

烹饪器具卡扣 CAE 简化仿真分析方法研究与实验验证

文 | 珠海格力电器股份有限公司 周唯儒 朱丽珊 万博臣 覃小倩

一、引言

随着全民生活水平的提高,厨房电器已不再仅满足基本烹饪需求的“刚需”,而是逐渐演变为提升居家品味和满足生活多元化需求的“添加剂”,除了专注电器本身的功能外,更加注重电器带来的生活便捷性和简约时尚。

2017 年第一季度,嵌入式一体机市场规模达到 1.5 亿台,同比增长 426.8%。在各种一体机中,具有蒸煮功能的产品表现尤为突出,零售量占比已由 2016 年 1 月的 1.78% 增长至 2017 年 1 月的 45.73%,为一体机品类中的重要主销产品。此类产品的主要功能部件是蒸箱,蒸箱由卡扣固定,卡扣的寿命对蒸箱整体使用寿命影响很大。

在本次分析的模型中有一种储水结构,这种结构由水箱和外框支撑部件组成,其结构类似抽屉结构。不同的是,在水箱底部有一个凹槽,与凹槽相连接的部位是一个凸起的卡扣。卡扣一方面可以定位水箱关闭时候的位置作用,另一方面在水箱关闭的时候提供一个向上的弹力,从而辅助水箱归位,限制水箱位移以及固定水箱。有了这个结构,即便产品的安装角度不在水平面上,也可以保证水箱的顺利归位与正常工作。所以卡扣的设计对整个产品至关重要。

通常对于水箱卡扣的设计都是先设计,制作样机,通过实验来判定设计是否合理,但是实验有相关的局限性,例如,实验无法判断哪里的结构比较薄弱,只能看到最后断裂的位置,实验无法给出如何优化,现设计方案只能保证在实验测定的使用次数(开起水箱关闭水箱次数)内,

卡扣不会出现问题。而通过仿真分析,上述问题完全可以得到解决。

应用仿真面临的问题有两方面,一是仿真时间过久,大部分时间都在前处理中浪费;另一个是仿真结果的准确性始终让很多工程师怀疑。

本文针对卡扣设计,提出两种解决方法:一是通过简化卡扣分析模型,减少前处理时间,减少计算时间;二是简化的模型必然导致仿真结果的不准确,为了弥补仿真精度的降低,通过实验进行仿真方法的校核,当实验得出结果与仿真结果趋于一致的时候,即可判定本文中所述的方法可以用于此类产品卡扣设计与分析。从而为相关产品的设计提供一种准确的仿真方法流程,以便辅助产品设计,减少产品开发周期。

二、有限元模型的建立

根据某型号产品结构三维模型,先将模型进行简化,简化前后的模型如图 1 和图 2 所示。定义图 3 中红色面和蓝色面为接触面,接触面之间的摩擦类型定义为 Frictionless。模拟水箱由图 1 所示位置拉出的过程中,水箱和卡扣的应力情况,模拟拉出过程中拉出力的情况。定义图 4 中蓝色面为固定约束面。定义图 5 所示黄色面沿着 Z 轴正方向移动 45mm,用来模拟水箱拉出的整个过程。针对简化后的模型,对各部件进行网格划分。网格大小为 1mm,单元数量 253 175 个。网格模型如图 6 所示,网格质量如图 7 所示。

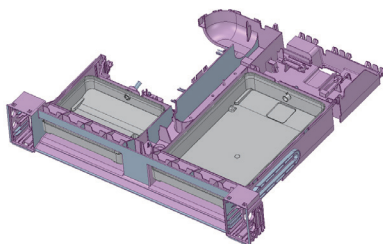


图 1 水箱和固定架示意图

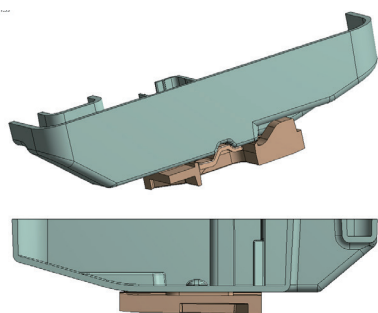


图 2 简化模型

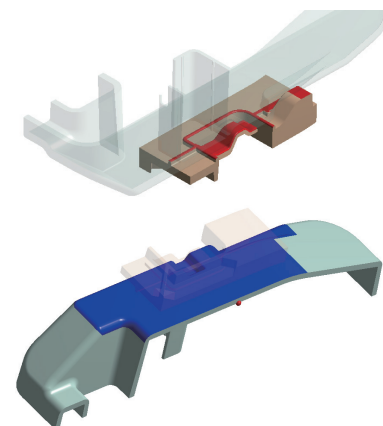


图 3 接触面

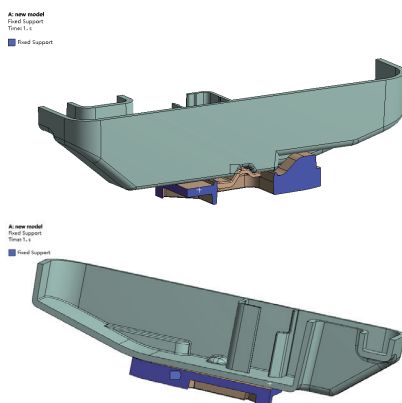


图 4 固定约束面

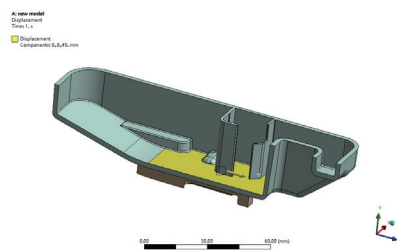


图 5 定义位移

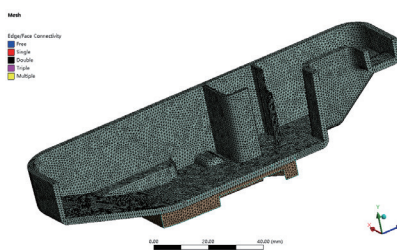


图 6 网格模型

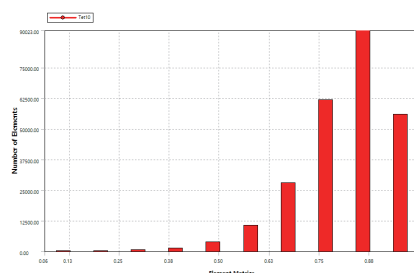


图 7 网格质量

三、求解及材料设定

定义材料参数，卡扣为 PC 材料，取弹性模量为 2 300 MPa，泊松比为 0.39。水箱为 PA6 材料，弹性模量为 2 000MPa，泊松比为 0.386。两种材料的摩擦系数为 0.38。

在求解设定中，将 Auto Time Stepping 打开，定义子步设置，初始迭代步为 30 步。

四、仿真计算结果

仿真分析中，模拟了水箱拉出过程，为了节省仿真分析时间，本次分析采用了简化模型的方法，不仅降低了网格数量，而且也节省了计算时间，也为今后工程师快速预测产品性能提供参考。

根据所得结果，首先查看变形图，如图 8 所示，通过变形图可以很直观地看出水箱是否完全拉出，以及所得结果是否真实可靠。图 8 所示最大位移为水箱沿着 Z 轴方向移动 45mm，与最初设定的值相同，可以判断结果可靠。

查看应力情况，本次分析带有接触，可以查看整个拉出过程中卡扣和水箱的应力情况，如图 9 所示。表 1 列出图 9 中每个采样点的数据，根据表 1 中数据可以得出，拉出过程中的最大应力是 109.85MPa，发生在卡扣转角处，如图 10 所示标注 Max 部分，此时卡扣根部应力为 73.189MPa，为比较危险容易发生破坏处。图 11 为水箱应力结果，表 2 为拉出过程中水箱最大应力与时间的关系，图 12 为水箱在整个拉出过程中的应力随着时间的变化情况，由于水箱的应力较小，本文中不考虑水箱的破坏。表 3 中为拉出过程中的拉出力大小，由于本次分析约束了 X 轴 Y 轴的位移，所以只考虑 Z 轴方向的拉出力大小即可。可以看到最大的拉出力为 10.199N。

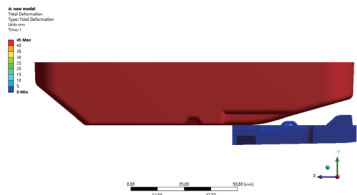


图 8 水箱位移图

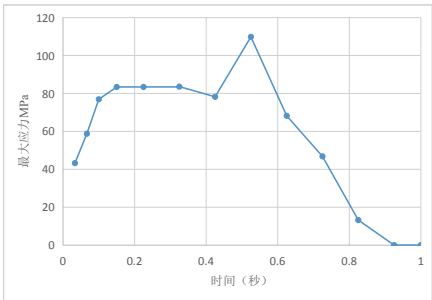


图 9 拉出过程中的最大应力情况

表 1 拉出过程中的最大应力与时间关系

序号	Time [s]	Maximum [MPa]
1	3.33E-02	43.254
2	6.67E-02	58.771
3	0.1	76.916
4	0.15	83.423
5	0.225	83.437
6	0.325	83.614
7	0.425	78.242
8	0.525	109.85
9	0.625	68.226
10	0.725	46.806
11	0.825	13.241

序号	Time [s]	Maximum [MPa]
12	0.925	3.67E-02
13	1	3.66E-02

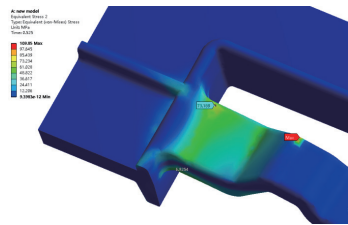


图 10 卡扣应力结果图



图 11 水箱的应力情况

表 2 拉出过程中水箱最大应力与时间的关系

序号	Time [s]	Maximum [MPa]
1	3.33E-02	5.355 7
2	6.67E-02	6.011 4
3	0.1	9.593 5
4	0.15	9.214 8
5	0.225	8.528 4
6	0.325	15.573
7	0.425	31.654
8	0.525	48.571
9	0.625	27.093
10	0.725	18.217
11	0.825	5.092
12	0.925	3.93E-03
13	1	4.34E-03

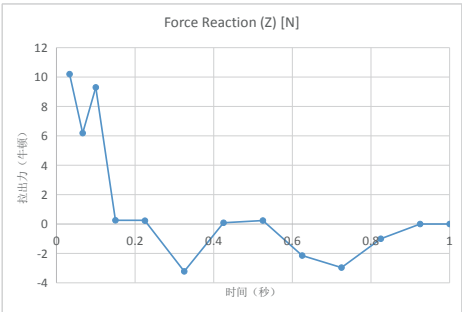


图 12 拉出力随时间变化曲线

表 3 拉出过程中的拉出力

序号	Time [s]	Force Reaction (Z) [N]
1	3.33E-02	10.199
2	6.67E-02	6.186 7
3	0.1	9.297 6
4	0.15	0.253 63
5	0.225	0.227 41
6	0.325	-3.221 2
7	0.425	8.70E-02
8	0.525	0.237 3
9	0.625	-2.144 3
10	0.725	-2.963 4
11	0.825	-1.001 3
12	0.925	8.33E-04
13	1	9.23E-04

四、实验验证

为了验证仿真结果的真实性,根据三维图进行了样机的制作,用于实验验证用。实验分以下两部分进行:

第一部分是将外框固定,用机械手反复推拉水箱,从而反复按压卡扣,实验分析最开始断裂的位置卡扣根部图 13 中如圈 1 位置所示,磨损最严重的位置如圈 2 位置所示。实验指定推拉 3 万次后,查看卡扣损坏情况,试验后的结果如图 13 所示。

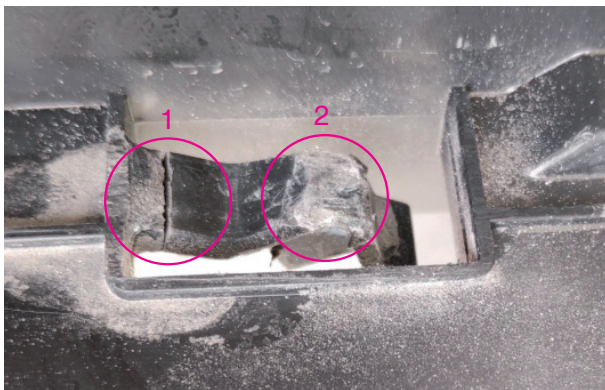


图 13 实验后的损坏情况

第二部分实验是在第一实验开始前,用拉力计测量水箱拉出力的大小,因为拉力计会自动记录拉出过程中最大的力,所以可以用拉力计的读数与仿真最大应力做对比,从而验证仿真的准确性。图 14 所示拉力计拉出力大小为 22N 和 20N,两次测量取平均值为 21N。



图 14 实验测得拉出力

五、结论

本文对某型号产品蒸箱卡扣进行了仿真分析,通过仿真分析预测了卡扣作用下的水箱拉出力为 10.199N(一个卡扣作用),因为模型进行了简化,所以两个卡扣同时作用的时候,拉出力为 20.398N。实验测量两次分别为 22N 和 20N 拉力,取平均值为 21N。根据以上数据对比可以得出仿真和实验结果非常接近,误差为 2.9%。

通过对卡扣进行损耗实验,对比图 10、图 11 和图 13,可以看出仿真中应力最大处皆是实验中磨损最大位置。

通过以上结论可以得出,应用本文中的简化方法进行蒸箱卡扣仿真分析可以得到准确的预测结果,蒸箱卡扣设计过程中,可以使用本文中的方法进行辅助设计,以便快速发现设计缺陷,并改进设计。IM