制程监控与加工参数优化技术

文 | 岂臣副

面对日趋竞争的市场需求，台湾的中小企业，在研发能力有限、技术薄弱且资金不足的情况下，如何低成本的打造智能工厂，达成加工质量提升、加工效率提高与机台自动化的呈现，已成为产业发展的关键重点。本文透过搜集加工当下的切削振动资讯并结合控制器信息，利用讯号特征建立一套讯号模型识别系统，再将前述信息显示于可视化界面之中，实时监控切削状态，并利用讯号特征给予加工参数建议列表，让使用者根据其需求调整加工参数，协助制造业者减少不良品与减少机台暂停之机会，提升其加工制程效率。

建立讯号模型识别系统并挑选最佳参数

制造产业逐步转型为自动化与智慧化，产品市场的客制化与稀有化商品需求提升，产线亦随之转为少量多样与混线生产模式，效率与加工质量要求渐渐提高，导致传统倚靠人工打样、监控与除错的制造效率不足以应付需求。

本团队透过安装于工具机主轴鼻端之振动传感器以及工具机控制器，同步撷取加工当下的信息建立数据数据库，包含切削振动、加工转速、加工进给、加工负载、刀尖点坐标等建立大数据，并实时计算与记录讯号特征。接着利用可视化界面依照使用者需求显示数据库内资讯，可以快速寻找到加工振动异常区域，有利于进行加工制程规划与调整。

掌握了机台结构本身的刚性与动态特性，将有助于结构设计制造上的补强及避免结构共振与切削颤振的发生。切削稳定性评估技术的建构可以有效地增进机台附加价值。

本团队根据切削稳态相关理论研究或书籍去寻找刀具的自然频率与动刚性，其影响了刀具适合的加工转速与切削深度，而振动易造成结构的共振或疲劳从而破坏结构，因此了解结构本身的动态特性，将可避免共振的发生以及不必要的损失，通常会利用实验模态分析绘制刀具切削稳态图利用频谱分析仪、敲击鎚及加速度规进行实验模态分析，求得主轴系统的模态参数，但进行前述实验需要额外购买所需的实验设备外还需要实验人员具备相关知识，故本团队开发了参数优化技术，首先先针对测试环境进行设定，包含了刀具测试信息、测试工件设定以及测试条件。以上资料可由刀具厂商建议切削参数以及 CAM 工程师所规划的切宽切深进行设置，可以透过简单的加工测试快速寻找到最佳的加工参数列表，会先以切削稳定性由小至大进行排序，使用者即可依其需求进行加工参数挑选与调整。

加工制程监控技术导入金属加工产业

在金属切削加工产业中，对切削加工的稳定性、可靠性提出更高的要求，故于切削加工过程中实时了解切削状况以及选取适当的切削参数对物料成本、制程质量与生产排程的影响显而易见。

本团队所开发之加工监控系统为可透过科学化、数据化的资料让使用者实时掌握加工状况，快速了解加工是否发生异常。使用者可以利用所显示的包含加工振动与切削负载的信息，了解加工当下的切削状况，使用者可以依其需求设定加工振动管制线，当振动量超过管制区间时，意味着切削异常如刀具发生磨耗破损或该区域切削量过大等，使用者可以即刻决定是否停止切削加工以避免机台、刀具与工件的损坏。另外本技术亦包含可将加工过程纪录功能，让使用者可以完整了解该制程完整的加工信息，可以快速寻找到加工振动异常区域，有利于进行加工制程规划与调整，例如切削振动过大区域可能为转角加工，需调整加工进给率以减少切削量来避免振动过大情况，或是切削振动过小可能为切削空刀的状况，可以针对空刀进行切削路径优化，减少无谓的移动时间。以下将以实际产业导入案例讲解本技术可获得之效益。

国内制鞋产业在进行鞋模具加工时常因刀具切削负荷变化大，造成加工振动大、易发生加工颤振使得刀具容易破损且加工参数不易挑选，影响加工效率与质量。

本文将以鞋模底模具以及鞋楦为例，进行粗加工时为了尽可能降低加工时间会设定较大的材料移除率，但时常导致加工过程有着剧烈的加工振动及刀具破损情况，而为了改善此情况，首先为了增加切削系统稳定性，根据切削原理可以藉由更换钢性较佳之刀把、缩短刀具夹长等方式并藉由参数优化测试来找到合适的加工参数，再透过加工监控技术针对个别区域进行判别与调整。利用上述手段可有效改善了加工振动与刀具磨耗问题并提升加工效率；在加工鞋楦时加工困难点为鞋楦有许多深沟特征，在加工过程中时常发生断刀状况，而在本团队进行制程状况诊断后，发现因为刀具细长且加工时间久导致刀具本身丧失切削力进而发生断裂。而解决手段则建议厂商调整其制程，改为使用不同夹长的刀具进行分层切削，不仅改善了断刀状况并且可根据不同刀具设定适合的加工参数提升加工效率。

本团队透过导入智能化解决方案协助国内业者优化加工制程效率并可针对个别加工状况进行诊断与提供建议，能有助于让我国金属加工业者在面对国际市场的需求与挑战时能有更大的竞争优势。

结论

本团队结合了加速规与控制器资料经过讯号处理与分析后，提供使用者科学化、模块化的方式，实时监测加工过程是否发生异常的加工监控功能以及透过实际切削测试获得合适的加工参数以进行加工，并以业界案例来证明本技术可以达成提升加工效率之效益。本团队持续与国内金属加工业者进行推广与合作，为了提升产线生产效率导入制程监控与加工参数优化技术。期望能协助厂商进行产线技术升级，提升产业竞争力与增加市占率。MFC

参考文献

1. Y.Altintas, M.Weck, “ Chatter Stability of Metal Cutting and Grinding”, CIRP Annals, Volume 53, Issue 2, 2004, Pages 619 ~ 642
2. Y. Altintas, “Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, And Cnc Design”, Second Edition, Cambridge University Press, 2012.
3. S.T. Chiriacescu, “Stability in the Dynamics of Metal Cutting”, Elsevier Science Ltd, 2013