

基于特征的注塑件产品的并行成本估算研究

李双林 辛 勇

(南昌大学机电研究所,南昌 330029)

摘要 提出在设计阶段对几何形状较复杂的注塑件产品进行并行成本估算的方法,引入特征概念,分析了注塑件产品的几何特征和设计特点,以及在设计阶段的成本估算策略;建立了以特征为基本处理单元的并行成本估算模型,研究了产品设计过程中特征变化对产品成本的影响。以一法兰盘注塑件为例进行了并行成本估算。

关键词 注塑件 并行设计 成本估算 特征设计

在现代化的工业生产中,塑料制品占有越来越重要的地位。而如何快速准确地确定注塑件产品的制造成本则成为一个重要的问题。研究表明,尽管产品设计费用只占产品成本的 5%,却决定了产品成本的 60 ~70%^[1]。在设计不同阶段所得到的产品信息量是不同的,要实现成本估算,必须建立与设计阶段并行的成本信息模型。并行成本估算是指在设计各阶段就进行成本估算,而不是等到产品完成后^[2]。这样可以及时反馈产品的成本信息,使设计师能够及时修改设计参数以降低成本,将设计过程与成本估算融为一体,实现基于成本的并行设计,缩短开发周期,提高产品竞争力。

特征是对研究或操作有用的信息,特征技术被认为是解决并行集成问题的有效途径^[3]。特征的引入可以提高设计质量,加快设计进程和降低成本。笔者主要对注塑件产品设计过程中产品特征的变更如何影响产品成本进行研究。

1 注塑件产品的设计特征和成本分析

注塑件产品设计包括概念设计、初步设计、分型线/分型面设计和详细设计,且受到产品的加工设计(产品功能、加工时间和加工成本)、模具设计(填充能力、注射能力、模具的可制造性和制造成本)和模具制造过程设计(制造周期和成本)的影响。从产品的几何造型到产品特征的设计和成本估算,都是以特征为基本的处理单元。

注塑件产品成本由模具成本、材料成本、加工成本和装配成本组成。影响模具成本的关键因素是产品形状复杂程度和特征,产品越复杂,属性越多,则模具制造加工越困难,加工时间越长,甚至还需增加相应的辅助装置,这样必定增加模具成本。材料成本主要受产品形状复杂程度、材料类型和材料损失率的影响。而加工成本包括机器的操作率、构造成本和加工周期,其中加工周期指的是注塑机开模闭

模时间、充填时间、冷却时间、保压时间和喷射时间的总和。装配成本取决于零部件的装配难易程度,而零部件的装配难易程度又取决于零部件的复杂特征、零部件的装配特征、产品的装配序列及企业的装配资源。

要进行注塑件产品的成本估算必须满足下面 3 个要求:(1) 基于特征的设计要求。设计者通过特征建模提供一组形状特征和设计接口,并及时构造和修改产品模型。(2) 特征提取和分析要求。建模后,要求从产品中提取特征及相关信息,这是最重要的环节,从中获取制造信息,为生成产品的加工工艺进行必要的分析。(3) 成本估算要求。在设计阶段对不同加工特征进行并行成本估算,并计算产品的制造成本。

成本估算的产品模型是在特征集上进行的,设计人员利用设计特征进行建模,得到产品的形状特征,但这对制造而言是不够的,还需要特征映射,从设计特征获得制造特征。在成本估算中,制造特征要包括所有影响加工时间和加工成本的信息,制造特征包括公差信息(尺寸公差、形状公差和位置公差)、表面粗糙度和为特征分配的加工操作等。成本估算模型如图 1 所示。

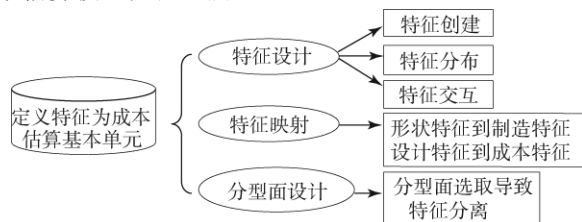


图 1 成本估算模型

* 教育部科技研究重点资助项目(03066)、江西省自然科学基金资助项目(0450060)、江西省主要学科跨世纪学术带头人资助项目(zl815)

收稿日期:2005-01-04

2 注塑件产品的几何形状分析和成本估算

注塑件产品的尺寸和形状复杂程度主要影响材料成本和加工成本,从而影响着模具成本。几何复杂程度直接关系到装配成本^[4]。例如,对于大型的复杂产品,需要两套或多套模具完成所需的操作,其装配成本就大大地提高了。产品成本很大程度上取决于产品的几何特征。如在注射成型过程中,薄壁件或含有小半径特征的产品往往会增加额外的制造工序,从而增加了产品成本。

根据基于特征设计的概念,从特征的角度创建、编辑和加工产品。为了在产品设计过程中估算成本的变化,这里定义特征为成本单元,产品的成本看作是成本单元的成型特征及其相互作用的总和^[5]。

2.1 特征分类

特征分为预定义特征和用户定义特征,每个特征又分为基本特征和子特征。基本特征是成型产品的主要特征,而子特征则是附属于产品基本特征的。子特征包括正面特征和负面特征。正面特征是对产品添加材料,而负面特征是从产品中去除材料,形成空腔。

成本特征分为实体成本特征(基本特征)和附属成本特征两大类。实体成本特征在成本意义上存在一定体积如外圆轴、外螺纹等,体积的大小可以由模型特征参数来表达;附属成本特征在成本意义上不存在体积,即体积为零,必须以实体特征为基础,体积被其所附着的实体成本特征所包含,如倒角、孔等。

2.2 特征设计

特征设计分为结构和属性两个方面。其中属性分为物理属性和尺寸属性。形状特征是构造产品特征内在的基本要素,它对应于产品特征的结构;而特征的属性就是赋予该形状特征特定的工程含义。特征还有一个重要的属性——特征功能,它是特征选择与设计的依据,当设计产品时,通常从满足产品功能和性能要求出发,设计出一个个具有一定功能的形状特征(特征功能)构造产品。

注塑件产品的特征创建方式分为拉伸直线、旋转弧、扫描曲线、平行混合直线、旋转混合弧和普通的混合曲线几类。不同的特征创建方式将会影响到模具的制造和产品的成型过程,从而影响到产品的制造成本,如通过沿直线拉伸的基准面得到特征的塑料熔体填充能力比沿弧旋转的特征的塑料熔体填充能力要好。模具型腔的制造成本主要由产品的几

何特征所决定,因此通过几何特征来定义和分类模具型腔的特征。

产品的每个特征分布后,成本会因此变化。在基本特征面上添加特征时,会出现特征的交互作用。产品的几何特征会随着特征的交互而改变。图2示出几种含孔特征和不含孔特征的阶梯特征产品结构示意图。

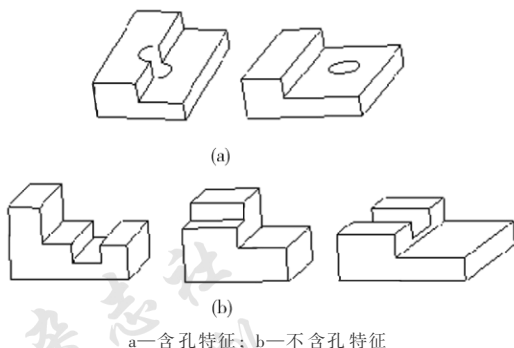


图2 含孔特征和不含孔特征的阶梯特征产品结构示意图

特征分布影响注射成型加工成本。加工成本包括人力成本和机器成本,通过减少机器运转周期和所使用机器时间可以减少机加工成本。例如大面积产品的冷却时间很长,在满足性能的情况下可通过减小产品面积缩短冷却时间,通过避免使用滑块型芯机构减少开模闭模时间。产品壁厚不能过小或过大,过小将引起塑料熔体的流动阻力过大,影响型腔的充满;过大可能产生缩孔或凹陷,也可能使冷却时间过长造成成本偏高。还有可通过减少模具零件数量,避免尖角,增加合适的拔模斜度,简化分型面,避免窄、长、深的凹陷和凸起特征,避免表面复杂的产品设计等可减少加工成本。

2.3 特征映射

设计好产品的几何特征后,接下来设计相应的模具。特征映射的目的是为了从产品特征中获得模具型腔特征,从而进行相关的模具成本估算。特征映射与分型面的位置有关,如果选择的分型面分离了一个凸起特征,通过特征映射此特征变为两个凹陷特征;如果一个凹陷特征没有被分型面分离,则变成一个凸起和两个凹陷特征。如果分型面垂直于特征面,就产生侧凹(脱模方向与分型线的确定取决于侧凹特征)。最优脱模方向取决于侧凹特征的类型、数量、体积及方向,在理想情况下,该方向上的侧凹特征为外部侧凹特征,数量和体积最小,且与其垂直^[6]。侧凹特征是产品上存在于阻止型腔或型芯沿脱模方向移动的凸起或凹陷特征。侧凹特征决定

模具是否设置侧向分型或抽芯机构,它是产品与模具关联的关键因素,直接影响模具结构及制造成本。存在侧凹特征时要增加嵌件特征,这种情况下的映射结果是两个凹陷特征和一个嵌件特征。如果分型面平行于特征面,则映射结果是两个凹陷特征,无嵌件特征。因此适当选择分型面会减少特征创建的复杂程度,从而降低成本。

2.4 分型线设计

从特征映射可知,分型面位置的选择是一个重要的设计步骤。导致分型面确定后的成本变化有两个因素,一是分型面分离了型腔的负面特征,增加了形状特征的复杂程度,从而增加模具成本;二是设计了型芯和镶块来避免侧凹,型芯和镶块的制造成本取决于产品的几何复杂程度。脱模方向与分型线的确定取决于侧凹特征,同时侧凹特征还决定模具是否设置侧向分型或抽芯机构。最优分型线应该包含尽可能多的侧凹特征,这样就可以减少侧向分型或抽芯机构,从而降低模具成本^[7]。为了提高熔体的填充能力,在确定分型面和模具开模方向时,必须设置拔模斜度、倒角、圆角等工艺特征。拔模斜度是为了产品脱模时不留在模具上增设的微小角度,方便开模,从而缩短了工艺周期;同时拔模斜度又增加了模具制造的复杂性,从而增加了模具的制造成本。在产品的转角处一般都采用圆弧过渡,以避免在尖角处出现应力集中,增加强度,防止在脱模过程中开裂或受冲击时发生破裂。此外,圆角还能改善塑料熔体的充模特性,方便模具开模,同样圆角也会增加加工成本和模具成本。

3 实例

以一法兰盘为例,简要进行基于特征的成本估算分析。图 3 所示是以法兰盘为基本特征、圆孔和肋板为子特征的注塑件。

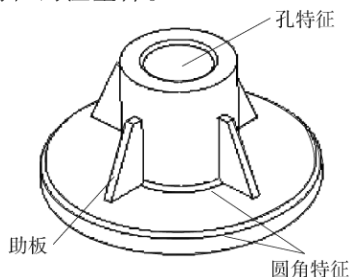


图 3 法兰盘注塑件特征示意图

该产品的法兰盘主体的创建有两种方式:一种是由 L 型剖面旋转特征创建;另一种是在创建完底面圆盘特征后添加圆柱特征。前者的填充性能要比

后者好,得到的产品质量要比后者高。所以在进行成本估算后,选取前一种创建方式。接着对产品成本进行初步估算,为了减少中间圆柱体的体积,添加了圆孔特征(负面特征),相应的对于产品成本要进行重新估算;而为了保证强度,在圆柱体上添加肋板特征(正面特征),这又增加了产品的复杂性,增加了其模具成本,需要再进行成本估算。接下来进行详细设计,先确定分型面,由于分型面的分布会影响产品的详细设计和模具型腔的分布,所以必须合理地选取分型面的位置,从而确定开模方向。在确定分型面的同时,必须避免产生侧凹特征,否则就必须重新确定开模方向和进行成本估算。该例中选取圆盘底面作为分型面,其开模方向垂直于底面,不产生侧凹特征。另外,为了增加熔体的填充能力,分型面确定后,接着进行倒角和倒圆角特征设计,在底面边缘和中心孔设倒角,在中心圆柱和底面的接触处设倒圆角。每增加一特征,产品的复杂程度就要增加,这时就要重新进行成本估算。当然,在满足同样的性能条件下改变特征分布和特征的种类可以降低产品成本。对于选取什么样的材料、加工设备和模具制造等都要进行成本估算,最后得到的成本估算才是整个产品的总成本。

4 结语

通过对注塑件产品的概念设计、初步设计、分型线/分型面设计和详细设计进行分析,利用特征作为基本单元对特征设计、特征映射和分型线/分型面设计进行分析,并且以实例说明通过简化复杂注塑件结构,可改善其制造和装配性能,降低产品成本,从而实现并行成本估算。

参考文献

- 1 查建中,郭伟,司黎明.机械产品的并行设计.机械设计,1993,4:4
- 2 黄文权,潘双夏.基于特征映射的机械产品成本估算方法研究.机械,2003,30(5):10
- 3 窦万峰,王保保,魏天功,等.面向并行工程的多域特征映射方法学研究.机械设计,1998,15(9):1
- 4 曾庆良,熊光楞,范文慧.并行工程环境的面向成本设计.机械工程学报,2001,37(7):1
- 5 Chen Yuh-Min, Liu Jang-Jong. Cost-effective for injection molding. Robotics and Computer-Integrated manufacturing, 1999(15):1
- 6 Nee A Y C, Fu M W, Fuh J Y H, et al. Determination of optimal parting direction in plastic injection mould design. Annals of the CIRP 1997,46(1):32
- 7 Nee A Y C, Fu M W, Fuh J Y H, et al. Automatic determination of 3-D parting lines and surfaces in plastic injection mould design. Annals of the CIRP, 1998,47(1):95

RESEARCH ON THE CONCURRENT COST EVALUATION BASED ON FEATURE OF INJECTION MOLDING PRODUCTS

Li Shuanglin, Xin Yong

(Institute of Mechanical and Electronic Engineering, Nanchang University, Nanchang 330029, China)

ABSTRACT A method of the concurrent cost evaluation at design stage for injection molding product with a complex geometry is presented. The concept of feature is introduced. The geometry features and the design characteristics are analyzed, and the strategy of the cost evaluation of injection molding product at design stage is presented. The concurrent cost evaluation model based on feature is built. The influence of the feature change at design stage on the product cost is studied. A simple example of flange injection molding product is applied to show the process of concurrent cost evaluation.

KEYWORDS injection molding product, concurrent design, cost evaluation, feature design

用塑料制造芯片的革命

信息技术正在革新传统的电子元器件材料。科学家们已经找到了一种方法,用成本低廉的塑料来取代用于制造集成电路的硅。目前这场革命还刚刚开始。

美国与欧洲的科研人员正致力于新型有机材料分子结构的研究,希望研制出价格低廉的一次性塑料半导体芯片,其功能相当于现在用于便携式计算机的硅电路。一旦他们的研究工作获得成功,那么大量生产塑料芯片就将成为可能。

用不了多长时间,我们就能看到像钱包那样可折叠的超轻型便携式电子设备,或者是柔软的有源显示屏,其大小与质感类似乙烯基遮光窗帘,打开可以观看,收拢则可以存储。不久前,飞利浦公司已经开发出一种柔软的塑料计算机显示屏,正是采用了塑料基半导体而不是传统的硅基半导体。由于需要较少的生产工序和不太严格的“清洁房”环境,生产塑料芯片要比生产硅芯片简单得多,使得这种工艺更适合于生产灵活的大屏幕显示屏。

制造成本将是塑料芯片的最大优势,半导体芯片的成本达数美元一块,而塑料芯片的成本仅几美分而已。

科学家们现在还不愿透露如何使这些发现成果商业化,但研究有机半导体的科研人员们表示,“塑料电子学”必定会成为一个可行的市场。

(中塑)

新型聚丙烯下水管变形小

最近德国一公司推出一种新型聚丙烯(PP)下水管输送管,这种管材刚性优良,在地下铺设一年后的变形率仅为2.3%,明显低于普通PP管。

据报道,根据实际测试结果,普通的PP下水管在地下铺设一年后变形率高达8%,而这种新型管材采用三层复合技术,管内层和外层材料为一般PP,而中间层是PP和硅酸镁的配混料,可提高材料的弹性模量,具有较高的刚性,可长时间耐高负荷。

另外这种三层PP下水管连接处采用橡胶密封卡环,即使受外力和负荷作用导致变形30%,连接插口处也不会断开分离。

(怡凡)

山东省计划全面发展塑料产业

近日,山东省塑料协会表示,为延续2004年良好的发展

势头,山东省2005年将大力促进塑料在各种应用领域发挥作用。

在工业用塑料制品领域,将重点发展大型机电、电子、家用电器、交通、邮电通信及国防工业应用的各种通用塑料和工程塑料配件;在包装塑料方面,将重点发展各种食品、饮料、药品及其它高档商品包装,大力开发新型、环保型塑料包装容器及塑料薄膜类包装材料;在塑料建材方面,将重点发展适用于不同地区、不同建筑类型的系列化及标准化的各类管材、管件和型材。

山东省现有6000余家塑料制品生产企业。2004年塑料制品总产量达到280余万t,实现工业总产值261余亿元,工业销售产值252亿元。

(山塑)

三菱瓦斯在华投资系列功能化学品项目

2005年,三菱瓦斯将在中国开始一系列功能化学品生产项目。除了与3家公司合资生产聚甲醛外,还将开始生产聚碳酸酯(PC)。

三菱瓦斯与三菱化学联合开发的PC具有良好的表面性能,适用于光学材料等高端领域。之前公司在海外的PC装置位于泰国,由三菱工程塑料公司负责,现在考虑到中国市场的发展,决定在当地建厂,可行性研究即将完成,2005年将开始建设,仍由三菱工程塑料公司负责。

(红)

新型聚乙烯成为优秀防护材料

俄罗斯科学家最近研制出一种新型聚乙烯防护膜,把它覆盖在易受腐蚀的金属等物质表面,可起到良好的防护作用,同时通过添加环氧树脂可以解决防护膜与被覆盖物表面结合不紧的问题。这种新型聚乙烯名为“氯磺化聚乙烯”,具有抗酸性和较强的耐火性。由于它的化学成分中含有氯和硫的耐火活性原子团,因此即使这种材料起火燃烧,火苗也很容易熄灭。这种新防护膜在室温条件下就可以凝固在被保护物体表面。

(木风)

M&G公司要建世界最大PET工厂

总部设在意大利的M&G集团日前证实,他们将在巴西东北部建设全球最大的聚对苯二甲酸乙二酯(PET)生产企业。

根据计划,新工厂的产能将达到每年大约45万t,并于2006年下半年投产。

(老木)