

IH クッキングヒータにおける漏れ磁束低減と加熱効率改善に関する研究

A Study on the Improvement of Heating Efficiency and Reduction of Leakage Magnetic Flux of an IH Cooking Heater

学籍番号 08601 奥山 耕平

指導教員主査 仁田 周一
副査 米盛 弘信

1. はじめに

現在、IHクッキングヒータの技術課題として、使用鍋の範囲拡大と漏れ磁束低減があげられている^[1]。これは、小さい鍋を使用すると漏れ磁束が増加し、加熱効率が低下するためである。このような背景を受けて、著者は漏れ磁束の低減と加熱効率の改善を実現できる分割コイル方式IHクッキングヒータを提案している^[2]。

本論文では、分割コイル方式IHクッキングヒータの実現法とその有効性を明らかにしている。実験により、提案方式が従来方式に比べて小鍋使用時の加熱効率が8%向上し、漏れ磁束が27%低減するという結果が得られた。また、構造の違う分割コイルを用いて加熱を行ったところ、大鍋使用時においても加熱効率の改善がみられた。

2. 分割コイル方式 IH クッキングヒータの駆動原理

図1に分割コイル方式IHクッキングヒータの原理を示す。分割コイル方式IHクッキングヒータは、内側コイルと外側コイルに分けた加熱コイルを鍋底面の大きさに合わせて駆動するものである。これにより、漏れ磁束の低減と高効率加熱が実現できる。

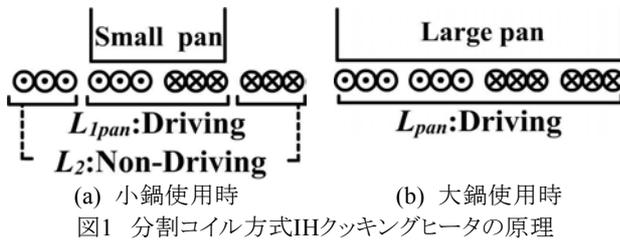
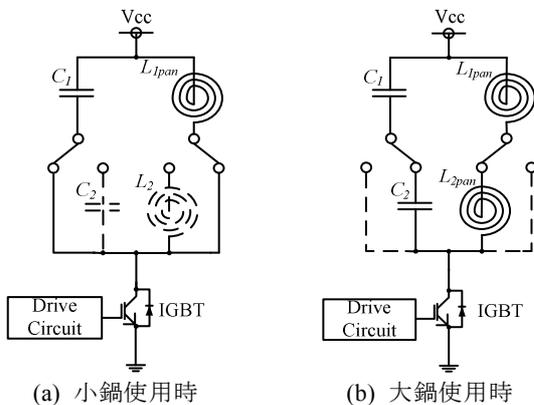


図2に提案するIHクッキングヒータを実現する回路を示す。これは、内側コイルと外側コイルおよび共振用コンデンサをスイッチで切り替えるものである。内側コイルのみを使用するときは、図2(a)のように外側コイルを開放状態にし、内側コイルと外側コイル間に相互誘導が生じないように工夫している。また、外側コイルと内側コイルの両方を駆動するときは、図2(b)のように直列接続する。これを駆動回路に接続して駆動を行う。



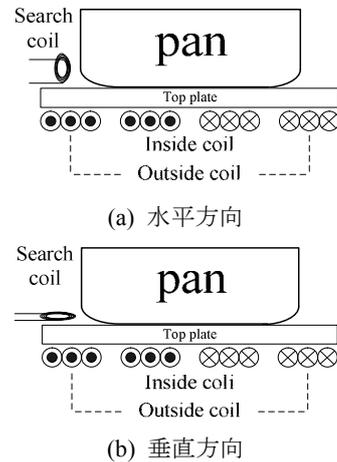
ただし、 L_{1pan} : 鍋を載せたときの内コイル、 L_{2pan} : 鍋を載せたときの外コイル、 $L_{pan} = L_{1pan} + L_{2pan}$ 、 L_2 : 鍋を載せてないときの外コイルのインダクタンスとする。

3. 漏れ磁束の低減効果

分割コイル方式IHクッキングヒータの漏れ磁束低減効果を実証するために漏れ磁束を測定した。

3.1 実験方法

図3のようにサーチコイルを用いて、鍋端部から半径方向の漏れ磁束の測定を行った。測定範囲は、鍋端部から5mm おきに、トッププレートの端部までとした。分割コイル方式IHクッキングヒータの漏れ磁束を測定する際は、図2(a)のように内側コイルだけを駆動させた。従来のIHクッキングヒータの漏れ磁束を測定する際は、図2(b)のように内側コイルと外側コイルを直列接続して駆動させた。これにより、加熱コイルと鍋の直径による漏れ磁束低減効果が確認できる。



3.2 実験結果

図4に鍋端部における漏れ磁束の実験結果を示す。ただし、結果に示す値は、水平方向のサーチコイル電圧と垂直方向のサーチコイル電圧のベクトル合成した値である。実験結果より、従来のIHクッキングヒータと比べ分割コイル方式IHクッキングヒータは漏れ磁束を最大で約75%低減できたことが確認できる。

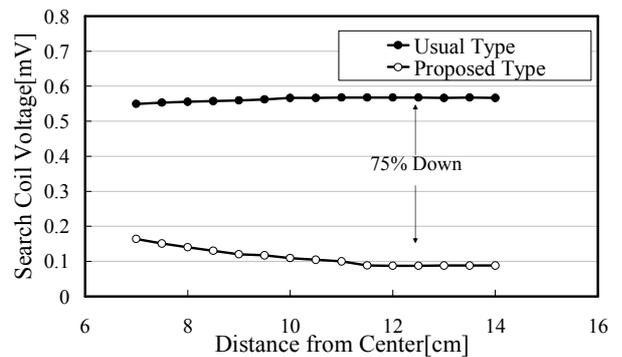


図4 鍋端部からの漏れ磁束

4. 加熱効率の改善効果

分割コイル方式IHクッキングヒータによる加熱効率の改善を実証するために加熱効率を測定した。

4.1 実験方法

図2の回路モデルを用いて、分割コイル方式IHクッキングヒータの加熱効率を測定する。今回の実験に使用した鍋は14cmφと18cmφの三層ステンレス鍋(SUS-AI-SUS)である。14cmφの鍋を使用して分割コイル方式IHクッキングヒータの加熱効率を測定する際は、内側コイルだけを駆動させた。従来のIHクッキングヒータの加熱効率を測定する際は、内側コイルと外側コイルを直列接続して駆動させた。また、18cmφの鍋を駆動する場合は、内側コイルと外側コイルを直列に接続して駆動させる。これらの結果を比較することにより、分割コイル方式IHクッキングヒータの有効性が検討できると考える。加熱効率の測定は以下の手順で行った。

- ① 500mlの水を鍋に入れ蓋をする。
- ② 水の初期温度を測定する。
- ③ 加熱コイルの中心に鍋を置き最大出力で加熱する。
- ④ 沸騰するまでの加熱時間と加熱電力を測定する。

加熱効率 η は(1)式から求めた。ただし、 Q [ℓ]:水の量、 T_1 [°C]:初期温度、 T_2 [°C]:到達温度、 VI [kW]:加熱電力、 t [h]:加熱時間である。

$$\eta = \frac{Q(T_2 - T_1)}{860 \times VI \times t} \times 100[\%] \quad (1)$$

4.2 実験結果

図5に14cmφの鍋を使用した場合の加熱効率を示す。また、図6に小鍋使用時と大鍋使用時の加熱効率を示す。図5より、従来法に比べて提案法は加熱効率が8%改善できていることがわかる。図6より、大鍋使用時は小鍋使用時に比べて加熱効率が低下していることがわかる。

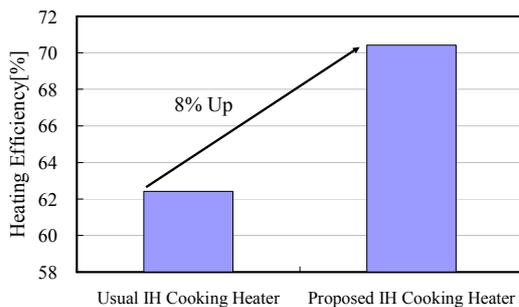


図5 14cmφの鍋を使用した場合の加熱効率

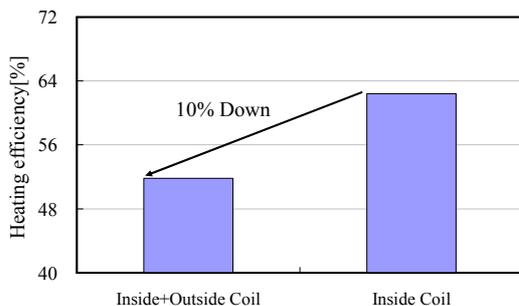


図6 小鍋使用時と大鍋使用時の加熱効率

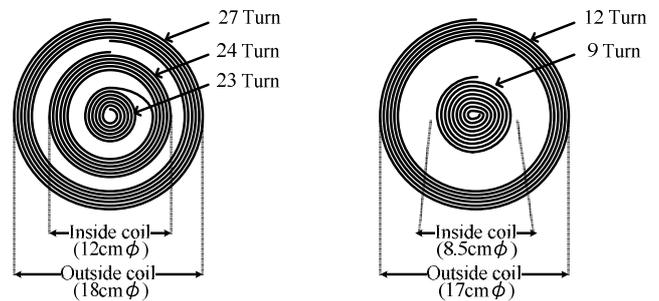
5. 加熱コイルによる加熱効率の変化

分割コイル方式IHクッキングヒータで大鍋を加熱したときの加熱効率を改善するために構造の違う加熱コイルを用いた際の加熱効率を測定した。

5.1 実験方法

図7に示す駆動方法が異なる2種類の分割コイルを用いて加熱効率の測定を行った。母線電圧はD.C.123V一定として駆動させた。加熱効率の測定は以下の手順で行った。

- ① 鍋容量の半分(1.36ℓ)の水を鍋に入れ蓋をする。
 - ② 水の初期温度を測定する。
 - ③ 加熱コイルの中心に鍋を置き最大出力で加熱する。
 - ④ 沸騰するまでの加熱時間と加熱電力を測定する。
- 加熱効率 η は(1)式から求めた。



(a) 電流共振用加熱コイル (b) 電圧共振用加熱コイル
図7 加熱コイルの平面構造

5.2 実験結果

図8に加熱効率を示す。図より電圧共振用加熱コイルを使用した方が電流共振用加熱コイルを使用した場合よりも加熱効率が27%高くなっている。すなわち、加熱コイルの巻き数や構造を工夫することで大鍋駆動時でも高い効率が実現できる。

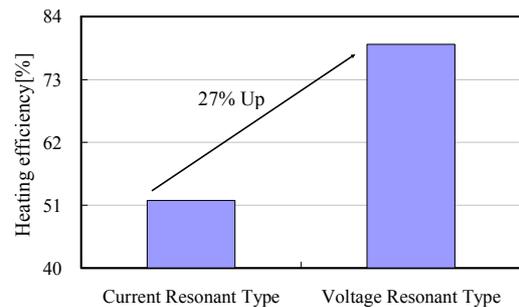


図8 分割コイルの加熱効率

6. まとめ

本研究では、分割コイル方式IHクッキングヒータの実現とその有効性を実験により明らかにした。その結果、漏れ磁束の低減と加熱効率の改善が実証できた。さらに、構造の違う分割コイルを用いることにより、大鍋使用時の加熱効率についても改善が行なえ、有効性が示せた。

参考文献

- [1] 三菱電機:“家庭用 IH クッキングヒータ技術” 三菱電機技報, Vol.80, No.11, pp.57-60 (2006)
- [2] 奥山・米盛・仁田:「分割コイル方式 IH クッキングヒータによる加熱効率の改善」, 第 27 回電気設備学会全国大会, pp.137-138, (2009)