

文章编号:1673-9981(2008)01-0015-03

# 新型塑性加工技术

许洪胤, 李 莉

(江西理工大学材料与化学工程学院, 江西 赣州 341000)

**摘 要:**介绍了新型塑性加工技术的数值模拟、精密塑性加工及板材弯曲成型技术,并对它们的研究现状、存在的问题和发展趋势作了分析。

**关键词:**塑性加工; 计算机技术; 计算机模拟

**中图分类号:** TG339

**文献标识码:** A

塑性加工是指在外力(通常是压力)的作用下,金属材料产生塑性变形,获得所需的制品形状、尺寸和微观组织及材料性能的一种金属加工技术。基本的塑性加工方法有锻造、轧制、挤压、拉拔、拉深、弯曲及剪切等。

塑性加工的主要特点<sup>[1]</sup>:材料的利用率高;产品的尺寸精度高,表面质量较好,便于实现生产过程的连续化和自动化,适于大批量生产。另外,在塑性加工过程中,除尺寸和形状发生改变外,金属的组织、性能也能得到改善和提高,尤其对于铸造坯料,塑性加工后,可使其结构致密、粗晶破碎细化 and 均匀,提高了制品的力学性能。此外,塑性流动所产生的流线也能使其性能得到改善。

随着国民经济的发展,塑性加工技术迎来了空前的发展机遇。分析研究塑性加工技术的发展状况和趋势,有助于我们及时研究、推广和应用塑性加工的高新技术,推动塑性加工技术和产业的持续发展。

## 1 数值模拟技术

近几十年来,在汽车工业和航空工业的带动下,随着塑性加工理论、数字化技术、优化技术和运筹学的发展,计算机技术已逐渐用于解决金属塑性加工中的各种复杂问题,包括计算机辅助工程(CAE)、辅助设计(CAD)和辅助制造(CAM)等方面。在成型

装备方面有金属塑性加工的柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)以及金属塑性加工企业的现代化集成制造系统(CIMS)。这些计算机技术的成功应用,大大促进了塑性加工技术的快速发展<sup>[2]</sup>。

目前,塑性加工的计算机模拟技术在成型过程模拟及温度和变形的耦合已经基本成熟,今后的发展方向是宏观与微观结合,或变形、温度与微观组织演变耦合。未来的塑性加工计算机模拟应该是变形、温度和微观组织演变的全面模拟,计算机模拟不但可以预测变形场、温度场的变化,预测工艺缺陷,还可以预测材料的微观组织和材料性能以及工件的质量。

### 1.1 数值模拟技术的方法

20世纪70年代以来,人们发展了有限元数值模拟方法。有限元模拟在塑性加工工艺模拟方面取得了前所未有的成功,成为研究塑性加工工艺的主要方法<sup>[3]</sup>。有限元法分为静态隐式和动态显式有限元法,这两种方法各有优缺点。

用有限元法进行塑性成型数值模拟的一般程序:(1)建立成型加工的计算机仿真模型,即在CAE软件中建立凸凹模和毛坯的实体几何模型,几何模型可以通过CAD软件造型生成。(2)建立有限元网格模型,对几何模型进行适当的单元划分。一般来说,变形大的部位单元划分得密一些,反之划分得稀

收稿日期:2007-08-20

作者简介:许洪胤(1976-),男,安徽人,讲师,硕士研究生。

一些。单元的划分是否合理在一定程度上会影响计算结果的精确度和程序的运算时间。(3)定义边界条件,包括定义材料的性能参数、模具几何参数、动模的运动曲线和压力曲线。确定分析参数后就可以启动运算器进行仿真运算。(4)后置处理读取运算分析结果,以不同方式显示成型分析的各个目标参数随动模行程变化的情况。

### 1.2 数值模拟技术的发展趋势

数值模拟技术今后的发展方向<sup>[4]</sup>:(1)提高模拟的效率和精度,特别是板料成型回弹的精确计算。塑性加工计算机模拟涉及材料非线性、几何非线性、边界条件非线性属于高度静不定问题,求解的过程非常复杂,计算时间很长。提高计算效率是实现设计一分析集成和优化的关键。(2)提高分析模拟能力。未来的塑性加工计算机模拟应该是对变形、温度和微观组织演变的全面模拟。(3)研究新的可视化技术,使用户在虚拟的环境中与成型过程进行交互,实现真正的虚拟塑性加工。(4)研究 CAD-FEM-CAD 接口。理想的情况是 CAD 模型可方便地转换为 FEM 分析模型,而在分析过程中对几何参数的任何修改又可直接转换到 CAD 模型中,再由 CAD 到 CAM。

## 2 精密塑性加工技术

精密塑性加工技术是指零件成型后,仅需少量加工或不加工(近净成型或净成型),就可用作机械构件的成型技术。它主要包括精冲、冷挤压、成型轧制、无飞边热模锻、温锻、多向模锻、连续局部塑性成型(辊锻、楔横轧、摆碾、旋压)及超塑成型等。

精密成型技术的特点是:近净成型尺寸及形位精度高;高效、低耗,可缩短产品开发周期、降低产品成本;可方便、快捷地加工出过去很难加工的结构件;对环境污染小,是一种清洁生产技术。

目前,精密成型技术已较大程度地实现了近净成型,即制造的工件毛坯已接近零件的最终形状,后续工序的切削量不大,减少了材料和能源的消耗。精密成型技术的发展趋势是实现净成型,即直接制成符合形状要求的工件。

据国际机械加工技术协会预测,21 世纪初,塑性成型与磨削相结合,将取代大部分中小零件的切削加工<sup>[4]</sup>。另外,成型工艺正在向新型加工方法及复合工艺方向发展,以较低的成本生产出优质的产品。

例如采用精密辊锻和模锻复合工艺生产汽车前轴的生产线投资仅为以万吨热模锻压力机为主方案的 1/5~1/8;精密辊锻和精整复合工艺已成功应用于生产 700 mm 汽轮机叶片;采用楔横轧技术生产汽车、拖拉机的精密轴类锻件的经济性极佳。

## 3 板材弯曲成型技术<sup>[5-6]</sup>

板材成型是指用板材、薄壁管、薄型材等作为原材料进行塑性加工的成型方法。

近年来,板材弯曲成型技术有了很大的进展。美国西北大学的 Song, Qian, Cao 等人研究了在直边翻边工艺中的弹复角预测问题,分别用解析法、有限元法和无网格法(Meshfree method)进行了预测计算。结果表明,用三维无网格法预测的结果与二维有限元的结果相当。美国 National Steel 公司的 Huang 和 Liu 等人研究了板材在多次弯曲和反弯曲弹复过程中的应力应变历史,用隐式有限元法 ABAQUS/Standard 进行模拟计算。计算中考虑了 Bauschinger 效应,采用拉深筋模型,进行多次弯曲与反弯曲,预测弹复量。法国固体力学实验室的 Brunet 与 Morestin 和雷诺技术中心实验室的 Godereaux 提出用弯曲-反弯曲试验反向方法来确定各向异性板材的非线性随动硬化现象,研制出测试弯矩一曲率曲线的四点弯曲专用试验装置。

## 4 结 语

先进的塑性加工技术是先进制造技术的重要组成部分,随着一些重要产业(如汽车)的发展,塑性加工技术将会不断地发展和成熟。另外,随着人们环保意识的加强,清洁、高效、无污染的塑性加工技术也将越来越受到重视。

### 参考文献:

- [1] 彭大暑. 金属塑性加工原理[M]. 长沙:中南大学出版社,2004.
- [2] 华林,秦训鹏. 计算机技术在塑性加工中的应用[J]. 机械工人:热加工,2003(6):6-8.
- [3] 张士宏. 塑性加工技术的科学化与中国塑性加工技术的发展[J]. 世界科技研究与发展,2001,23(5):5-11.
- [4] 王玉. 塑性加工技术前沿综述[J]. 塑性工程学报,2003,10(6):1-4.

[5] 张士宏,许沂,王忠堂. 塑性加工技术的新进展[J]. 锻压技术,2001(6):58-61.

[6] THALMAIR M, LIPPMANN H, REIGL M. Spatial free plastic forming of alender parts-machine design.

forming limits and application[C]//Manufacturing Engineering Division. US:Proceedings of the ASME, International Mechanical Engineering Congress and Exposition (IMECE),2000:699-704.

## New type plastic processing technology

XU Hong-yin, LI Li

(Faculty of Material and Chemical Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China)

**Abstract:** This paper introduces some advanced technologies for plastic processing at present, such as computer simulation, precision plastic processing, and bending formation of board. The present status, existing problems and future trends of these technologies are analyzed.

**Key words:** technology of plasticity; computer technology; computer simulation