

文章编号: 1001-411X(2001)01-0094-01

振动场中圆管流道内聚合物熔体流动的数值模拟

钟谭卫, 朱梅阶

(华南农业大学理学院, 广东 广州 510642)

Numerical Simulation for Dynamic Melted Polymer Pipe Flows in Vibration Field

ZHONG Tan-wei, ZHU Mei-jie

(College of Science, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

关键词: 振动场; 聚合物熔体; 移动网格法

Key words: vibration field; melted polymer; moving grid method

流动和变形是聚合物加工过程中最基本的工艺特征, 故材料的性质必然同速度、温度、压力、时间等加工参数, 与加工过程的安排及机械设备密切相关。因此研究聚合物熔体的流变性质不但对加工出优质的制品是不可缺少的一环, 而且对设计出符合工艺要求的设备也是十分重要的。本文研究了在引入“全程振动场”后, 对串接于电磁动态挤出机头的圆管模头内聚合物熔体进行了数值模拟, 在振动场中建立了以 Oldroyd—Maxwell 本构方程为主的动态圆管流的数学模型, 采用了数值差分方法和移动网格法求得了数值解, 达到对内部熔体流动的了解, 并用软件包“MATLAB”绘制了图形。

1 数学模型的建立

聚合物熔体流动基本方程和边界初始条件

① 连续性方程 $\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(ru) + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$

② 运动方程 $\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial(r\tau_r)}{\partial r} - \frac{\tau_{\theta\theta}}{r} + \frac{\partial \tau_z}{\partial z} \right) \right) = 0$
 $\rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial(r\tau_z)}{\partial r} + \frac{\partial \tau_z}{\partial z} \right) \right) = 0$

③ 压力方程

$$\frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} = \rho \left(\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) - \frac{\partial^2 \tau_r}{\partial r^2} - \frac{2\partial^2 \tau_z}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{\theta\theta}}{\partial r} - \frac{\partial^2 \tau_z}{\partial z^2} - \frac{2}{r} \frac{\partial \tau_z}{\partial r} - \frac{2}{r} \frac{\partial \tau_r}{\partial z}$$

④ 本构方程

$$\tau_{rr} + \lambda \frac{\partial \tau_{rr}}{\partial t} = 2\mu \frac{\partial u}{\partial r}, \quad \tau_{zz} + \lambda \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial t} = \mu \left(\frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial u}{\partial z} \right),$$
$$\tau_{zz} + \lambda \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial t} = 2\mu \frac{\partial w}{\partial z}, \quad \tau_{\theta\theta} + \lambda \frac{\partial \tau_{\theta\theta}}{\partial t} = 2\mu \frac{u}{r}$$

2 求方程的数值解

将每个方程无量纲化后, 在一个周期内解离散方程组得数值解, 再通过移动网格法得到更好的数值解。在 $t = t_{k-1}$ 和 $t = t_k$ 时, 已知函数值 $f(x, t_{k-1})$, $f(x, t_k)$ 构造

$$F(x, t) = f(x, t_{k-1}) + \frac{t - t_{k-1}}{t_k - t_{k-1}} [f(x, t_k) - f(x, t_{k-1})],$$
$$t_{k-1} \leq t \leq t_k, 0 \leq x \leq 1$$

数值例子: 1 物料参数及几何参数: 物料的松弛时间 (λ) 为 2.55 s, 零剪切粘度 (μ) 为 11 000 Pa·s, 熔体的密度 (ρ) 为 782 kg/m³, 熔体比热 (C_p) 为 2.65 kJ/(kg·K), 热导率 (K_a) 为 0.255 W/(m·K);

2 工艺参数: 流量为 0.005 kg/s, 频率为 25 Hz, 管温为 160°C, 振幅为 0.06, 壁温为 175°C, 压力为 90.3 MPa。

3 结果

通过对串接于新型电磁动态塑化挤出机的圆管模头内聚合物熔体理论研究, 结果(图 1、2)表明: 振动场的引入使熔体的速度、压力等参量都是振动的, 而且随着振动频率和振幅的变化而变化。

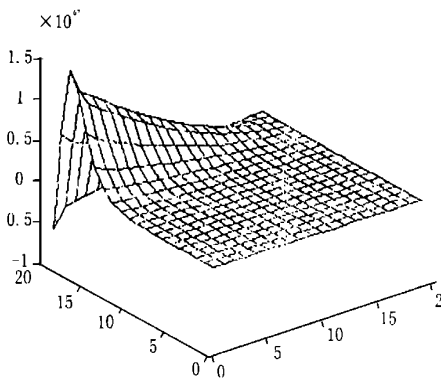


图 1 速度 u 在 r 方向与 z 方向值的分布

Fig. 1 distribution of rate u in both directions r and z

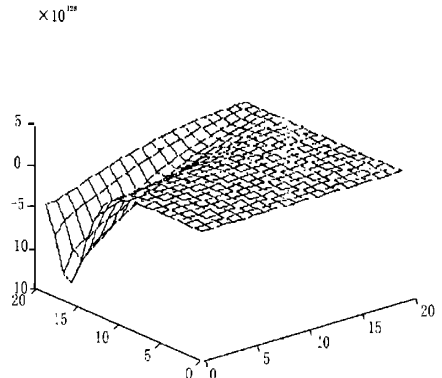


图 2 压力 p 在 r 方向与 z 方向值的分布

Fig. 2 distribution of pressure p in both directions r and z

参考文献:

- [1] 顾尔祚. 流体力学有限差分法基础[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981. 1—128.
- [2] 梁开平. 聚合物熔体动态圆管流的计算机仿真及实验研究[D]. 广州: 华南理工大学 1998.
- [3] LIAO G, BILL S. A moving grid finite—element method using grid deformation[J]. Numer Methods for PDES, 1995, 11: 603—615.

【责任编辑 周志红】

收稿日期: 2000—07—17

作者简介: 钟谭卫(1962—), 男, 副教授, 硕士。

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net