

文章编号: 1672-1152(2007)04-0022-03

锥形螺旋焊管成形过程的研究

田雅琴¹ 楚志兵¹ 李颖²

(1. 太原科技大学, 山西 太原 030024; 2. 中国人民解放军防化指挥工程学院, 北京 102205)

摘要: 通过采用有限元 *ansys*, 分析了螺旋焊管成形过程中带钢的变形特征与焊管管壁层间的应力情况, 并在实验室进行了验证。基于理论与实践分析, 提出了一种特殊工艺过程——锥形螺旋焊管成形工艺, 这种工艺在实际操作中明显优于现有的传统工艺。

关键词: 锥形螺旋焊管 成形过程 应力 应变 有限元法

中图分类号: TG156

文献标识码: A

收稿日期: 2007-06-04

由于锥形管具有良好的等强度力学性能, 在建筑结构领域有广泛的用途。近年来, 随着城市建设、道路工程和输变电行业的发展, 对锥形焊管的数量和质量提出了更高的要求。传统生产工艺基本上是以压制为主, 加工成直缝锥形焊管, 在成形前必须将钢板裁剪成等腰梯形, 造成材料浪费、成本高、效率低等现象, 并很难实现大规模生产, 致使锥形管的价格远高于普通焊管的价格。

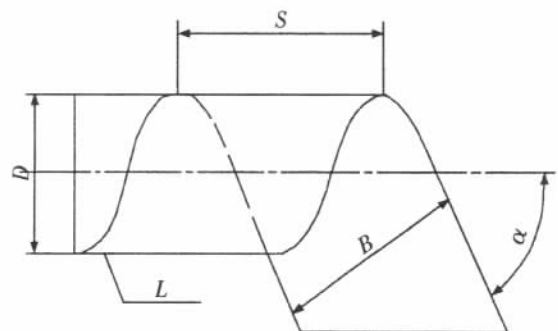
针对上述生产技术问题, 采用螺旋成形生产工艺, 即通过带钢在锥形辊上强力缠绕的方式生产锥形螺旋焊管。与锥形直缝焊管相比, 锥形螺旋焊管除了具有性能优良和价格低外, 还具有良好的焊缝质量。

锥形螺旋焊管成形过程比普通螺旋焊管成形过程复杂。其成型的主要工具——缠绕辊有一定的锥度。平行四边形带钢的空间弯曲变形(考虑成形过程角)使带钢的应力和应变更不均匀, 因此, 分析带钢的应力以及应变的分布情况, 对于工艺参数的确定是十分重要的。采用非线性有限元软件 ANSYS/LY-DYNA, 对锥形螺旋焊管的成形过程进行数值计算。即使采用数值方法分析锥形螺旋焊管的成形过程也存在计算量大的问题。该计算包括材料非线性(塑性弯曲)、几何非线性(大变形)和边界条件非线性(接触问题)的计算。为了减小计算量, 根据螺旋焊管成形过程中带钢的变形特征, 采取特殊的单元划分方案, 在保证一定精度的情况下, 可大大减少单元和节点数。

1 带钢的变形特征

第一作者简介: 田雅琴, 女, 1976 年生, 现在太原科技大学材料科学与工程学院任教, 助教。Tel: 0351-6963332, E-mail: tianyaqin203@163.com

锥形螺旋焊管成形参数见图 1。在不考虑带钢厚度的情况下, 螺距间对缝为零; 若考虑带钢厚度, 带钢的上下表面分别形成螺旋圆台面, 其成形角不同。在实际生产中, 成形角只有一个, 这样, 在锥形钢管的轴向上带钢的上下表面就发生错移, 导致锥形钢管管壁层间产生剪切应力。带钢的变形特征除了层间剪切变形外, 另一个显著的特征是在垂直锥管轴线方向上的塑性弯曲变形, 而且变形较大, 而平行于锥管轴线方向上的塑性弯曲, 变形较小。



S-螺距; B-板带宽度; D-钢管大径; α -成形角; L-锥度
图 1 锥形螺旋焊管成形参数

2 成形过程中的应力状态

带钢成形为锥形螺旋管坯后, 其产生的管壁应力与带钢在成形过程中成形力成正比。带钢成形时的相对弯曲半径 R 为 $20 \sim 80$ (半径与厚度之比)。根据塑性变形理论, 在 $R=100$ 时, 塑性变形的影响将明显表现出来, 因此, 认为成形带钢的弯曲变形为线性纯塑性弯曲。通常情况下, 外力对金属所做的大部分功在变形过程中转换成热能, 使金属温度升高, 随后散失掉, 只有小部分的功转换成内应力残留于金属中, 使金属内能增加。其中, 晶格畸变应力占总储能能的绝大部分, 表现为管壁的形变硬化, 导致钢管的抗

拉强度有所增加。但同时,外层金属受拉,内层金属受压,产生反向塑性变形,发生包辛格效应,使得带钢屈服强度有降低趋势。

带钢屈服强度高对加工硬化能力和包辛格效应都有重要影响。随着带钢屈服强度的增加,则加工硬化指数趋于降低,即加工硬化能力减小,包辛格效应加强。当带钢屈服强度大于 450 MPa 时,由于包辛格效应大于形变硬化能力,将导致带钢屈服强度降低。除了有塑性变形外,还有与弯曲力矩成比例的弹性弯曲成分。在弯曲力矩减小的情况下,施加载荷,这时弯曲力矩和弯曲曲率的关系将是线性的,即在减去负载时和在弹性变形区加载荷时,弯曲力矩同弯曲曲率半径之间的变化率是相同的。

3 有限元计算结果

一次完整的计算分为三个工况步^[1]:第一工况步是上夹持辊压到离带钢上表面预定的位置;第二工况步是下夹持辊压到带钢的下表面,形成夹持状态;第三工况步是让缠绕辊以 0.2 m/s 旋转速度旋转,带动带钢跟着缠绕辊旋转,夹持辊也跟着带钢转动,同时也顺着轴线方向与带钢同步移动。以上这些过程将会在 ANSYS/LY-DYNA 中的特殊求解器中进行求解^[2,3]。

由上述计算得出:带钢在卷取过程中的变形采用已有的工艺,可以较顺利地完锥形螺旋焊管的全部变形。

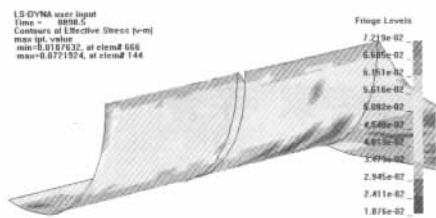


图2 Von Mises 等效应力云图

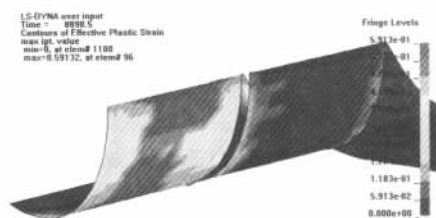


图3 等效应变云图

图2完整地表示带钢在成形过程中 Mises 屈服应力。带钢最大应力图见图3,由图3可知:带钢最大应变为 0.592,通过计算得到带钢最大延伸率为

0.592%,小于带钢冷加工时 5%延伸率的要求,说明此方案是合理的。在成形过程中带钢两边相对应单元的应变曲线(见图4),得到两单元应变的差异与实际理论分析(对应于缠绕辊径大的边应变比缠绕辊径小的边应变大)一致,由此可以得出变形过程的缠绕辊与夹持辊的设置是可行的,因此,该模拟为实际生产过程的可行性提供充分的理论依据。

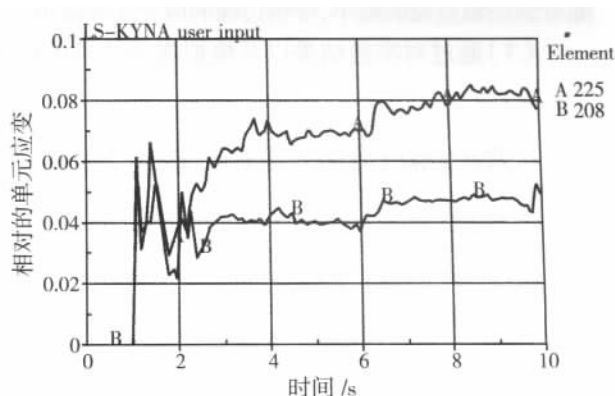


图4 带钢边部相对的单元应变

4 实验结果

由于有限元模拟计算证明带钢变形过程的缠绕辊与夹持辊的设置是可行的,因此,根据计算过程中的主要参数(带钢宽度、带钢厚度、辊径、成形角、锥度)设计出一套实验装置,来验证有限元模拟计算的正确性。

通过实验,生产出的锥形螺旋焊管(见图5)与有限元模拟成形的结果(见图6)对比,发现实验结果与模拟结果大体相同,进一步证明工艺的可行性。



图5 实验结果

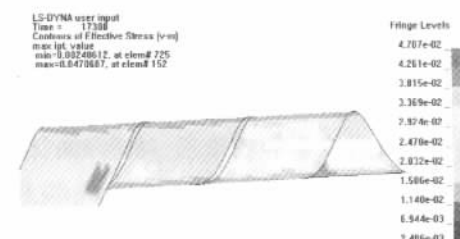


图6 模拟成型结果

5 结论

(1) 以带钢为研究对象, 用 ANSYS/LY-DYNA 建立有限元数学模型和几何模型, 成功地模拟锥形螺旋焊管的成形过程。

(2) 在带钢成形为锥形螺旋管坯过程中, 由于夹持辊的夹持、成形角和锥度的作用, 使得带钢在其长度方向有应变, 带钢两边的应变比中间的稍大。同时伴随着缠绕辊直径的减小, 带钢边缘的应变逐渐减小。

(3) 通过对实验结果以及模拟成形结果进行分

析对比, 可以给工艺参数的确定提供充分的理论证据, 为实际生产操作的成功奠定了基础。

参考文献

- [1] 张朝晖. ansys8.0 结构分析及实例接解析 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [2] 时党勇. 基于 ANSYS/LS-DYNA8.1 进行显式动力分析 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [3] 李宏. 螺旋焊管成形过程的有限元分析 [J]. 石油机械, 2001, 29(9): 30-32.

(责任编辑: 苗运平)

Research on Forming Process of Conical Spiral Welded Pipe

TIAN Yaqin¹ CHU Zhibing¹ LI Ying²

(1. Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024;

2. Defense Chemical Command Engineering College of PLA, Beijing 102250)

Abstract: Deformation features and stress condition of welded pipe walls between lower surface and upper surface during forming process of the spiral welded pipe were analyzed by FEM. It was verified in the laboratory. Based on It was verified theoretical and experimental result, a special technical processing of conical spiral welded pipe was put forward. The technology will be superior to the existing traditional technology in the actual operation.

Key words: conical spiral welded pipe, forming process, stress, strain, finite element method (FEM)

胡玉亭获得“享受政府特殊津贴专家”荣誉

在日前公布的 2006 年享受政府特殊津贴人员名单中, 山西太钢不锈钢股份有限公司总工程师胡玉亭同志被批准为享受政府特殊津贴专家。经党中央、国务院批准建立的政府特殊津贴制度, 旨在完善我国高层次人才队伍、激励广大专业技术人才积极投身现代化建设。

李建民入选“333 人才工程”省级人选

近日, 山西太钢不锈钢股份有限公司二钢厂总工程师李建民同志入选山西省“新世纪学术技术带头人‘333 人才工程’”省级人选。山西省“新世纪学术技术带头人‘333 人才工程’”于 2006 年开始实施, 即培养 30 名左右研究成果具有国际先进、国内领先水平的国家级科学家、工程技术专家和理论家; 培养 300 名左右具有省内领先水平的省级优秀人才; 培养 3000 名左右成绩显著的市级优秀人才。