

基于 Solidworks Simulation 对船用电煮锅锅体承压的有限元分析

梁睿

(安庆三维电器有限公司 安徽 安庆 246000)

摘要: 本文采用 solidworks 软件电煮锅锅体进行静力承压分析和模态分析, 通过利用软件的有限元分析以验证锅体强度, 以确认设计的合理性, 并求得最合理的材料选用。

关键词: 承压设计分析; 锅体; 有限元分析; Solidworks Simulation

0 引言

船用电煮锅的特点是采用蒸汽发生器产生高温高压(当压力阀保护时, 最大 0.3MPa) 蒸汽, 使蒸汽在内外锅筒夹层内实现加热, 进而通过热传导对食物进行加热烹饪。其中锅体的设计, 需要考虑其是否能够承受内部约 0.3MPa 的蒸汽压力, 以确定使用最经济合理的材料及选用合适的厚度, 满足设计要求。利用 Solidworks 软件的 Simulation 模块对锅体承压进行 FEA 分析, 对设计进行验证, 同时能够根据分析结果, 求出最合适的材料。为设计提供必要的分析计算数据。

1 FEA 的发展

随着市场竞争的加剧, 产品更新周期愈来愈短, 企业对新技术的需求更加迫切, 而有限元数值模拟技术是提升产品质量、缩短设计周期、提高产品竞争力的一项有效手段。随着计算机技术和计算方法的发展, 有限元法在工程设计和科研领域得到了越来越广泛的重视和应用, 已经成为解决复杂工程分析计算问题的有效途径。

有限元分析 (FEA, Finite Element Analysis) 是利用数学近似的方法对真实物理系统(几何和载荷工况)进行模拟。利用简单而又相互作用的元素(即单元), 就可以用有限数量的未知量去逼近无限未知量的真实系统。

有限元不仅计算精度高, 而且能适应各种复杂形状, 因而成为行之有效的工程分析手段。

常用有限元分析软件有 ANSYS、SDRC/I-DEAS、Simulation 等, 其中 Solidworks Simulation 具有功能全面、操作界面易用、求解速度快等优点, 故本产品使用其作为 FEA 的分析工具。

1.1 有限元分析的基本步骤

第一步, 前处理。根据实际问题定义求解模型, 包括以下几个方面:

(1) 定义问题的几何区域: 根据实际问题近似确定求解域的物理性质和几何区域;

(2) 定义单元类型(网格划分);

(3) 定义单元的材料属性;

(4) 定义单元的几何属性, 如长度、面积等;

(5) 定义单元的类型(网格类型);

(6) 定义约束条件;

(7) 定义载荷类型。

第二步, 总装求解。将单元总装成整个离散域的总矩阵方程(联合方程组)。总装是在相邻单元结点进行。状态变量及其导数(如果可能)连续性建立在结点处。联立方程组的求解可用直接法、迭代法。求解结果是单元结点处状态变量的近似值。

第三步, 后处理。对所求出的解根据有关准则进行分析和评价。后处理使用户能简便提取信息, 了解计算结果。

1.2 Solidworks Simulation 简介

SolidWorks Simulation 是一个与 SolidWorks 完全集成的设计分析系统, 可实现应力分析、频率分析、扭曲分析、热分析和优化分析。其为了体现设计仿真一体化的解决方案, 在无缝集成界面做了创造性的改变, 将仿真界面, 仿真流程无缝融入到 SolidWorks 的设计过程中。

SolidWorks Simulation 的仿真向导, 利用向导方式引导用户实现快速操作, 其包含: 算例顾问、性能顾问、约束和载荷顾问、连接顾问、结果顾问。

2 利用 Solidworks Simulation 对船用电煮锅锅体承压的有限元分析

按照有限元分析基本步骤, 结合产品设计分析需要, 使用 Solidworks2021 版 Simulation 模块进行 FEA 分析计算:

2.1 产品模型分析及简化

由于本文不需要对电煮锅设备整体进行有限元分析, 仅需要分析当压力阀保护时, 锅体内部是否能够承受约 0.3MPa 的蒸汽压力, 故首先要对整机进行模型简化, 以减少计算机计算量, 提高分析效率。首先去除与锅体无关的结构件, 再利用软件对内外锅筒的相关特征进行压缩, 得到本次计算的核心要素模型——锅体模型, 并对管接头进行删减(默认管接头承压能力符合国家标准)电煮锅产品及简化后的锅体模型如图 1 所示:

2.2 Simulation FEA 分析条件设置

打开简化后的模型, 选择并打开 solidworks Simulation 模块, 新建新算例(取名为锅体承压分析)。

主要设置如下:

(1) 设置并选择模型的计算材料为 AISI 304 不锈钢板(屈



图 1 电煮锅产品及简化后的锅体模型

服强度 206.8MPa)，材料厚度 3mm。软件自动赋予其材料属性用于 FEA 计算。

(2) 设置模型的连接形式为：全局交互，类型为：接合，接合缝隙范围为：0.07% ~ 0.09%；。

(3) 设置模型的夹具类型为：固定，选择锅体口部为固定面进行计算。

(4) 载荷类型选择：外部载荷，0.3MPa 压力，设置锅体夹层内腔蒸汽覆盖范围为承压面。

(5) 对模型进行网格划分，网格类型为标准网格（大小 5mm 公差 1.2mm），网格密度为：良好。

根据 3.2 进行设置后，运行 Simulation 的计算求解。生成应力、应变图。得出以下结果（图 2）：

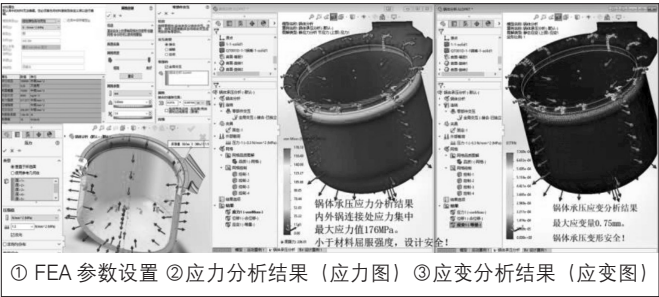


图 2 参数设置以及得出的应力、应变分析结果

2.3 计算结果分析：

(1) 根据 Simulation FEA 分析结果可以看出，当锅体选择使用 3mm 不锈钢（AISI 304）时，根据蒸汽安全阀最大保护压力 0.3MPa 的极限压力工况下。锅体最大应力集中区为内外锅夹层焊接处，其最大应力值为 176MPa，小于 AISI 304 材料屈服强度 206.8MPa。其最大应变量为 0.75mm，不会因承压变形对结构产生影响。故总体设计安全。根据上述计算结果，仅需保证焊缝处，焊缝的强度达到或超过母材的屈服强度，即可确保锅体安全可靠。故焊缝可使用与 AISI

304 母材对应的 E308L 焊条电弧焊，焊缝高度 ≥ 3mm 即可。

(2) 根据 Simulation FEA 分析结果，目前选用的 3mm 不锈钢板满足条件，可进一步分析，是否可以适当降低材料厚度。按照常规不锈钢板材规格，比目前 3mm 不锈钢板低一级的板材厚度为 2.5mm。按上述步骤，不改变其他的条件，仅将材料厚度修改为 2.5mm，重新使用 Simulation 进行 FEA 分析（此处不再图示说明）。得出结果，其最大应力值为 243.86MPa，高于 AISI 304 材料屈服强度 206.8MPa。故若使用 2.5mm 材料，锅体承压能力不足。当极限压力 0.3MPa 压力时，会有失效的危险。

综上所述，目前设计的锅体经过 Simulation FEA 的承压分析，设计安全合理，材料厚度选用合适恰当。满足承压需求。

3 结语

本文以 SolidWorks Simulation 为基础工具，对设计关键核心要素进行 FEA 分析，大大提高了设计可靠性，提高了设计验证效率，同时能够快速设计进行验证和优化。可视化程度高，方便、直观反应出了产品的结构特征。同时，便于修改参数，调整设计，是计算机辅助设计技术在现代工业设计上的重要成就。其中，以 SolidWorks Simulation 为代表的有限元分析软件更是通过便捷的操作设置，简单的约束即能够完成传统复杂的设计计算。本产品通过使用该软件，验证了设计的合理性，同时能够选用经济合理的板材用料，大大节约了材料成本，减少了产品自重，使之设计更加合理化。

参考文献：

[1] 傅衣铭,熊慧而,任毕乔.材料力学[M].长沙:湖南大学出版社,1999.
[2] 浦广益.ANSYS 基础教程与实例详解[M].北京:中国水利水电出版社,2010.
[3] 陈超祥.SolidWorks Simulation 基础教程 2018 版[M].北京:机械工业出版社,2018.
[4] 陈超祥,胡其登.SolidWorks 高级曲面教程 2018 版[M].北京:机械工业出版社,2018.
[5] 李建国.压力容器设计的力学基础及其标准应用[M].北京:机械工业出版社,2004.
[6] 唐永进.压力管道应力分析(第2版)[M].北京:中国石化出版社,2010

作者简介：梁睿（1987-），男，汉族，本科学历，机械/电气工程师，研究方向：新产品产品研发、结构设计、PCB 电路设计、控制软件设计，焊接设计等。