

基于COMSOL的电容成像传感器仿真研究

李振¹,李晨¹,符嘉明¹,曹松¹,王克凡¹

1. 中国石油大学(华东), 机电工程学院, 黄岛区长江西路66号, 青岛市, 山东省, 266580

简介:本文针对电容成像传感器仿真分析的难点,以8极板电容成像传感器为例,建立了电容成像传感器的三维有限元仿真数学模型如图(1)所示,详细介绍了如何使用COMSOL软件对电容成像传感器进行三维仿真,后处理结果表明8极板电容成像传感器能检测到有机玻璃内部7个不同深度的缺陷,验证了电容成像检测技术的可行性。除此之外还运用COMSOL对8极板电容成像传感器的电容值进行提取分析,并与实验结果相对比,结果表明两者的检测结果相吻合。此方法方便了电容成像检测技术正问题的研究,为运用COMSOL软件对电容成像传感器的性能分析与参数优化提供了依据。

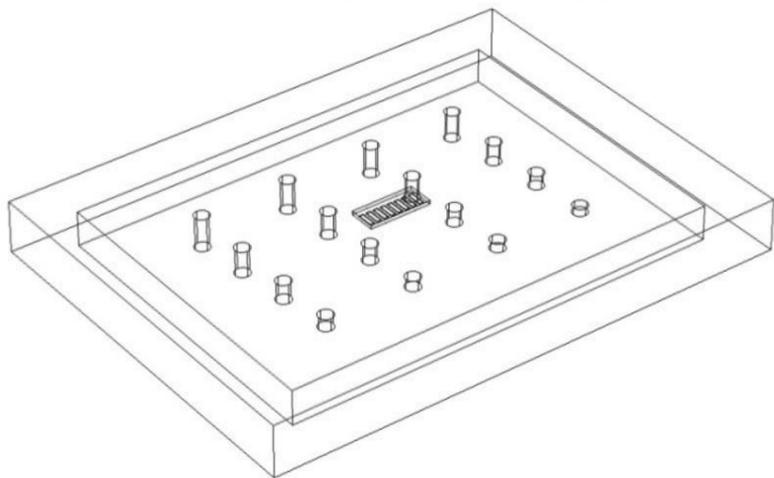


图1.多极板电容传感器仿真模型图

计算方法:通过COMSOL Multiphysics软件的AC/DC模块利用8极板电容成像探头对不同深度的表面缺陷进行线扫描求电容值。仿真中用到了“静电(es)”接口,涉及到的电磁学方程为:

$$\mathbf{E} = -\nabla V$$

$$\nabla \cdot (\epsilon_0 \epsilon_r \mathbf{E}) = \rho_v$$

$$\mathbf{n} \cdot \mathbf{D} = 0$$

结果:图2和图3分别为电场流线图和电场箭头图,从这两幅图中可以看出,电场由激励极板发出,终止于检测极板;图4为6-1极板对检测缺陷试块的结果图,4个较浅的缺陷都有两个波峰,3个较深的缺陷都有一个波峰,从而确定有机玻璃内部含有7个不同位置的缺陷,从而达到检测缺陷的目的;图5为仿真与实验的对比图,两者结果相吻合。

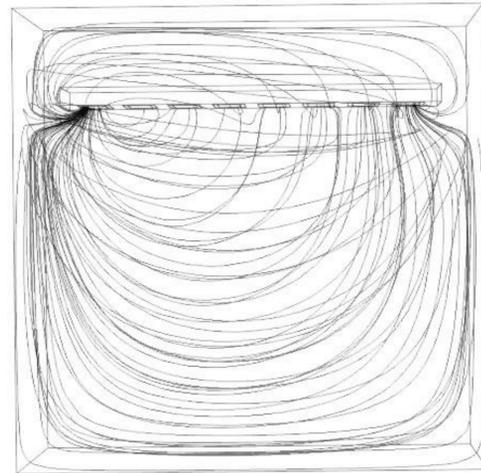


图2.电场流线图

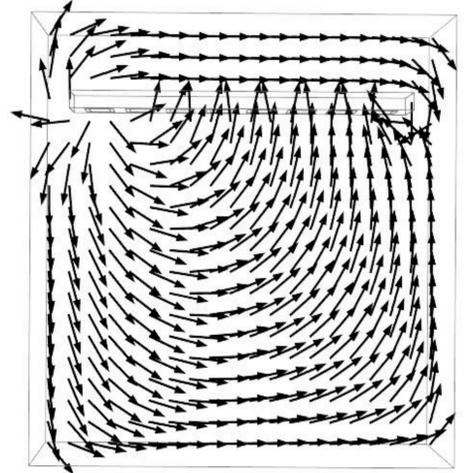


图3.电场箭头图

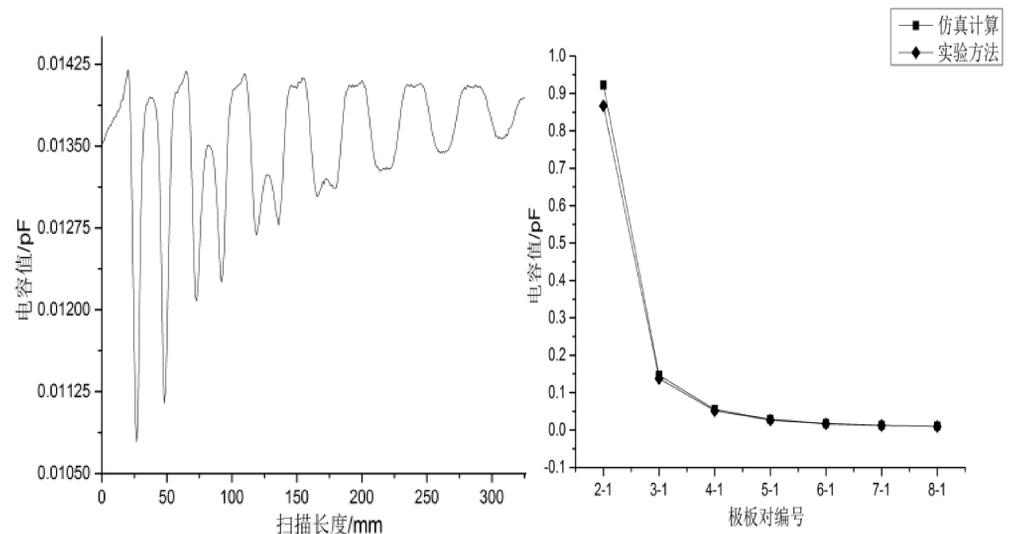


图4.极板6-1检测结果图

图5.仿真与实验对比图

结论:

(1) 运用COMSOL软件对8极板电容成像传感器进行仿真分析,检测到了有机玻璃内部7个深度不同的缺陷,验证了电容成像检测技术理论上的可行性。

(2) 运用COMSOL软件提取了7对极板对之间的电容值,并与实验结果相对比,结果表明两者之间的误差在电容成像检测技术的检测精度之内,这种仿真分析方法可以在一定程度上代替实验对电容成像传感器进行初步研究。运用COMSOL软件进行仿真分析方便了电容成像检测技术正问题的研究,为电容成像传感器的性能分析和优化设计提供了依据。

参考文献:

1. Yin X, Hutchins D A, Diamond G G, Further investigations into capacitive imaging for NDE [J]. Bindt Insight, 2009, 51; 484-490.