

文章编号:1673-9981(2017)02-0094-03

利用铝材实现电磁感应的锅具研究

曾 锦 艳

江门安诺特炊具制造有限公司, 广东 江门 529000

摘 要:通常电磁炉不对铝锅进行加热,普遍认为铝材质不能通过电磁感应产生热量.通过实验和理论分析论证,电磁炉不对铝锅进行加热是由于集肤效应确定的感应厚度范围的铝材质的电阻过小造成的.当将铝材的厚度减薄至一定程度,便可通过电磁感应产生可应用级别热量.当负载锅具的等效电阻和电磁炉的等效电阻相当时,可以通过电磁感应产生最大热量.当铝材的厚度为 0.035 mm 时,通过电磁感应产生热量的功率利用率为 55.9%.

关键词:电磁炉;电磁感应;铝材;热量;功率利用率

中图分类号:O441.4 **文献标志码:**A

市面上能买到的可用于电磁炉感应锅具基本都是通过铁感应来实现加热的.曾有报道尚朋堂在全球推出了首款铝锅加热电磁炉 SR-1808,可到目前为止加热铝锅的电磁炉在市面上最终也没有能够推广,更没有完全靠铝材质来感应的锅具的面世.而能够查到的资料都比较一致地认为,铝锅具不能有效地通过电磁感应产生可用于烹饪的热量.

1 铝箔的电磁感应实验

电磁炉是采用磁场感应涡流原理,利用高频的电流通过环形线圈(电磁炉内部发热线圈盘)产生交变磁场,当磁场磁力线通过导体锅底时产生涡流,使锅体本身自行高速发热,然后再加热锅内食物.

1.1 铝箔+绝缘板感应实验

将两条 180 mm × 90 mm、厚度为 0.035 mm 的双面导电的纯度为 99.5% 的铝箔贴在绝缘塑料板上,放在 Brandt T1-1028 型 2200 W 的电磁炉炉头上,此电磁炉的输出端连接功率测试仪表,铝箔层朝下贴着电磁炉进行感应功率测试.图 1 为铝箔+绝缘板样品.测试结果表明,输出感应功率为 1230 W,

对应的功率利用率为 55.9%.

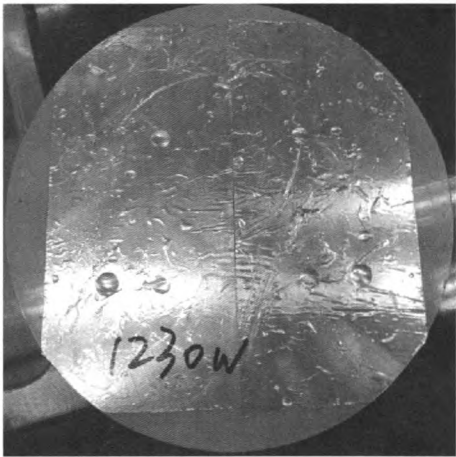


图 1 铝箔+绝缘板样品

Fig.1 Sample of aluminum foil and insulation board

1.2 铝箔+铝锅感应实验

将厚度为 0.035 mm 的双面导电的纯度为 99.5% 的铝箔贴在底径为 180 mm 的导电铝锅底部,放在 Brandt T1-1028 型 2200 W 的电磁炉炉头上,此电磁炉的输出端连接功率测试仪表,铝箔层朝

收稿日期:2017-02-24
作者简介:曾锦艳(1983-),女,广东江门人,硕士,工程师.

下贴着电磁炉进行感应功率测试. 图 2 为铝箔+铝锅样品. 测试结果表明, 无感应功率输出.



图 2 铝箔+铝锅样品
Fig.2 Sample of aluminum foil and aluminum pan

通过铝箔+绝缘板感应实验和铝箔+铝锅感应实验结果可知: 铝层薄到一定程度时, 可以通过电磁感应产生可应用级别的热量, 但将铝箔贴到铝锅上时, 铝箔和铝锅成为一个整体, 就失去了其作为薄层的作用而导致无电磁感应现象, 就像单铝锅无法产生感应热一样.

2 结果分析

图 3 为线圈盘和锅具. 电磁炉中的线圈盘由圆形平面骨架上紧密绕制的一匝匝线圈构成(图 3(a)), 通常在平面线圈的背面要放置一些铁氧体磁条, 呈放射状布置(图 3(a)中虚线), 作用是提高线圈盘的电感量和约束磁力线, 以减弱磁场对其它电路的干扰.

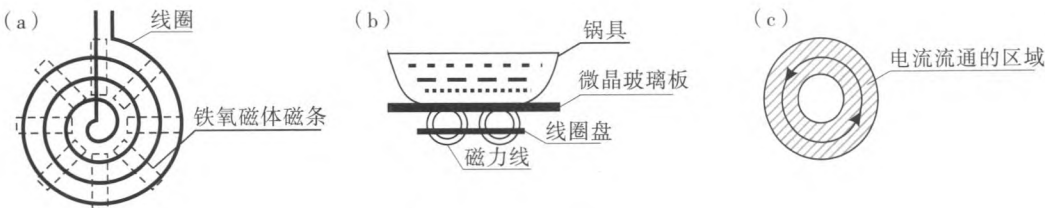


图 3 线圈盘和锅具
(a)线圈盘示意图;(b)感应加热示意图;(c)锅具底部环形电流示意图
Fig.3 Coil and pan

电磁炉的感应加热工作示意图(图 3(b))可见, 其负载就是所使用的锅具. 由电磁感应原理可知, 线圈盘中通过交变的高频电流, 会在线圈盘的半径方向产生闭合的磁力线. 当这些磁力线通过锅具底部时, 在锅具底部沿圆周感应产生环形电流(图 3(c)), 这个电流的方向总是与线圈盘中电流的方向相反. 在锅具底部电流流通的区域, 就是被磁力线切割的区域, 其呈圆环状.

由电流密度的集肤效应可知, 锅具底部靠近线圈盘的表面具有最大的电流密度, 从锅具表面向内电流密度呈指数衰减. 因此, 在电流流通的圆环上, 电流流通截面基本是固定的, 不会受锅具底厚度的影响, 而存在锅体表面具有一定厚度的电阻就是电磁炉的负载电阻, 这个厚度可由集肤效应进行定量. 电磁炉在锅具上产生的热源就是高频电流在电阻上产生的焦耳热.

通常线圈盘的线圈平面到锅具底部表面的距离为 5~15 mm, 有一部分磁力线并不穿过锅具, 而是从这个间隙中通过, 造成部分功率的损失. 图 4 为电磁炉负载的等效电路, 其中 L_1 是感应线圈的电感, R_1 是感应线圈的电阻, L_2 是负载锅具的电感, R_2 是负载锅具的等效电阻.

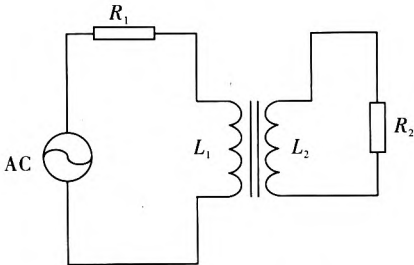


图 4 负载等效电路图
Fig.4 Load equivalent circuit diagram

在电磁炉的电流应用范围 15~30 kHz 的高频段,进行电路分析时将各电感的感抗 XL 分别等效为一个电阻,则电磁炉自身的电阻 $R_{\text{炉}} = R_1 + XL_1$,负载锅具的电阻 $R_{\text{锅}} = R_2 + XL_2$ 。

在负载锅具存在的情况下,发生电磁感应金属的电阻将是感应线圈的等效电阻,这个等效的电阻包括线圈本身的电阻 $R_{\text{炉}}$ 及由锅具负载所引起的电阻 $R_{\text{锅}}$ 。为了方便分析,将整个感应器系统所引起的电阻视同等效电阻 $R = R_{\text{炉}} + R_{\text{锅}}$ 。

由锅具负载所引起的电阻 $R_{\text{锅}}$,事实上是感应线圈通过磁场传递给锅具的能量损耗,这个能量损耗就是用来加热锅具的有效能量。根据焦耳定律,这个有效热量 Q 可表示如下:

$$Q = I^2 R_{\text{锅}} t = \left(\frac{U}{R_{\text{炉}} + R_{\text{锅}}} \right)^2 R_{\text{锅}} t = U^2 \frac{R_{\text{锅}}}{(R_{\text{炉}} + R_{\text{锅}})^2} t.$$

对同一电磁炉来说, U 和 $R_{\text{炉}}$ 为定值,设定 $R_{\text{锅}}$ 为变量,感应线圈的等效电阻将随负载锅具的改变而变化。当 $R_{\text{锅}}$ 取最大值时, Q 在单位时间内也取得最大值。

$$\text{令 } f(R_{\text{锅}}) = \frac{R_{\text{锅}}}{(R_{\text{炉}} + R_{\text{锅}})^2}, \text{ 求导 } f'(R_{\text{锅}}) = \frac{(R_{\text{炉}} + R_{\text{锅}})^2 - R_{\text{锅}} \times 2 \times (R_{\text{锅}} \times R_{\text{炉}})}{[(R_{\text{炉}} + R_{\text{锅}})^2]^2} = \frac{R_{\text{炉}}^2 - R_{\text{锅}}^2}{(R_{\text{炉}} + R_{\text{锅}})^4}.$$

当 $f'(R_{\text{锅}}) = 0$ 时,即 $R_{\text{锅}} = R_{\text{炉}}$ 时, $f(R_{\text{锅}})$ 取得最大值,也就是取得最大有效热量 Q 。由此可见,负载锅电阻不是越大越好,也不是越小越好,而是要使自身等效电阻 R_2 和感抗 XL_2 之和与电磁炉自身电阻 R_1 和感抗 XL_1 之和相当。将铝箔贴在绝缘板上,相当于将表面感应层厚度变薄,根据 $R = \rho \frac{L}{S}$,其表层铝厚

度较小,即 S 较小,则增加了电阻率相对较小的铝材的表面感应层电阻 R ,使其与电磁炉的等效电阻相当,从而达到提高感应功率的目的。

3 结 论

当铝层薄到一定程度时,其引起的电阻变大,当其大小跟电磁炉自带的电阻相当时,就能通过电磁感应产生较大的可应用级别的热量。因此,单铝的电磁感应发热确实存在,只要使其电阻提高到一定级别,并使线圈盘的线圈平面到锅具底部表面的距离尽可能贴近,利用铝材的电磁感应实现锅具加热是可行的。

参考文献:

- [1] 李明. 电磁炉为什么不能用铜锅和铝锅[J]. 物理通报, 2008(6):51-52.
- [2] 赵鑫欣,谭兴. 从涡旋电流谈电磁炉锅具的选择[J]. 物理教学探讨, 2016(8):58-60.
- [3] 黄江德. 电磁炉负载特性研究及控制系统设计[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2006.
- [4] 潘海元,陈定武. 影响电磁炉能效因素的研究[J]. 技术创新, 2016(7):68-70.
- [5] 李川. 论电磁炉不对铜铝材质进行加热的原因[J]. 兴义民族师范学院学报, 2012(6):103-105.
- [6] 李燕. 首台铝锅加热电磁炉诞生[J]. 电子科技杂志, 2003(24):10.

Research on the electromagnetic induction cooker with aluminum material

ZENG Jinyan

Anotech International, Jiangmen 529000, China

Abstract: Usually the electromagnetic cooker can't heat aluminum pan, it is generally believed that aluminum material cannot produce heat by electromagnetic induction. Through experimental and theoretical analysis, the induction cooker does not heat the aluminum pan is due to the skin effect to determine the thickness of the induction caused by the resistance is too small. When the thickness of the aluminum material is reduced to a certain extent, the application level heat can be generated by electromagnetic induction. Moreover, when the equivalent resistance of the load cooker is equivalent to the equivalent resistance of the induction cooker, the maximum heat can be generated by electromagnetic induction. In this paper, when the thickness of aluminum material is 0.035mm, and the power utilization rate of heat generated by electromagnetic induction is 55%.

Key words: induction cooker; electromagnetic induction; aluminum; heat; power utilization