

微波加热与远红外加热均匀性实验研究*

袁海军 张钧 黄广连

(国防科技大学电子工程学院 长沙 410073)

摘要 本文用实验方法对微波加热陶瓷材料与远红外加热陶瓷材料进行了研究, 结果表明前者的均匀性远远优于后者, 用微波和远红外同时进行消毒杀菌实验, 进一步证明了微波加热的均匀性更能使腔体内各部位达到消毒灭菌目的。

关键词 陶瓷材料, 微波, 远红外, 加热均匀性, 消毒灭菌

分类号 TN61

Experimental Study on Heating Uniformity of Microwave and Far Infrared Radiation

Yuan Haijun Zhang Jun Huang Guanglian

(Institute of Electronic Engineering, NUDT, Changsha, 410073)

Abstract In this paper the heating uniformity of porcelain is studied by microwave and far infrared radiation, the results indicate that the uniformity of the former is superior to the latter. The germicidal efficacy of microwave and far infrared radiation is compared in laboratory. It is also demonstrated that the efficacy of microwave is significantly higher than that of far infrared radiation.

Key words porcelain, microwave, far infrared radiation, heating uniformity, germicidal efficacy

微波能在家庭及工业中得到越来越广泛的应用, 其中多模谐振腔是较为普遍的加热腔, 腔中场的结构依赖于腔体的尺寸大小、形状及负载的介电特性, 文献 [1~2] 研究了场分布的 Maxwell 方程的数值解, 文献 [3~4] 给出了对场和能量分布的解析结果及定性的模式综合分析法, 上述研究成果表明多模腔虽然机械结构简单, 但电结构相当复杂, 合理的设计能使微波加热较为均匀, 本文采用的谐振腔与目前市售的某种红外消毒柜腔体大小形状完全一致, 加热试验及消毒灭菌实验表明微波能更好地达到消毒灭菌目的。

1 微波能与热能的转换

在非导电损耗媒质诸如陶瓷材料, 高频电场的加热主要是极化分子旋转的结果, 在电磁场的快速作用中, 极化分子由于受外部力矩作用而旋转, 这种旋转因为分子束缚力的作用而受到阻碍, 从而产生类似摩擦的热, 电磁场加热的能力依赖于所作用场的幅度和频率, 在损耗媒质中电磁场的衰减幅度反比于频率和复介电常数的虚部。

在损耗媒质中, 通过场能量的转换, 能够得到热能分布。这种分布是媒质和场参数的函数, 对于给定的体积, 坡印廷定理表述为:

$$\oint_s \mathbf{E} \times \mathbf{H} \cdot \mathbf{n} ds = - \int_v \alpha \epsilon \mathbf{E}^2 dv - j\omega \int_v [\mu \mathbf{H}^2 - \epsilon \mathbf{E}^2] dv \quad (1)$$

这里 s 是边界面, v 是体积, $\epsilon = \epsilon' - j\epsilon''$ 是介电常数, ω 是角频率, \mathbf{E} 和 \mathbf{H} 是电场和磁场的傅里叶变

* 1997年12月24日收稿

第一作者: 袁海军, 男, 1966年生, 助理研究员

换, μ 是磁导率, 如果我们假定磁损耗很小, 只考虑式 (1) 的实部, 则得到媒质中能量分布:

$$P_{av} = -\frac{1}{2} \operatorname{Re} \int_s \mathbf{E} \times \mathbf{H} \cdot \mathbf{n} dA = \frac{1}{2} \int_s \omega \epsilon'' E^2 dv \quad (2)$$

设上述体积为 v , 质量为 m 的媒质在时间 t 内温度上升了 ΔT , 则媒质内所消耗的功率由下式确定:

$$P_{av} = m C_p \Delta T / t \quad (3)$$

式 (3) 中 C_p 为媒质的比热, 当媒质的体积较小时, 我们可以假定媒质内场均匀分布, 则由式 (2) 和 (3) 可以得到 $E^2 \Delta T$, 因此如果我们得到了腔体内温度分布, 就得到了场强分布。

2 实验方法与结果

实验所用微波多模腔和红外消毒柜如图1和图2所示。

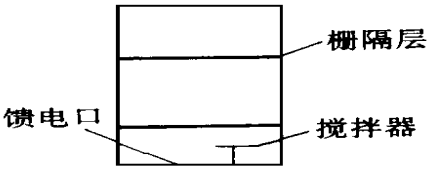


图1 微波多模腔结构

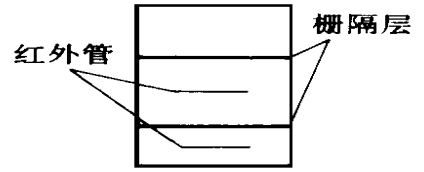


图2 红外消毒柜结构

微波多模腔和红外消毒柜均有上下两层栅隔层, 每一层有6个位置放置陶瓷碗, 两层共放置12个, 其编号如图3。

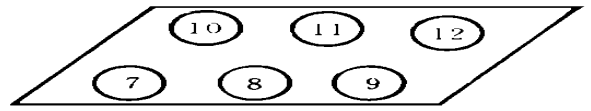
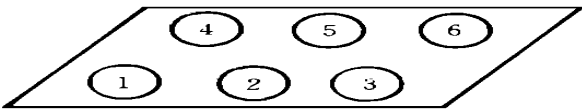


图3 负载位置编号

2.1 加热实验

同时对微波多模腔与红外消毒柜进行实验, 在每一层栅隔上放置的负载完全相同, 每个编号放一个碗时腔内共放12个碗, 达到设定温度后实测每个碗的温度结果如图4, 图中横坐标数字代表图3中编号的位置, 纵坐标代表该位置达到的温度值, 实线为微波加热结果, 虚线为红外加热结果, 以下相同。

每个编号2个碗重叠放置时, 腔内共放24个碗, 对应微波与红外加热结果分别有2条曲线如图5。

每个编号3个碗重叠放置时, 腔内共放36个碗, 对应微波与红外分别各有3条曲线如图6。

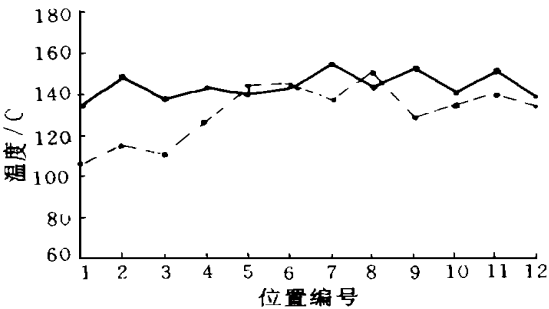


图4 12个负载实验结果

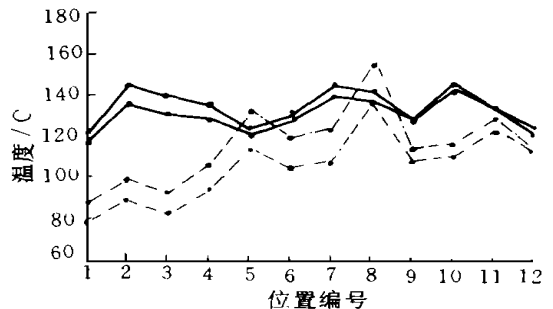


图5 24个负载实验结果

由图4, 图5, 图6可见, 在三种情况下, 红外在编号为1, 2, 3, 4的位置所达到的温度总是较低, 而微波在各个位置相对比较均匀, 即微波不存在照射死角。从三种情况所达到的温度来看, 在负载较多

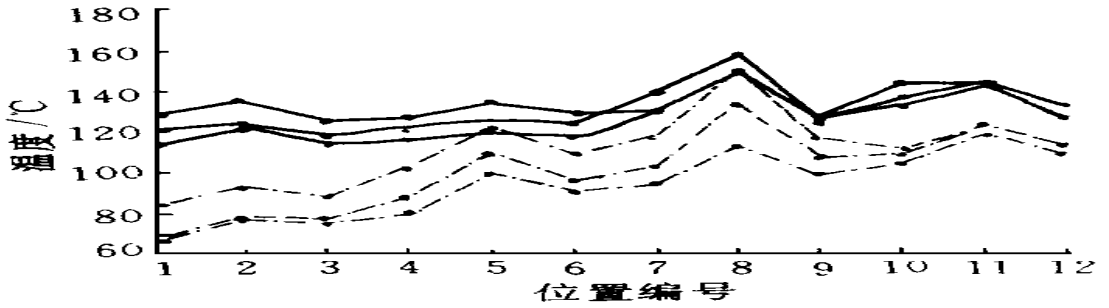


图6 36个负载实验结果

时微波也能达到预定温度，而红外在负载较多时所达到的温度较低。

2.2 消毒效果检验

实验所用菌种为大肠杆菌，金黄色葡萄球菌，枯草杆菌黑色变种，病毒用纯化 HBsAg，按《消毒技术规范方法》进行操作，微波与红外同时进行，负载为12个和36个陶瓷碗，病菌置于每一层的最上面一个碗内（此处相对每一层温度最低），四种病菌实验结果如图7，图8，图9和表1。

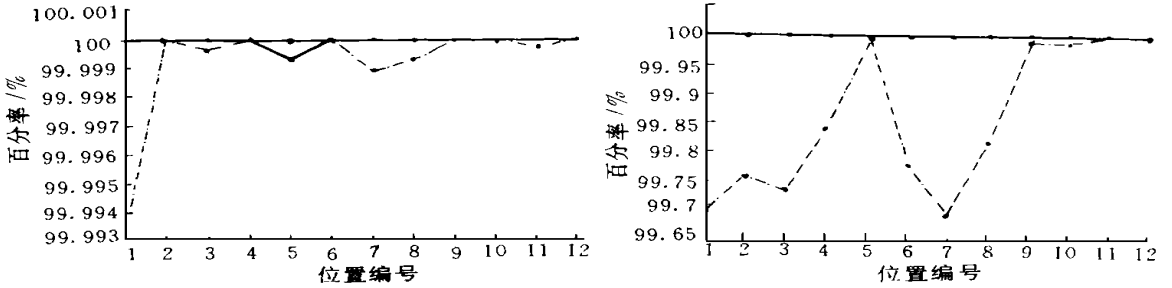


图7 使用大肠杆菌实验结果

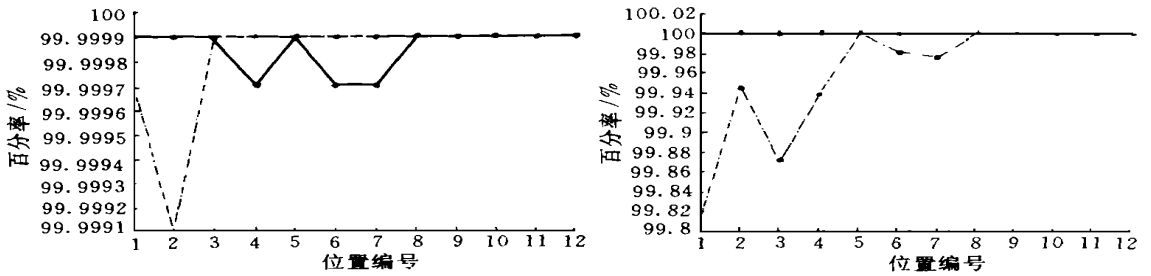


图8 使用金黄色葡萄球菌实验结果

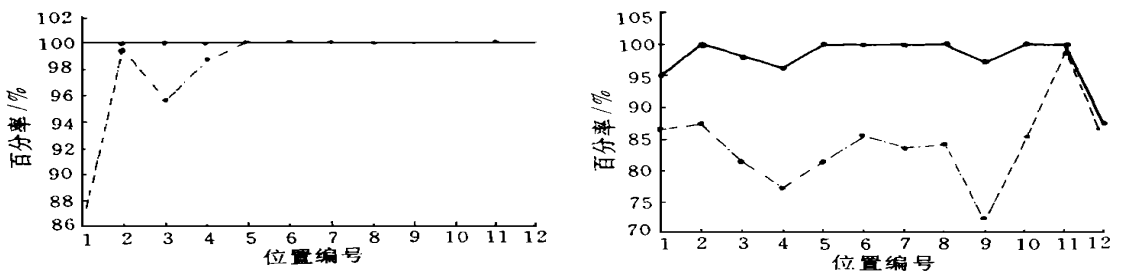


图9 使用枯草杆菌黑色变种实验结果

图7,图8,图9横坐标为编号位置,纵坐标为杀菌百分率,达到99.9%为合格,实线为微波消毒结果,虚线为红外消毒结果,表1中“Q”号为阴性格,“+”号为阳性不合格,“±”号为介于两者之间。由上述结果可以看出,微波消毒效果远远优于红外消毒效果。

表2为微波消毒与红外消毒所加负载重量、消毒时间及能耗。

表1 使用纯化 HBsAg 实验结果

编号位置		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
微波	12个负载	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
	36个负载	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
红外	12个负载	±	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
	36个负载	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

表2 负载重量、时间、能耗

重量/kg		2.62	5.24	7.68
时间	微波	18min16s	26min19s	34min15s
	红外	19min20s	25min13s	30min29s
能耗/w h	微波	320	461	599
	红外	212	277	355

参考文献

- 1 朱守正. 微波箱式加热器参数的优化计算. 微波学报, 1987, (2): 81~84
- 2 Liu F. Finite- difference Time- Domain Simulation of Power Density Distribution in a dielectric Loaded Microwave Cavity. Microwave Power and Electromagnetic Energy, 1994, 29 (3): 138~148
- 3 Meredith R J. A Three Axis Model of the Mode Structure of Multimode Cavities. Microwave Power and Electromagnetic Energy, 1994, 29 (1): 31~43
- 4 Paoloni F. Calculation of Power Deposition in a Highly Overmoded Rectangular Cavity With Dielectric Loss. Microwave Power and Electromagnetic Energy, 1989, 24 (1): 21~32
- 5 魏启珍等. 微波消毒指示菌探讨. 第六届全国微波能应用学术会议, C-196-201