

磨削技术发展趋势

■ 汉诺威Leibniz大学生产技术中心制造技术和工具机床(IFW)研究所 BEREND DENKENA教授

摘要：对于泵、汽轮机和汽车制造，从能效方面来说，表面设计将成为关键技术。将创新的方法（如：仿生微结构）用于表面设计是可能的。为了使加工制造规划符合高能效要求，将采用多种方法，例如：优化切削液供应以及使用全新驱动方案或刀具。

老龄化社会、生态、移动性、个性化以及城市化是当前人们的谈话热点。这些热议主题对加工技术有着深远的意义，因为由此将形成新的市场，老的市场将消亡，并使重点转移。平均国民年龄越来越高，人们对于生态环保方面的意识也在不断提高，这对于加工技术有着尤为重要的意义。老龄化社会将会导致医疗产品需求上升，从而使难切削材料的比例增大。为了能满足这些高需求，必须在生产效率和自动化程度方面对现在的加工工艺进行进一步的开发。

加工能效

人类行为应符合生态要求，这个方面的意识在不断提高，这直接和间接地影响着加工技术。这带来的直接后果就是，现在不仅要关注经济性，还要对加工能效进行考量。为了使加工制造规划符合高能效要求，将采用多种方法，如：优化切削液供应以及使用全新驱动方案或新工具。除了这些直接影响外，还有一系列间接影响，因为市场需要高能效

产品。对此可从流体机械（如：泵或汽轮机）以及汽车中察觉到。在泵和电站制造行业，为了能进一步提高效率，花费了大量人力、物力，从而使需加工表面的复杂性增大。为了降低汽车油耗，汽车制造商使用了高科技发动机技术。同时，针对舒适性和发动机性能的要求也在提高。

为了适应针对产品和零件的这些不断提升的要求，表面设计是一项关键技术。提高表面质量将使摩擦损耗降低，采用所形成的微观结构还能实现额外的功能，改善边缘区域则可提升使用寿命。

在超硬材料和难切削材料被频繁使用这一背景下，磨削技术就有尤为重要的意义。只有在对流程有了必要的了解并根据待加工材料和表面的目标几何尺寸使用正确的刀具和正确的流程策略情况下，才能完成“定制表面”。在本报告中将对所面临的挑战加以介绍，并对选择正确刀具和理想流程策略所用方法进行探讨。另外还将展示如何才能通过对刀具和策略设计进行有机组

合使创新的产品效率提升方案得以实现。

磨具特性

磨具特性将对应用行为、表面质量、零件边缘区域以及生产效率产生巨大影响。砂轮特性将由切削材料类型、粒度大小以及磨粒密度和粘结剂特性决定。为了加工脆硬材料，将主要使用金刚石作为切削材料。在选择相关粘结剂时必须确保磨粒的所有潜力都得到利用。为了进一步提高金刚石砂轮的性能，金属粘结剂材料的潜力十分巨大。

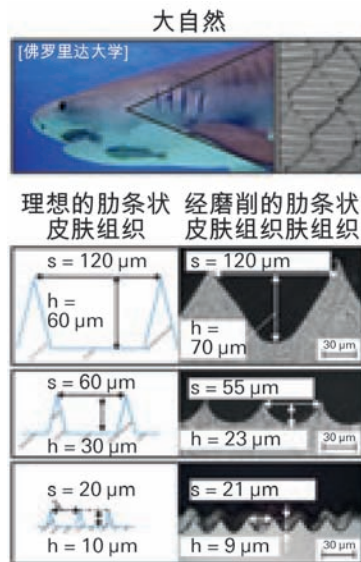
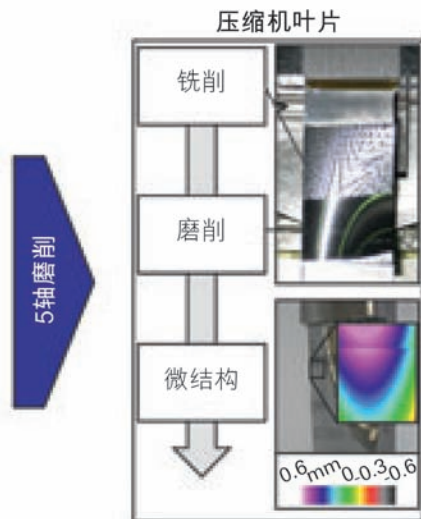
金属粘结剂耐磨损、耐高温，并拥有很高的热传导能力。在同时采用多孔结构时能实现“冷态”磨削。这能使内部压应力显著提高。为了能在磨削时加工出 $R_a=0.1\mu\text{m}$ 的表面质量，必须使用很小的磨粒。但是，降低磨粒大小会使磨粒表面以及磨粒保持力降低。通过针对性地调整烧结参数可克服这一现象。

流程策略

在选择了正确的砂轮属性

后，设计正确的磨削策略对于达到表面设计要求有着决定性的意义。也许是出于美学方面的原因，或者是为了优化流体表面，或者是因为新的应用（如：膝关节植入物），需加工自由曲面的比例也在增加。为了经济地加工出具有高表面质量和低形状公差自由曲面，需要使用合适的磨削策略。与三轴加工相比，通过将砂轮置于与进给运动呈直角的位置加上曲面法向加工就可获得恒定的啮合条件，从而能实现更高的形状精度以及更高的切削能力。通过将磨具置于进给方向，还能使零件表面粗糙度显著下降，因为切削速度和进给速度不指向同一方向，砂轮形貌的影响将下降。在采用定形切削刃切削方面，很久以来，五轴加工就已是代表性技术，并在行业中被广为使用。目前，五轴磨削是受推崇方案的代表，它是专门为应用所设计的。迄今为止，所使用的CAD/CAM程序是为定形切削设计的。而将此软件用于五轴磨削加工将给自己带来一些问题。程序分辨率不能满足磨削加工需求。这可能会造成工具路径包含不希望有的拐点或者未定义的点，这会在磨削时造成轮廓偏差。另外，CAD/CAM程序忽略工具磨损，它从理想化状态出发，而不是修整后所具有的工具几何尺寸。对磨损或实际工具形状加以考虑有可能使轮廓精度得到提高。

在采用由合适的砂轮属性和磨削策略组成的最佳组合时，也有可能将创新的方法用于表面设计，如：仿生微结构。



仿生结构中一个很好的例子是肋条状皮肤组织，它仿照了鲨鱼皮结构，它能把近壁面摩擦最多降低10%。在用于流体机械时，如：泵、蒸汽轮机或航空引擎，这可使效率得到明显提高。微结构宽度不超过20μm，高度为10μm，并且必须沿流体方向排列。

通过自由曲面实现高效

与流体相关的表面采用了自

由曲面，从而进一步提高效率，其中，流体在自由曲面上弯曲流过。通过将微磨粒嵌入金属粘结剂并采用适宜的烧结参数，可按照磨削技术要求制造出所需结构尺寸。通过使用五轴磨削策略可制造出能磨削自由曲面上凸起微结构的磨具。对此必须使砂轮几何尺寸与磨具轨迹半径和工件弯曲度相匹配。MW

(收稿日期：20141208)

“数控刀具”微信公众账号开通了!

“数控刀具”（微信账号：NCtools1950）定位于指导制造企业一线技术员工如何合理选择和使用数控刀具，介绍数控刀具使用技巧。关注数控刀具行业进展，为广大制造企业推荐先进、实用数控刀具产品。欢迎广大读者、作者关注（扫描二维码即可关注，或在微信“查找公众号”中搜索NCtools1950），并提出宝贵意见。

关注后就可以就“数控刀具”推送的文章进行回复点评，也可以直接推荐刀具类热点新闻线索、文章选题，我们会进行筛选并组织资料推送相关文章。

有您的参与，“数控刀具”会越做越精彩!

