

基于 CAE 技术的吹塑成型工艺及模具设计*

陈丁桂 王乾廷 林永南

(福建工程学院材料科学与工程系, 福建 福州 350108)

摘要: 以存储容器吹塑件作为研究对象, 利用流体力学中局部面积突变时阻力系数变化理论及熔体流动简化条件构建的应力应变方程式, 对吹塑成型过程的工艺参数及塑料熔体流动状况进行分析; 并利用 CAE 技术对该分析方法进行验证。结果表明, 该方法不仅能用于指导吹塑成型模具的优化设计还可用于吹塑的合理化选取。

关键词: 吹塑成型 存储容器吹塑件 CAE 吹塑模具设计

中图分类号: TQ320.66⁺4 TG76 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-4801(2009)04-095-03

引言

在吹塑成型中, 由于其所用坯料在吹塑模具中的位置是相对自由、处于约束状态, 另外受塑件材料、吹塑工艺等因素的影响, 使得吹塑成型后容器的质量难于控制, 带来塑件质量的不稳定。与此同时, 在吹塑过程中由于变径区(见图 1)中材料流动和应力应变的剧烈变化还可能出现塑件颈部变薄、破裂等致使塑件报废的情况出现。因此, 在定材料和设备的前提下, 确定合理的挤出吹塑成型工艺参数及优化吹塑模具是获得高质量的吹塑件的关键。

本文拟以存储容器吹塑件作为吹塑成型的研究对象, 从变形角度分析吹塑成型过程时的变形规律, 以确定合理的吹塑成型工艺参数及优化吹塑模具设计。

1 存储容器吹塑件吹塑成型的四个阶段

图 1 是存储容器吹塑件的示意图, 它是由

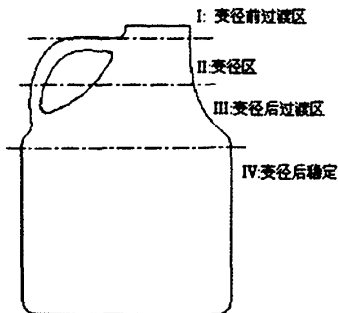


图 1 存储容器吹塑件的示意图

挤出型坯吹塑而成型的。在成型过程中, 由于吹

气压力的作用而使型坯延展紧贴于模腔中。从几何形状上看, 吹塑成型可分为 4 个阶段, 分别是前过渡区(区域 I)、变径区(区域 II)、后过渡区(区域 III)和稳定区(区域 IV)(见图 1)。其中, 变径区是形成整个塑件腔体的重要部分, 材料流动和应力应变的变化最为剧烈。

2 建立变径区的应力应变方程式

2.1 变径区的应力方程式

利用流体力学中局部面积突变时阻力系数变化理论及熔体流动简化条件, 即忽略温度变化的影响。在变径区, 建立以通过塑件中心线夹角为 $\Delta\theta$ 环带。其中, 过中心线的平面与塑件的交线称为经线, 经线上任一点处的切向称为经向。以垂直于经线的 2 个平面再切割环带。按等弧长沿把经线划分为 N 等份 (N 为自然数)。设 r_{i-1} 和 r_i 分别为第 $i-1$ 个和第 i 个离散点处的回转半径 ($i \leq N$), r_a 为该弧段的平均回转半径, r_d 为从 r_{i-1} 到 r_i 处弧段自身的平均半径, 规定 r_d 向塑件外凸时取正值, 反之取负值。再设 φ_0 和 φ 分别为平均半径处、第 i 点处圆弧段半径方向与中心线的夹角, $d\varphi$ 第 i 点处半径与平均半径处径向的角度变化微量(如图 2)。设吹塑压力为 p , 壁厚为 t , 周向和径向应力分别表示为 σ_θ 和 σ_φ , 则根据力的平衡, 有

$$prdd\varphi r d\theta = \sigma_\varphi t r d\theta \sin(d\varphi/2) + (\sigma_\theta + \Delta\sigma_\theta) t r i - d\theta \sin(d\varphi/2) + \sin[\varphi - (d\varphi/2)] 2\sigma_\theta h r i d\varphi \sin(d\varphi/2)$$

由于 $\sin d\varphi \approx d\varphi$, $\sin d\theta \approx d\theta$, 假设 $\Delta\sigma_\theta \approx 0$, $d\varphi \approx 0$, $r\varphi \approx r_i \approx r_{i-1}$, 轴向应力符合下式平衡关

*基金项目: 福建省科技重大专项 (2006HZ0002-1)。

系式

$$p r_i^2 = 2 \pi r_i t \sigma_\varphi \cos(\pi/2 - \varphi)$$

则经向和周向应力可表示为

$$\sigma_\varphi = \frac{p r_i}{2 t \sin \varphi}, \quad \sigma_\theta = \frac{p r_i}{t \sin \varphi} \left(1 - \frac{r_i}{2 r_a \sin \varphi}\right)$$

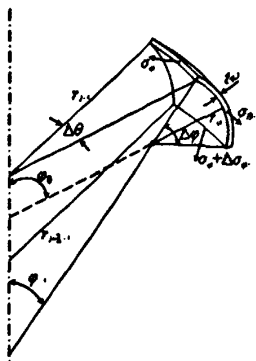


图2 变径区环带上微元片的应力

2.2 变径区的应变方程式

设变径部分吹塑成型时，rd 对应的角度变化量为 $d\varphi$ ，经过时间 Δt 后，该处的位置和半径有了变化，其半径值和角度变化量分别为 $r'd$ 和 $d\varphi'$ ，则经向应变和周向应变分别为

$$\varepsilon_\varphi = \frac{r'_d d\varphi'}{r_d d\varphi} - 1; \quad \varepsilon_\theta = \frac{r'_i + r'_{i-1} - (r_i + r_{i-1})}{r_i + r_{i-1}}$$

法向应变可由

$$\varepsilon\theta + \varepsilon\varphi + \varepsilon h = \zeta$$

计算得到，其中 ζ 是体积应变。在吹塑成型中， ζ 值一般为 -0.02 左右。如果上述环带划分为 N 个等份，则每一步骤的体积应变为 ζ/N 。

根据上述的应力应变分析可知，调整合适的吹塑工艺参数如吹塑压力等可以改变应变值，以及根据上述的分析结果所优化后的吹塑模具便可较容易地获得吹塑成型后塑件较理想的壁厚和质量。

3 验证

为了验证上述关于变径部分成型过程分析的正确性，我们利用 1 所示存储容器吹塑件根据上述的分析方法借助相关的 CAE 软件进行吹塑成型试验。该塑件所用塑料为 HDPE，塑件容量为 5L，塑件壁厚为 1.2mm。获得图 3、图 4。并分别记录下其变化情况，获得了图 5 经向应力和周向应力

之间的关系曲线。在 CAE 分析过程中与吹塑成型压力等参数相结合，就具备了计算出变形中各时期周向和轴向应力应变的条件了。

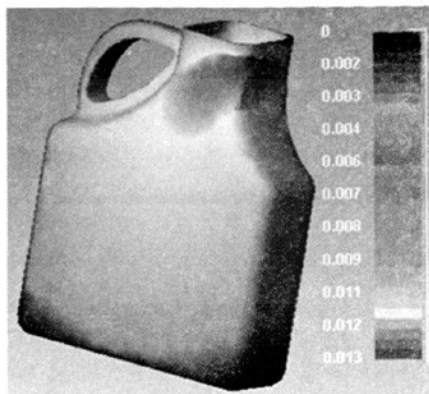


图3 应变图

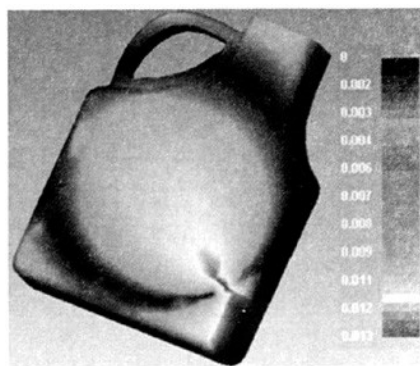


图4 应力图

图 5 显示了经向应力和周向应力之间的关系，从一个侧面证实了上面分析正确性。

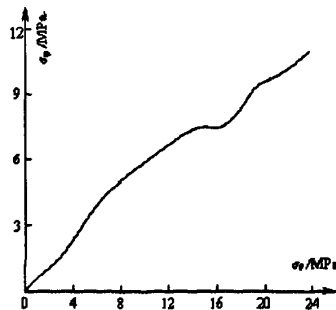


图5 变径区内的 σ_φ 和 σ_θ 之间的变化关系

4 结束语

本文通过理论分析和试验手 (下转第 98 页)

应尽量控制在5~6分钟内充满,一般最好采用底注开放式或半开放式的浇注系统,这样在浇注过程中,能快速平稳的充满型腔。因为V法造型中,浇注时间缩短些,可减少薄膜被破坏的可能性,防止型腔内压力降低过大导致铸型坍塌。如果浇注速度过慢,在金属液热作用下,塑料薄膜会提前汽化,铸型压力下降,导致塌箱,金属液产生的喷射也会损坏薄膜。

内浇道最小断面总截面计算:

$$F_{\min} = W / PtC \sqrt{2gH}$$

$$= 22540 / 0.007 \times 283 \times 0.6 \sqrt{2 \times 980 \times 30}$$

$$= 78 \text{ cm}^2$$

其中: W-浇注重量(kg)=22540kg

P-金属密度(0.007kg/cm³)

T-浇注时间(秒)=283

C-流量系数 0.4~0.7

g-重力 980 cm/sec²

H-平均静压力头(cm)=30 cm

开放式浇注系统:直浇道/横浇道/内浇道
=1: 1.8: 1.3

铸件浇注位置最高处安放明冒口:

V法铸件收缩率较小(一般取0.83)干砂保温时间长,冒口冷却速度较慢,冒口体积可减少15~20%,主要原因是V法造型表面硬度可达95,型壁移动减少。冒口只需要补充铸件,没有型壁变形导致铸件增大;但V法型腔带有薄膜,几乎无透气性,腔内气体是通过冒口逃逸。

4 予置内冷铁

平衡重属大型实体厚壁铸件,大多壁厚不均匀,若工艺处理不当,极易产生缩孔、裂纹等铸造缺陷,严重影响平衡重的安全使用。采用予置内冷铁,可减小冒口尺寸,提高工艺出品率。并使铸件实现均衡凝固、组织致密,从而消除铸件内部的缩孔和缩松,并消除局部热应力,防止裂纹。且有助于解决粘砂和烧结砂芯的问题。

5 结论

(1)V法铸造大型铸件可获得良好的铸件表面质量;

(2)V法铸件收缩率较小,冒口冷却速度较慢,冒口体积可减少15~20%;

(3)V法铸造型砂中无粘结剂、水和附加物。固体废弃物少,砂处理系统简单,干砂再生高达95%,设备投资少,运行能耗少,铸件清理的劳动强度减少50%;

(4)V法铸造生产现场没有难闻的烟气,浇注时真空系统起到了烟气通道作用,薄膜涂料和树脂砂芯产生的气体都被真空抽走,并经过干湿过滤排空;V法采用高频率低振幅振动紧实,时间短、噪音低;多功能电机控制柜控制电机运转,更平稳、噪音更小;

(5)V法铸造技术环境友好,劳动条件好。符合优质高效、低能耗、少污染,节能减排可持续发展的高要求。

作者简介:熊新民(1952年-),男,工程师,主要从事铸造新技术新工艺研究、铸造合金配料等工作。

(上接第96页)

段,研究了由吹塑成型的存储容器吹塑件的应力和应变变化规律,得到了其表达式,并结合相

关的CAE技术进行验证。结果表明,该方法不仅能用于指导吹塑成型工艺参数的选取还能用于优化吹塑成型模具的设计。

参考文献:

- [1] 胡小忠,柳和生,赖家美.聚丙烯薄膜的双向拉伸工艺研究[J].橡塑技术与装备,2004,30(4):13-18.
- [2] Han-Xiong Huang, Yu-Zhou Li, Yan-Hong Deng. Online real-time acquisition for transient temperature in blow molding[J]. Polymer Testing. 2006, 25(6): 839-845.
- [3] 李冬,黄汉雄,杨艳娟.基于神经网络的挤出吹塑中型坯尺寸预测[J].塑料科技,2005(4):22-26.
- [4] Kostas D. Housiadas, George Klidis, John Tsamopoulos. Two- and three-dimensional instabilities in the film blowing process[J]. 2007, 141(2/3): 193-220.

作者简介:陈丁桂(1963年-),男,讲师,硕士。主要从事高分子材料加工教学、科研工作。

基于CAE技术的吹塑成型工艺及模具设计

作者: [陈丁桂](#), [王乾廷](#), [林永南](#)
作者单位: [福建工程学院材料科学与工程系, 福建, 福州, 350108](#)
刊名: [机电技术](#)
英文刊名: [MECHANICAL & ELECTRICAL TECHNOLOGY](#)
年, 卷(期): 2009, 32(4)
被引用次数: 0次

参考文献(4条)

1. [胡小忠](#), [柳和生](#), [赖家美](#) [聚丙烯薄膜的双向拉伸工艺研究](#)[期刊论文]-[橡塑技术与装备](#) 2004(4)
2. [Han-Xiong Huang](#), [Yu-Zhou Li](#), [Yan-Hong Deng](#) [Online real-time acquisition for transient temperature in blow molding](#) 2006(6)
3. [李冬](#), [黄汉雄](#), [杨艳娟](#) [基于神经网络的挤出吹塑中型坯尺寸预测](#)[期刊论文]-[塑料科技](#) 2005(4)
4. [Kostas D Housiadas](#), [George Klidis](#), [John Tsamopoulos](#) [Two-and three-dimensional instabilities in the film blowing process](#) 2007(2/3)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jdjs200904033.aspx

授权使用: 北京航空航天大学北海学院(bhbhxy), 授权号: 684b9406-bad3-4315-8558-9e4c017ad90b

下载时间: 2010年12月14日