新型航空难加工材料加工技术探索

沈阳黎明航空发动机（集团）有限责任公司　（辽宁　110042）　杨金发　韩德印　卢成玉　赵天杨
沈阳黎明航空零部件制造有限公司　（辽宁　110043）　刘　陟
沈阳发动机研究所　（辽宁　110042）　梁宏坤

摘要：航空难加工材料的加工技术关系到航空制造水平的提升。以刀具技术为切入点，研究新型航空难加工材料的加工方法，探索机床工具以及特种加工技术在新型航空难加工材料加工中的有效应用。

技术中心高级工程师 杨金发

航空航天领域零部件大多采用钛合金、高温合金等难加工材料，不但强度、硬度高且韧性和延伸率大，导热性差、加工表面的加工硬化大，切削性能差。航空零部件是在高温、高压、高转速的恶劣环境下工作，每一种新产品（见图1）的开发都意味着零件功能、结构、材料的重大变更，也是对切削加工提出的挑战。新型航空难加工材料的运用，极大地提高了航空航天飞行器的推重比，对飞行器承载能力和机动性的提高具有重要的战略意义。

图1　美国GE公司的GEnx发动机

新型航空难加工材料的特点

随着对于航空发动机产品性能要求的不断提高以及材料技术的不断进步，大量新型航空难加工材料不断涌现。美国NASA、GE和PW公司在高速民用运输机计划项目中联合研制的第四代单晶合金制造的涡轮叶片已经在多种先进发动机上完成了试验评价。在第三代粉末高温合金中成功实现了双晶粒组织，为高推重比航空发动机用双性能涡轮盘的制造打下了坚实的基础。金属间化合物是处于高温合金和陶瓷材料之间的一种新型材料。它与常规合金相比，具有高熔点、低密

片材料作为电极的研究，这种方法能直接对电火花加工的极间状态和电弧离子状态进行观察，解决了以往用电极难于观察极间现象的问题。以此为契机有可能对放电现象解释清楚。

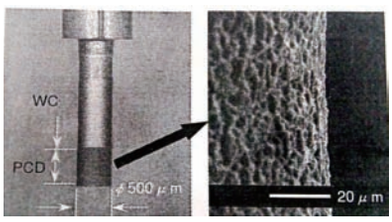

图3　用多线点击切割SiC晶片

参考文献：
[1] 武泽英树. 难加工材料与功能材料的电火花加工[J]. 日本：机械技术，2013，61（6）：16-18.

MW（收稿日期：20160603）

度、优异的高温强度、高的导热率，同时具有好的抗氧化和抗腐蚀等性能，因而成为航空发动机高温部件的理想材料。

先进复合材料的应用是航空航天结构先进性的标志之一。将先进复合材料应用于航空航天结构可相应减重20%～30%，并使其具有特殊的优异性能，这是其他先进技术很难达到的效果。随着对于航空发动机产品性能要求的不断提高以及材料技术的不断进步，大量新型航空难加工材料不断涌现。目前应用于航空航天工业中的先进复合材料按其用途可分为结构复合材料、功能复合材料和智能复合材料。结构复合材料主要用做承力和次承力结构，要求质量轻、强度高、能够承受一定的温度等。特殊情况下，要求复合材料具有较高的耐高温性能，高温结构复合材料包括钛、镍基复合材料等。

新型航空难加工材料对机床工具的需求

航空制造业对数控设备的需求是具有先进性、集成性、柔性、高精度和高稳定性。随着数控设备越来越多的被应用到航空零件的生产中，航空零件的加工能力得到了明显的提高，航空典型零件如机匣、叶片等都能够使用数字化加工完成，这些复杂型面采用普通设备是很难加工的。3～5轴加工中心、数控车床加工中心、各种磨削设备、各种精锻设备、各种铸造设备、特种电加工设备、复合加工中心（车铣、铣车）、叶片加工中心及磨削中心、特种电加工设备、激光加工及强化设备、零件表面处理设备，都是航空制造中必须的设备（见图 2 ）。目前不论编程技术还是加工技术都还有许多提升的空间。数控设备高级功能的开发，提高数控设备的加工效率，最大限度地发挥数控设备的优越性已经成为新型难加工材料加工中的难题。

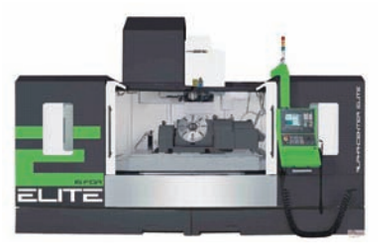

图2　数控加工中心

新型航空难加工材料先进刀具技术

刀具作为切削加工的主体之一，在解决航空材料的加工难题中起着至关重要的作用。先进的航空发动机要求航空零件具有更优异的性能、更低的成本和更高的环保性。对于新型航空难加工材料，陶瓷刀具、CBN刀具则具备更广阔的应用前景。以粉末高温合金为例，粉末高温合金具有组织均匀、晶粒细小、屈服强度高及抗疲劳性能好等优点，但是由于其中含有多种高熔点合金元素，使得粉末高温合金得到很大的强化效应，在一定的温度范围内，随温度的升高，其硬度反而有所提高，由于其材料本身的化学成分及独特的多孔性结构，在较小的面积内其硬度值也有一定的波动。即使测得的宏观硬度为20～35HRC，但组成零件的颗粒硬度会高达60HRC，这些硬颗粒会导致严重而急剧的刃口磨损。这就需要刀具企业对此类难加工材料做出有效的刀具方案，以解决难加工的问题。切削航空难加工材料时要围绕着新型刀具材料、新型刃具结构、新型切削技术来优选刀具。一些具有优良性能的高速钢刀具、硬质合金涂层刀具、陶瓷和超硬材料刀具是航空新型难加工材料切削加工的首选（见图3）。

图3　数控刀具

刀具寿命以及刀具的一致性至关重要，加工中统计刀具寿命要留一定的裕度，防止加工过程刀具意外破损。刀具的一致性可以有效保证加工精度。航空航天制造企业应进一步开展“刀具寿命管理”和“刀具破损监控”技术研究，掌握过程控制手段，实现加工过程实时控制，防止意外事件发生，预防质量事故。新型结构刀具的结构应能使切削轻快、减少由切削力引起的振动，实现低应力切削。飞碟铣刀、模块化刀具以及低切削力、低振动新型高效刀具有很好的应用前景。技术难点在于新型高效刀具优选应用方案的制定、优选试验方法以及相关标准的制定。

采用特种加工技术

特种加工是指那些不属于

传统加工工艺范畴的加工方法，它不同于使用刀具、磨具等直接利用机械能切除多余材料的传统加工方法。特种加工是直接利用电能、热能、声能、光能、化学能和电化学能，有时也结合机械能对工件进行的加工。特种加工中以采用电能为主的电火花加工和电解加工的应用较广，泛称电加工。

特种加工技术是对新型难加工材料加工技术有益的补充。电子束加工、等离子弧加工和激光加工（见图4），这些加工方法不用成形的工具，而是利用密度很高的能量束流进行加工。对于高硬度材料和复杂形状、精密微细的特殊零件，特种加工有很大的适用性和发展潜力，在航空航天制造业具有广泛的应用。特种加工可以有效提高加工精度和表面质量，提高生产率和自动化程度。能适应某些难加工材料的加工制造，尤其在一些有特殊精度和要求、特殊场合和特种材料的加工制造方面具有重要的作用。

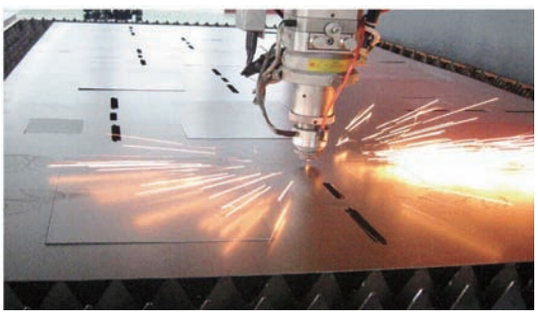

图4　激光切割机

结语

我们应深入研究航空新型难加工材料，包括各类高温合金、钛合金材料、复合材料的切削机理和切削加工性能，有针对性地开发系列的高性能专用刀具材料，以满足航空航天制造业的需求。

参考文献：

[1] 王聪梅. 航空发动机典型零件机械加工[M].北京：航空工业出版社，2014.

[2] 杨金发. 张军航空发动机切削技术分析[J]. 航空制造技术，2014（23）：44-48.

MW（收稿日期：20160825）

KOMET® CHINA
高迈特·中国

ToolScope加工过程监控系统

ToolScope加工过程监控系统能够赋予机床智慧，自主地判断设备、装夹、加工过程和刀具是否正常，在发生断刀、撞刀等异常情况时立即控制停机，保证过程安全稳定。同时还能智能地调节进给倍率和判断刀具是否磨损，优化加工效率和降低刀具成本。

同时基于工业4.0的理念，ToolScope开放性地将机床及加工过程的信息数据化，融入集中的信息化管理软件和数字化工厂网络。

- 加工过程监控
- 自适应进给控制
- 刀具磨损监控
- 加工过程质量监控及文档记录
- 工艺改进服务
- 碰撞监测
- 机床状况监控
- 换刀日志记录
- 轮班日志记录
- 私有云服务

高迈特精密刀具（太仓）有限公司
江苏省苏州市太仓经济开发区苏州路5号
Tel：+86(0)512 5357 5758
Email: info.cn@kometgroup.com

◆广告 查询编号：3055

官方微信

TOOLS IDEAS®