

基于 APDL 的机架结构无偏载有限元分析

张倩倩¹, 薛克敏¹, 李晓¹, 侯一江²

(1. 合肥工业大学 材料科学与工程学院, 合肥 230009; 2. 合肥锻压机床有限公司, 合肥 230601)

摘要: 在研究 6 300 kN 多向模锻液压机结构特点的基础上, 利用有限元模拟软件 ANSYS 中的参数化语言 APDL 对机架进行三维建模, 对机架结构进行强度和刚度分析, 从而获得机架的等效应力和等效位移的分布规律。

关键词: 模锻; 液压机; 有限元分析; 参数化

中图分类号: TG315.4 **文献标识码:** A

文章编号: 1674-6457(2010)05-0031-04

Finite Element Analysis for Multicored Forging Hydraulic Press Frame Structure based on APDL

ZHANG Qian-qian¹, XUE Ke-min¹, LI Xiao¹, HOU Yi-jiang²

(1. School of Materials Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;

2. Hefei Metalforming Machine Tool Limited, Hefei 230601, China)

Abstract: On the basis of studying the structural characteristics of the 6 300 kN multicored forging hydraulic press, the 3D-FEM parameterized model of the frame is established by using the ANSYS Parametric Design Language (APDL), and structural analysis is carried out. The stress and displacement distribution of the frame under static load are disclosed.

Key words: die forging; hydraulic press; finite element analysis; parameterization

模锻工艺能提高锻件精度, 节约金属材料, 减少机械加工, 在我国工业生产中得到广泛应用^[1]。液压机是塑性成形生产中应用最广的设备之一^[2], 模锻液压机的制造能力和水平是国家综合国力的象征。我国液压机设计过程主要采用传统的材料力学方法, 效率较低^[3]。目前, 国外普遍将现代设计方法及 CAD/CAE 工具引入到液压机的设计过程中。为了提高设计效率, 在液压机的设计过程中引用有限元的分析方法非常必要^[4]。

目前, 大部分有限元软件对液压机各个部分进行结构分析, 是以分析结果为基础, 再对原始设计修

改, 这个过程中需要反复多次。在建模和处理结果时存在着大量重复性工作, 影响到设计分析的效率。另外, 经常会遇到系列产品设计, 对这类设计任务, 在进行有限元结构分析时, 若逐一建模与分析, 将延长设计周期。为了克服上述重复建模与分析带来的问题, 文中引入参数化语言对液压机机身进行建模和分析, 提高后续优化设计的效率^[5]。

文中针对 6 300 kN 多向模锻液压机的主机架进行有限元分析, 主机架是由 Q235-A 钢板焊接成的框架式结构。

1 液压机主机架有限元分析模型

1.1 实体模型的建立

6 300 kN 多向模锻液压机主机架结构形状比较复杂。建立几何模型时,在不影响机架应力应变计算精度下,对孔洞及凸台等一些局部细微结构进行简化,以便提高有限元计算速度^[5]。利用 ANSYS 参数化设计语言 APDL 进行实体建模,选用实体自底向上建模方法^[6-7]。将结构的各个尺寸定为参数,采用参数化设计语言,建立简化的实体模型。如图 1 所示。

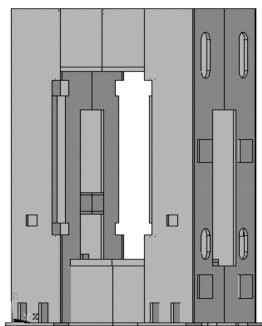


图 1 主机架的实体模型

Fig. 1 Model of the frame

主机架为 Q235 钢板焊接件,工作时机身变形为弹性变形,忽略焊缝处材料特性的不同和焊缝缺陷,认为所有单元都具有同样的材料特性。弹性模量取 213 GPa,泊松比为 0.27。密度为 $7.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。

1.2 有限元计算模型

1.2.1 网格的划分

考虑到机身模型的复杂性,平衡计算精度和计算时间的要求,在建立机身有限元模型时,选用了四面体单元 SOLID187。若采用精度控制方法进行网格划分,会产生较多的畸变网格。文中采用通过控制单元的边长进行网格划分,划分后得到的网格分布比较均匀。

1.2.2 载荷的施加

首先分析液压机工作情况并选择典型的工况。考虑液压机在空载和加载时存在多种工作状态,均

有相应设计要求,选择其中最恶劣的工作状况进行分析,即计算液压机满载下机身的受力与变形情况。

垂直载荷通过机架上模、液压缸传递至上横梁,以液压机的公称力为计算载荷,液压缸对上横梁的反作用力 6 300 kN 以均布面力的形式作用在上横梁底面中心 $\phi 820 \sim \phi 756 \text{ mm}$ 的圆环面上,平均压力为 79.57 MPa;垂直工作载荷 6 300 kN 通过下模传递至下横梁的工作台面上,以均布面力的形式作用在下横梁表面的矩形面上,工作台面积为 1.067 m^2 ,平均压力为 5.905 MPa。

水平工作载荷 4 000 kN 以均布面力的形式作用在 4 个立柱与侧横梁接触处的 $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ 矩形面上,平均压力为 11.1 MPa。

1.2.3 边界条件

实际生产中通常将液压机下横梁底面通过地脚螺栓和地基连接在一起,设地基刚度无限大,故下横梁下板面与地基接触面上所有节点的 x, y, z 位移为 0。若不考虑偏心载荷,则机架结构和载荷是对称的,选取整体的 1/2 结构为分析对象,并在各个对称面上施加对称约束。液压机主机身的有限元模型包括网格划分、载荷施加和边界约束条件如图 2 所示。

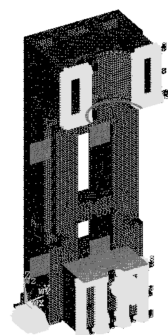


图 2 机身的有限元模型

Fig. 2 The FE model of frame

2 模拟结果分析

2.1 变形分析

Ansys 求解计算后的总体变形如图 3 所示,为了方便查看变形效果,图 3 中显示的变形为 Ansys 软件的夸张显示。可以看出,液压机在工作过程中机架会产生 2 个部分的变形,即为使装模高度产生改变

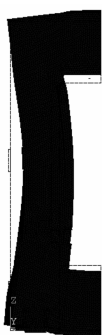
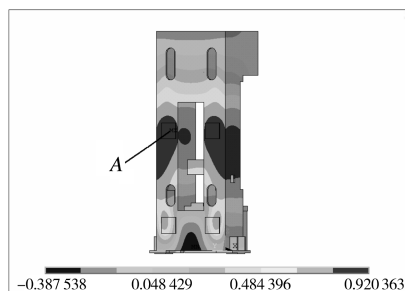
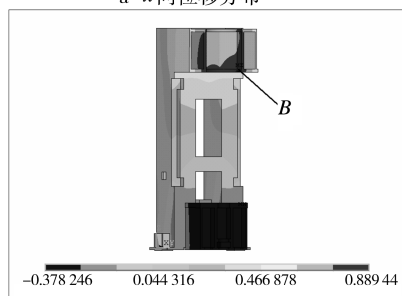
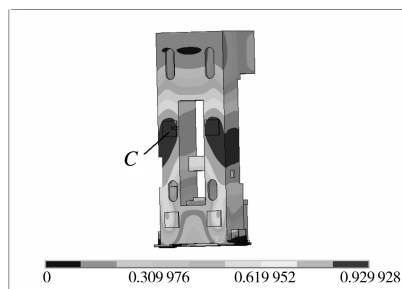


图3 机身的总体变形

Fig. 3 The deformation of frame

的垂直变形和使立柱产生改变的水平变形。

主机架的 x, z 向位移分布如图 4a, b 所示。 x

a x 向位移分布b z 向位移分布

c 整体位移分布

图4 机身位移分布

Fig. 4 Displacement distribution of frame

向最大位移位于立柱和侧横梁接触的矩形面上的 A 处,其值为 0.920 mm。这将会影响侧缸的精度,进

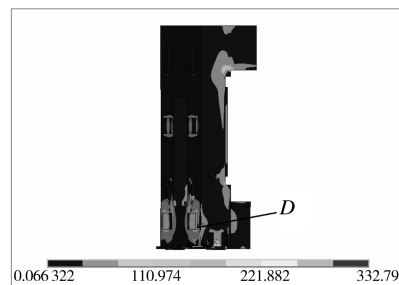
而影响滑块的运动,该液压机靠侧缸来保证零件的加工精度。 z 向最大位移位于上横梁的下底面与立柱的接触处 B 处,最大值为 0.889 mm。

目前国内对各种液压机整体变形允许值没有统一的标准。该液压机用于金属挤压成形,取其许用值 $[f] = 0.002p$ (mm),其中 p 为液压机公称压力^[3]。该液压机的最大变形许用值为 1.26 mm。机身的整体变形如图 4c 所示,最大位移出现在图中 C 处,其最大值为 0.930 mm,小于变形许用值,机架整体刚度满足设计要求。

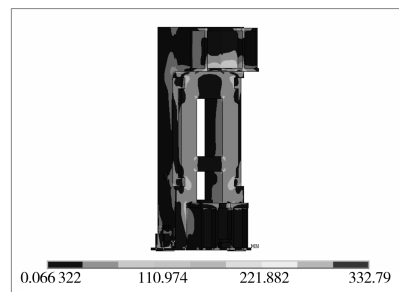
2.2 应力分析

据机械设计手册^[8-9],厚度在 20~100 mm 之间的 Q235 钢的屈服强度为 225 MPa,液压机满载荷时可看作准静态载荷,取安全系数为 1.4,求得许用应力为 160 MPa。

该主机架的等效应力分布如图 5 所示。主机架的大部分等效应力分布比较均匀,大部分应力都在



a 外侧



b 内侧

图5 机身等效应力分布

Fig. 5 The equivalent stress distribution of frame

70 MPa 以下,只是在上下梁与支柱的转角处局部地方达到 147 MPa,小于许用应力 160 MPa。

从图 5a 中可以看出,最大等效应力出现在主机架与侧横梁接触的 D 处,其值为 332 MPa。造成 D 处应力集中的原因是该处所受的力比较大,而且内

部没有支撑板,为减少该处的应力集中可以在机身内部增加1个加强筋板。

从图5b中可以看出,在上横梁的底面上等效应力虽未超过许用应力160 MPa,但是该处的等效位移较大,因此该处也是该液压机的危险点,应对此处的结构进行改进,以减少该处的应力集中。

3 结语

1) 在无偏心受载时,机架大部分区域等效应力分布比较均匀,远小于许用应力。上横梁底面处的等效应力和变形量相对较大,因此需要对上横梁的结构进行改进。对于等效应力最大处需要在机架内部加入加强筋板,以减少应力的集中。

2) 利用ANSYS参数化语言APDL建立机架的三维参数化有限元模型并对满载工况下的机架进行分析,可以较为准确的反应机架的受力、变形状态,对液压机主机架本体设计优化和改进具有参考价值。

参考文献:

- [1] 吕炎. 锻压成形理论与工艺[M]. 北京:机械工业出版社,1991:179-182.
- [2] 俞新陆. 液压机现代设计理论[M]. 北京:机械工业出版社,1987:31-38.
- [3] 天津锻压机床厂. 中小型压力机设计计算[M]. 天津:天津人民出版社,1977:1-2,93-140.
- [4] 赵万军,张大可. ANSYS中基于参数化的液压机结构优化设计[J]. 机械设计与制造,2007(12):6-8.
- [5] 任翠锋. YH30-400 液压机机身结构的有限元分析与优化[D]. 安徽:合肥工业大学,2009:19-25.
- [6] 龚曙光,谢桂兰. ANSYS操作命令与参数化编程[M]. 北京:机械工业出版社,2004:106-351.
- [7] 刘涛,杨凤鹏. 精通ANSYS[M]. 北京:清华大学出版社,2002:9-21.
- [8] 机械设计手册编委会. 机械设计手册第一卷[M]. 北京:机械工业出版社,2004:164-234.
- [9] 徐灏. 安全系数和许用应力[M]. 北京:机械工业出版社,1981:242-253.

技术无止境 锻压机发展新方向

1842年,英国的内史密斯制成第一台蒸汽锤,使锻造进入应用动力的时代。以后陆续出现锻造水压机、电机驱动的夹板锤、空气锻锤和机械压力机。20世纪初期,随着汽车开始大量生产,热模锻迅速发展,成为锻造的主要工艺。20世纪中期,热模锻压力机、平锻机和无砧锻锤逐渐取代了普通锻锤,提高了生产率,减小了振动和噪声。随着锻坯少氧化加热技术、高精度和高寿命模具、热挤压、成形轧制等新锻造工艺和锻造操作机、机械手以及自动锻造生产线的发展,锻造生产的效率和经济效果不断提高。冷锻的出现先于热锻。早期的红铜、金、银薄片和硬币都是冷锻的,但在机械制造中的应用到20世纪方得到推广。

20世纪以来锻压工艺不断向着提高锻压件的内在质量,发展精密锻造和精密冲压技术,研制生产率和自动化程度更高的锻压设备和锻压生产线,发展柔性锻压成形系统,发展新型锻压材料和锻压加工方法等方面发展。

新型锻压机的发展趋向主要可以概括为以下几方面。

1) 高自动化、成套化、成线化。锻压机的发展与汽车工业的发展密切相关,锻压机的发展趋向相当一部分满足了汽车覆盖件的生产要求,成套化成线化还带来了新的技术组合,如某公司的全流程冲压生产线实现了多年来冲压与激光切割无法组合的难题。折弯机配备机器人也属其中的亮点,如AMADA在CMT2005时,曾经展出一套折弯机器人系统。

2) 高柔性、复合化。复合了板材加工过程的不同工艺,满足了不同的生产要求。大型工位压力机是目前世界最先进高效的板材冲压设备,其特点是生产效率高,制件质量高,满足了汽车工业大批量生产对冲压设备的要求。此类产品还有如通快公司的数控砖塔冲床,意大利瓦尼尼公司为人熟知的P4多边折弯中心等。

3) 高精、高效、高速度。高速压力机属于此类产品的代表。由于精密小型电子零件的需求增长,模具趋于小型化,生产要求更高效。

4) 环保、节能、降噪。环境友好是现今持续的主题,环保产品成为厂商的共识,一些公司纷纷研制出低噪声、低振动伺服压力机。如AIDA公司的一款伺服压力机甚至可以在无声模式进行运转。

锻压机床曾经在一段时间内在我国失去了发展的动力,现在,这个行业重又生机勃勃,锻压技术的不断发展为金属成形加工带来新的发展。

新型锻压技术在技术实力雄厚的世界知名企业中得到最多开发研制,此类企业以德国Walter Scheid、日本丰田、日本本田、美国FinkT&sons锻造公司、德国Schuler、一汽巴勒特锻造(长春)有限公司等为代表。

(摘自铸造网)