

面向生产实践的“机械制造技术基础”课程教学方法探讨

王一飞¹ 韩占龙² 尹梦迪¹ 柏宇¹

(1. 上海理工大学机械工程学院, 上海 200093;

2. 国宏工具系统(无锡)股份有限公司, 江苏 无锡 214000)

摘要: 在当前的国际市场中, 我国在科学技术领域取得了显著的进步和成就。然而, 在高端装备制造业仍存在许多“卡脖子”关键技术, 其中高端数控刀具的设计和制造尤为重要。机械工程学科是企业输送装备制造人才的重点学科。“机械制造技术基础”课程是机械工程学科重要基础课之一, 其中, 金属切削原理与刀具是重点学习内容。其教学质量的好坏将直接影响学生对刀具设计和研发的兴趣; 学生能否扎实掌握金属切削刀具的基础知识, 直接影响在未来的工作中能否设计研发出满足国家战略需求的高端数控刀具。然而, 现有课程的案例往往赶不上科学技术的快速发展, 因此, 本文将从刀具设计制造工程师和高校教师双重视角, 通过几个教学案例的分析, 探讨有效衔接学校教育与企业需求的教学方法。

关键词: 机械制造技术; 教学方法; 生产实践

一、前言

机械制造技术基础是机械制造技术的核心内容, 它涉及到将工程设计转化为具体产品的过程。这一领域涵盖了机械工程、材料科学、机械原理等多方面的知识, 包括尺寸、图解学、机械运动学等学科的理论和应用知识。它是学生和工程师们理解和掌握口头描述、计算、测量和制造理论的基础。

由于该课程涉及的前修课程较多, 极易导致学生在对个别知识点的记忆和理解上出现偏差。然而, 在大部分高等院校, 该课程的课时量有限, 很多知识点很难充分展开。特别对于刀具几何角度、金属切削理论等需要较高空间想象以及逻辑推理能力的知识点, 学生很难在短时间内清晰掌握。

作者在从事高等教育工作前, 在金属切削刀具设计和生产企业工作过多年。因此, 在本文中结合生产实践经验, 从金属切削刀具角度出发, 结合本课程教学大纲, 探讨有哪些行之有效的教学方法可以提升学生在课堂的参与感以及在获得知识后的满足感。

二、教学案例分析

(一) 车刀几何角度难掌握

车刀的几何角度主要包括前角、后角、主偏角、副偏角和刃倾角等。这些角度在切削过程中起着重要的作用, 影响切削效果、刀具寿命以及加工表面的质量。在讲解车刀的几何角度之前, 需要引入前刀面、主后刀面、副后刀面、主切削刃、副切削刃、刀尖等刀具表面点、线、面特征, 并且需要建立基面、切削平面、正交平面等虚拟的刀具参考系。

这些特征可能对于很多学生而言, 无法在短时间内掌握。即使在课后通过观看大量视频和讲座也无法清晰透彻掌握。然而, 这个知识点是否能够扎实掌握, 会直接影响学生能否在加工制造企业胜任刀具设计工程师、加工工艺工程师等工作。为此, 作者在课堂中引入实物教学法。如图1, 将粉笔模拟为车削的轴类零件, 利用车刀片模拟车外圆工序。通过描述刀片与粉笔之间的相对位置, 讲解主偏角和副偏角。并在课堂中积极与学生互动, 通过与每位同学充分交流, 结合大量的实例, 让学生掌握在基面上如何判断刀具主偏角和副偏角的大小。



图1 车刀的主偏角和副偏角

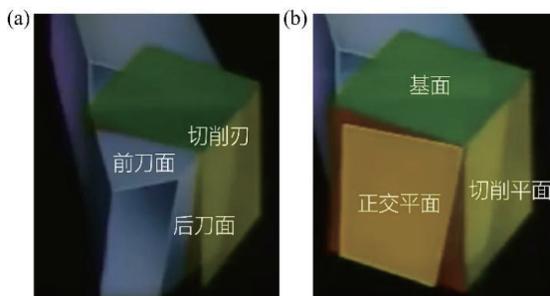


图2 车刀的三维结构

进一步, 在讲解如何在正交平面上度量前角和后角时, 可能很多同学很难想象正交平面在刀具坐标系中的位置。此时, 通过三维制图软件并配合视频教学, 可以让每位同学感受到正交平面在刀具参考坐标系中的位置, 并且在制图软件中能够在刀具三维图上切割出正交平面。切割后就自然形成了刀具的前角和后角, 如图2所示。在后面的课程中, 如果可以进一步结合虚拟现实(VR)技术, 让学生在逼真的虚拟环境中沉浸式熟悉刀具几何角度, 将有助于扎实掌握刀具的几何角度。

(二) 铣刀几何角度易混淆

在生产实践中, 车刀主要用于加工回转类零件, 如外圆、内孔、端面以及螺纹等。而铣刀主要用于加工各类平面, 其应用场合和应用数量远超过车刀。并且由于铣刀的高效加工能力使其广泛应用于军工装备的加工中。在机械制造技术基础课程中, 由于铣刀几

何角度相对车刀较为复杂,因此,在大多数高等院校,并未作为主要知识点展开讲解。然而,这导致很多同学在生产实践中很难快速进入工作岗位,甚至出现铣刀的主偏角、前角、刃倾角混为一谈的错误认知,导致刀具制造企业产生严重经济损失。

为此,在课堂中以立铣刀为例,首先通过讲解数控铣刀设计、制造以及应用全过程,让学生清晰了解铣刀由原材料到最终成品的全过程,如图3所示。然后,利用刀具成型模拟软件,让学生亲自动手,通过虚拟手段利用砂轮切出铣刀的主要刀具角度,在提高学习兴趣的同时,掌握铣刀的几何角度知识,如图4所示。

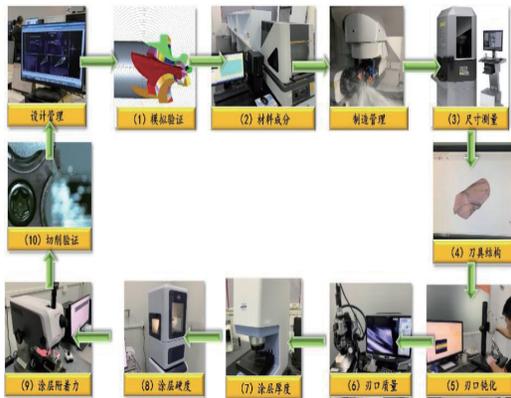


图3 高端数控铣刀制造全流程

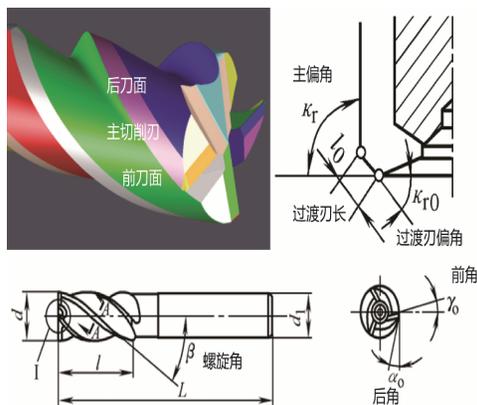


图4 铣刀的几何角度

(三) 刀具设计能力有待提高

高端装备制造是制造业的高端领域,主要为航空、航天、船舶、轨道、汽车、电力等重要生产领域提供产品和服务支持。比如,航空航天装备群的批量化制造和工艺开发、轨道交通的成套生产线、汽车产业的模块单元和零部件等,都需要高端装备制造为其提供工业母机。其中,高端数控刀具在关键、重要、核心零部件的精密加工中起到关键作用。例如,研发难度大的光刻机技术,其难点并非仅仅源于光刻机的结构难以设计。更重要的是,机器中一些精密元器件的加工质量和加工精度难以保障。因此,非常有必要在高等教育阶段提升同学们的刀具设计和研发能力,为我国高端装备制造业发展提供生力军。

为此,在机械制造基础课程中,与国内知名刀具企业建立产学研合作关系,共同构建了刀具设计和学生实训基地,如图5所示。在高校教师、企业工程师共同指导下,提高学生的刀具设计能力。平台主要包括对知名企业的刀具表面结构进行逆向工程重构、刀

具结构分析、刀具切削仿真、刀具形成模拟、金属材料切削试验、切削力和刀具振动测试等工作。

在刀具设计过程中,首先,学生们将学会利用 Alicona 三维扫描技术获得刀具的三维几何结构,进一步加深了对刀具角度的认识;通过对切削刃和刀具结构分析,了解了在加工不同材料时应该如何设计刀具前角和后角,如何设计刀具的几何尺寸。进一步,学生们学会利用 SolidWorks 绘制刀具三维图,以及利用 AdvantEdge 软件模拟在加工不同材料时,刀具在不同的几何角度下对切屑形成、切削力和切削热的影响规律,帮助学生们理解如何设计适当的刀具前角和后角。在后续的课程中,将继续将表面仿生学相关内容加入到刀具前刀面和后刀面微织构设计中,以开拓学生们的创新思维。然后,利用 CIMulator 3D 软件模拟砂轮磨削刀具的过程,进一步优化刀具的其他角度和尺寸。并最终结合切削试验、切削力测试和切削振动试验验证和完善刀具的设计。

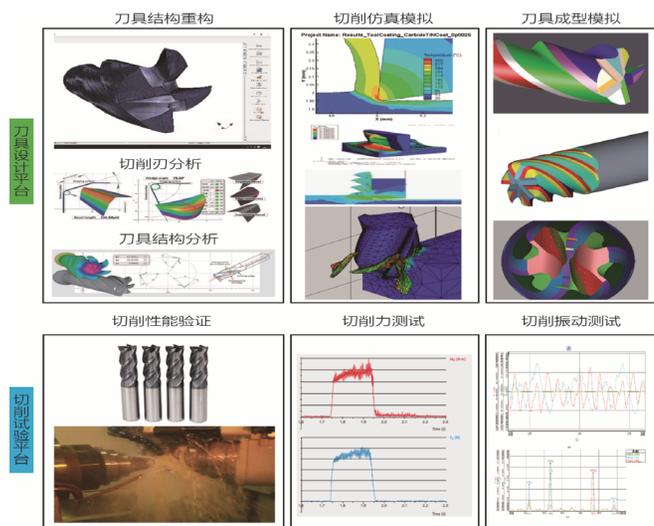


图5 刀具设计和切削试验平台

三、结语

本文从校企合作角度出发,面向生产实际对刀具设计人才的需求,在车刀、铣刀的几何角度以及刀具设计平台等方面,探讨了几种促进学校教育与企业需求高效衔接的教学方法。其中,车刀的几何角度是学习的基础,要注意实例和视频资源的有效利用,在刀具角度讲解前,充分引入刀具体上点、线、面以及参考平面等概念。在铣刀的几何角度上,要通过案例让学生清楚铣刀的重要性,并通过刀具三维磨削模拟软件,让学生从空间上把握铣刀的几何角度。最后,教研室搭建了刀具设计平台,通过刀具结构重构、切削仿真模拟和刀具成型模拟等方法,让学生更加深入掌握刀具设计和制造相关知识,为我国高端刀具设计输送人才。

参考文献:

- [1] 杨文峰, 郑光明, 高军, 等. 高速切削 GH2132 涂层刀具表面及次表面性能演变研究 [J]. 制造技术与机床, 2024 (03): 31-35.
- [2] 庄建军, 张博凯, 刘喆. 沉浸式机加工虚拟仿真实训系统研究 [J]. 科技和产业, 2023, 23 (23): 224-230.
- [3] 轩文涛, 陈光军, 王建雷, 等. 表面微织构刀具切削加工技术 [J]. 工具技术, 2023, 57 (08): 3-14.