

黑莓微波真空干燥传热特性分析

张宏伟, 陈遥, 李瑞旺, 马晓彤, 张炯炯, 陈海英, 罗归一, 宋春芳※
江苏省食品先进制造装备技术重点实验室, 江南大学机械工程学院, 江苏 无锡214122

引言: 采用数值模拟的方法, 建立电磁与传热的耦合模型, 经过2min的微波真空加热, 得出不同微波功率、不同真空度下黑莓的仿真温度场分布图。选取微波功率为400W, 真空度为-60kpa的条件, 将仿真与实验进行对比, 对数值模拟的结果进行分析和评定。

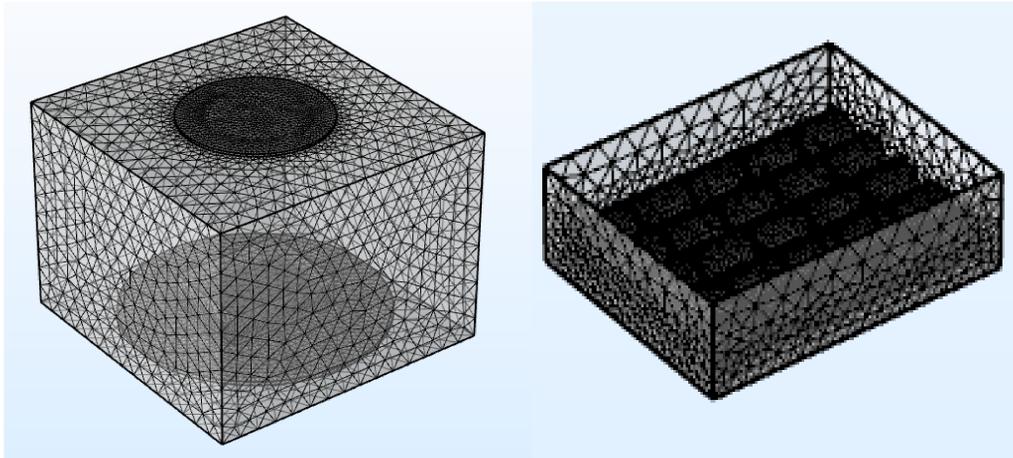


图 1. 微波真空装置和黑莓的网格划分

1 建模

完整的几何模型包括加热腔体、波导、塑料转盘、塑料盒以及均匀摆放的黑莓样品。波导以TE₁₀模式进行传输, 微波频率为2.45GHz。其中转盘直径为320mm, 盛装黑莓的塑料盒尺寸为142mm×112mm×40mm。考虑黑莓结构为底面直径为18mm, 高为24mm的圆柱体, 共25个均匀排列在塑料盒中。此模型具有很好的对称性, 故在仿真时暂不考虑转盘的旋转。

2 实验方法

干燥时间设置为2min, 模型中瞬态研究设置为range(0, 1, 120), 时间单位为s, 这样在仿真完毕后可以观察到每一个对应时刻的温度分布情况。由于微波加热具有不均匀性, 选取黑莓样品的热点(这里选用模型的最高温度点)作为研究对象, 基于模型的高度对称性和微波加热的特点, 热点的选取是合理的, 保证了变量的单一性(即认为温度最高点始终在某一个位置)。

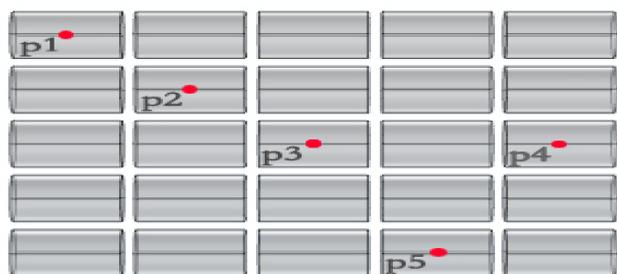


图 2. 测温时热电偶在物料中的位置

结果:

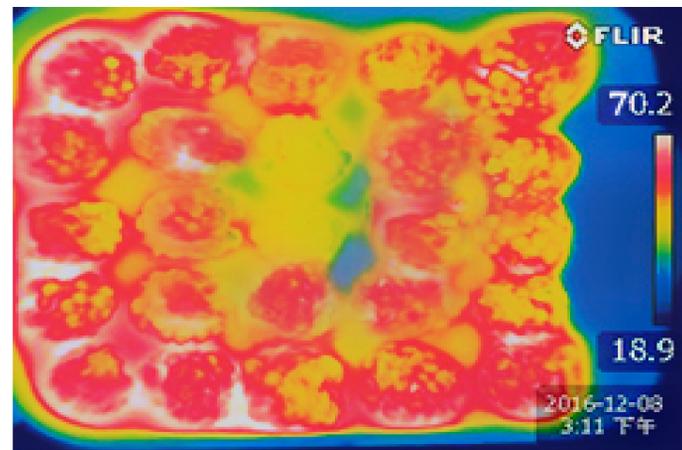


图 3. 微波真空干燥2min
黑莓样品实验的空间温度分布图

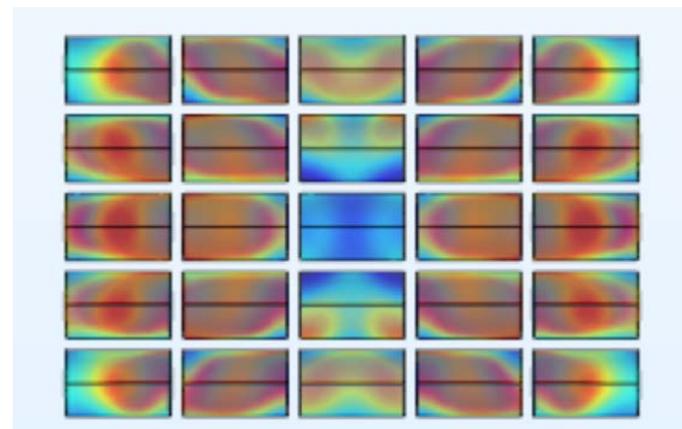


图 4. 微波真空干燥2min
黑莓样品仿真的空间温度分布图

结论:

- (1) 仿真空间温度场分布与瞬态温度曲线与实验结果保持一致, 模型是可行的。
- (2) 仿真结果表明, 微波功率增加, 相对热点的温度差异性降低, 随着真空度的增加, 相对热点的温度差异性也降低, 但是随着真空度绝对值的增加, 会影响样品的干燥温度, 降低干燥速率, 效率低。

参考文献:

- [1] William B. J. Zimmerman 中仿科技公司. COMSOL Multiphysics 有限元法多物理场建模与分析[M]. 人民交通出版社, 2007.
- [2] Francois Torres, Bernard Jecko. Complete FDTD analysis of microwave heating processes in frequency-dependent and temperature-dependent media[J]. IEEE Trans on Microwave Theory and Techniques, 1997, 45(1):108-116.