构和侧面喷墨专利技术设计。开放、简单的子歧管结构是直接供应墨水的通道，双端声学设计将压力波集中在喷嘴。同时，流量受短通道的影响较小，从而减少流动阻力并确保喷嘴上墨，与更复杂的流体路径相比，使其非常适合高粘度打印。

流体从打印头喷出后需要随时补充，如果流体流经限制性或间接路径，其中出现多个弯道和回流，则可能会导致流体补充过慢。在最极端情况下，会导致打印头缺少流体。使用开放式打印头结构，可以减少通道中对流体补充的阻碍，从而降低打印头流体不足的风险。

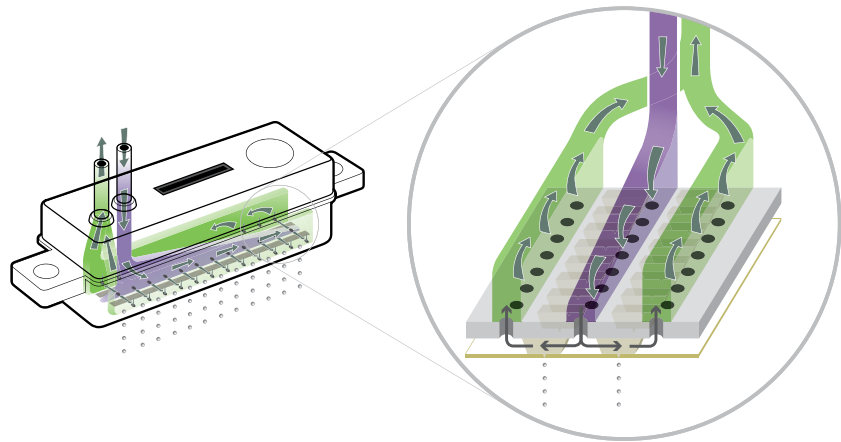


图1:
流体流经Xaar的侧面喷墨专利技术结构。紫色部分表示流入的流体，绿色部分表示喷嘴两侧流出的流体。

2007年推出采用TF技术的Xaar 1001打印头，首次实现可靠地喷射高颜料墨水，进入鼓舞人心的新应用场景—例如瓷砖打印—并有机会实现数字喷墨打印。

TF技术通过持续保持墨水在整个流体路径循环，一直到喷嘴入口，重要的是确保墨水以极高的流速立即通过喷嘴后部。这种持续循环流动可从压电体中清除颗粒堆积和气泡，使喷射变得更加可靠，确保喷嘴能够在发生堵塞后“自我恢复”。

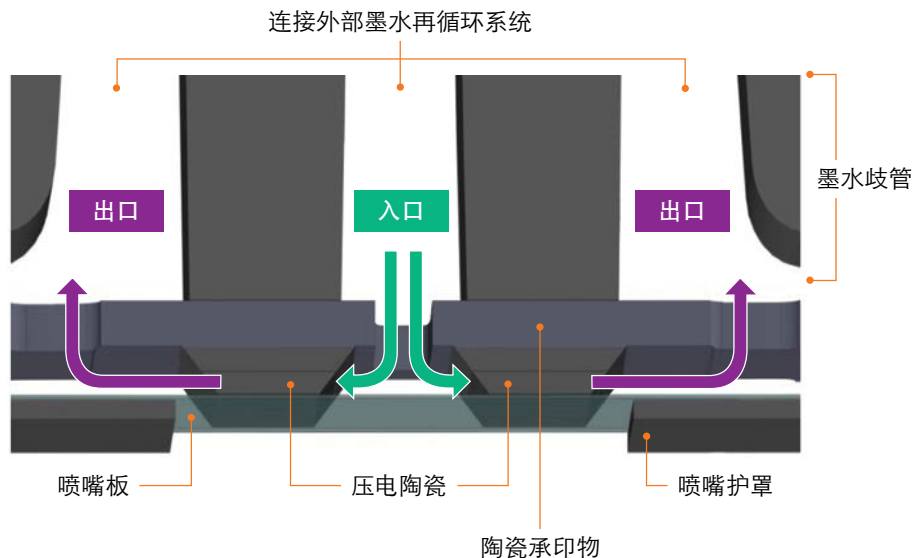


图2:
Xaar的TF技术示意图，显示了流体进入压电陶瓷通道、直接流至喷嘴后部并再次流出的路径。

TF技术还可确保流体以恒定温度供应到喷嘴处，因为流体在不断循环，可以消除由环境温度变化引起的任何粘度变化，并确保在整个打印头喷嘴阵列中的墨水固体和气体含量变得更加均匀。这对于高粘度打印应用场景尤为重要，因为高粘度应用可能发生于粘度-温度曲线的高斜率部分运行，任何变化都会导致更大影响。

TF技术与Xaar打印头结构配套使用，可以实现向喷嘴通道连续供墨并且减少供墨限制，从而实现高粘度打印。

Xaar还利用TF技术开发了大墨量喷印技术，这是属于Xaar打印头的独特高生产率单循环打印模式，进一步提高了高粘度打印性能。

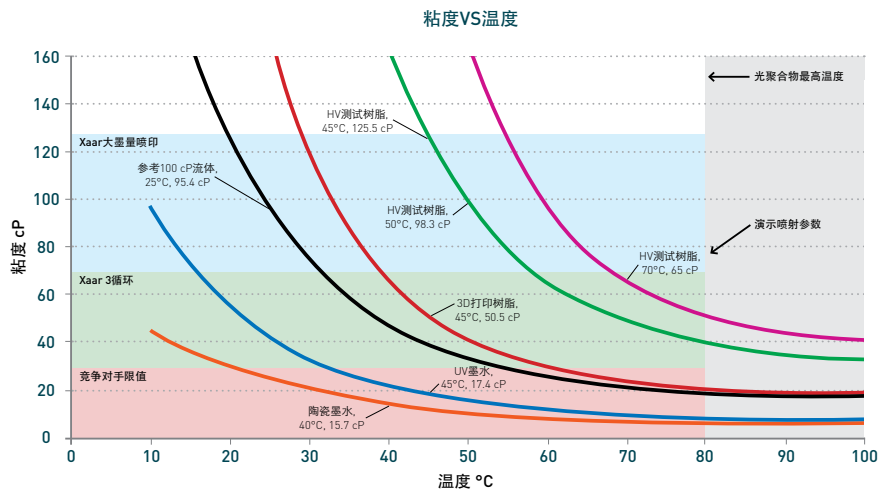
大墨量喷印技术是通过在现有打印头上采用新打印模式来实现的，并在更高的打印频率下产生更大的打印墨滴，从而在大批量生产应用中大幅增加产量。例如，Xaar 1003 GS12每个打印头的喷射速率可达165毫升/分钟，可以在短短3分钟内充满一个星巴克大杯！而Xaar 2002打印头则可仅需1.5分钟即可充满一个星巴克大杯。

上述性能为喷墨技术带来了各种可能性，而Xaar已经展示了在高达100cP的高粘度下进行喷射。在这种粘度下处理流体本身就是存在工程难度，而最关键的学习过程是还需要以不同的方式处理流体。

加热流体是降低其粘度的一种方法。然而，虽然加热法可用作打印更高粘度流体的技术，但Xaar超高粘度技术则明显降低了对流体加热的要求，这意味着在减少能源足迹的同时仍然可以有效地喷射更高粘度的流体。

图 3:

某些流体的粘度与温度关系示例，采用特定成功喷射结果进行说明。彩色条纹所示为竞争对手打印头（红色部分）、Xaar 3循环技术（绿色部分）和Xaar大墨量喷印技术的粘度范围（蓝色部分）。需要注意的是，利用Xaar技术，某些需要加热才能达到可喷射粘度的流体根本不需要加热（例如在绿色部分陶瓷墨水可以在10°C下使用Xaar 3循环技术喷射，而红色部分则需要加热到43°C），或使用Xaar超高粘度技术（绿色或蓝色部分）加热和喷射的流体，则其在低温下具有极高的粘度。



Xaar正在与多家流体供应商合作，以确立其打印头的打印粘度性能。到目前为止，已经验证标准3循环灰度模式可以在70°C下打印粘度65cP的流体。在大墨量喷印模式下，可以喷射粘度高达125cP的流体。我们仍正在不断研究，继续进一步提高打印粘度水平。事实上，最近在实验室中我们利用Xaar 2002 GS6 打印头在3循环模式下已经实现了粘度100cP（23°C时，粘度超过1000cP）流体的喷射。可以利用高分辨率（720dpi）实现更高的粘度喷射。

通过增加基料粘度同时升高（实际降低）喷射温度，可对室温下材料的粘度限值产生更大影响。例如，如上图所示，在70°C下喷射粘度65cP的光敏聚合物，实际上在20°C时粘度可达1400cP。

然而，高粘度流体确实对墨水系统设计带来某些挑战，并且在许多方面需要采用与“标准”粘度流体差别较大处理方式。为了确保更高粘度的情况下，流体以相同的流速通过通道，由于流动阻力的增加则需要成比例提高压差，但这意味着压力控制系统中的任何波动都会被放大。

考虑到供墨和回墨压力的公差叠加，若泵压力出现10%的变化，则标准粘度流体150毫巴的压差仍处于工作弯月面压力窗口内。相比之下，对于相同流速需要500毫巴压差的高粘度流体，必须将泵压力变化控制在2%以内，以防止弯月面压力超限。

除了控制系统之外，还需要对泵进行设计和选型以充分处理再循环的流体。例如，如果颗粒负载较大或增加，则泵的设计就会完全不同；隔膜泵或膜片泵可能会被玻璃料等大颗粒造成损坏，而光聚合物等低聚流体可能会在齿轮泵的高剪切力下发生反应和固化，这说明部件选型至关重要。

还必须进一步考虑系统的初始启动条件。如果在温度升高后流体粘度仍然很高，那么在较低温度下其粘度会变的更高。因此，系统将需要能够在“冷启动”状态下让流体移动，并对其进行加热以达到所需的再循环流速。

鉴于问题的复杂性，Xaar的专业专家团队致力于持续开发新应用场景，以便为客户使用这项新技术提供支持。为了深入了解高粘度特性及其在某些流体中造成的挑战，例如粒子负载效应和其他特性，我们必须不断的学习。然而，利用Xaar技术发掘的各种功能已经在印刷、涂层、高级和增材制造应用中显示出了巨大的潜力。

喷墨技术的未来、相关行业以及开拓者

可采用的材料越多就越能说明数字喷墨打印的多种用途。流体配方具有更大的灵活性，可以采用新型官能团化合物和基础溶剂。

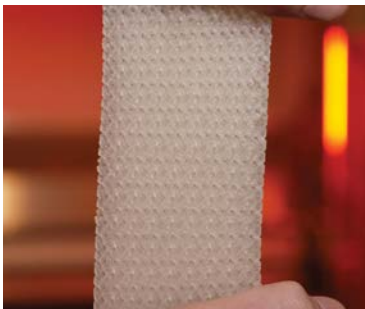
例如，食品包装打印UV油墨中采用渗透性较低的丙烯酸酯以满足法规和安全要求，或提高光学材料的折射率范围。由于潜在悬浮稳定性更好，也可采用更高颜料负载，增加了图形的色域，以获得更强烈的视觉冲击、更高效和可持续性的打印作业。

现在喷墨技术在以前从未涉足的全新市场中变得愈发重要，给包括从粘合剂到电子产品和油漆的所有领域带来潜在效益。

增材制造是彻底颠覆设计和制造方式的典型示例，喷墨和高粘度打印的使用为新应用场景提供了方便扩展的工艺。以前无法通过传统铸造或机械加工制造的复杂歧管和形状现在已经能够实现，在制造的结构中嵌入电子功能仅仅是整个制造过程的一部分。

此外，可以喷射多种材料，而每层喷射时间可以忽略不计，通过各种材料组合可以随时改变多种机械性能，而无需二次成型。

上述特点连同定制、小批量生产和按需制造等优势，能够减少整个制造和分销生态系统中的浪费，节省材料和实现可持续性，这将成为打印业务的核心优势。



结论

喷墨技术虽然仍相对年轻，但随着技术组合的不断提升，它正在迅速带来新的市场和机会。大墨量喷印为厚涂应用提供了令人印象深刻的高产量，超高粘度技术真正突破了喷墨技术的极限，同时为打印精细特征提供了高分辨率。

喷墨技术创造了多种多样的机会。

在化学领域，喷墨技术范围涵盖了从研制新配方到实现印刷部件的新光学、机械和其他功能特性，而以前因喷墨技术无法实现而被拒之门外的新应用现在也得到普遍认可。在设计和制造应用中，增材制造中的喷墨技术正在推动设计革命。

新增加的功能可用于高速打印标签触觉和盲文信息、瓷砖高冲击光泽单程打印到在生产部件中嵌入电子设备等领域。

可持续性喷墨技术发展的核心，通过喷墨技术可以在许多应用中实现高精度喷射流体和墨水来节省能源消耗，并最大限度地减少材料浪费。

我们确实正在进入一个可以打印万物的世界。

参考文献

1. 《工业喷墨印刷手册》，编辑 Werner Zapka，Wiley 出版，2018 年
2. 《IJC 演示：不同墨水再循环结构及其优势分析》，Angus Condie、Mark Crankshaw、Adam Strevens，Xaar 公司，2016 年 10 月 5 日 - 6 日
3. 《Xaar 2001+ 打印头技术实现新型佳能数字标签打印机所需速度》，思维方式，2018 年 6 月 20 日
4. 《打印质量与打印分辨率》，Durst 白皮书 http://viantrade.com/pdfs/EN-urst_whitepaper_final.pdf，2014
5. www.Xaar.com/applications
6. 《3D 打印应用的高速烧结》，Neil Hopkinson、Adam Ellis、Adam Strevens、Manolis Papastavrou 和 Torben Lange，Xaar 公司，2017 年
7. 《单程标签打印用 UV 白色喷墨油墨》，Mark Ritchie，Xaar 公司，2016 年
8. 《利用压电按需插入式打印头高粘度喷射提高光敏聚合物 3D 打印能力》，Nick Jackson 1、Wolfgang Voit 2、Renzo Trip 2、Angus Condie 1、Xaar 公司；1 英国剑桥；2 瑞典斯德哥尔摩，2019 年
9. 《利用压电按需插入式打印头高粘度喷射进行光敏聚合物 3D 打印》，Nick Jackson、Wolfgang Voit、Renzo Trip、Angus Condie，2019 年
10. 《IJC 演示：扩展具有极高粘度喷射能力的压电喷墨技术的界限》，Nick Jackson，2019 年 11 月
11. 《机械臂上的喷墨打印头》，R. Trip, Xaar 公司, R. Rätz, iPrint 中心, O. Bürgy, iPrint 中心, F. Bircher, iPrint 中心, W. Zapka, Xaar 公司，2018 年
12. 在 InPrint Italy、Xaar 打印头技术、Tomas Cerny、Xaar 公司的演示，2018 年
13. 硕士论文：Detektion und charakterisierung von verunreinigungen in Piezokeramischen Mikrokanälen, Stefan Sack, 2013 年
14. 墨水再循环—Xaar TF 技术优势研究，Mark Crankshaw、Mark Rulman、Hanifeh Zarezadeh、Maëlle Douaire、Angus Condie，2016 年



Xaar公司

电话: +86 755 23309293

邮箱: info@xaar.com

www.xaar.cn

版本: 1 2021年11月 中文

扫描二维码, 关注赛尔官方微信。

