

# 多方案填充内燃捣固镐外壳的流场分析

孙利民 张 鹏 柯献辉

(郑州大学,郑州 450001)

**摘要** 利用 CAE 技术建立 ND-5 型内燃捣固镐塑料外壳的注塑成型过程的物理和数学模型,分析注射成型过程中的流场,模拟分析了塑料件的多个注射成型填充过程,并分析各方案的充模特征,通过对比填充过程和缺陷,选取了最适合塑料件的注射成型方案。

**关键词** 塑料 注射成型 CAE 流场

注射成型是塑料加工中重要的成型方法之一,其技术已发展得相当成熟,且应用非常普遍。塑料成型过程是多种因素的综合作用,通常考虑的是流场、热场、力场等,但是归根结底热场、力场等的作用也是表现在流场上的,所以塑料成型的关键是流场。由于注塑件的结构通常比较复杂,熔体在模具型腔中的流动是非等温非稳态过程,而且熔体表现出很强的非牛顿特性,因此对注射流场的研究是相当复杂的。

利用计算机辅助工程(CAE)技术可对各种塑料注射过程进行模拟。注射成型 CAE 是计算力学、流体力学、高聚物流变学、传热学等学科与数值计算技术、计算机图形学、数据库等结合的综合性软件系统。可实现塑料制品设计、塑料成型加工、塑料成型模具设计、塑料材料性能和成型设备参量数据库等工程问题的模型化和数值分析。塑料成型技术是当前塑料加工行业的研究热点,借助 CAE 技术可以模拟制件的成型过程,预测制品的结构和性能。通过塑料制品的计算机模型,在模具制造之前借助计算机来模拟实际的成型过程,预测塑料制品设计、模具设计和成型条件对制品质量的影响,并能及时修改,从而寻求最佳模塑成型过程。

## 1 对象特征及分析内容

ND-5 型手提式内燃捣固镐是一种小型、轻便、可利用列车运行间隔时间使用的,专门用于各种轨道线路及道岔枕下路渣捣固的专用设备。整机体积小、质量轻,仅为 13.5 kg,激振力大于 6 kN,捣固效果好,使用简单;采用小型汽油发动机,最大功率为 1.1 kW,单缸、二冲程、发动机强制风冷,发动机最大功率转速为 6 500 r/min;空载激振频率为 172 Hz。

塑料件长 300 mm,宽 235 mm,高 88 mm,整个造型展开面的尺寸可达 380 mm 左右。塑料件厚度

很平均,均为 5 mm。对称安装在捣固机动力内燃机两侧,单一塑料件的外形较为复杂,没有对称性可言,有很多处出现圆角或切角,模型正面由一个较大的平面和一个较小夹角的曲面构成,有一个显著的中空圆台突起,侧方为流线型的曲面设计,整个塑料件上存在多个圆孔、条形槽、圆角和切角等特征。实际外形如图 1 所示。



图 1 塑料件实图

塑料件的注塑填充成型过程比较复杂,因此分析研究该塑料件的注射流场具有重要的意义。笔者首先构建塑料件的数字化模型,借助 CAE 构建塑料件的注射成型流场,模拟塑料件的注射填充成型过程,分析其成型过程中的力学特征及成型工艺特征。设计了塑料件的多个成型方案,对比分析各方案的优缺点,并进行优化,取得了较合理的成型方案。

塑料件对抗振、力学强度有一定的要求,因此要充分考虑熔接线等缺陷的影响,熔接线处的分子趋向变化强烈,该位置的力学强度也会明显减弱,影响制品的整体质量,使塑料件总体强度受到损害。解决熔接线最常用、效果最好的方法就是提高模具温度和熔体温度。

## 2 注射成型的熔体填充模拟

从图 1 可以看出,笔者选用的 ND-5 型手提式内燃捣固镐的外壳模型的结构较复杂,塑料件的体型较大,结构为立体多面,表面的槽和孔必然对填充情况有很大的影响,同时塑料件厚度为 5 mm,作为

薄壁来研究是不合适的,熔体在壁上的填充情况还是要考虑进去的,对塑料件的填充过程模拟选用 3D 方式,即对塑料件进行 Solid( 3D) 实体网格划分,结果如图 2 所示。网格为四面体结构,共有 190772 个四面体单位,节点 35 666 个。

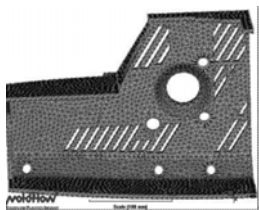


图 2 实体网格划分图

填充模拟分析方案一: 熔体材料选择聚苯乙烯 (PS) 8720, 采用一个浇注口。模拟工程工艺条件: 模具温度 45℃、熔体温度 235℃、填充控制方式、速度/压力控制转换、保压控制均采用成型模拟的默认条件方式。

方案一的实体网格方式下的填充示意图如图 3 所示。图中选取了 9 个时间点的熔体流动情况。从图 3 可看出,模型上的槽和孔对填充效果有着很大的影响。模型填充时间为 4.118 s,符合模具填充的要求。

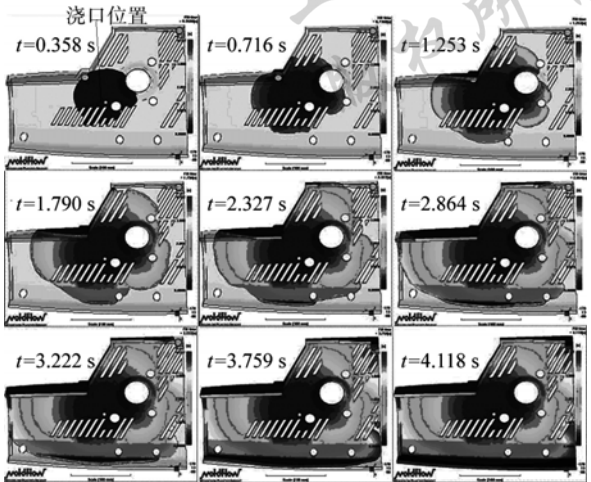


图 3 方案一的实体网格方式下的填充示意图

填充模拟分析方案二: 成型环境同方案一,唯一的区别是采用两个浇注口。方案二的填充示意图如图 4 所示。图中选取了 9 个有代表性、能反应填充效果的时间点的熔体流动情况。填充时间  $t = 3.596$  s, 比方案一的 4.118 s 缩短了 0.5 s。

填充模拟分析方案三: 成型环境同方案二,与方案二唯一的区别是浇注口的位置不同。方案三的两个浇注口采用横向布局,区别于方案二的纵向布局,

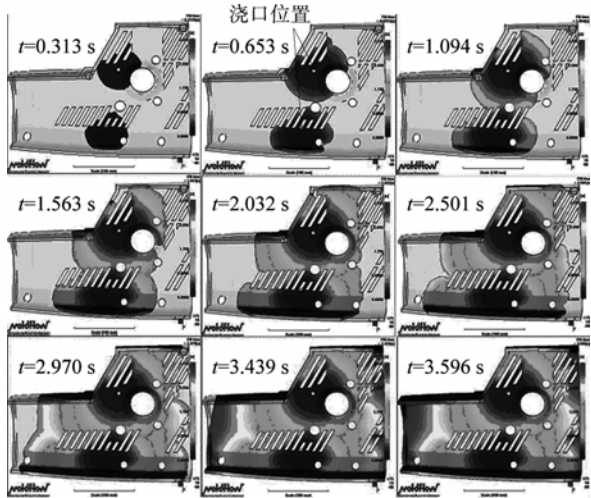


图 4 方案二的实体网格方式下的填充示意图

填充示意图如图 5 所示。

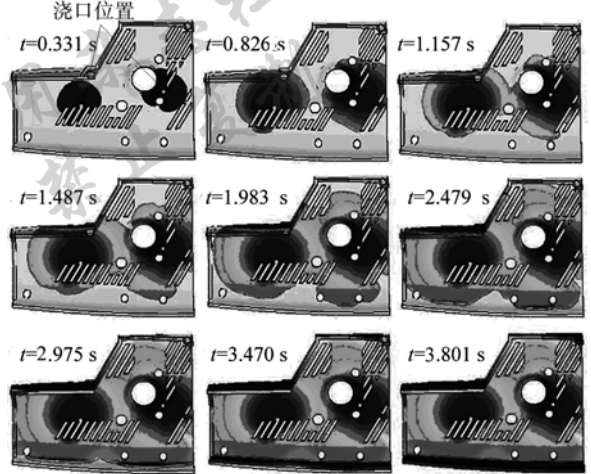


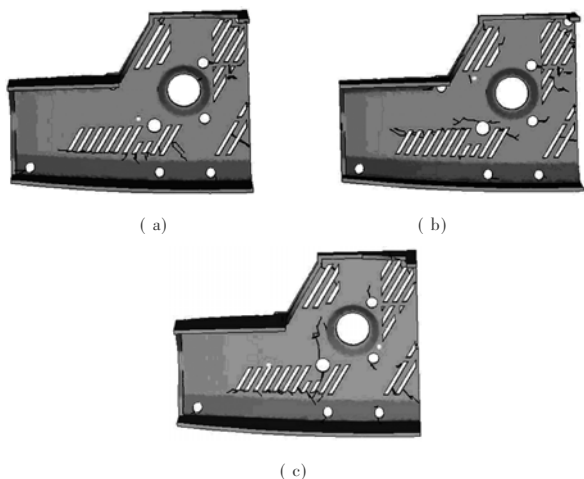
图 5 方案三实体网格方式下的填充示意图

图 5 也选取了 9 个有代表性、能反映填充效果的时间点的熔体流动情况。填充时间为  $t = 3.801$  s, 介于方案一和方案二之间。因为塑料件的纵向空间尺寸大于横向空间尺寸,方案三的浇注口到边缘的距离大于方案二,所以浇注口为横向排列方案三的填充时间大于浇注口为纵向排列的方案二的填充时间。

图 6 是各方案的熔接线现象分析。对比可以看到方案一的情况最好,方案二的整体情况都比较严重,方案三中央的熔接线很严重,对塑料件成型很不利,这和浇注口的位置选择有很大关系。

3 结语

一般情况下,合理的填充时间为 3 ~6 s,三个方案的模拟填充时间都在这个范围内。方案一的单浇注口的填充情况很理想。随着浇注口的增加,工艺



a—方案一; b—方案二; c—方案三

图6 各方案的熔接线现象分析

条件等要求也提高,伴随着熔接线等缺陷更严重,因此方案一是比较理想的。在方案一的基础上,适当提高模具温度和注射熔体温度,会改善气穴、熔接线

等缺陷,达到优化的效果。

笔者利用 CAE 技术对 ND-5 型内燃捣固镐的塑料外壳注射成型流场的模拟分析,可以发现计算机辅助塑料成型技术能帮助设计人员进行成型模拟分析,优化制件结构,提高工作效率,节省人力、物力资源。随着人们对计算力学、流体力学、高聚物流变学、传热学等相关学科的深入研究,以及计算机技术的不断发展,计算机辅助塑料成型技术也将不断的发展和完善。

#### 参考文献

- [1] 吴其晔,巫静安.高分子材料流变学[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [2] 申长雨,李海梅,高峰.注射成型技术发展概况[J].工程塑料应用,2003,31(3):53-57.
- [3] 单岩,王蓓,王刚. Moldflow 模具分析技术基础[M].北京:清华大学出版社,2004.
- [4] 曹伟,王蕊,申长雨.塑料熔体在注塑模中的三维流动模拟[J].化工学报,2004(9):1493-1497.

## ANALYSIS OF FLOW FIELD IN INJECTION MOLDING ABOUT PLASTIC HOUSING OF INTERNAL COMBUSTION TAMPING PICK

Sun Limin, Zhang Peng, Ke Xianhui

(Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

**ABSTRACT** The physical and mathematic model of plastic housing of ND-5 internal combustion tamping pick is established by plastic molding CAE. The flow field in injection molding is analyzed. The filling processes of injection molding are simulated, and the mold-filling characteristics of the programs are analyzed. The defect situation is studied and the best injection molding program for the molding is selected.

**KEYWORDS** plastic, injection molding, CAE, flow field

### 我国塑料机械制造现状与未来发展

我国塑料机械制造业从 20 世纪 50 年代生产出第一台产品以来,经过近半个世纪特别是改革开放以来的高速发展,现在已经建成品种齐全、主要技术和经济指标接近或达到国际先进水平、配套走向国际化、生产逐步专业化、具有较大规模的完整工业体系,产品基本满足国内市场需求,出口创汇能力快速增长。

目前,我国从事塑料机械及相关产品制造的企业、单位约有 600 家,其中可以提供塑料成型设备的约有 250 家。目前,我国塑料机械行业已经具有相当规模,主要的塑料机械年生产能力已经超过 10 万台套,其中,挤出装备 8000 余套,注塑机 3 万余台,中空成型设备 3000 余套,塑料机械的年产值达 80 亿~100 亿元。

从 2001 直到 2010 年我国塑料机械国内市场容量的年平均增长率约为 6%,2000 年、2005 年的年产值分别为 80 亿元、110 亿元,预计 2010 年将达 145 亿元。随着我国产品质量的提高和品种的增加,塑料机械在国内市场的份额也将随之提高,预计分别为 70%、75% 和 80%。

从塑料机械产品数量分析,2000 年、2005 年分别为 5.5 万台、7.5 万台,预计 2010 年为 10 万台,其中,注塑机约占 35%,挤出机组占 25%,中空成型机约占 5%,其它塑料机械为 35%。

我国塑料通用设备除了可以满足国内需求外,设备出口量也在逐年增加。近 3 年我国塑料机械产品出口处于历史上增长最快的时期。(中塑网)

### 两种新型环氧树脂固化剂问世

上海物竞化工科技有限公司最近开发出两种创新型环氧树脂固化剂——端叔胺支化聚酯改性固化剂和 QNPI 型低温潜伏型环氧树脂固化剂。

端叔胺支化聚酯改性固化剂具有粘度低、色泽浅、刺激味小、配比量小、初始凝胶时间长等特点,而且反应温和,流平效果好,固化时间短,固化物亮度好、附着力强、耐温变性能好,适用于面涂和高档胶粘剂领域。QNPI 型低温潜伏型环氧树脂固化剂可提高环氧树脂的韧性,具有低温潜伏性,也可作为改性剂使用。该产品已申报专利,并获得了上海市高新技术成果转化证书。(化工网)