

《材料成形技术基础》课程有限元教学应用研究

郭纯 胡瑞章 杨拓宇

(安徽科技学院 安徽 凤阳 233100)

摘要: 《材料成形技术基础》课程是理工类高校针对机械、材料等专业开设的一门综合性技术基础课程,它在材料类和机械类专业的人才培养中占有十分重要的地位。本文针对有限元分析技术在材料成形技术中的重要作用,探索性地开展了《材料成形技术基础》课程有限元教学应用教学改革研究。

关键词: 人才培养; 有限元教学; 应用教学改革

1 现有课程教学内容

现有《材料成形技术基础》课程教学内容、主要教学方法和实验课内容如表所示,现有教学内容、教学方法和实验课内容中几乎没有涉及有限元分析教学^[1,2]。

表 《材料成型技术基础》课程理论教学内容及教学方法

章次	主要内容	教学方法或手段
第一章	绪论	讲授法(多媒体)
第二章	液态金属铸造成形	讲授法、案例法、讨论法(多媒体)
第三章	固态金属塑性成形	讲授法、案例法、讨论法(多媒体)
第四章	金属连接成形	讲授法、案例法、讨论法(多媒体)
第五章	高分子材料及复合材料成形	讲授法、案例法、讨论法(多媒体)
第六章	粉末冶金及陶瓷成形技术	讲授法、案例法、讨论法(多媒体)
第七章	表面技术	讲授法、案例法、讨论法(多媒体)、线上

2 课程有限元教学应用教学改革研究

有限元分析法(FEM)采用分段逼近方法,将感兴趣的连续体(域)划分为多个称为有限元的子区域。有限元分析法已经成为一种用于设计、模拟和分析的工具,进行有限元分析的好处之一是无需费力的手工迭代或原型设计就能解决设计难题,还能优化设计以节省重量和成本。在过去的近60年中,利用ANSYS、ABAQUS、UG和FELAC等其他有限元分析软件已经被广泛用于结构分析、流体动力学(CFD)计算、流体流动分析、应力分析、振动和疲劳、组件寿命评估、线性/非线性分析、传热/热循环/热瞬态/缺陷机理分析、屈曲/蠕变响应和棘轮优化设计、制造工艺评价、裂纹

扩展、升高温度、流激振动、固耦合等领域中的物理现象,以及解决领域问题的常用技术^[3]。在材料成形领域,有限元分析法在常用材料成形技术如铸造、锻造和焊接等技术中也得到了广泛应用,已经成为成形过程模拟、工艺优化不可或缺的技术手段。因此,在材料成形技术基础课程中加入有限元方法应用教学具有十分重要的意义。

3 有限元数值模拟技术在铸造中的应用

在第二章液态金属铸造成形教学章节中加入“有限元数值模拟技术在铸造中的应用”教学内容。通过视频、案例给学生讲解有限元数值模拟技术在铸造中的应用之处。目前应用于铸造行业的有限元软件主要有通用分析软件ANSYS、ABAQUS、UG及铸造专业数值模拟软件AnyCasting、ProCAST、FEPG和Magma等^[4]。这些有限元分析软件已经应用于各种铸造工艺的数值模拟研究、铸造缺陷分析及工艺优化改进、铸件充型温度场流场数值模拟、不同铸件浇注系统优化设计、铸件残余应力分布、砂型铸造中的应用及缺陷分析等各个方面。在教学过程中通过有限元数值模拟技术在液态金属成形(铸造)中的应用典型案例讲解,让学生了解有限元数值模拟技术在铸造成形技术中作用。如图所示是研究者利用ProCAST模拟铸造过程中浇道内的温度分布(左)及铸件中的缩孔(右)缺陷。有限元数值模拟技术的讲解同时也有助于学生理解消化吸收本章节铸造结构工艺性和铸造缺陷产生的机理及预防措施教学内容^[5]。

4 有限元数值模拟技术在锻造中的应用

在第三章固态金属塑性成形教学章节中加入“有限元数值模拟技术在锻造、冲压中的应用”教学内容。通过视频、案例给学生讲解有限元数值模拟技术在锻造、冲压中的应用案例。目前应用于锻造、冲压行业的

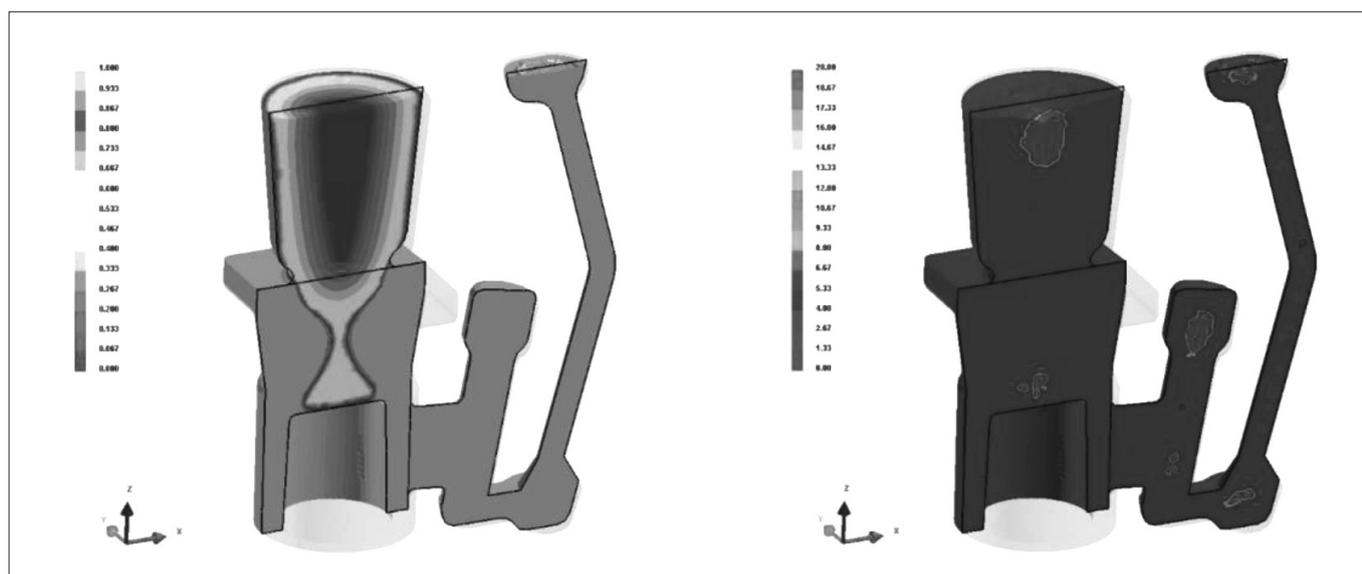


图 ProCAST 模拟铸造过程中浇道内的温度分布（左）及铸件中的缩孔（右）缺陷

有限元软件主要有通用分析软件 ANSYS、ABAQUS、UG 及锻造、冲压专业数值模拟软件 Forge、Deform、Pamstamp 和 Autoform 等^[6]。这些有限元分析软件主要用于锻件和冲压件成形工艺数值模拟研究，锻件和冲压件过程数值模拟及内部缺陷演变规律研究，锻造和冲压过程中零件微观组织演变的数值研究，数值模拟计算热冲压过程模具磨损研究，冲压结构改进与数值模拟研究，锻造和冲压成形压边力模拟分析研究等^[7,8]。

5 有限元数值模拟技术在焊接中的应用

在第四章金属连接成形教学章节中加入“有限元数值模拟技术在焊接中的应用”教学内容。通过视频、案例给学生讲解有限元数值模拟技术在焊接的应用案例。目前应用于焊接行业的有限元软件主要有通用分析软件 ANSYS、ABAQUS、UG 和 FELAC，焊接专业数值模拟软件几乎没有^[9]。有限元分析软件在焊接中主要用于焊接熔池温度场、流动场、应力场的数值模拟研究，焊缝熔池凝固组织数值模拟研究，焊接缺陷的产生机理数值模拟研究等^[10-12]。

6 有限元数值模拟技术在高分子材料及复合材料成形技术中的应用

在第五章教学章节中加入“有限元数值模拟技术在高分子材料及复合材料注塑技术中的应用”教学内容。通过视频、案例给学生讲解有限元数值模拟技术在注塑技术中的应用案例。目前应用于注塑技术行业的有限元软件主要有通用分析软件 ANSYS、ABAQUS、UG、FELAC，其他专业数值模拟软件鲜有报道^[13,14]。有限元分析软件在注塑技术中主要用于注塑成形过程的数值模拟研究，如注塑模具的设计优化，注塑过程工艺

参数选择，注塑件成形质量的数值模拟等。

7 有限元数值模拟技术在粉末冶金及陶瓷成形的应用

在第六章教学章节中加入“有限元数值模拟技术在粉末冶金及陶瓷成形技术中的应用”教学内容。通过具体案例讲解有限元数值模拟技术在粉末冶金及陶瓷成形技术中的应用。目前应用于粉末冶金及陶瓷成形技术行业的有限元软件主要有通用分析软件 MSC.Marc、Deform-3D 和 ABAQUS 等软件。有限元分析软件在粉末冶金及陶瓷技术中主要用于粉末冶金件结构设计进行数值模拟，通过数值模拟结果与实验数据对比分析，验证粉末冶金材料模型及仿真模拟的准确性，在数值模拟结果的基础上利用有限元软件研究分析压制方式、压制速度、摩擦系数、压制温度、保压时间等因素对粉末冶金压坯密度分布的影响^[15]。粉末冶金烧结过程数值模拟，粉末冶金过程中粉体形态变化数值模拟，固相和液相烧结过程的数值模拟，例如研究粉末冶金液相烧结过程粉末颗粒的变化以及液相烧结过程中微观致密化机理^[16,17]。

8 有限元数值模拟技术在表面技术中的应用

在第七章教学章节中加入“有限元数值模拟技术在粉末冶金及陶瓷成表面技术中的应用”教学内容。通过具体案例讲解有限元数值模拟技术在表面技术中的应用。目前应用于表面技术行业的有限元软件主要有通用分析软件 ANSYS、ABAQUS 等。有限元分析软件在典型表面技术 - 激光表面工程技术中的应用主要有激光熔池温度场、流动场、应力场的数值模拟研究，涂层形貌预测数值模拟研究，粉末与激光束作用机理数值模拟研究，激光熔覆层组织结构数值模拟研究^[18]。在热

喷涂技术中主要应用于粉体颗粒沉积行为和沉积成形机理数值模拟研究,基体变形及温度场变化数值模拟研究^[19,20]。

9 结语

近年来,ANSYS、ABAQUS、UG、FELAC、Moldflow、Marc、Autoform、Pamstamp、DynaForm、DEFORM_3D、Forge、AnyCasting、ProCAST和FEPG等各种有限元分析软件在实际生产所用到的材料成形技术中应用越来越广泛,而目前现有的材料成形技术基础课程教学内容中有关有限元教学应用的部分几乎没有涉及,出现了现有课程教学内容和与先进材料成形技术发展和实际生产应用严重脱节的现象。本文针对有限元分析技术在材料成形技术中的重要作用,开展了《材料成形技术基础》课程有限元教学应用教学改革研究。

基金项目: 教育部产学合作协同育人项目(202101164001、202102251001、201902307009、201902138006),安徽省质量工程项目(2021jyxm0343),安徽科技学院质量工程项目(xj202023、xj202060、X2019028),安徽省高校协同创新项目(GXXT-2019-022),安徽省自然科学基金项目(1908085QE174)。

参考文献:

- [1] 郭纯,胡瑞章,陈丰,等.新工科背景下《材料成形技术基础》课程教学改革研究[J].浙江水利水电学院学报,2020,32(03):95-98.
- [2] 杜学山,曹文博,王成铎.《材料成形原理》教改初探[J].教育教学论坛,2016(11):111-112.
- [3] 董嘉兵,王慧军,陈林,等.新型H380级别高强度钢轨热处理工艺的数值模拟[J].特殊钢,2020,41(04):1-5.
- [4] 李国洲,马鹏翔,王炳正,等.基于Forge仿真软件的铸锭镦粗工艺过程数值模拟[J].锻压装备与制造技术,2020,55(01):70-73.
- [5] ABDULLIN A D. New Capabilities of the ProCAST 2017 Software in Simulating Casting Processes[J]. Metallurgist+,2017(61):5-6.
- [6] 陈明.基于DynaForm的高强钢液压拉深成形数值模拟研究[J].汽车零部件,2019(03):14-17.

[7] 柴民杰,于华丽,李磊.基于ANSYS的铝合金蜗轮盘挤压铸造数值模拟分析[J].热加工工艺,2020(21):64-66.

[8] 尹成波,衣淑丽,孙学进.基于Deform的筒形件冷挤压数值模拟分析[J].热加工工艺,2020,49(03):116-118.

[9] 付康.TC4钛合金薄壁圆管对接激光焊焊接变形数值模拟[J].内江科技,2020,41(07):17-18.

[10] Doruk YELKENCID,陈俊宏,温鹏,等.钛合金激光立焊烧穿和气孔缺陷及其数值模拟[J].焊接学报,2019,40(01):10-14+161.

[11] 李敏,胡玲玲.U形坡口焊条电弧焊ANSYS三维数值模拟研究[J].金属加工(热加工),2020(08):57-62.

[12] 李亚杰,李峰峰,吴志生,等.工艺参数对AZ31镁合金搅拌摩擦焊接头组织和性能的影响[J].焊接学报,2020,41(04):31-37+98+99.

[13] 曹伟,任梦柯,刘春太,等.注塑成型模拟理论与数值算法发展综述[J].中国科学:技术科学,2020,50(06):667-692.

[14] 陈泽中,李鑫,李文传,等.汽车塑料油底壳注塑成型数值模拟与结构优化研究[J].有色金属材料与工程,2019,40(03):1-8.

[15] 黄永强,申小平.CNC压机不同移粉状态的数值模拟[J].粉末冶金工业,2020,30(01):12-17.

[16] 代文杰,潘诗琰,申小平,等.介观尺度下液相烧结过程的数值模拟研究进展[J].材料导报,2019,33(9):2929-2938.

[17] 江凌燕,江湘颜,刘爱强.高长径比粉末冶金零件成形过程的数值模拟[J].工具技术,2020,54(05):35-38.

[18] 孙越,张兆林,刘欣,等.激光熔覆多层涂层温度场的数值模拟[J].电焊机,2021,51(5):61-65.

[19] 丁述宇,马国政,陈书赢,等.热喷涂成形过程热量累积行为与温度控制研究现状[J].材料导报,2019,33(11):3644-3653.

[20] 胡文斌,王建江,李伟波,等.有限元法在热喷涂技术中的应用和发展[J].兵工自动化,2007(04):92.

作者简介: 郭纯(1984.04-),男,汉族,安徽宿州人,博士研究生,教授,研究方向:表面工程、焊接及增材制造。