

[制造·维修]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2012.06.010

基于 ABAQUS6.9 的 20/316L 复合管 旋压成形有限元数值模拟

伊蒙生

(南京工业大学 机械与动力工程学院, 江苏 南京 210009)

摘 要:基于有限元分析软件 ABAQUS6.9,对双金属复合管旋压成形过程进行数值模拟研究,将旋压过程分为起旋、稳旋和旋出模具3个阶段,分析了稳旋阶段的轴向、径向和周向的应力分布,得出旋压后内管出现裂纹以及模具受磨损的原因,得到旋压成形后的等效塑性应变、残余接触压力分布情况,以及稳旋阶段的心轴扭矩,结果对以后旋压工艺的优化有重要意义。图8表1参8

关 键 词:双金属复合管;旋压成形;残余接触压力;数值模拟

中图分类号:TG335.7;TP391.7

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2012)06-0036-04

FEM Numerical Simulation on Spinning of 20/316L Composite Pipe Based on ABAQUS6.9

YI Mengsheng

(College of Mechanical and Power Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

Abstract:In this paper, the numerical simulation of spinning process of 20/316L composite pipe was carried out based on the finite element software ABAQUS6.9. The spinning forming process was divided into three stages—the initial stage, stable spinning stage and screw out spinning die stage, the axial, radial and hoop stress distributions in the forming zone during the stable spinning stage were analyzed. The reasons of transverse and longitudinal crack on the liner tube and die wear were found. The PEEQ, the distribution of torque of the transmission shaft and the residual contact pressure between the inner and outer pipe were discussed. The results are significant for the optimizing of the spinning process parameters. [Ch, 8 fig. 1 tab. 8 ref.]

Key words:bimetal tube; spinning forming; residual contact pressure; numerical simulation

0 引言

金属复合管^[1]是由两种不同的金属管材组成,一种管材在外,另一种管材在内,两管之间通过一些成形技术和连接方法紧密结合在一起,受到外力作用的时候,内外管材同时变形而且界面不发生分离。双金属管的设计原则一般是基管满足管道的设计应力强度,衬管满足耐磨损或耐腐蚀的性能要求。因而与单一金属管相比较,双金属复合管充分利用了基管和衬管的优良性能,不但具有高强度,而且还具有好的耐磨损、防腐蚀等性能,减少了生产成本,节约了稀有的贵重的

金属的使用。文章所研究的内衬 316L (牌号 00Cr17Ni14Mo2) 不锈钢复合管,由于具有良好的耐腐蚀性能以及较低的生产成本,在炼油、石化、化工、电力、冶金等领域得到广泛应用^[2-3]。以有限元软件 ABAQUS6.9 为研究平台,结合实际建立复合管旋压成形的三维有限元模型,对内衬 316L 不锈钢双金属复合管的旋压过程进行仿真。模拟结果对指导实际生产及以后参数优化提供支持。

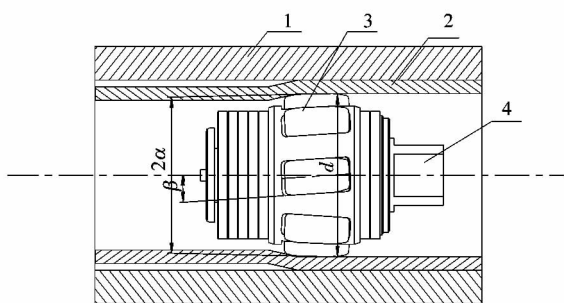
1 复合管旋压成形原理

图1为旋压复合管几何模型示意图,旋压过程中

收稿日期:2012-05-29;修回日期:2012-06-10

作者简介:伊蒙生(1987),男,山东临沂人,南京工业大学在读硕士研究生,主要研究方向为过程机械的结构与强度。E-mail: yimengsheng09@126.com

旋压头在心轴的带动下旋转并沿复合管轴向方向进给。滚柱逐渐与衬管接触并对其产生胀管压力。衬管在滚柱挤压下发生径向扩径以及轴向伸长,当衬管扩径到一定量时复合管之间的间隙消除,基管与衬管在旋压头作用下同时变形,过程中衬管发生塑性变形,基管在弹性变形范围内,当胀管压力卸掉后,基管回弹量大于衬管,于是两者贴合在一起。



1—基管;2—衬管;3—滚柱;4—心轴

图1 旋压加工示意图

Figure 1 Schematic illustration of spinning forming

图中, α —成形角; β —导向角; d —模具最大外径。

2 有限元模型建立

2.1 几何模型

假定内外管都是无偏心以及厚度均匀的理想圆管,建立三维有限元模型,采用五滚柱旋压头,碳钢管为 $\varnothing 80 \text{ mm} \times 5.5 \text{ mm}$;316L 衬管为 $\varnothing 67 \text{ mm} \times 1.2 \text{ mm}$ 。旋压参数初定为:成形角 $\alpha = 1.0^\circ$,导向角 $\beta = 2.0^\circ$,心轴转速 $r = 58.6 \text{ rad/s}$,摩擦因数为 $\mu = 0.10$,进给速度 $v = 20 \text{ mm/s}$,旋压头最大外径 $d = 66.8 \text{ mm}$ 。

2.2 定义材料参数

内、外管的基本力学性能参数见表1。旋压成形属于弹塑性大变形过程,选择弹塑性硬化模型定义塑性材料参数(真实应力和真实应变的关系)。滚柱在旋压过程几乎无变形,可以将其视为解析刚体,无需定义材料属性^[4]。

表1 力学性能参数

Table 1 Mechanical properties of pipe materials

材料	屈服极限 σ_s/MPa	抗拉极限 σ_b/MPa	弹性模量 E/GPa	泊松比
316L	255	600	195	0.26
20#	300	485	206	0.3

2.3 划分网格

如图2所示,内外管均采用八节点六面体线性减缩积分单元 C3D8R,滚柱为解析刚体,无需划分网格。

由于复合管旋压过程是一个大变形过程,单元格容易发生畸变,所以在内外管区域使用了 ALE 自适应网格技术^[5]。

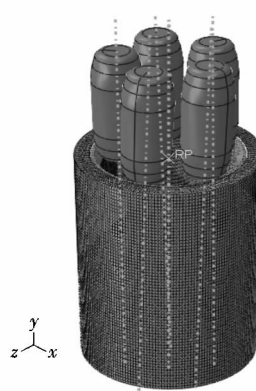


图2 模型网格

Figure 2 Mesh of FE model

2.4 定义接触和摩擦

复合管旋压过程中接触问题的边界条件是高度非线性的,发生接触的两个物体表面必须不能相互渗透。ABAQUS/Explicit 中的动态显示接触对计算方法能够非常地对旋压模具和内管以及内外管之间的接触关系进行数值模拟。在滚柱与内管的接触对中,滚柱表面作为主面,衬管的内表面作为从面;外管与内管接触对中,外管内表面作为主面,内管外表面作为从面。所有接触对都采用经典库伦摩擦模型,接触对之间选择有限滑移模型^[6]。

2.5 定义载荷

对旋压模具采用速度加载方式,转速为 58.6 rad/s ,进给速度为 20 mm/s ,选择 Smooth step 型幅值曲线对加载方式进行定义^[7]。采用 ABAQUS/Explicit 准静态分析对旋压成形过程进行求解^[8]。

3 结果分析

3.1 轴向应力的分析

复合管的轴向应力在稳旋阶段的分布情况如图3所示。由图可知,内管与滚柱接触的区域受到滚柱的挤压作用产生压应力,与滚珠最大外径接触的部分轴向压应力最大,达到了 520.4 MPa ,由于滚柱作直线运动的同时还有圆周运动,所以滚柱之间的周向区域会受到滚柱拉力作用产生拉应力,最大的拉应力是 397.1 MPa ,若此时拉应力数值大于内管材料的抗拉强度极限,就会导致内管生成横向裂纹甚至会被拉断,实际生产中复合管出现横向裂纹的原因就在于此,复合管成形后的质量将会受到严重影响。

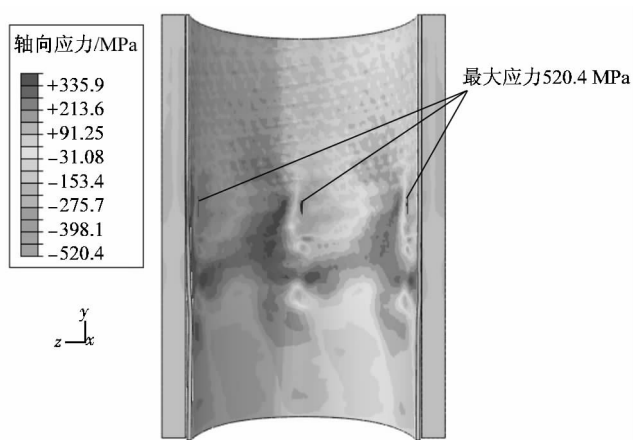


图3 轴向应力在稳旋阶段的分布

Figure 3 Axial stress distribution during the stable spinning

3.2 径向应力的分析

复合管的径向应力在稳定旋压阶段的分布如图4所示。由图可知,在稳旋阶段,滚珠最大外径处与内管内壁面的接触区就是径向应力的集中区。在这个区域,内外管的径向压应力都比较大,最大值是529.4 MPa,滚柱最大外径处由于反作用会产生强烈磨损,其形状会随着长期磨损而改变,精度也会降低,旋压成形后的内管厚度不均匀,表面精度下降以及滚柱失效等问题就会随之而来。因此,复合管旋压成形的工艺参数优化在提高复合管质量、延长滚珠使用寿命方面都是非常必要的。

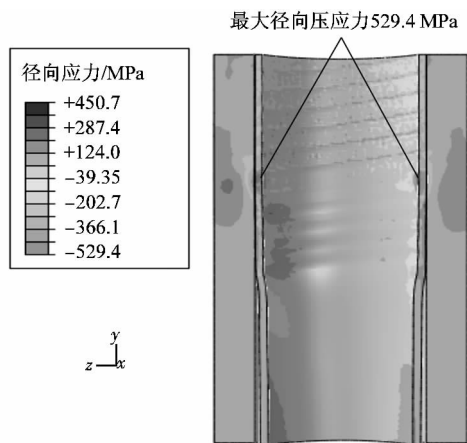


图4 径向应力在稳旋阶段的分布

Figure 4 Radial stress distribution during the stable spinning

3.3 环向应力的分析

复合管的环向应力在稳定旋压阶段的分布如图5所示。由图可知,与滚柱接触的衬管区域环向受压,与

滚柱最大外径接触的内管区域压应力是最大的,其值为586.5 MPa,滚柱之间的内管区域受到拉应力作用,最大值为496.6 MPa,分布着拉应力的面积区域大,如果拉应力过大,那么纵向裂纹就可能在内管表面产生,显然复合管的质量会受到严重影响。

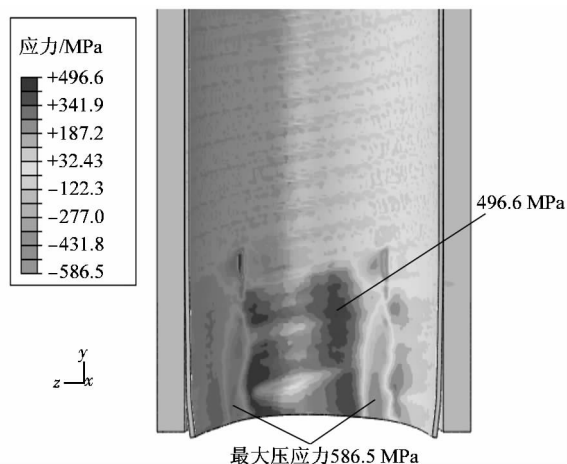


图5 环向应力在稳旋阶段的分布

Figure 5 Hoop stress distribution during the stable spinning

3.4 心轴扭矩分析

图6为心轴扭矩和加载时间之间的关系曲线,由图可知,整个旋压过程可以分为3个阶段。当模具开始旋入衬管的时候,随着模具与衬管的接触面积越来越大,转动阻力增大,所以扭矩是逐渐变大的,扭矩从0迅速变大到1000 N·m左右的这个阶段就是模具旋入阶段;当滚柱完全旋入衬管以后,其于衬管的接触面积大小是稳定的,转动阻力自然也趋于稳定,所以扭矩图波动小,图中相对平稳的曲线段即为稳旋阶段,我们可以通过稳旋阶段的扭矩值计算电机的功率;当滚柱开始从衬管中旋出的时候,其与内管的接触面积减

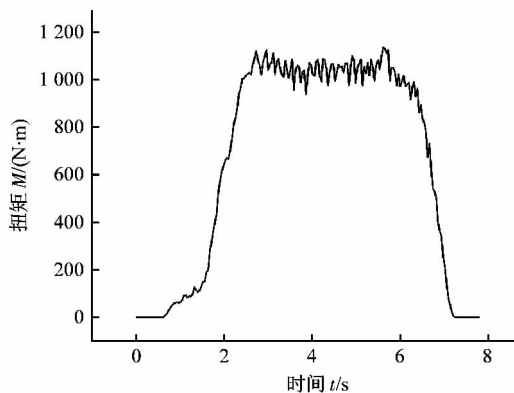


图6 复合管成形过程的心轴扭矩

Figure 6 Torque of composite pipe forming process

小,阻力减小,进而扭矩也变小,与旋入阶段几乎是对称关系,此为模具旋出阶段。由图可知,稳定旋压阶段扭矩 $M = 1\ 080\ \text{N} \cdot \text{m}$ 。

3.5 内外管残余接触压力的分析

当旋压过程结束后,滚柱完全旋出内管,其对衬管的胀管压力卸载,由于基管在过程中发生了弹性变形,所以会发生弹性回弹,衬管也会发生回弹,但是外管的弹性回弹量要大于内管的回弹量,于是两管就会压紧到一起,他们之间的压紧力没有达到使内管发生反向屈服强度,所以两管只能贴合到一起,所以旋压完成以后,内外管之间存在压紧力,也就是残余接触压力,其值大小决定了复合管抵抗外力变形的力学性能,是复合管质量优劣的重要指标,其值越大,复合管的贴合强度越好,管子的性能就越优越。在内管的外壁面选择了一条路径,残余接触压力在此路径的分布如图 7 所示。从图中可以看出,旋压复合成形后,残余接触压力在内外管之间的分布均匀,残余接触压力的最小值为 $0.72\ \text{MPa}$,其平均值可以达到 $10.95\ \text{MPa}$,国家标准 CJ/T192-2004 规定复合管的结合强度达到 $0.2\ \text{MPa}$ 就符合标准,显然旋压后的结合强度已经远大于此标准。

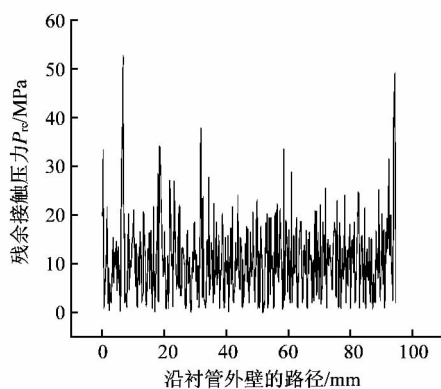


图 7 复合管的残余接触压力

Figure 7 Residual contact pressure of the composite pipe

3.6 塑性应变的分析

变形体在整个成形过程中的累积塑性形变可以用 ε_{PEEQ} 表征,称之为等效塑性应变,由图 8 可以看出内外管的变形都是很均匀的,在旋出模具阶段由于基管对衬管的约束区域减少,所以衬管的金属流动更自由,变形量也随之变大,这也是与实际符合的。由图可知,外管的等效塑性应变接近 0,其变形保持在弹性阶段,但是内管的等效塑性应变都是比 0 大的,显然材料发生屈服,进入了塑性阶段。

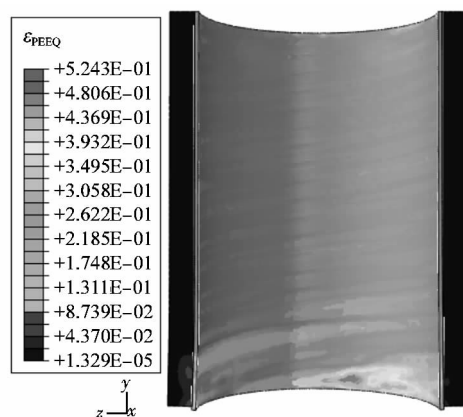


图 8 成形后的等效塑性应变 PEEQ

Figure 8 Equivalent plastic strain after the spinning completed

4 结论

1) 通过分析时间-扭矩曲线,把旋压成形分成 3 个阶段,分别是模具旋入阶段、稳定旋压阶段和模具旋出阶段。稳定旋压阶段的扭矩大小趋于稳定,可以通过这个阶段的扭矩值来计算提供转动的电机的功率。

2) 通过对复合管旋压成形过程的有限元模拟,对稳定旋压阶段的各向应力作出分析,给出了成形过程中内管出现裂纹的原因,对滚柱磨损的现象也进行了讨论,为以后旋压工艺参数的优化指明了方向。

3) 通过观察成形后内外管的等效塑性应变和残余接触压力的分布情况,得出内管已经全面进入屈服状态,外管始终在弹性范围之内,两管之间的残余接触压力均匀,平均值达到了 $10.95\ \text{MPa}$,远远超出了国家标准 CJ/T 192-2004 规定的 $0.2\ \text{MPa}$ 。

参考文献 (References):

- [1] 赵卫民. 金属复合管生产技术综述[J]. 焊管, 2003, 26(3): 10 - 14.
- [2] 齐敬春, 王明鹏. 碳钢内衬不锈钢复合管材的特性及应用[J]. 中国建材科技, 2005(3): 23 - 25.
- [3] 於方, 秦建平. 双金属管在管道输送中的应用[J]. 钢管, 2000, 29(1): 34 - 36.
- [4] 韩志仁, 陶华. 筒形件强力旋压有限元模拟研究[J]. 机械设计与制造, 2006(11): 137 - 139.
- [5] 赵腾伦, 黄建峰. 筒形件反旋成形有限元数值模拟[J]. 锻压技术, 2008, 33(1): 60 - 65.
- [6] 陆晓峰, 郑新. 基于有限元模拟的 20/316L 双金属复合管拉拔参数的优化[J]. 中国有色金属学报, 2011, 21(1): 205 - 213.
- [7] 杨坤, 李健. 基于有限元方法的 TA2 筒形件多道次旋压成形过程[J]. 塑性工程学报, 2010, 17(2): 39 - 44.
- [8] 赵腾伦. ABAQUS6.6 在机械工程中的应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007: 301 - 302.

[制造·维修]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2012.06.011

基于MMAS的贴片机元件贴装顺序优化

徐丽莉, 刘文杰, 严震宇, 吴秉羲

(苏州大学机电工程学院, 江苏苏州 215021)

摘要:贴片技术是印刷电路板生产中的重要技术,而如何提高贴片机效率则是一个热门研究问题。文章对贴片机贴装元件的过程进行了数学建模,并应用最大-最小蚂蚁系统算法对贴装的顺序进行分析优化,结果表明,该算法大大缩短了元件贴片时间,从而提高了贴片机的效率。图3参11

关键词:贴片机;表面贴装技术;最大-最小蚂蚁系统;顺序优化

中图分类号:TN41

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2012)06-0040-03

Optimization of Component Placing Sequence on Placement Machines Based on MMAS Algorithm

XU Lili, LIU Wenjie, YAN Zhenyu, WU Bingxi

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Soochow University, Suzhou 215021, Jiangsu, China)

Abstract: Surface mount technology is an important part in the production of printing circuit boards. How to improve efficiency of placement machines is a hot issue. This paper proposed a mathematical model for the process of mounting components on placement machine, then analysed and optimized the mounting sequence with MMAS algorithm. The results show that the algorithm greatly shortens the patch time, thereby increases the efficiency of placement machine. [Ch, 3 fig. 11 ref.]

Key words: placement machines; surface mount technology; max-min ant system; sequential optimization

0 引言

随着电子技术的不断发展,电路越来越复杂,表面贴装技术成为现代电子产品制造业的核心,成为主流电子制造技术^[1]。为了适应时代的发展,厂家需要努力提高生产效率,才能立足于该行业。而贴片机作为整个表面贴装生产线的关键一环,其工作效率直接影响生产线的生产效率^[2],因此研究如何提高贴片机效率有着极其重要的意义。

文中以 Quad QSP-2 型贴片机为平台进行研究,其工作效率主要由以下因素影响:①贴片头的运行速度;②供料槽排列的位置以及 PCB 板需贴装的元件数;③贴装元件的顺序;④视觉系统效率及吸嘴完成率的影响。结合实际考虑,以调整元件的贴装顺序为着重点,采用最大-最小蚂蚁系统,优化贴装顺序来提高贴片效率。

1 蚁群算法的基本原理

蚂蚁能在其走过的路径上分泌一种信息素,并在

运动过程中能够感知这种物质的存在及其强度,蚂蚁倾向于朝着该物质强度高的方向移动,通过这种内在优化找到食物源和蚁穴之间的最短路径。根据自然界真实蚁群集体行为的启发,Marco Dorigo^[3]等学者提出了一种基于蚂蚁种群的新型优化算法——蚁群算法^[4]。在蚁群算法中,提出了人工蚂蚁的概念,人工蚂蚁和真实蚂蚁一样,是一群相互合作的个体并且有着寻找起点和终点最短路径的共同任务,它能够在全局范围释放信息素^[5],并且某条路径上通过的蚂蚁越多,其留下的信息素就越多,这样后来蚂蚁选择该路径的概率就越大。

为了建立蚁群算法的数学模型,引入旅行商(TSP)问题^[6],TSP问题是指已知N个城市两两之间的距离,旅行者从其中一个城市出发,经过所有城市最终回到起始城市,要求一条最短路线。

下面以蚁群算法寻找最短路径来解决TSP问题,

收稿日期:2012-06-07;修回日期:2012-06-29

作者简介:徐丽莉(1989),女,江苏如东人,硕士研究生,主要研究方向为智能控制技术。E-mail:404391618@qq.com