

文章编号:1671-6833(2011)01-0099-04

## 聚合物超声塑化流变系统软件的 UML 建模

樊广军, 李俊, 蒋炳炎, 胡建良

(中南大学机电工程学院 现代复杂装备设计与极端制造教育部重点实验室, 湖南长沙 410083)

**摘要:** 超声波应用于聚合物塑化能获得微观组织结构更均匀的聚合物熔体;应用于聚合物熔体能改善聚合物熔体的流变性能、降低熔体的表现黏度,并且可以影响聚合物的分子取向度和结晶形态,有效改善聚合物熔体的均质性。针对已有的超声塑化流变系统,利用面向对象的思想,采用统一建模语言(UML)描述超声塑化流变系统软件的建模过程,并对其进行分析、总体设计和详细设计,建立了系统用户模型、静态模型和动态模型的各种视图和规范化文档,描述了系统的功能需求、功能流程、类结构和关系、对象之间的交互,为实现超声塑化流变系统软件打下牢固基础。

**关键词:** 超声波;塑化;流变性能;UML;面向对象分析

**中图分类号:** O426.9;TP31

**文献标志码:** A

### 0 引言

始于20世纪80年代的微注射成型技术,零件质量以毫克为度量单位或几何尺寸以微米为度量单位,以容易实现低成本大规模商品化生产及所使用的聚合物材料良好的性能等优势,逐渐成为MEMS技术得以推广应用的关键技术之一<sup>[1-2]</sup>。同时,作为一门新兴技术,微注射成型技术在发展过程中面临着微型腔充填困难<sup>[3]</sup>、微制品微观组织结构不均等诸多挑战。目前已有研究表明,超声波应用于聚合物塑化能获得微观组织结构更均匀的聚合物熔体<sup>[4]</sup>,应用于聚合物熔体能改善聚合物熔体的流变性能、降低熔体的表现黏度,并且可以影响聚合物的分子取向度和结晶形态,有效改善聚合物熔体的均质性。因此,将超声波作用于微注射成型,提出超声波作用于微注射成型的新方法将是解决目前存在于微注射成型技术困难的重要方向之一。

为了深入地研究超声波对聚合物塑化效果和对聚合物熔体的流变性能的影响规律,本课题组前期研制了聚合物超声塑化流变系统<sup>[5,6]</sup>。针对已有的聚合物超声塑化流变系统,为了更加准确地描述超声波对聚合物塑化和流变性能的影响,设计了一种分析超声波对聚合物塑化效果和流变性

影响的软件——聚合物超声塑化流变系统软件。在聚合物超声塑化流变软件的开发过程中,软件的前期建模与系统分析工作决定软件生存周期,使用传统方法开发出的软件存在着稳定性、可维护性和可重用性都比较差的问题,所以面向对象的系统分析方法被认为是最具发展潜力的分析方法。UML是一种用来说明面向对象系统,为系统建模以及描述系统架构的标准图形化建模语言与工业标准。在此,作者研究了面向对象的分析方法,并对聚合物超声塑化流变系统软件进行了UML建模。

### 1 聚合物超声塑化流变系统软件的需求分析

在软件开发过程中,完整的需求分析是系统开发的关键。需求分析的任务是用户和开发人员双方共同来理解系统的需求,由此来建立系统的用户模型。所谓需求是指用户要求软件系统必须满足的所有功能。在UML中,系统的功能要求用用例图来定义。

#### 1.1 理解需求

软件开发的第1步是系统分析员通过与客户交流意见与看法来理解用户对系统的需求。通常用户的需求主要包括:功能需求,性能需求,环境

收稿日期:2010-08-17;修订日期:2010-10-04

基金项目:教育部科学技术研究重点资助项目(107086);湖南省自然科学基金项目(07JJ5072);中南大学研究生教育创新工程项目(2009)

作者简介:樊广军(1964-),男,湖南长沙人,中南大学副教授,博士研究生,主要研究方向:CAD/CAP/PDM集成。

需求,可靠性需求,安全性需求,用户界面需求,资源使用需求以及成本消耗和开发进度需求等<sup>[7]</sup>. 其中功能需求和性能需求是需求分析中最重要的两个部分.

### 1.1.1 功能需求

为了衡量超声塑化效果和测量超声波对聚合物流变性能的影响,利用计算机分析聚合物流变性能,开发一个聚合物塑化流变软件,此软件应该包括以下功能:

- 采集温度、压力、速度数据,并且自动显示和储存;
- 提供方便的材料、工艺数据库管理;
- 可以进行塑化过程分析,判断塑化过程是否结束;
- 可以进行流变过程的计算分析,得出剪切应力、剪切速率、黏度等数据;
- 方便的图形化操作界面.

### 1.1.2 性能需求

性能需求即给出所开发软件的技术性能指标,如存储容量限制、运行时间限制和安全保密性等. 针对求解器自身的功能特点、稳定性和通用性的要求,提出如下需求:

- 求解计算速度快;
- 计算过程独立进行;
- 结果的显示形式多样、清楚了.

## 1.2 使用用例图描述软件的用户模型

用例图是 UML 的重要组成部分,主要用来描述系统的功能. 通过对软件功能需求的细化、分析,得到描述系统需求的用户模型,如图 1 所示.

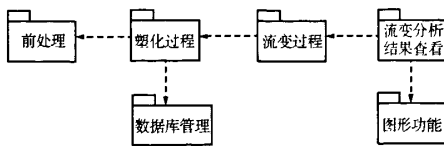


图 1 系统用例包

Fig. 1 Use - case package of System

得出系统的用户模型后,再以聚合物超声塑化流变系统软件中的“流变分析结果查看”为用例进行详细分析,如图 2 所示. 图形化的用例,其本身不能提供该用例的全部信息,因此还必须描述用例不能反映在视图上的信息. 用例的描述包括用例如何开始、用例的主流程、用例的其它流程、用例如何结束 4 个方面. 下面以“流变分析结果查看”用例进行叙述:

用例描述:对流变过程中的剪切应力、剪切速

率、黏度等参数进行分析、计算、显示及保存 1.00

先决条件:流变过程结束保存有相应的数据,选择了分析的类型

主要路径 M1(开始流变分析):

- 用户进行流变分析;
- 系统读入已知数据;
- 系统进行流变分析计算(转 M2);
- 系统生成分析结果文件.

主要路径 M2(流变分析计算):

- 读入压力、位移数据,阶段  $i = 1$ ;
- 如果  $i = m$  (总阶段数,由实验员设定),程序

结束;

- 计算剪切速率  $\gamma$ ;
- 计算剪切应力  $\tau$ ;
- 计算流动指数  $n$ ;
- 计算黏度  $\eta$ ;
- 保存分析结果,  $i = i + 1$ , 转 b.

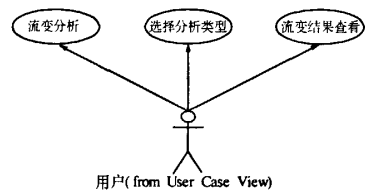


图 2 聚合物超声塑化流变软件的用户用例图

Fig. 2 Use case diagram in Polymer Ultrasonic Plastification and Rheology software

## 2 超声塑化流变系统软件的总体设计

使用 UML 对超声塑化流变系统软件进行总体设计,即建立系统对象模型. 系统对象模型包括两个部分:静态模型和动态模型. UML 通过包图、类图和对象图来定义系统对象及对象间的静态关系;通过顺序图、合作图和状态图来描述对象间的交互关系和交互顺序、对象的生命周期以及生命周期中对象可能存在的状态和状态间的转换约束. 在此阶段,由需求分析入手,建立系统的静态模型与动态模型.

### 2.1 静态模型的设计

静态数据结构对应用依赖较少,比较容易确定. 当需求变化时,静态数据结构相对来说比较稳定. 因此,总体设计阶段的首要任务是建立系统的初步静态模型. 建立系统初步静态模型的任务是找出系统中的类与对象,确定它们之间的关系,以构造系统的结构.

#### 2.1.1 类与对象的初步建立

对象是对问题有意义的事物的抽象,可能是

物理实体,也可能是抽象概念,并且据此可以找出在当前问题域中的候选类与对象。另一种更简单的类与对象的分析方法是非正式分析方法。它以用例的需求描述为依据,把描述中的名词作为类与对象的候选者。笔者先用非正式分析法从需求描述中找出部分候选着,再用抽象法补充,并排除其中冗余的、无关的、笼统的以及应作为属性或者方法的候选者,最终可以确定系统的类。系统的类按相互关系和功能可以分为“前处理”、“数据库”、“塑化过程”、“流变过程”、“流变分析”、“图形功能”、“结果查看”8 个包,如图 2 所示。各个类及其描述在这里就不叙述了。

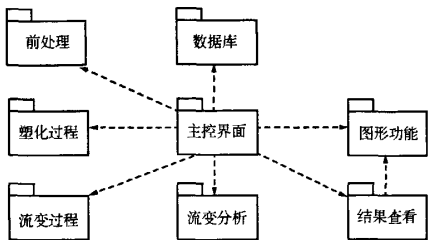


图 3 类的包图  
Fig.3 Package Diagram of Class

2.1.2 类与类之间关系的分析

类与类之间的关系通常有关联、依赖、累积、一般化 4 种。关联是类之间的词法连接,使一个类知道另一个类的公开属性和操作。关联又可以分为双向关联和单向关联。依赖关系表示一个类引用另一个类。累积是强关联,是整体与部分之间的关系。一般化是两个类之间的继承关系,使一个类可以继承另一个类的公开属性和方法。图 3 为流变分析类包中各类之间的关系,图中单向箭头表示单向关联,菱形箭头表示累积。

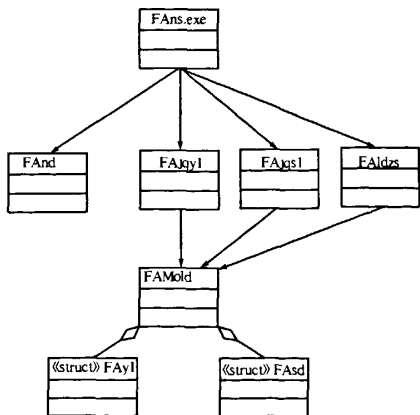
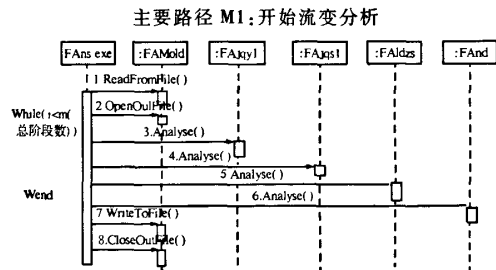
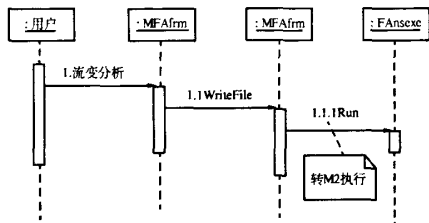


图 4 流变分析类包  
Fig.4 Class Package of Rheological Analysis

2.2 动态模型的设计

UML 用例图和类图仅仅是对系统的静态性质进行了描述。为了对超声塑化流变系统软件进行全面描述,还必须对其动态行为进行分析。UML 用状态图、顺序图、协作图以及活动图来描述系统的动态行为。动态模型表示瞬时的、行为化的系统“控制”性质,它规定了对象模型中对象的合法变化序列,描述对象如何相互交互和通信。

笔者使用顺序图来说明流变分析类包中对象之间的交互关系与交互顺序,如图 4 所示。UML 顺序图采用二维平面图的方式表达了对象间协作的一系列消息的交互情况,特别适合于分析系统的动态特性。在 UML 顺序图中,水平方向给出了参与协作的对象,垂直方向表示时间轴<sup>[8]</sup>。消息用两个对象生命线之间的带箭头的线表示。



主要路径 M2: 流变分析  
图 5 流变分析动态模型顺序图

Fig.5 Sequence diagram of dynamic model of Rheological Analysis

3 结论

(1) 利用面向对象的系统分析方法,为超声塑化流变系统软件进行了 UML 建模。而采用 UML 来描述系统,提高了系统的稳定性、可维护性和可重用性,为不同背景、不同领域的专家、开发人员、和用户提供了一条标准化的交流途径。

(2) 从系统的原始需求出发,将系统划分成 6 大功能需求,并使用 UML 中的用例图建立了系统的用户模型。同时,对用例进行了详细的分析、描述。

(3)在系统的用户模型基础上,对软件进行了总体设计,得出了系统的静态模型与动态模型.在静态模型中,使用类图描述了系统所包含的类以及类与类之间的关系.在动态模型中,使用顺序图描述了类与类之间的消息传递与功能调用.

#### 参考文献:

- [1] SHA B, DIMOV S, GRIFFITHS C, et al. Investigation of micro-injection moulding: factors affecting the replication quality [J]. *Journal of Materials Processing Technology*, 2007, 183(2-3): 284-296.
- [2] YU M C, YOUNG W B, HSU P M. Micro-injection molding with the infrared assisted mold heating system [J]. *Materials Science and Engineering A*, 2007 (460): 288-295.
- [3] HUANG Y L, YOUNG W B. Analysis of the filling capability to the microstructures in micro-injection molding [J]. *Applied Mathematical Modelling*, 2008 (137): 1-10.
- [4] JIANG B Y, HU J L. Research on the Polymer Ultrasonic Plastification [J]. *Advanced Materials Research*, 2010(87): 542-549.
- [5] 吴旺青. 聚合物超声熔融塑化技术与测试装备研究 [D]. 长沙: 中南大学机电工程学院, 2008: 28-58.
- [6] 蒋炳炎, 吴旺青, 胡建良, 等. 微注射成型中聚合物熔融塑化技术. *工程塑料应用*, 2007, 35(11): 67-69.
- [7] 王麟, 蒋炳炎, 谢磊, 等. 粉末注射成形充模过程仿真软件的UML建模[J]. *中南大学学报: 自然科学版*, 2004, 35(1): 11-15.
- [8] 石朝阳. 一种基于UML建模的实时测控系统设计[J]. *微计算机信息*, 2008, 24(1): 312-314.

## UML Modeling of Polymer Ultrasonic Plastification and Rheology Software

FAN Guang-jun, LI Jun, JIANG Bing-yan, HU Jian-liang

(Key Laboratory of Education Ministry for Modern Complex Equipment Design and Extreme Manufacturing, College of Electromechanical Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** Applying ultrasound to polymer plasticization results in a more uniform microstructure in polymer melt, while applying ultrasound to polymer melt can improve the rheological properties, reduce the apparent viscosity, and affect the degree of molecular orientation and crystalline morphology of the polymer, thus effectively improving the polymer melt homogeneity. In this research, in accordance with the existing ultrasonic plastification and rheology system, by the Unified Modeling Language (UML) and Object-Oriented Analysis (OOA), modeling process of Polymer Ultrasonic Plastification and Rheology software is specified. Requirement analysis and general design are made. At the same time, various views and standard documents for system user model, static model and dynamic model are established. The function requirement and function flow, structure and relation of classes, interaction between objects are also specified. The work presented in this paper lays the foundation of Polymer Ultrasonic Plastification and Rheology software realization.

**Key words:** ultrasound; plastification; rheological properties; UML; object oriented analysis