



TwinCAT CNC 为激光熔覆技术助力

高速高精度的软件协调控制

如今，激光熔覆技术通常用于涂装旋转对称部件。总部位于德国威斯巴登的 Ponticon 公司借助 pE3D 系统将应用范围扩展到任何几何形状的涂层和快速成型制造。如果没有倍福的 TwinCAT CNC、EtherCAT 和 XFC 极速控制技术，就很难实现对三脚架、旋转/摆动工作台和激光的精确控制和协调。



TwinCAT 和 C6930 控制柜工业 PC 负责控制和协调所有轴的轨迹

Ponticon 公司的 pE3D 系统是一款真正的重量级产品，不仅仅体现在其潜在的工业应用方面：它由厚达 20 厘米的实心花岗岩板制成，底座框架高 3 米多，重量超过 7 公吨。“如果想要高动态、高精度地制造大型部件，或给它们涂覆超薄涂层，就需要一种刚性结构。”Ponticon 公司总经理 Thomas Horr 解释道。具体来说，直径达 700 毫米、高达 800 毫米的部件可以涂覆厚度仅为 50 至 200 微米的超薄材料，也可以在系统上完全重建或修复。在后一个应用领域中，Ponticon 公司最近向德国卡尔斯鲁厄理工学院（KIT）生产技术研究所交付了一个包含 pE3D 系统的制造单元，该项目由欧盟和巴登符腾堡州科学、研究和艺术部提供资助。利用 Ponticon 公司开发的 3DMD（动态材料沉积）工艺，激光熔覆技术首次高效率地用几乎任何材料组合制造复杂的几何形状部件。因此，高进给率和最小偏差是关键。Thomas Horr 认为，pE3D 系统的轨迹精度仅为几百分之一毫米，不仅追求高精度，而且进给速度高达 200 m/min，加速度高达 5 g，动态性能极佳。

高进给率源于特殊的设计：并联运动系统。通常，并联运动系统速度很快，但精度不一定高。Ponticon 的三脚架中采用了特殊的机械元件，消除了这一缺陷。在加工复杂的几何形状，作为第四轴和第五轴的旋转装置提供了额外的灵活性。

灵活性与速度完美结合

在标准操作模式下进行加工时，工件被夹在三脚架上，并在固定的激光装置下移动。在作为五轴数控系统的第二种配置中，整个激光头被固定在三脚架上。“为此，我们只需使用以前用作工件载具的框架。”Thomas Horr 在解释这一巧妙的解决方案时说道。然后，工件被夹在下方的旋转装置上，还可以旋转和倾斜。这样就可以将粉末状金属和合金沉积到任何形状的表面上。例如，当需要重新定向工件的几何形状以实现悬垂或特定角度，或制作旋转对称的部件时，就需要使用工作台。“我们的快速旋转轴使我们能够在这种操作模式下实现高达 200 m/min 的进给速度。”

这些关键数据不仅对机械结构提出了很高的要求，控制系统也必须能够跟上系统的动态变化，尤其是在控制外围设备时。“最重要的是确保激光器的开关时间精确，这样激光器才能在正确的位置开关并熔化材料。”Thomas Horr 说道。

XFC 助力实现精确的激光控制

在这方面，Ponticon 结合使用了倍福的 XFC 和 EL2262 超采样端子模块。XFC 基于高效的控制和通信架构，包括高性能工业 PC、带有实时特性的超高速 I/O 端子模块、EtherCAT 高速工业以太网和 TwinCAT 自动化软件。XFC 技术可以实现 I/O 响应时间 $\leq 100 \mu\text{s}$ 。



© Beckhoff

循环生产中的真实场景：齿轮的缺陷部分被精确铣出（左），通过激光熔覆技术重建（右），最后进行机加工

循环生产中的激光熔覆

Ponticon 激光熔覆系统是卡尔斯鲁厄理工学院 (KIT) 生产技术研究所 InRePro 研究项目的重要组成部分。

InRePro 的全称是：采用过程集成多传感器技术的检测和再制造单元，用于数字化自主制造过程。对使用过的子系统和组件进行再制造可减少资源（原材料和能源）消耗，实现一种可自动化的新型循环经济，以适合大规模生产。该项目由欧盟 (REACT-EU) 和巴登-符腾堡州提供资助，旨在研究工业规模的零部件循环生产。

通过将五轴激光熔覆系统与五轴加工中心相结合，可以实现灵活的零部件翻新。pE3D 系统中集成的多传感器过程监测解决方案可在加工过程中直接得出生产质量结论。激光头中为此集成了相应的传感器 (OCT、Quotienten Pyrometer、WeldWatcher)，可对熔化区进行监控。跟踪式 3D 激光扫描仪还可以在加工结束后直接对材料沉积结果进行几何测量。因此，该系统首次实现了系统地观察和研究典型工艺缺陷。



工件决定了运行模式：简单的工件固定在三脚架上，在固定激光头的引导下以最高 200 m/min 的速度运行（三轴运行）；对于复杂的工件，激光头安装在三脚架上，工件被固定在下面的旋转工作台上（五轴运行）

若要动态移动三脚架，必须能够高频率地指定轴设定点，并同样快速地返回实际值。EtherCAT 可为此提供所需的性能。此外，Safety over EtherCAT (FSoE) 也有助于满足安全性要求。

三脚架和旋转工作台的轨迹控制通过 TwinCAT CNC 实现。为此，轴控制器被配置为动态性能最大，运行滞后最小。“我们在相应的功能块上投入了大量的开发工作，通过这些功能块优化了控制。” Thomas Horr 强调道。

TwinCAT CNC 适用于系统运动学

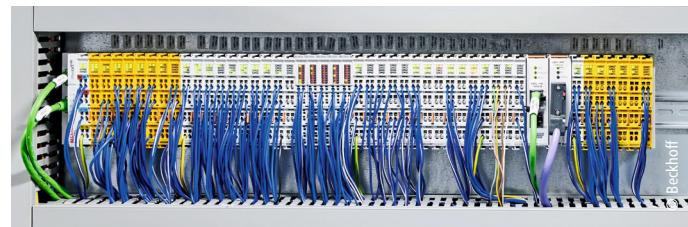
TwinCAT 中已有的三脚架运动学变换功能库，是 Ponticon 选择基于 PC 的控制技术、尤其是选择 TwinCAT CNC 的另一个原因。这意味着开发人员只需配置运动学参数，无需额外的开发工作。



运动命令可以用 G 代码编写，也可以从 CAD/CAM 程序中读取，并通过 CP3924 多点触摸控制面板调用



Thomas Horr, Ponticon 公司总经理：“三脚架在 TwinCAT CNC 中的运动学转换减轻了我们大量的开发工作。”



EtherCAT 端子模块系列可以满足所有系统要求：从安全技术（EL6910）到通过带超采样功能的 EtherCAT 端子模块（EL2622）精确控制激光器，以及通过 PROFINET（EL6631）和 PROFIBUS（EL6731）集成子系统

对于 Thomas Horr 来说，灵活的模块化平台非常重要。“尤其是在初始阶段，当任务还没有明确定时，就需要灵活性，而 TwinCAT 和倍福的授权许可模式就能够提供这种灵活性。我们对能够如此迅速地将一切投入运行感到惊讶。如果有任何难题需要解决，技术支持人员就会迅速赶到，例如解决有关实施超采样端子模块的问题。与倍福专家的合作完全符合我们选择系统合作伙伴时的期望。”wbk 研究所所长 Frederik Zanger 教授对与 Ponticon 的合作也有如此评价。“该项目是在经济不确定时期启动的。没有人知道不同组件的交付时间会有什么变化。今天，我们非常高兴地看到，我们与 Ponticon 公司的合作非常顺利。”

技术转移至其它运动系统

灵活的基于 PC 的控制技术也将在未来的项目中发挥作用。这是因为激光熔覆技术并不受限于特定的运动系统。“我们有信心将之前在倍福平台上的开发成果移植成为其它运动学算法，例如六轴机器人。”无论如何，TwinCAT 中已经有相应的运动学模型。

更多信息：

www.ponticon.de/en

www.wbk.kit.edu

www.beckhoff.com.cn/cnc