

文章编号:1671-6833(2003)03-0083-04

销钉式挤出机的机筒三维有限元分析

李成清, 王定标, 魏新利

(郑州大学化工学院, 河南 郑州 450002)

摘 要: 根据挤出机的结构特点,建立了普通挤出机机筒的有限元模型,利用 ANSYS 有限元软件对其进行有限元分析,并与理论计算值进行比较,两者结果吻合较好,说明有限元计算方法是可靠的.而后建立了销钉机筒的有限元模型,运用 ANSYS 有限元软件,对该机筒进行了应力分析,得到了其应力分布值,计算结果表明:销钉孔和内壁面的结合处存在较高的应力集中,销钉孔打破了机筒的连续性,降低了它的强度.为有效降低销钉机筒的应力,应合理进行销钉机筒的结构设计.

关键词: 销钉机筒; 厚壁圆筒; 有限元; ANSYS; 应力分析

中图分类号: TH 131.6; TP 391.7 **文献标识码:** A

0 引言

挤出机是聚合物加工中最基本的装置之一.由于销钉式冷喂料橡胶挤出机与普通挤出机相比,具有胶料混合均匀、塑化效果好、挤出温度低、挤出量大等优点,所以近十几年来,它在我国橡胶工业中得到了广泛的应用^[1~3].销钉式冷喂料橡胶挤出机的结构特点是,在机筒上沿轴线方向若干等距的圆周上径向均布插入 6~12 个销钉.该销钉均固定在机筒上,销钉端头插入螺杆的螺槽中,接近螺杆底径面.挤出机螺杆的相应部位加工成能容纳插入销钉的周向沟槽^[4],如图 1 所示.

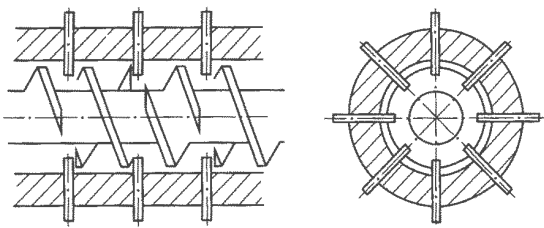


图 1 机筒及销钉位置结构
Fig. 1 The structure of pin barrel

销钉式冷喂料橡胶挤出机的机筒(以下简称销钉机筒)孔较多,结构复杂,对其进行结构设计计算时,难以用厚壁圆筒弹性应力分析的方法计算机筒的应力,只能采用数值模拟的方法进行或凭经验选取各结构参数.本文采用三维有限元方法,取一段机筒进行研究.按理应当取整个机筒进

行数值模拟,但是对于大型销钉式冷喂料橡胶挤出机,销钉多达 16 排,结构复杂,数值模拟计算整个机筒在目前的条件下是十分困难的.因此,对于复杂的机筒进行模拟计算,应作适当简化.本文根据销钉式冷喂料橡胶挤出机的结构特点,探讨了销钉机筒三维数值模拟技术问题,建立了销钉机筒的模型,研究了其应力分布状况,同时,建立了不带销钉的普通机筒模型,加以对比和验证.

1 有限元计算模型建立

1.1 模型建立

取筒体长度为 96 mm(两排销钉的间距),机筒内径为 120 mm,外径为 210 mm.根据销钉式机筒结构特点和载荷特性,采用三维实体的力学模型,由于结构对称,取其 1/4 作为计算模型,如图 2(a) 所示.采用 ANSYS 单元库中 Solid 95 单元,它是三维 20 节点的单元,能在不损精确性的前提下,能够允许不规则变形,适合于边界是曲线的模型.

同样,将普通机筒简化为一厚壁圆筒,内径为 120 mm,外径为 210 mm,长度为 96 mm,同样取圆筒的 1/4 作为计算模型,如图 2(b) 所示.

1.2 网格划分

采用三维自由网格划分,网格形状为三角形.在孔周围,网格划分较为细密,其它地方较为稀疏.销钉机筒模型如图 3(a) 所示,总共划分为 19 191 个单元,28 960 个节点.普通机筒模型共划

收稿日期:2003-03-08; 修订日期:2003-06-28

基金项目:河南省自然科学基金资助项目(0311022000)

作者简介:李成清(1973-),女,河南省郑州市人,郑州大学硕士研究生.

分2 644个单元,4 377 个节点,如图 3(b) 所示.

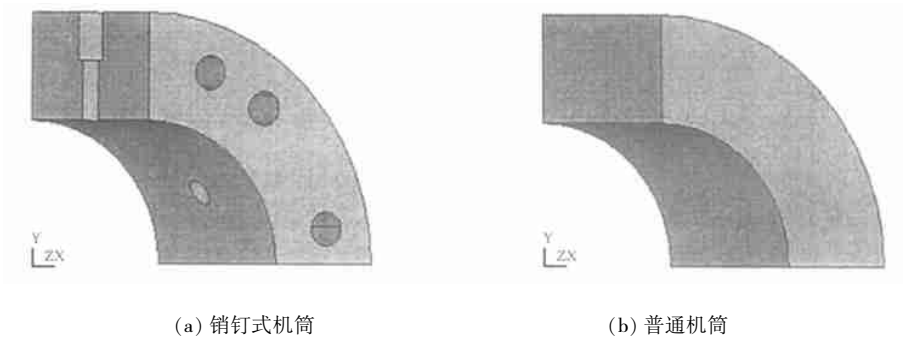


图 2 几何模型
Fig.2 Geometrical model

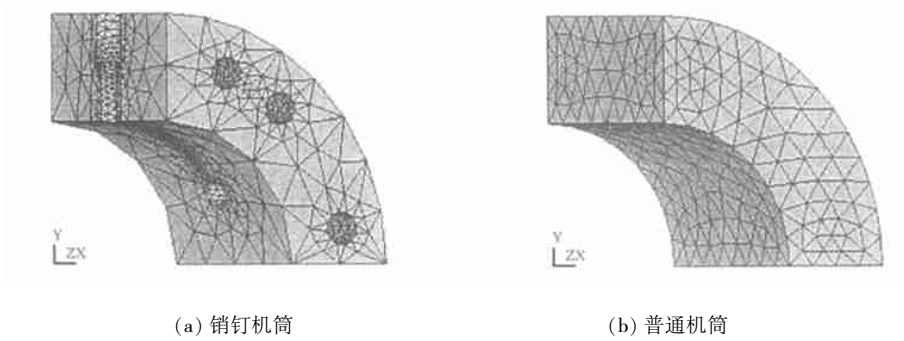


图 3 三维网格图
Fig.3 Dimensions mesh

1.3 材料参数

销钉机筒和普通机筒均采用 20 号钢,其弹性模量 $E = 190 \text{ GPa}$,泊松比为 0.3,屈服应力为 267 MPa .

1.4 载荷及边界条件

对销钉机筒和普通机筒均施加 5.818 MPa 的轴向力, 12 MPa 的内压.以 x 轴为矢量方向的切平面处在 x 轴方向施加位移约束.以 y 轴为矢量方向的切平面处,在 y 轴方向施加位移约束.在

筒体的一个端面处施加 z 方向位移约束.

2 有限元计算结果与分析

2.1 普通机筒的应力场计算结果

普通机筒第一主应力如图 4 所示,在内壁面处最大值为 24 MPa ,普通机筒的von Mses 应力分布如图 5 所示,最大值是 33.7 MPa ,从内壁到外壁,应力逐渐减小,从图中可以明显看出沿径向存在应力梯度.

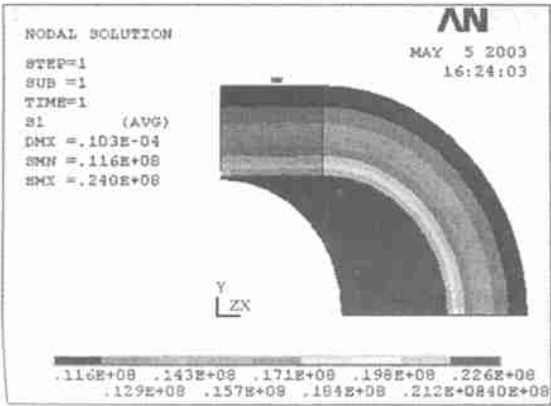


图 4 普通机筒第一主应力图
Fig.4 The first principal stress distribution
of general barrel

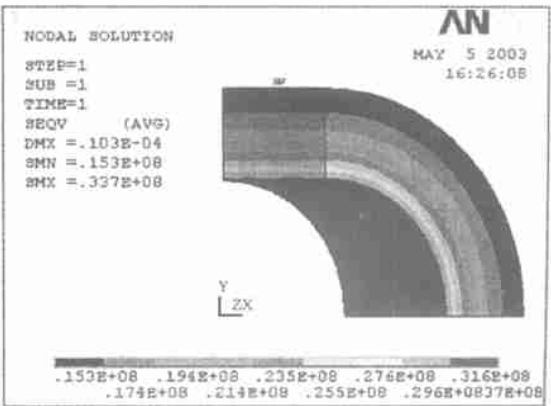


图 5 普通机筒von Mses 应力分布图
Fig.5 Von Mses stress distribution
of general barrel

2.2 销钉式机筒的应力场计算结果

图6所示是销钉机筒的von Mses 应力分布图,其最大值是103 MPa.图7所示是销钉机筒应力强度分布图,其最大值是109 MPa,小于屈服应力267 MPa.从应力图中可以看出,由于销钉孔的存在,壁面的连续性被打破,在销钉孔与内壁面的交界处出现应力集中,此处的应力最大.销钉机筒的应力分布杂乱无序,不像普通机筒的应力分布

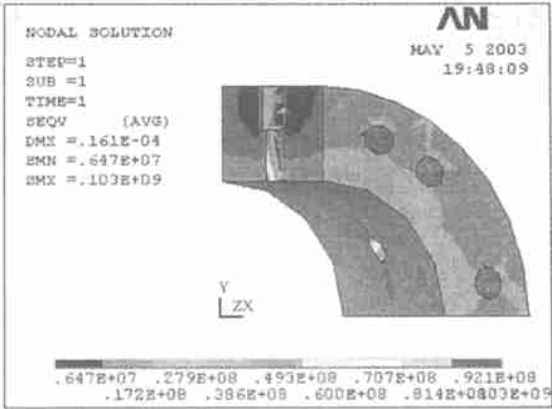


图6 销钉式机筒的von Mses 应力分布图
Fig.6 Von Mses stresss distributionof pin barrel

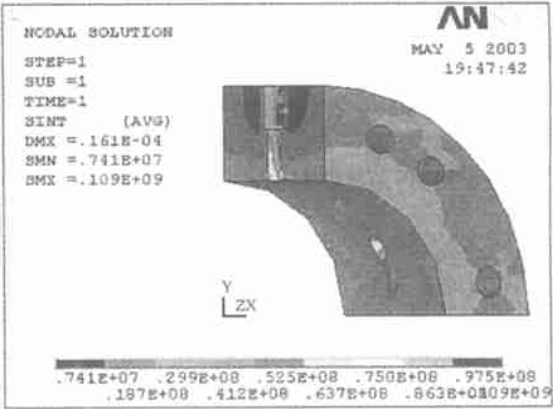


图7 销钉式机筒应力强度分布图
Fig.7 Stress distribution of pin barrel

表1 两种机筒的应力最大值

Tab.1 Maximumstress of two kinds of barrels						MPa
项目	第一主应力	第二主应力	第三主应力	Von Mses 应力	应力强度	
普通机筒	24	0.07	-5.77	33.7	36.5	
销钉机筒	100	20.6	13.1	103	109	

从表1可以看出,机筒开孔以后,应力值增大,第一主应力的最大值增大了3倍,von Mses 应力和应力强度的最大值分别增大了2倍.由于受内压,筒体内表面的应力本来就比较大,再加上开孔削弱的影响和结构的连续性被破坏,所以机筒开孔后应力增大.由图6和图7可见,最大应力具有局部性的特点,对整体结构安全性影响并不很大.但是,若在该处出现裂纹或加工缺陷,可能会形成断裂源.因此,为了保证结构安全,在进行结构设计时,应尽力减小开孔直径,在加工制造时,应在销钉孔与机筒内壁面交界处进行适当圆滑过渡和倒角处理,以有效降低该处应力.

3 计算结果验证

普通机筒为一厚壁容器,对厚壁容器可采用理论计算公式——拉美公式来计算,以验证AN-SYS 有限元计算结果的准确性.

根据拉美公式,单层厚壁圆筒在内压作用下内表面的应力分别为

那样具有很好的层次.

2.3 普通机筒与销钉机筒的应力场计算结果对比分析

表1为相同内外径、相同受力条件下普通机筒与销钉机筒的第一主应力、第二主应力、第三主应力、von Mses 应力和应力强度的最大值计算结果.

$$\begin{aligned} \text{径向应力 } q &= -p_i = -12 \text{ MPa}; \\ \text{周向应力 } \sigma_\theta &= p_i \left[\frac{k^2+1}{k^2-1} \right] = 26.626 \text{ MPa}; \\ \text{轴向应力 } q &= p_i \left[\frac{1}{k^2-1} \right] = 5.818 \text{ MPa}. \end{aligned}$$

式中: $k = \frac{R_0}{R_i} = 1.75$.

由普通机筒有限元计算结果可知,其第一主应力在内壁面处最大值为24 MPa,与用拉美公式计算所得26.626 MPa相比,相差7.24%,因此,在允许范围内,采用有限元法进行应力计算是准确可靠的.

4 结束语

在应用有限元方法对普通挤出机的机筒进行三维应力分析的基础上,对复杂结构的销钉式挤出机的机筒进行了三维应力分析,得到了各点应力值.通过应力分析可知:销钉孔和内壁面的结合处存在较高的应力集中;销钉孔打破了机筒的连续性,降低了它的强度;通过合理的结构设计,可

有效降低应力集中.

同时通过应用有限元方法对销钉机筒进行应力分析,证明只要合理地利用有限元方法和合理地确定边界条件、单元类型,可以得到可靠的应力分析结果,为复杂结构的机械设计提供依据.

参考文献:

[1] 韩富城,程桌勇.销钉式冷喂料橡胶挤出机及其应

用[J].橡胶技术与装备,1999,25(4):9~10.

[2] 林振炎,潘锦灿.销钉机筒冷喂料橡胶挤出机的开发[J].橡胶工业,1992,39(1):21~25.

[3] 白仲元.冷喂料销钉机筒挤出机的使用问题[J].橡胶工业,1991,38(8):468~471.

[4] 阮桂海.销钉机筒冷喂料挤出机的工艺特性及应用[J].橡胶技术与装备,1991,(2):18~23.

[5] 魏新利.销钉式挤出机的结构特点与挤出机理分析[J].郑州工业大学学报,1997,18(1):52~56.

The Finite Element Method Analysis on Pin Barrel

LI Cheng - qing , WANG Ding - hiao , WEI Xin - li

(College of Chemical Engineering ,Zhengzhou University ,Zhengzhou 450002,China)

Abstract : According to the structural characteristic of extruder the finite element model (FEM) of general barrel is created .We apply the finite element program ANSYS to the analysis of its stress .The finite element analysis accords with the theory value ,which shows that it is very accurate and reliable to analyze barrel by using FEM .Then the finite element model of pin barrel is created and analyzed by using ANSYS so the stress distribution is achieved .The results show that stress focuses between pin holes and interior wall and the continuity of barrel is destroyed .In order to reduce the stress of pin barrel the structure of pin barrel should be reasonably designed .

Key words : pin barrel ;thick cylinder ;finite element method ; ANSYS ; stress analysis