

硫化机全焊接横梁振动时效数值分析

黄天环, 闫普选, 王梦沂, 丁倩, 韩飞雪

(桂林电子科技大学 材料科学与工程学院, 广西 桂林 541004)

摘要:采用 ANSYS 有限元分析软件, 通过模态分析和谐响应分析, 对 1665 型双模定型硫化机全焊接横梁的振动时效工艺关键参数(激振力、激振频率及激振点等)进行预测。由模态分析可知, 横梁前 10 阶振动 4 个优选固有频率中 318 Hz 的波浪振型较为合理, 并据此确定其激振点。通过谐响应分析获得一定激振频率、不同激振力时横梁所受最大动应力分布, 并根据国家标准确定激振力取值范围为[300, 690] kN。

关键词:硫化机; 横梁; 模态分析; 谐响应分析; 振动时效

中图分类号: TQ330.4⁺7; O241.82 **文献标志码:** B **文章编号:** 1006-8171(2013)11-0692-04

在机械加工领域(铸造、切削及焊接等)中, 各种工件在加工过程中均会产生不同程度的局部残余应力, 从而导致其在后续加工及使用中产生变形、开裂, 降低加工尺寸精度及力学性能^[1]。振动时效是降低其残余应力的主要手段之一, 筛选工艺参数(激振力、激振频率、拾振点及激振点等)成为其研究的重点, 参数筛选一般需要大量的试验进行摸索, 既费时又费力。目前, 针对大型复杂工件的加工工艺优化问题所采用的模态分析和谐响应分析^[2], 也广泛用于加工领域振动时效的分析。

D. Rao 等^[3]采用 304L 超低碳不锈钢制备超导托卡马克 HT-7U 焊接外壳, 根据残余应力松弛数学模型对其振动时效进行评估, 评估结果与实测结果相差 11%。X. C. Zhao 等^[2]采用有限元方法对焊接后工件进行振动时效模拟, 分析可知共振和非共振振动的关键影响因素分别为振动频率和振幅, 激振时间不是主要影响因素。于保敏等^[4]采用 ANSYS 软件对热风阀进行模态分析和谐响应分析, 根据仿真工艺参数进行振动时效, 阀件的残余应力下降 60%~80%。付建科等^[5]依据国家标准, 采用有限元方法对大型焊接结构进行了动力性分析, 成功地预测了重大焊接结构的振动时效工艺参数。

本研究采用 ANSYS 有限元分析软件对

1665 型双模定型硫化机横梁进行模态分析和谐响应分析, 预测其振动时效工艺关键参数(激振力、激振频率、拾振点、激振点及支撑点), 为横梁振动时效工艺优化提供指导。

1 模型建立

1.1 物理性能参数

1665 型双模定型硫化机全焊接横梁如图 1 所示, 其总质量为 6 400 kg, 主体材料为 Q235A 钢, 弹性模量为 203 GPa, 泊松比为 0.29, 屈服强度为 235 MPa, 抗拉强度为 417 MPa, 阻尼比(ζ)为 0.02, 密度为 $7.85 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

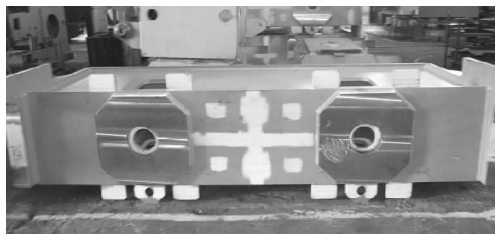


图 1 1665 型双模定型硫化机全焊接横梁

1.2 数学模型

模态分析用于确定结构设计中的结构振动特性, 即固有频率和振型, 固有频率和振型是承受动态载荷结构设计中的重要参数。假定结构件自由振动, 忽略阻尼, 且为谐振动, 从而模态分析通用方程简化为

$$(\mathbf{K} - \omega_0^2 \mathbf{M})\mathbf{u} = 0 \quad (1)$$

式中, $\mathbf{K}$ 为模型刚度矩阵, ω_0 为模型固有频率, $\mathbf{M}$

作者简介:黄天环(1986—), 男, 广西钦州人, 桂林电子科技大学在读硕士研究生, 现在桂林市产品质量监督检验所工作, 主要研究方向为材料加工工程。

为总体质量矩阵, u 为特征向量。

通常, M 为实系数对称正定矩阵; 对于无刚体运动的约束模型, K 为实系数对称正定矩阵。ANSYS 模态分析模块提取模态的方法分别为子空间法、阻尼法、缩减法及不对称法等。其中子空间法比较适合于提取较少振型的中大型模型, 效率和精度高。因此, 本研究采用该方法进行双模定型硫化机全焊接横梁的模态分析。

1.3 模型网格化

硫化机全焊接横梁的网格模型如图 2 所示。在 ANSYS 体系建模过程中, 采用 8 节点 Solid 45 体单元。模型操作中采用粘合 (Glue) 命令对组成横梁的钢板进行物理粘接, 以便于划分网格。该模型的节点和单元数分别为 68 800 和 22 226。同时, 基于国家标准^[6]和实际工况, 工件固定于橡胶垫块上, 因此建模过程中在其支撑板上 4 个顶点进行物理固定。

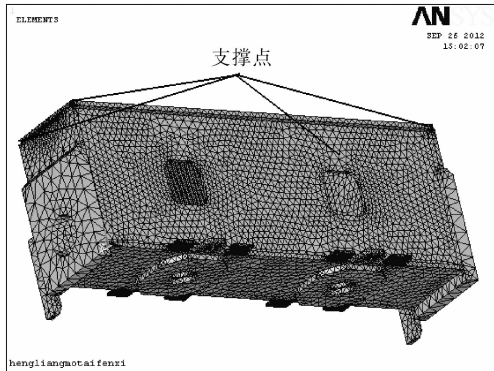
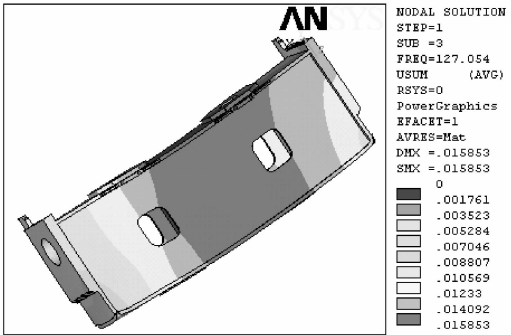


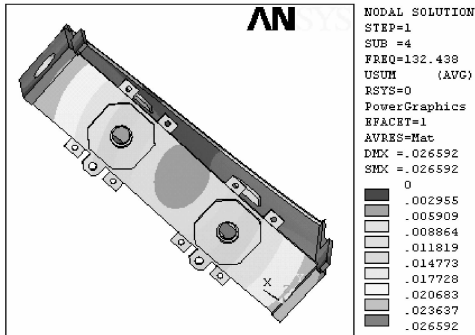
图 2 硫化机全焊接横梁的网格模型

2 模态分析

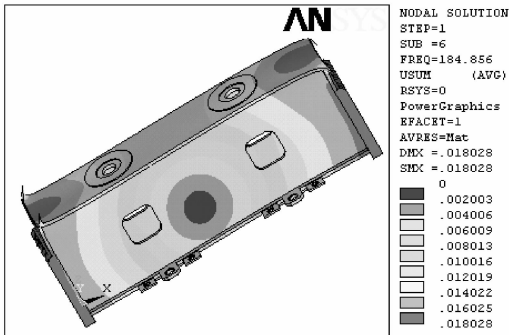
硫化机横梁焊接件前 10 阶振动中 4 个优选固有频率对应振型及应变云图如图 3 所示。根据实际焊接情况, 其局部残余应力主要集中在工件两端, 而图 3(a) 中工件应变主要集中在中部, 因此该振型不合适。图 3(c) 显示横梁变形弯曲方向与固定点形成的面垂直, 影响激振器和拾振器的装配位置。图 3(b) 和 (d) 分别显示横梁呈现扭转和波浪振型, 其方向平行于支撑面; 但图 3(b) 中工件应变最大位置集中于两端挡板端线附近, 不利于振动时效仪器设置。综上分析, 该焊接件 ω_0 为 322 Hz 较为合理, 其激振点如图 3(d) 所示。



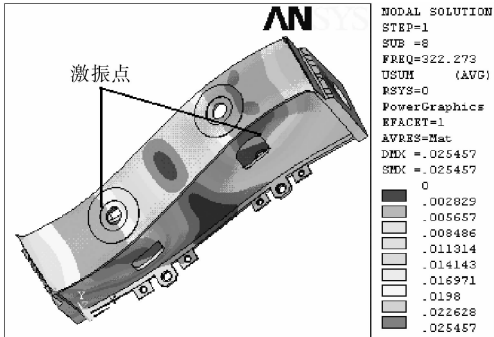
(a) 弯曲振型 127 Hz



(b) 扭转振型 132 Hz



(c) 弯曲振型 184 Hz



(d) 波浪振型 322 Hz

图 3 工件固有频率对应的振型与应变云图

基于上述焊接件合理的固有频率,根据行业标准^[7],振动时效时激振频率控制在亚共振区,由亚共振区频率的计算式 $[\omega_0(1-2\zeta/3), \omega_0(1-\zeta/3)]$ ^[8]可得其频率范围为 $[317.7, 319.8]$ Hz。为便于振动时效仪器操作,激振频率选取较小整数 318 Hz。

3 谐响应分析

根据焊接件模态分析所得的激振频率和激振点进行谐响应分析。在一定激振力和激振频率作用下工件所受动应力分布如图 4 所示。

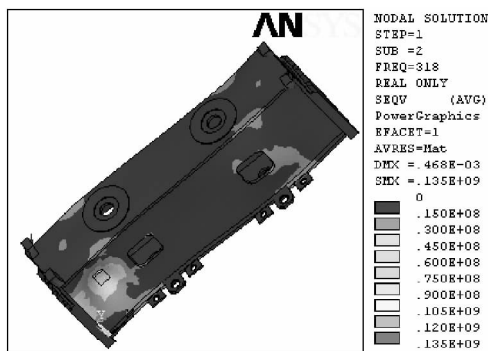


图 4 一定激振频率和激振力下工件谐响应分析对应的动应力分布

同时考察了在一定激振频率、不同激振力时工件所受最大动应力。工件所受最大动应力随施加激振力的变化如图 5 所示。

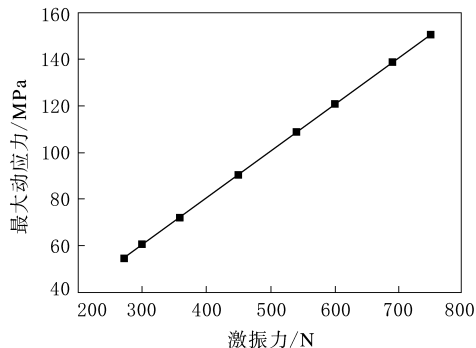


图 5 工件所受最大动应力随施加激振力的变化曲线

从图 5 可以看出,随着施加激振力的增大,工件所受最大动应力上升,且呈线性关系。

根据行业标准^[7],工件所受动应力的取值范围为 $[(\sigma_b - \sigma_s)/3, \sigma_b/3]$ (σ_b 和 σ_s 分别为材料的屈服和许用强度),计算可得具体取值范围为 $[60,$

139] MPa。结合图 5 可知,该焊接件在一定激振频率下对应施加激振力取值范围为 $[300, 690]$ kN,从而为工件施加激振力选取提供了可靠的范围。

4 结论

本研究采用 ANSYS 有限元分析软件对 1665 型双模定型硫化机全焊接横梁进行了模态分析和谐响应分析,确定振动时效的激振力、激振频率、激振点、拾振点及支撑点等,从而有效地缩短振动时效工艺的筛选周期,并节约试验材料。

(1)结合模态分析和实际工况可知,其适合的振型为波浪振型,固有频率为 322 Hz。据此在亚共振区计算其激振频率为 318 Hz,并确定了激振点位置。

(2)采用谐响应分析获得横梁焊接件在一定激振频率、不同激振力时所受最大动应力分布,根据国家和行业标准确定所需激振力的取值范围为 $[300, 690]$ kN。

参考文献:

- [1] 蒋刚,谭明华,王伟明,等.残余应力测量方法的研究现状[J].机床与液压,2007,35(6):213-216.
- [2] Zhao X C, Zhang Y D, Zhang H W, et al. Simulation of Vibration Stress Relief after Welding Based on FEM[J]. Acta Metallurgica Sinica, 2008, 4(21):289-294.
- [3] Rao D, Wang D, Chen L, et al. The Effectiveness Evaluation of 314L Stainless Steel Vibratory Stress Relief by Dynamic Stress[J]. International Journal of Fatigue, 2007, 29: 192-196.
- [4] 于保敏,黄站立.基于有限单元法的热风阀阀体模态和谐响应分析[J].机械设计与制造,2005(9):107-108.
- [5] 付建科,范万里,陈维壁,等.基于有限单元法的重大焊接结构振动时效工艺参数研究[J].机械设计与制造,2008(2):119-121.
- [6] GB/T 25712—2010,振动时效工艺参数选择及效果评定方法[S].
- [7] JB/T 10375—2002,振动时效工艺参数选择及效果评定方法[S].
- [8] 程永周. CK61125 车床床身振动时效机理及工艺研究[D]. 洛阳:河南科技大学,2011.

Numerical Analysis on Vibratory Stress Relief for All-welded Beam of Press

HUANG Tian-huan, YAN Pu-xuan, WANG Meng-yi, DING Qian, HAN Fei-xue

(Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: The key parameters (exciting force, exciting frequency, and exciting point) of vibratory stress relief process for all-welded beam of 1665 dual-mould shaping press were predicted with modal and harmonic response analysis by ANSYS finite element analysis software. The modal analysis indicated that the wave vibration at 318 Hz was a typical mode in the four preferential natural frequencies among front ten steps, and the exciting point was determined by this vibration type. The distribution of maximum dynamic stress distribution was then obtained according to different exciting forces in certain exciting frequency by harmonic response analysis, and the range of exciting force was from 300 to 690 kN based on the national standard.

Key words: press; beam; modal analysis; harmonic response analysis; vibratory stress relief

新高性能轮胎参加锦湖秋季促销活动

中图分类号: TQ336.1; F27 文献标志码: D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2013年8月30日报道:

锦湖轮胎美国公司推出新 Ecsta PA31 系列高性能全天候轮胎(见图 1),并表示可以为同时购买 1 套 4 条新款轮胎的消费者用维萨信用卡先期支付 50 美元,这是其 2013 年 9 月 1 日—10 月 31 日期间最新促销活动的一部分。



图 1 Ecsta PA31 系列高性能全天候轮胎

Ecsta PA31 系列轮胎是为当今数量不断增长的中级运动型家庭轿车和敞篷车设计的,目前各经销商处已经有现货。Ecsta PA31 系列轮胎的特征是高密度刀槽花纹和大横向花纹沟槽,有助于排水;同时有向胎面花纹设计改善了磨耗性能。

先进的设计和平衡的胎面胶料赋予轮胎优异的道路性能、较长的行驶里程以及良好的操纵性能和乘坐舒适性。Ecsta PA31 系列轮胎实行 80 450 km(50 000 英里)行驶里程保证,目前有 35 个规格上市,从 185/55R15 到 245/40R18。

这次促销活动涉及下述其他轮胎。

- Ecsta 4X 系列全天候超高性能轮胎,在干湿条件下具有较强的操纵性能,实行 64 360 km(40 000 英里)胎面磨耗保证和有限道路危险保障,是超高性能轮胎中很难找到的性/价比较高的轮胎。

- Ecsta LX Platinum 系列轮胎,是为当今高性能豪华轿车和交叉车型设计的,具有低噪声和高舒适性能,同时实行 96 540 km(60 000 英里)胎面磨耗保证和有限道路危险保障。

- Ecsta LE Sport 轮胎,是为欧洲和美洲家庭轿车和敞篷车设计的最高性能夏季轮胎,在各种条件下具有强大的抓着、制动、转弯和操纵性能。

为了宣传这次促销活动,锦湖轮胎为经销商提供了豪华卖点材料,包括窗花、墙贴以及宣传册和折扣表单等。此外也有 Ecsta PA31 轮胎的专用宣传材料,包括消费者手册、快速参考指南和数据表等。

(赵 敏摘译 吴秀兰校)