

复合加工

航空发动机零部件加工与金属加工液的解决方案

航空零部件金属加工液的正确选择与应用，与加工工艺和刀具的匹配息息相关。

文 | 杨晓，天津泰伦特化学有限公司

近年来，随着航空发动机技术的不断进步，这些关键部件的加工技术有了革命性的提升。从传统的过多依赖操作者经验和水平的加工方式，转向车铣复合加工、全程序无干预数控加工、各类边缘自动成型加工和自动光整加工等自动化、集成化、精准化及抗疲劳制造的方向推进。航空发动机（图1）是飞机的心脏，是决定飞机性能的最重要因素之一。发动机中盘、轴、鼓筒、轴颈等零件均是发动机的核心转动部件和关键部件，在高温、

高压、高转速的恶劣环境下工作。这类零件材料大多采用高温合金、粉末高温合金、钛合金等难加工材料制造，尺寸精度要求高，技术条件严格，对零件表面质量、表面完整性要求高，其加工质量的高低直接影响到发动机的使用寿命和安全可靠性。其中，金属加工液的正确选择与应用，在航空发动机关键部件加工的成品率方面，在全寿命使用周期内安全可靠的影响度方面，对提高航空发动机整体的可靠性起到了至关重要的作用。

需要特别说明的是，航空零部件金属加工液的正确选择与应用，与加工工艺和刀具的匹配息息相关。

“全程序无干预”复合加工

在保证加工质量的基础上，提高生产率和自动化程度是航空制造业发展的总目标。“全程序无干预”复合加工工艺：是指加工过程中不需要人工干预，从加工工序复合到最终完成整个零件加工为目的的复合，目标是实现高度的信息化

和自动化。复合加工除了能够实现预警防错纠错功能、消除加工过程中的随机误差和增强操作系统的可靠性，同时还能挖掘出潜在的设备功能，实现自动对刀、在线测量和自动加工补偿，并能提高产品质量、减少加工中间环节、实现单人多机操作、提升生产效率、降低制造成本和人员劳动强度。

“全程序无干预”复合加工工艺要进行工艺流程的优化设计，注重快速编程以及程序的优化。避免了中途装夹切换过程，有效地解决了同一类零件的高效加工。如某薄壁零件，加工时极易容易变形，仅刀具就需要使用钻头、铣刀、铰刀、镗刀、反倒角刀等几十把之多不同种类的刀具。操作者需手动调用数控程序数量多达40多个，费时又易出错。运用“全程序无干预”复合加工，只需按动一次按钮，就能完成整个零件的全过程加工，充分发挥设备的功能，提高加工效率可达23%，产品合格率达100%。“全程序无干预”复合加工要求合



图1 航空发动机

理选择刀具，优化走刀路线，在切削加工过程中能够及时断屑，避免加工中断，实现高效率、高质量和成本控制加工。

刀具的正确选择与应用

高效切削的关键技术是一系列高效刀具材料的正确选择与应用，包括对应的切削参数优化技术问题。切削用刀具必须具备锋利的切削角度、强壮的切削刃口、耐热的表面涂层和不同于一般材料的切削加工方法等有利于降低加工区域温度和快速散热的有效因素。用于航空发动机零部件加工主要切削的刀具，基本以进口高性能切削刀具和非标专用刀具为主。

在航空发动机零部件制造中，多功能刀具扮演着重要的角色。多功能刀具是指用一把刀具就能实现数把刀具才能实现的加工，实现一次安装完成多次走刀的要求，有效提高刀具的柔性化。对复杂零件的加工，要求在一次装夹中进行多工序的集中加工，并淡化传统的车、铣、镗、螺纹加工等不同切削工艺的界限。

金属加工液的正确选择与应用

天津泰伦特化学有限公司 (TALENT) 在 2001 年针对高端制造业，特别是航空航天制造业的科技发展趋势，率先在本行业提出了金属加工液的四个研发和生产方向：从一般型走向生物稳定型；合成油取代矿物油；从低温冷却转向超低温冷却；无公害环保产品标准。为此，泰伦特化学公司于同年 2 月推出了代表金属加工液行业最前沿的科技产品——CCF-21M 生物稳定型乳化切削油（图 2），该产品首先在法国赛峰集团的航空零部件加工中得到应用，然后得到全球各知

名的飞机零部件制造商如 GE 和双 R 的推广和应用。以切削复合加工中的超声振动切削为例，该产品在航空难加工材料、难加工工序（小直径精密微深孔、攻螺纹）加工中，收到了很好的效果。超声振动切削技术是一种新型的切削加工方法，刀具（或工件）以适当的方向、一定的频率和振幅振动，并改善其切削功效的脉冲切削方法。在切削过程中，刀具与工件周期性的离开和接触，切削速度的大小和方向处于不断变化之中。由于切削速度的变化和加速度的出现，使得超声振动切削具有优良的工艺效果：减小了切削力与功率消耗；减小了切削变形；降低了切削温度；能很好地消除切削加工中的自激振动；可有效提高加工精度，降低零件加工表面粗糙度，提高表面加工质量。在这个过程中，CCF-21M 提供的强大润滑性能和稳定性能，可以有效实现工件外型面的低成本、高效率大余量去除和成型加工，有效地协助解决难加工材料、特殊结构表面余量去除困难，加工振动大、刀具损耗大的难题。低温切削是指在切削加工过程中，采用 CCF-21M 发挥的超低温冷却性能对冷却刀具或工件方面，能够有效降低切削区温度、减小刀具磨损、提高刀具使用寿命、提高生产效率、提高加工质量、降低加工成本，特别适合于加工钛合金等难加工材料。

随着航空航天零部件加工的专业化与匹配性要求的配套升级，在 ISO9001-AS9100C 版本的基础上，国际各航空制造业巨头正在推进更加苛刻的产品认证的质量标准化体系。例如，欧洲空客公司就在 2012 年制订了 PCS——4001 内部版的产品检测标准文件，对包括金属加工液在内的诸多产品的使用，均有相对应的检测标准和应用规定，如氢

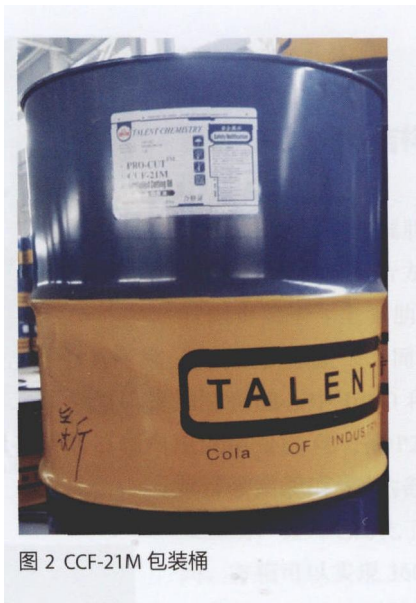


图 2 CCF-21M 包装桶

脆化试验，高温应力腐蚀和荧光渗透等系列检测科目。泰伦特化学公司的 CCF-21M 生物稳定型乳化切削油，在该版本的国际著名的斯奈克玛航空发动机制造商的数月期间的测试中，以其卓越的综合性能通过了 PCS-4001 的各项产品检测标准，纳入到该集团的全球采购供应链系统中。

泰伦特化学公司的 CCF-21M 生物稳定型乳化切削油的独特成功之处在于生物合成脂的应用。由于环境管理标准和加工工艺标准的要求日益严格，越来越多的行业客户都开始要求在产品说明书和 MSDS 中标明可再生资源的部分。对产品中的所有组分（基础油和添加剂）要包括：可快速生物降解性，OECD301A-F；生物累积，OECD107、117 或 305；生态毒性，OECD201、202 和 203 等要提供试验数据。并要求根据 OECD 试验方法 302A-C 进行。随着我国对环境保护政策的逐步实施和航空航天制造业加工的飞速进步，泰伦特化学公司的金属加工液产品正在高端制造业的许多客户中得到日益广泛的应用，相信在未来，会同有识之士共同志同道合地推进中国航空航天事业，能够为用户提供更好的服务。[MM]