

Delta 机器人从皮带即时拾取每个成品——速度最高为 2 米/秒

未来工厂的大规模定制生产

完美结合 3D 打印与精密加工的高速生产线

近年来，增材制造技术取得了快速发展。其中，金属材料的 3D 打印就是这一技术发展的主要进展之一。为了加强这一趋势，荷兰埃因霍温的 TNO 增材制造部门正在开发一款名为“Hyproline”的“针对小金属零件的高性能生产线”，它由一条包含用于加工各种外形结构的小型金属产品的打印机和模块的集成式生产线构成。

迄今为止，3D 打印过程仅限于小批量交付产品的独立机器，如假体或非标机器零部件。“单件流”生产能力是 3D 打印的巨大好处之一，并在有关智慧产业或工业 4.0 的讨论中经常提及。

若要满足大规模定制生产的需求，即现代消费者想要以一种实惠的价格购买一个单一的产品，需要将各种各样的产品与高生产数字结合起来。为此，荷兰应用科学研究院 TNO 开发了“Hyproline”。这款高速生产线使得 3D 打印成为整个工艺过程不可或缺的部分，因此可以提升产量，同时增加产品种类，提高产品质量。基于 PrintValley 理念的“混合制造”能够高速地将 100 种不同产品型号的 3D 打印和精密加工结合在一起。

Hyproline 以欧洲研究项目开始自己的生涯

欧盟公开赞同 Hyproline 机器的开发和建造，为 Hyproline 研究项目提供了总计 400 万欧元的资金支持。埃因霍温的 TNO “增材制造装备”部是这一项目的重要合作伙伴之一。其他合作方包括伯明翰大学（英国）、工业复兴与可持续发展研究所（Swerea，瑞典）以及 CCM 公司（机电学概念中心，荷兰）、赫格纳斯（瑞典）和 ITI Transcendata（英国）。高级项目经理 Frits Feenstra、研发工程师 Frits Verhoeven 与 TNO 控制和自动化开发员 Herbert Fiedler 已经在 Hyproline 项目上合作四年了，计划于 2015 年完成此项目。Frits Feenstra 评论道：“对于 Hyproline，我们要解决两个关键点：首先，我们要大大加快成套的、个性化的金属产品的生产速度，其次，我们想要将 3D 打印并入

一套完整的生产线中。”虽然 Hyproline 平台自身还不能生产金属产品，但加工 100 多件不同金属的过程已经是迈向高速、高品质生产 3D 打印部件的重要一步。

连续式输送机解决方案

“我们必须要对 3D 打印总是在大批量生产中才能用到的想法说再见了。” Frits Feenstra 解释道。“目前，我们仍然要逐步完成这些工作，就像 3D 打印惯常的那样。但我们的目标是同时产生几个，也许是完全不同的产品，为此，我们开发了 Hyproline。”与一辆玩具火车一直转圈惊人地相似的是，Hyproline 实施了一个总长为 8 米的环形输送带系统，上面安装了 100 个托架/托盘。输送带的速度最快可以达到 2 米/秒，经过各个处理工位。各个加工步骤由安装在皮带上的模块执行。安装的模块包括高度测量（托盘和打印层）、金属部件的 3D 扫描、激光加工（磨削、研磨和抛光）、打印本身，以及作为最后一个步骤的闪固。在每一次旋转中，为托盘设置正确的高度，为下一个加工步骤做好准备。由于皮带的长度够长，我们可以在皮带上安装大量的打印机和其它模块。所提供的部件是通过打印金属粉末（钛、316L 不锈钢或铜）制成的，随后进行烧结。” Frits Verhoeven 说道。3D 扫描仪测定所用金属的粗糙度。如果表面过于粗糙，就用激光束对表面进行抛光。然后重复加工步骤，直到产品完成并可以从皮带上移除。

TNO 值控制系统开放性

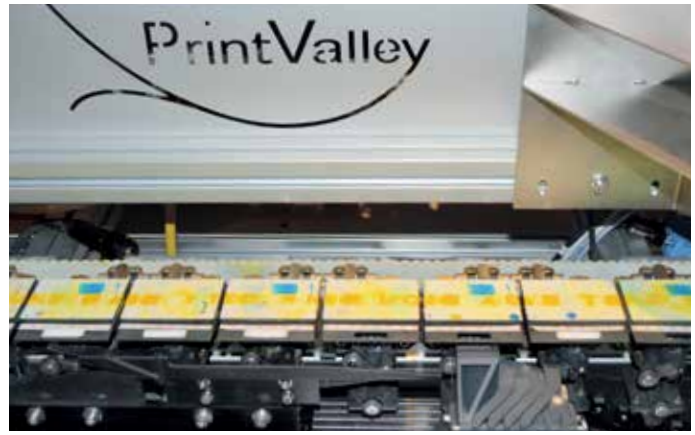
一台集成式 Delta 机器人从皮带上“即时”拾取装满成品的托盘。Herbert Fiedler 指出：“我们的目标是实现 2 米/秒的最高速度，尽管目前的 1.3 米/秒的速度已经是一个了不起的成就。”一台倍福的 CX2020 嵌入式控制器控制机器人，另外两台控制器为输送带和打印头的清洗及墨粉灌装机构提供指令。“TwinCAT 3 用作集成式自动化软件。”控制系统开发人员说道。“我们使用倍福的硬件和软件解决方案已经有 5 年了。主要是因为倍福的系统具有良好的开放性，让我们能够自由选择控制器和协议。同时，与我们过去使用的控制系统相比，倍福的系统更易于维护。开放性和维护对我们来说非常重要，因为我们希望继续使用我们过去在新的生产线中开发出的机器控制系统。对于功能编程，我们使用的是 TwinCAT，而对于运动控制硬件，我们使用的是倍福的 AX5000 系列伺服驱动器。EtherCAT 桥接端子模块 EL6692 用于同步机器人和打印机的墨粉灌装机构。”

集成安全

Hyproline 系统的机器安全通过使用倍福防护等级为 IP 20 和 IP 67 的 TwinSAFE I/O 模块保证。“TwinSAFE 使得机器安全和机器控制通过相同的现场总线和相同的电缆进行通讯。” Herbert Fiedler 阐述道。“这样就无需使用外部接线。” AX5000 系列伺服驱动器的安全功能通过 AX5805 安全选项卡集成。两台 CX2020 嵌入式控制器与用于控制这些安全功能的 TwinSAFE 逻辑端子模块 EL6900 直接连接。用于监控屏幕和紧急停止按钮的传感器通过 8 个直接安装在机器上的 TwinSAFE IP 67 端子盒 EP1908 与机器控制系统直接通讯。

速度又达新高

“现在，Hyproline 能够同时打印和处理 100 个形状完全不同的产品。”高级项目经理 Frits Feenstra 说道。“Hyproline 的速度对于提高其生产效率来说至关重要。”有鉴于此，TNO 开发团队旨在将生产能力提高到约 10000 件/天。



可升降输送带用于快速调整托盘高度



TNO 团队站在 Hyproline 前：高级项目经理 Frits Feenstra、研发工程师 Frits Verhoeven 与控制及自动化开发员 Herbert Fiedler（从左至右）

更多信息：

www.tno.nl/en

www.beckhoff.nl