

DOI:10.13841/j.cnki.jxsj.2018.s1.100

管板复合式内高压成形液压机的有限元分析*

李世宁,赵娜

(天津市天锻压力机有限公司,天津 300142)

摘要:介绍了用于管板复合式内高压成形工艺的液压机结构,利用有限元分析软件对液压机在两种不同工艺动作下的机构力学性能进行分析,研究液压机在管式和板式内高压成形工况下的应力及变形,同时保证两种工艺动作工作时压力机的强度和刚度满足设计要求。研究方法和结果为管板复合式内高压成形液压机的结构设计提供了指导和借鉴。

关键词:管板复合式内高压成形;液压机;有限元分析

中图分类号:TH122 文献标识码:A 文章编号:1001-2354(2018)S1-0395-04

Finite element analysis of tube-sheet composite internal high pressure forming hydraulic press

LI Shi-ning,ZHAO Na

(Tianjin Tianduan Press Co.,Ltd.,Tianjin 300142)

Abstract:This paper introduces the structure of the hydraulic press for the tube plate composite internal high pressure forming hydraulic press. Using the finite element analysis software,the mechanical properties of the hydraulic press under two different process movements are analyzed. The stress and shape of the hydraulic press in the tube-sheet composite internal high pressure forming conditions are studied,and two kinds of operation work are guaranteed. The strength and stiffness of the press meet the design requirements. The research methods and results provide guidance and reference for the structural design of tube-sheet composite hydroforming machine.

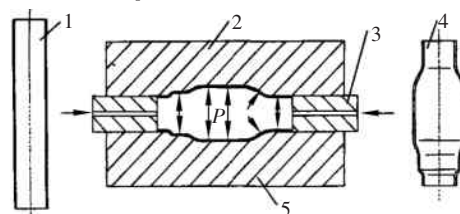
Key words:tube-sheet composite internal high pressure forming; hydraulic press; finite element analysis

内高压成形是以管材或板材为坯料,以液体为传压介质,利用内高压使坯料变形成为具有特定形状零件的塑性加工技术。内高压成形分为管式和板式两种成形工艺,其中管式成形工艺为:经过数控弯管机上按要求弯曲过的管坯,先进行预成形,使之可以放入内高压模具内加压成形,这种工艺适用于制造沿构件轴线具有不同截面形状的空心构件,截面形状可以为圆形、矩形或异形截面^[1-2]。板式成形工艺为:将板材坯料气割成工艺所需形状,并考虑成形过程中压边力作用面积,成形后需将压边部分切除,这种工艺适用于制造球状、盆状及各种异形结构。

管式内高压成形的工艺步骤如下:将直管坯(或预弯后的管坯)放入下模型腔内。主机压边滑块下行,上、下模闭合,形成封闭空间。主机拉深滑块下行,并施加一定的预压力。模具上的侧推缸带动轴向推头推进,在管坯两端形成密封,快速注入液体介质。按照预先设定的加载曲线,进行内压、轴向推力的复合加载,管坯外表面与模具型腔内壁逐渐贴合。在零件成形后,还可借助于模具内部的辅助油缸,完成液压冲孔、开槽等后续加工工序。

液体介质卸载,轴向冲头回程,主机拉深滑块和压边滑块依

次分别上行,回收液体介质,取出成形后的零件。管式充液成形基本过程如图 1 所示。



1 管坯;2 上模;3 轴向压头;4 成形零件;5 下模

图 1 管式充液成形的基本过程

板式内高压成形的工艺过程如图 2 所示。将板状坯料放入下模液室液面上,主机压边滑块带动压边工装和压边圈下行,对板料压边区域实施压边力,并且封闭液室。下模液室建立预压,保证板料下面与液室内液体完全接触,并且为后续拉深成形过程提供支撑压力。拉深滑块带动凸模下行,板料上面逐渐与凸模贴合,随着拉深滑块下行,液室内液体压力逐渐加大,最终在合模后达到预设压力,保证板料完全与凸模型面贴合。

管板复合式内高压成形与传统冲压焊接工艺相比,具有节

* 收稿日期 2018-04-07 ;修订日期 2018-06-20

省原材料、减轻零件质量,提高零件产品质量,减少后续机加工和组装焊接量,降低生产成本等诸多优点^[3],广泛应用于汽车工业、航空航天工业等领域。

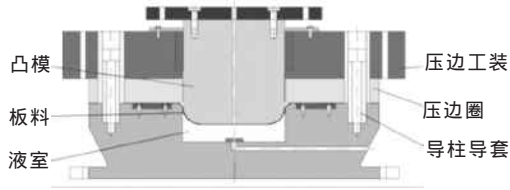


图 2 板式充液成形的基本过程

管板复合式内高压成形液压机机身的作用是提供内高压成形时所需的压边力和拉深力,以及管式内高压成形时所需的合模力。鉴于上述两种工艺成形力和模具尺寸的需要,并且为了保证设备刚度,机身多采用拉杆组合框架式结构。

管板复合式内高压成形液压机由上横梁、下横梁、支柱、拉深滑块、压边滑块、移动工作台和拉杆组成。与传统双动液压机不同的是,拉深滑块和压边滑块在动作中没有接触,进行管式充液成形工艺时,也不需要两个滑块锁紧固定在一起。

1 机身有限元模型建立和参数设置

1.1 几何模型的建立

首先采用三维软件建立主机模型后,导入有限元分析软件中,为了保证分析结果与实际工作条件的一致性,采用组合后的机身进行分析。几何模型如图 3 所示。



图 3 机身几何模型

1.2 材料性能和网格划分

机身模型采用 Q235 钢,其常温下的材料性能如表 1 所示。为了保证主机安全性,取液压机设计安全系数 $n=1.5$,则许用应力 $[\sigma_s]=\frac{\sigma_s}{n}=156.667 \text{ MPa}$ 。

表 1 Q235 常温下的性能参数

项目	数值
弹性模量 E/MPa	2.06×10^5
泊松比 μ	0.3
密度 $\rho/(\text{kg}/\text{m}^3)$	7.8×10^3
屈服极限 σ_s/MPa	235

机身模型采用设置尺寸来划分网格,节点数为 513 984,单元数为 294 949。网格划分后的模型如图 4 所示。

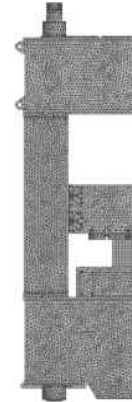


图 4 网格划分模型

1.3 载荷施加及设定边界条件

根据实际生产所需模具的外形尺寸及成形力,分别选取了两种工况进行分析。第一种是管式内高压成形工艺,第二种是板式内高压成形工艺。这两种成形工艺载荷施加的共同点为:竖直方向上,主油缸给滑块向下的压力,作用在活塞杆安装面上,同时给上梁向上的作用力,作用于上梁下面板的止口处。由于液压机机身的下横梁是固定不动的,因此只在下横梁的下面板上与预埋板贴合处施加约束,使其在 x, y, z 三个方向的自由度均为零。施加载荷后的模型如图 5 和图 6 所示。

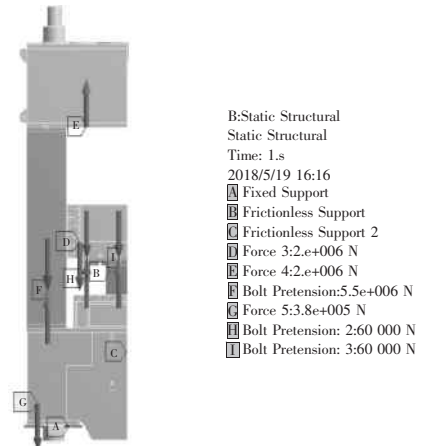


图 5 管式内高压成形工艺施加载荷的模型

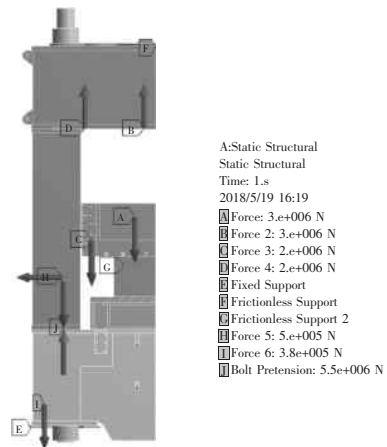


图 6 板式内高压成形工艺施加载荷的模型

2 模拟结果分析

2.1 第一种管式内高压成形工艺工况:压边力 800 t 模具外形尺寸 800 mm×800 mm×450 mm

在滑块下面板与下梁工作台面间设置一个管式成形模具,该模具为设备实际生产使用模具。然后对机身进行有限元分析,最后截取应力和变形云图进行结果分析。

2.1.1 第一种工况工作状态下的分析结果

满吨位工作状态下,压机整体变形及应力状态如图 7 和图 8 所示。



图 7 工作状态下压机整体变形



图 8 工作状态下压机应力状态

2.1.2 上横梁分析结果

在满吨位工作状态下上横梁变形及应力状态如图 9 和图 10 所示。

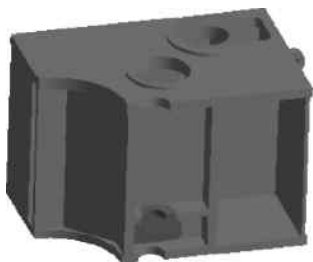


图 9 工作状态下上横梁整体变形

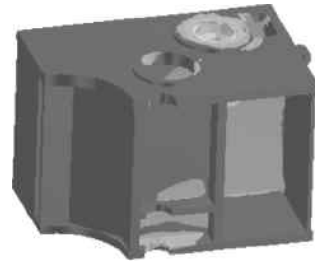


图 10 工作状态下上横梁应力状态

2.2 第二种板式内高压成形工艺工况:拉深力 1 200 t,压边力 800 t,侧推力 100 t

2.2.1 第二种工况工作状态下的分析结果

满吨位工作状态下,压机整体变形及应力状态如图 11 和图 12 所示。



图 11 工作状态下压机整体变形



图 12 工作状态下压机应力状态

2.2.2 上横梁分析结果

在满吨位工作状态下上横梁变形及应力状态如图 13 和图 14 所示。

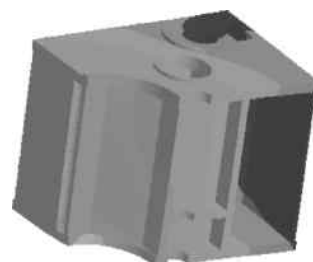


图 13 工作状态下上横梁整体变形

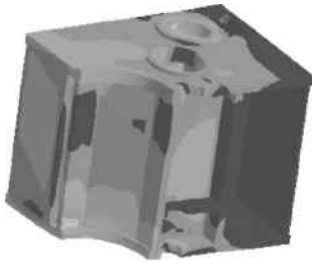


图 14 工作状态下上横梁应力状态

2.3 机身有限元分析结果

2.3.1 第一种管式内高压成形工艺工况下结果分析

载荷加载完成之后,机身总体变形较小,应力分布均匀,各接触件之间接触情况较好,满足设计要求。

上横梁本身最大纵向变形量为 0.88 mm,满足刚度要求;最大弯曲等效应力为 154 MPa,满足应力要求,故上横梁满足设计要求。

下横梁在工作状态下纵向变形量为 0.2 mm,满足刚度要求;最大弯曲等效应力为 140 MPa,满足应力要求,故下横梁满足设计要求。

支柱在工作状态下最大横向变形量为 0.65 mm,鉴于水平缸具有一定的横向补偿能力,故基本不会影响水平缸的正常工作;最大弯曲等效应力为 91 MPa,满足应力要求,故支柱满足设计要求。

2.3.2 第二种板式内高压成形工艺工况下结果分析

载荷加载完成之后,机身总体变形较小,应力分布均匀,各接触件之间接触情况较好,满足设计要求。

上横梁本身最大纵向变形量为 1.2 mm,满足刚度要求;最大弯曲等效应力为 144.87 MPa,满足应力要求,故上横梁满足设计要求。

下横梁在工作状态下纵向变形量为 0.58 mm,满足刚度要求;最大弯曲等效应力为 216.1 MPa,满足应力要求,故下横梁满足设计要求。

支柱在工作状态下最大横向变形量为 0.86 mm,鉴于水平缸具有一定的横向补偿能力,故基本不会影响水平缸的正常工作;最大弯曲等效应力为 153.36 MPa,满足应力要求,故支柱满足设计要求。

综上所述,该组合框架结构的液压机在管式及板式两种内高压成形工艺下,机身的变形量与应力值均满足设计要求,整体机身各件在两种状态下接触状态良好,无明显及其他不利状态,该液压机组合机身结构符合设计要求。

3 结论

通过对管板复合式内高压成形液压机的机身结构进行建模及其分析,可以得到以下结论:

(1) 液压机在两种工艺要求下进行工艺动作,机身各部位所受到的应力均小于材料的许用应力,压机机身整体变形也小于许用变形,满足设计要求。

(2) 基于三维和有限元分析的集成开发在实践中得到了有效验证和应用,所得到的分析结果可以为工程实践提供可靠的依据和借鉴。

参考文献

- [1] 李洪洋,刘海军,吕海源,等. 管材内高压成形国内研究进展及发展趋势[J]. 中国机械工程,2006(10):54-56.
- [2] 苑世剑. 我国内高压成形技术现状与进展 [J]. 锻压技术,2004(3):1-2.
- [3] 张红梅,陆宪忠. 管件液压成形技术及其汽车工业中的应用[J]. 重型汽车,2004(2):17-18.

作者简介:李世宁(1987—),男,工程师,大学本科,研究方向:充液成形液压机。E-mail:18602645760@126.com