

材料应用

瓶式容器收口成形旋压力数值模拟研究

邵 飞 武春学 张永峰 邓春锋

(洛阳双瑞特种装备有限公司 河南 洛阳 471000)

摘要: 通过数值模拟方法对瓶式容器热旋压成形过程中不同因素对旋压力的影响进行研究。研究表明,瓶式容器热旋压成形中,随着温度的升高,旋压力逐渐降低;随着进给比的增大,旋压力逐渐升高;各道次内径向旋压力与总旋压力大小非常接近,切向旋压力 < 轴向旋压力 < 径向旋压力;随着旋压道次的增多,旋压力逐渐增大。

关键词: 旋压力; 温度; 进给比; 数值模拟

中图分类号: TG376 **文献标识码:** A

DOI:10.19515/j.cnki.1003-1545.2019.05.008

Numerical Simulation Research on the Spining Force of Neck-spining Formation of the Bottle Pressure Vessel

SHAO Fei, WU Chunxue, ZHANG Yongfeng, DENG Chunfeng

(Luoyang Sunrui Special Equipment Co., Ltd., Luoyang 471000, China)

Abstract: The influences of different processing parameters on the spining force of hot neck-spining formation of the bottle pressure vessel has been analyzed by numerical simulation. The results show that during the hot neck-spining forming process of the bottle pressure vessel, the spining force decreases with the increasing of temperature and increases with the increasing of feed ratio; Radial spining force in every pass is very close to the total spining force, and the relationship among the three components of spining force is: tangential spining force < axial spining force < radial spining force; The spining force increases gradually with the increasing of spinning pass.

Keywords: spining force; temperature; feed ratio; numerical simulation

无缝钢管通过旋压加工生产瓶式容器能够从根本上避免传统焊接工艺生产中的多种缺陷^[1],是生产加工瓶式容器的较好方法。与普通气瓶相比,瓶式容器一般承压更高,壁厚更厚,更难成形,因此有必要通过数值模拟分析为实际生产选择合理工艺参数提供依据。

旋压力的大小与实际工艺参数的选择密切相关,旋压力是旋压工艺方案编制、旋压设备设计的科学依据^[2]。旋压成形过程复杂,影响因素众多,目前在实际生产应用中,旋压力计算时需

要对实际条件进行简化,导致得出的计算结果与真实的旋压力仍然相差较多。本研究采用数值模拟分析方法对瓶式容器热旋压收口成形过程进行分析,研究不同工艺参数变化对旋压力的影响,以期为实际生产提供可靠的指导。

1 建立瓶式容器热旋压收口成形有限元模型

1.1 建立有限元模型

建立的瓶式容器热旋压收口成形有限元模

收稿日期: 2019-02-26

作者简介: 邵飞,男,1984年生,工程师,主要从事塑性加工成形及数值模拟研究。

型和使用的旋轮尺寸分别见图1和图2。

因为瓶式容器热旋压收口成形过程中,旋轮与工件为动态接触,变形区不断发生变化,过程较为复杂,所以采用ABAQUS/Explicit动态显式模块进行模拟计算。建立模型时,设置卡盘与旋

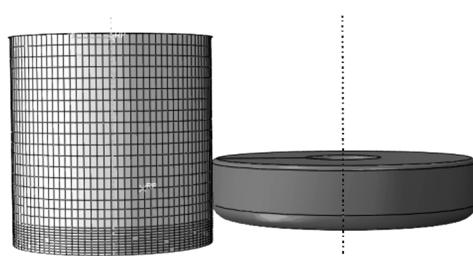


图1 瓶式容器热旋压成形有限元模型
Fig. 1 FEM model of hot neck-spining formation of the bottle pressure vessel

轮为刚体;设置工件为变形体,网格划分采用 eight-node hexahedral element,一共划分 5 800 个单元 8 600 个节点。工件的直径设置为 $\phi 470$ mm,壁厚设置为 17.2 mm。

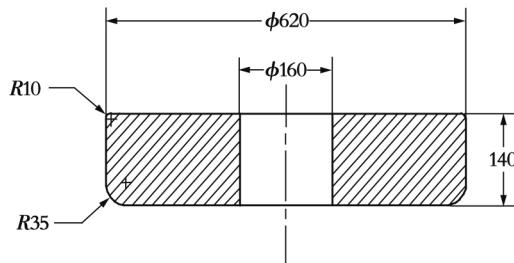


图2 旋轮尺寸
Fig. 2 Physical dimension of roller
瓶式容器热旋压成形模拟分析中,具体工艺参数见表1。

表1 瓶式容器热旋压成形工艺参数

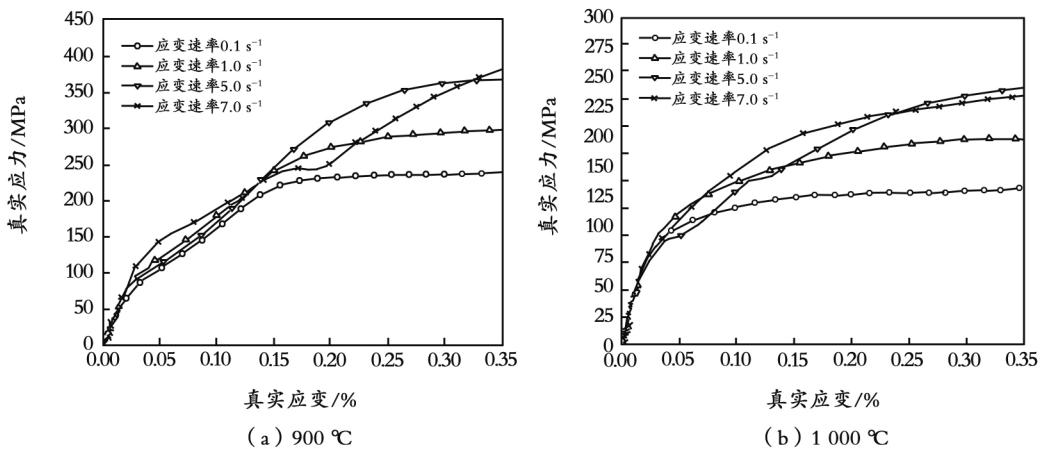
Table 1 Processing parameters of hot neck-spining formation of the bottle pressure vessel

主轴转速/(r/min)	旋轮进给比/(mm/r)	旋轮摆动速度/(rad/s)	旋压温度/℃
200 250 300	1.8 2.3 3.1	0.3	900 1 000 1 100 1 200

1.2 瓶式容器材料模型的选用

瓶式容器材料选用 30CrMo 钢,材料密度为 7.8 g/cm^3 ,弹性模量为 210 GPa,泊松比是 0.3。

依据 GB/T 4338—2006《金属材料高温拉伸试验方法》测得 900 ~ 1 200 ℃ 不同应变速率下的应力应变曲线,如图3 所示。



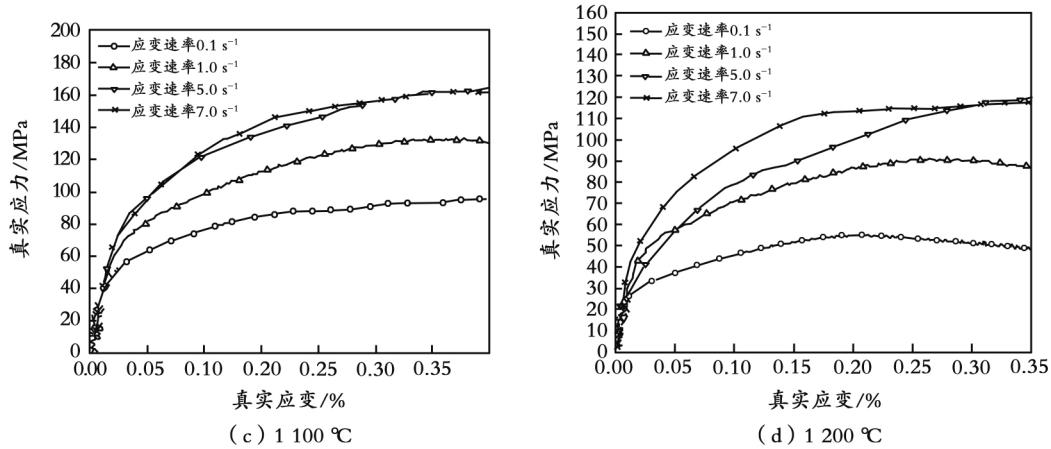


图3 900 ~ 1200 °C 的应力应变曲线

Fig. 3 900 ~ 1200 °C stress-strain curves

1.3 运动关系及接触边界的处理

在建立的旋压模型中,工件与旋轮二者之间设置为一般接触关系,接触模型设置为系数是0.15的库伦摩擦模型。通过软件自带的tie功能实现夹具与工件的粘合,以转动载荷驱动夹具带动工件绕Y轴旋转。

2 瓶式容器热旋压成形模拟结果分析

2.1 瓶式容器热旋压成形过程中旋压力的变化

图4是工艺参数采用旋压温度为1100 °C、进给比为2.3 mm/r、瓶式容器旋压成形前7道次的旋压力变化曲线。在每个道次内,初始旋压力为0,这时旋轮和钢管没有产生接触;接着旋压力逐渐升高,旋轮开始接触钢管,并且随着旋压加工的进行,旋轮接触钢管的面积慢慢增大;当该道次内旋压力达到幅值后一个阶段,旋压力基本稳定,在幅值上下波动,此时旋轮全面接触钢管,旋压进入稳定阶段,随着钢管直径不断减小,旋轮受力慢慢增大,直至出现旋压力最大值;之后旋压力急剧减小,直至旋轮不再接触钢管,旋压力减小到0,这个道次的旋压结束,开始下一个道次的旋压。

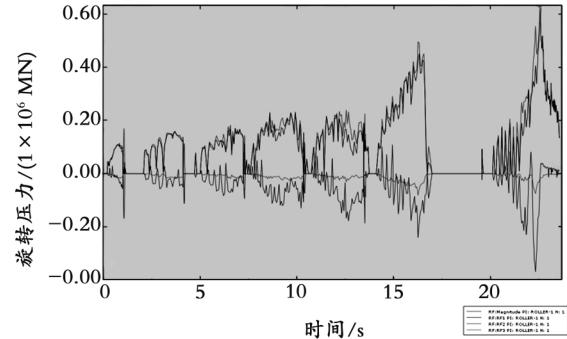


图4 前7道次旋压力分布曲线

Fig. 4 Distribution curve of spinning force on the first seven pass

随着旋压道次的增多,旋压力也逐渐增大,这是因为钢管直径随着旋压的进行不断减小,钢管壁厚不断增加,导致进一步变形难度增大,成形需要的旋压力不断增大。各个道次内径向旋压力大小与总旋压力非常接近,另外两个方向旋压力较小,切向旋压力小于轴向旋压力,轴向旋压力小于径向旋压力。

2.2 温度对旋压力的影响

为了研究旋压温度对瓶式容器旋压收口中旋压力的影响,本研究模拟分析了其它工艺参数相同情况下900 °C、1000 °C、1100 °C和1200 °C时瓶式容器热旋压收口时旋压力的变化。

根据图5可知，升高旋压温度，总旋压力、径向旋压力、轴向旋压力和切向旋压力降低，并且总旋压力与径向旋压力随着旋压温度的升高变化较大，而切向旋压力随着旋压温度的升高变化较小。旋压温度由900℃升高到1200℃，总旋压力由974.9 kN减少到487.2 kN，减少了487.7 kN；径向旋压力由966.3 kN减少到482.0 kN，减少了484.3 kN；切向旋压力由-136.0 kN减少到-44.7 kN，减少了91.3 kN。旋压力随着旋压温度的升高而减小，这是由于随着温度的升高钢管金属的强度降低，变形抗力减小，变形难度降低，所以旋压温度升高对瓶式容器热旋压收口成形有利。

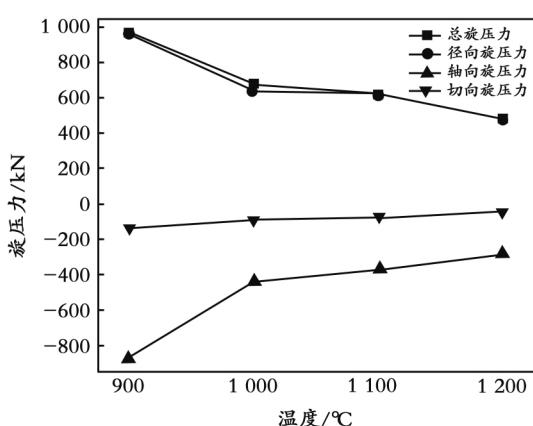


图5 旋压力随旋压温度的变化曲线

Fig. 5 Curves of spinning forces changing with spinning temperatures

2.3 进给比对旋压力的影响

由图6可以看到，在其它工艺参数相同情况下进给比由1.8 mm/r增加到3.1 mm/r时，总旋压力由486.1 kN增加到624.2 kN，增加了138.1 kN；径向旋压力由432.5 kN增加到623.9 kN，增加了191.4 kN；轴向旋压力由-323.3 kN增加到-368.8 kN，增加了45.5 kN；切向旋压力由-59.4 kN增加到-75.3 kN，增加了15.9 kN。可见，总旋压力和各分向旋

压力随着进给比的增大而增大。在瓶式容器的旋压成形中，旋轮和钢管的接触区域类似螺旋线，进给比增大导致螺旋线叠加区域减小，从而使参与变形的金属增多，需要的旋压力增加。

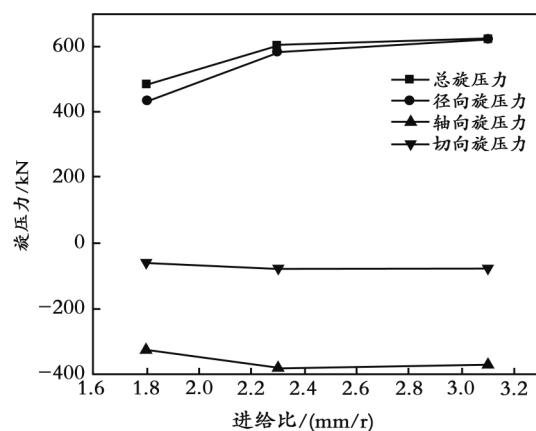


图6 旋压力随进给比的变化曲线

Fig. 6 Curves of spinning forces changing with feed ratios

3 结论

(1) 采用数值模拟的方法对瓶式容器热旋压过程旋压力进行研究，能够定量分析旋压力变化情况，为研究工作提供极大的便利。

(2) 在每个道次内，旋压力初始为0，逐渐升高，达到幅值后一个阶段内基本稳定，在幅值上下波动，直至出现最大值，随后急剧减小直至为0；随着旋压道次的增多，旋压力逐渐增大。

(3) 瓶式容器热旋压成形过程中，随着温度的升高旋压力逐渐降低，随着进给比的增大旋压力逐渐升高；各道次内径向旋压力与总旋压力大小非常接近，且切向旋压力<轴向旋压力<径向旋压力。

参考文献：

- [1] 邵飞,任方杰,常磊,等.无缝气瓶热旋压收口成形工艺数值模拟研究[J].材料开发与应用,

- 2013, 28 (3): 102—103.
- [2] 王艳红. 车轮轮辋旋压成形技术研究 [D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2008: 32—33.
- [3] 夏琴香, 陈家华, 梁佰祥, 等. 基于数值模拟的无芯模旋压收口工艺 [J]. 华南理工大学学报, 2006 (2): 1—7.
- [4] 张涛, 林刚, 周景龙. 旋压缩口过程的有限元数值模拟 [J]. 锻压技术, 2001 (5): 26—28.
- [5] 王成和, 刘克璋. 旋压技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1986.
- [6] 李连诗, 韩观昌, 邢维基. 钢管塑性变形原理 (下) [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1989: 388—390.
- [7] 陈惠发, 萨里普 A F. 弹性与塑性力学 [M]. 余天庆, 王勋文, 等译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.

(编辑: 全识俊)

(上接第34页)

(3) 波长越小, 越不容易出现熔化块、熔化层等影响结合强度的物质。

参考文献:

- [1] 郑远谋. 爆炸焊接和爆炸复合材料 [J]. 焊接技术, 2007, 36 (6): 1.
- [2] KAUNOV A M, BUKLN V M. Effect of substrate surface roughness in the cohesive strength of powder coatings formed by explosion [J]. Problemy Prochnosti, 1984 (3): 117—118.
- [3] PESRO M D, SANTOS. Correlation between concrete-to-concrete bond strength and the roughness of

the substrate surface [J]. Construction and Building Materials, 2007, 21: 1688—1695.

- [4] 郑远谋, 骆智君, 张勤学, 等. 爆炸焊接结合区波形形成的金属物理学机理 [J]. 广东有色金属学报, 1998, 8 (1): 45.
- [5] 郑远谋. 爆炸焊接过程的能量分析 [J]. 武钢技术, 2002, 40 (2): 41.
- [6] 杨杨, 张新明, 李正华, 等. TA2/A3 爆炸复合界面的扩散反应 [J]. 金属学报, 1995, 31 (4): 193.

(编辑: 许紫娟)