

高性能数控切削刀具的管理技术

Management Technology of High-Performance CNC Cutting Tool

南京航空航天大学机电学院 李亮 赵威 王盛璋



李亮

南京航空航天大学教授, 博士生导师, 主要从事航空航天难加工材料的切削技术研究, 发表学术论文 170 篇, 获多项省部级科技奖励。

航空航天制造业的加工方式以小批量、多品种混线加工为主, 相对于大批量生产的汽车制造行业, 在零件切削加工生产中, 由于零件材料的难加工和零件结构的难加工特性, 不仅对高性能数控刀具具有迫切的需求, 而且合适的刀具管理技术对数控生产质量的提升具有重要的意义和应用价值。

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.06.051

数控刀具的影响显著。

航空航天制造业的加工方式以小批量、多品种混线加工为主, 相对于大批量生产的汽车制造行业, 在零件切削加工生产中, 由于零件材料的难加工和零件结构的难加工特性, 不仅对高性能数控刀具具有迫切的需求, 而且合适的刀具管理技术对数控生产质量的提升具有重要的意义和应用价值。

狭义上的刀具管理技术只涉及刀具的物流管理。在汽车发动机等批量化生产中应用的刀具管理技术不仅包含刀具的物流管理, 还包含刀具定义、切削参数、切削数据、刀具调整与刀具修磨、CAM 接口、刀具用量预测等。通过刀具管理技术的应用, 可以把量产中的刀具独立出来, 由专业化的刀具管理服务团队进行管理,

在生产现场实现刀具配送, 降低生产成本。针对航空航天制造业的特殊生产方式, 这种刀具管理技术存在诸多问题。现在的航空航天企业都建有较为完善的 CAPP、ERP 和 PDM 等信息管理系统, 刀具相关的物流管理功能已经具备。但是刀具具有其特殊性, 在工艺制定实施中, 不仅需要知道刀具的形状、尺寸, 还要知道刀具适合加工的材料和切削参数的选择。

切削加工是包含机床、刀具、零件、夹具、工艺的多变量复杂时变系统, 切削参数对应的切削状态, 以及获取的加工效果受到切削系统各个环节、众多参数的影响, 难以建立标准统一的切削工艺系统模型来描述和优化工艺参数。作为刀具的主要提供方, 刀具厂商往往采用折衷方

采用数控机床进行金属切削加工, 不仅是航空航天制造业的主要金属切削方式, 也在整个工业生产中占据主流。在数控切削方式的变革中, 生产质量管理也发生了很大的变革。传统手工机床加工零件, 单独工序的加工质量多依赖工人的技能, 而在数控加工中, 工艺人员不仅需要负责工艺制定, 还要进行数控加工程序编制、数控刀具选择与工艺参数制定。因此数控加工效率与加工质量受到

案,针对所提供的刀具和被加工对象,为工艺人员推荐可用的切削参数或近似加工案例,不提供刀具寿命和加工效果预测,多依赖实际加工结果进行粗略评价。

切削数据库主要是为工艺人员制定具体工艺方案时,提供机床、刀具选择方案和优化可行的加工参数。由于微细铣削工艺系统涉及到机床、刀具、工件、工装夹具、润滑冷却等加工的各个环节,同时由于加工过程的动态时变特性,最优工艺参数往往不易确定。这也是现有金属切削数据库难以实用化的主要因素。

针对航空航天制造业的特殊性,高性能数控刀具的管理技术应包含刀具性能评价、刀具现场应用、刀具物流。

刀具性能评价方法

随着航空结构件复杂程度的不断提升,涵盖的难加工特征结构越来越多,以往通过基础切削试验来选取的刀具在针对不同结构特征时往往表现出显著的性能差异。也就是说,同一种刀具在切削加工不同的结构特征时,往往会体现出较大差异的切削性能。

为了合理评价航空钛合金结构件铣削刀具的性能,和寻求适合航空钛合金结构件的铣削刀具,有必要在了解和熟悉航空钛合金复杂结构件结构特点的基础上对其切削刀具性能进行评判。

为进行钛合金铣削刀具的优选和切削参数优化,设计了多种结构的钛合金测试件。图1是参考机床性能测试S形件设计的一种基准样件,通过定义统一的切削轨迹,不仅可以对比刀具的切削性能,还能进行机床性能的测试,为切削参数的个性化评价提供了一种参考方法。

如以刀具寿命、金属切除率作为粗加工评价指标,构建刀具性能综合评判模型,通过实际切削试验,对比

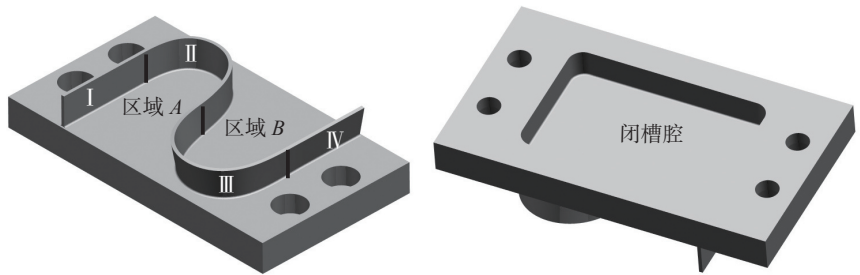


图1 铣削刀具基准测试件

评测了 WSM35、WSM35S、WSP45 和 WSP45S 4 种 PVD 氧化铝涂层的铣刀,根据加工试验数据的模糊隶属度评测,切削 S 形区域时的性能依次为 WSM35S、WSP45、WSP45S、WSM35;而切削反面槽腔时的性能依次为 WSM35S、WSM35、WSP45、WSP45S。

采用基准件进行刀具性能评价,多项对比试验表明,可以为工艺制定提供更合理的切削参数。

刀具现场应用

刀具现场应用是指从工艺规划开始的刀具选型、切削参数、寿命预测、磨损管理、刀具调整和刀具更换等环节。

刀具选型的基本流程是根据被加工零件的结构、材料,通过刀具样本,获取相关的刀具、刀柄,以及推荐切削参数。刀具选型的优劣对加工质量、加工效率和加工成本具有决定性影响,同时也会影响数控加工程序的编制。尤其是航空航天工业中常用的钛合金、高温合金等难加工材料,对刀具材料、刀片槽型以及切削参数较为敏感,任何错误的搭配都会导致刀具磨损加剧或者效率降低。由于刀具选型多依赖于“知识”,瓦尔特最早提供了 TEC-CCS 刀具管理辅助软件为用户提供整体铣刀、孔加工的刀具建议;肯纳金属也推出了 NOVO™ 刀具管理软件,利用多种参数约束的方式为用户提供刀具建议。上述软件还能提供切削力和切削扭矩、功率的计算功能。

充分发挥高性能切削刀具的性能,不仅需要根据加工对象选择合适

的刀具,而且需要在工艺编制过程中为刀具配置合理的切削参数。由于零件在机床上的切削加工是一个多变量复杂时变过程,必须要根据机床状态、零件装夹方式、加工余量多少对刀具建议的切削参数进行调整。

由于钛合金和高温合金易于加工硬化,应选用适当的进给量和切削深度,以保持切削在硬化层之下进行。在应用陶瓷刀具切削高温合金中,在车削时切削速度通常需要超过 80m/min 才能充分利用陶瓷和高温合金的硬度差进行高效切削;而在铣削中,切削线速度需要超过 600m/min 才能达到类似的效果;同时由于陶瓷刀具的脆性,应用冷却液或者微量润滑时,会因液体在刀具表面微裂纹中的膨胀加剧裂纹扩张速度,加速刀具破损,应尽量采用风冷或者干切削方式。

在实际加工过程中,刀具切削效果的反馈是刀具、切削参数改进以及刀具成本控制的重要依据。现有的车间生产管理体系中,对于实际刀具切削寿命、加工过程动态多为现场操作人员的口头汇报,如果进行相关的数据统计又会造成现场管理工作量激增。如何在生产中高效、及时、全面获取相关刀具应用效果的数据,仍有待进一步探讨。

根据国内航空航天制造业对数控切削零件质量问题的调查,多数质量问题是由于简单错误导致。如数控机床在加工大型零件的过程中,由于切削液喷注、现场噪声等因素,操作人员疏忽导致错误的刀具调用、刀具长度错误、刀具过度磨损等问题尤

为常见。应用技术手段进行此类防错处理具有较好的效果,如在车间建立刀具配送系统,根据每台机床当天任务,提供刀具清单,由专门人员在刀具预调仪上进行刀具测量确认后,配送至对应机床刀库,在程序中按照预计的刀具寿命进行换刀提示。

刀具管理系统

高性能切削刀具的主要目标是在粗加工阶段提高金属切除率,在精加工阶段提高表面质量。在批量生产中,由于机床-工件的组合、生产率相对固定,刀具品种和消耗数量易于统计,适宜于刀具管理。但在航空航天制造业,小批量、多品种的混线生产,刀具品种和消耗数量不易精确统计,对于刀具管理系统的应用具有较大难度。

刀具管理系统不仅要面向制造车间的物流管理、刀具安装调整、机床刀具配置等过程进行刀具相关数据管理,同时还要在工艺编制过程中提供刀具几何数据、切削参数,以及在生产计划编制过程中的机床-工件-夹具-刀具匹配,并能进行效果预测。图2是TDM刀具管理系统的

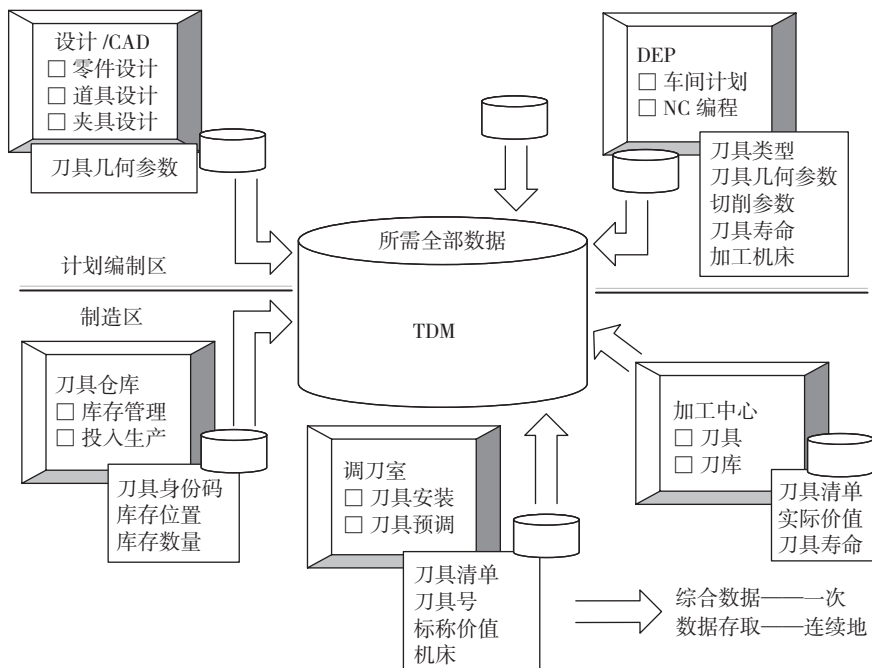


图2 典型刀具管理系统数据接口

数据接口环境示意图。

随着制造系统信息化技术在航空航天企业的逐步推进,刀具管理系统应易于和已有的PLM、ERP、CAPP等系统进行高度整合,图3表示了刀具管理系统与制造信息化其他系统间的关联。

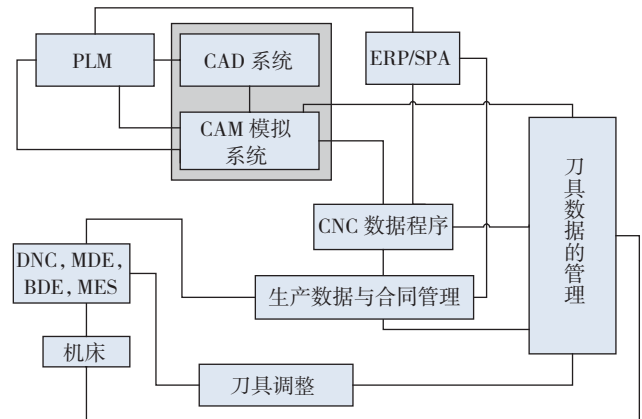


图3 刀具管理系统与制造信息管理中的关联

大数据时代下的刀具管理技术

刀具在实际应用中会产生大量的数据,如每把刀的切削数据和加工效果统计、加工过程中的状态变化数据,这些数据对加工质量提高、刀具改进和成本控制等过程的决策具有重要的意义。

刀具在应用中产生的大数据及其存储、统计和分析,将是刀具管理系统真正能够在复杂制造环境中发挥作用的关键。

刀具管理系统中的数据集可以

分为4类。

(1) 刀具基础数据。这部分的数据主要由刀具厂商提供,包含刀具、刀柄、配件的几何信息,以及按照材料分类推荐的基础切削用量,可由刀具制造商进行更新和维护。

(2) 刀具物流数据。用户生产过程中刀具采购、库存、消耗的数据,由PLM和ERP系统进行管理和维护。

(3) 刀具切削数据。用于向工艺制定和生产计划等工艺准备环节推荐机床-刀具匹配下的切削参数,该类数据实际基于刀具制造商提供的基础切削用量,结合零件的结构特征,通过加工切削性能评价基准试样后优化的数据,该类数据是一种机床动态性能约束型数据,有刀具管理系统进行个性化管理。

(4) 刀具应用数据。主要指刀具在生产过程中产生的各类数据,目前该类数据在生产中不进行记录和管理。这类数据一部分由机床的数控系统产生,如瞬时切削载荷(功率、电流),可由机床CNC系统提供输出接口,进行数据统计;刀具磨损和切削状态评价类的数据,如刀具磨损和表面质量等数据可以由操作人员进行记录统计,或在机床刀库等处安装传感器进行分类统计。刀具应用数据会在生产过程中持续产生,形成大数据,该类数据的处理将是刀具管理技术未来的发展趋势。(责编 春早)