

横流れ電流低減化加工した 小形誘導電動機

三菱電機株式会社

代表執行役 執行役社長 柵山 正樹

三菱電機(株)	中津川製作所	換気送風機製造部	大石 晋也
三菱電機(株)	中津川製作所	換気送風機製造部	川崎 啓宇
三菱電機(株)	中津川製作所	製造管理部	坪内 剛史
三菱電機(株)	中津川製作所	換気送風機製造部	岡田 順二
三菱電機(株)	先端技術総合研究所	電機システム技術部	米谷 晴之
三菱電機(株)	中津川製作所	製造管理部	峯 芝 毅史
三菱電機(株)	中津川製作所	換気送風機製造部	山口 秀哉

はじめに

換気扇などの家電製品の動力には、構造が簡単で安価な小形誘導電動機が多く用いられている。今後も新興国での家電製品の普及・需要増加が見込まれることから、地球温暖化対策として小形誘導電動機の効率改善は重要なテーマである。

誘導電動機の損失は、以下の4項目に分類され、各損失の合計が最小となるように設計する。

- ① 銅線の電気抵抗でジュール熱となる銅損
- ② 鉄心の磁場の変化により発生する鉄損
- ③ 軸受の摩擦や旋風に費やされる機械損
- ④ 入力と出力の差である全損失から、上記3つの損失を除いた漂遊負荷損

小形誘導電動機では銅損が圧倒的に大きく、この削減が効率改善には有効だが、鉄心や巻線が最適設計された現状から更に銅損を削減するには電動機のサイズアップが必要となる。これは家電製品の意匠や性能を損なうとともに銅や鉄の使用量が増えてしまうため、好ましくない。

そこで、これまでその損失の所在や内訳が不明確で手付かずであった漂遊負荷損に着目して

分析した。その結果、回転子の横流れ電流による損失が大きいことを突き止め、この電流を低減する工法を開発し、大幅な効率改善を図った。

開発のねらい

対象とする小形誘導電動機は銅損の58%に次いで漂遊負荷損が11%発生していた(図1)。

漂遊負荷損は、主に固定子あるいは回転子導体から発生する高調波磁束に起因する損失である。図2に示すように回転子の二次導体が軸方向に斜めに設けられている(スキューされている

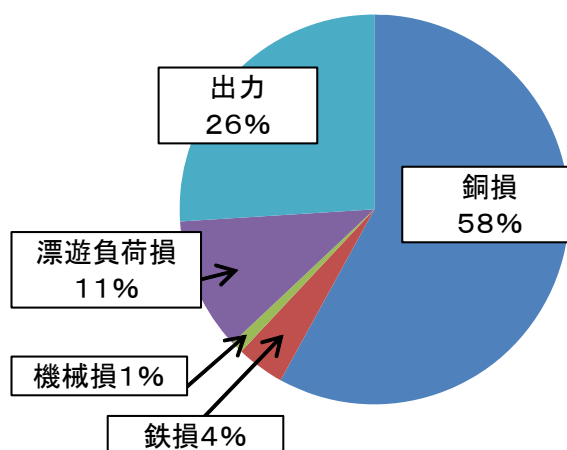


図1 改善前の小形誘導電動機のエネルギー配分

る)誘導電動機においては、この高調波磁束により導体間に誘起電圧差が生じる。このとき、回転子のアルミダイカストで形成した二次導体のローターバーと回転子鉄心とが電氣的に接触しているとローターバー間に横流れ電流が発生する。この電流による損失を横流損と呼ぶ。

対象の電動機では横流損が 10%あり、これを削減すれば銅損も減るため、銅や鉄を追加投入することなく、消費電力を 20%削減できる。

従来、アルミダイカストした回転子の横流れ電流を低減する手段として、ローターバーと回転子鉄心間に絶縁層を生成するいくつかの方法が提案されている。しかし、量産品へ適用するにはそれぞれ問題があった。

＜従来の方法と問題点＞

- ① 回転子鉄心を加熱して表面に酸化被膜を形成した後にアルミダイカストを行う方法：酸化被膜生成時に窒素雰囲気中で数%の水蒸気を導入した炉内で長時間焼く必要があり、加工時間がかかって量産に不向きであり、また効果が少ない。
- ② アルミダイカスト後に加熱・急冷してアルミニウムと鉄との線膨脹差を利用して剥離する方法：加熱・急冷を数回繰り返さないと完全に剥離することができず、量産に向かない。
- ③ 回転子鉄心へ耐熱絶縁塗料を塗布後アルミ

ダイカストする方法：今回のような回転子が小さい場合、狭いところへ均一に塗料を塗布することが困難で、品質が安定しない。

今回は、確実かつ短時間で絶縁層を生成する工法を開発し、横流れ電流を低減した効率の高い小形誘導電動機の量産化を目指した。

装置の概要

図 2 に小形誘導電動機の断面写真と固定子および回転子の構造図、図 3 にその鉄心断面における磁束の流れと回転磁界の関係を示す。

誘導電動機では、位相差を持たせた交流電圧を固定子巻線へ印加することで、固定子鉄心から回転子鉄心へ磁束がループ状に流れ、回転子には磁界の方向が回転する回転磁界が発生する。この回転磁界により、すべりながら回転して

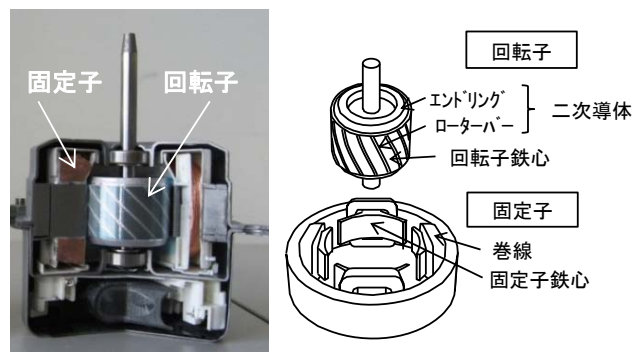


図2 小形誘導電動機の断面写真と構造図

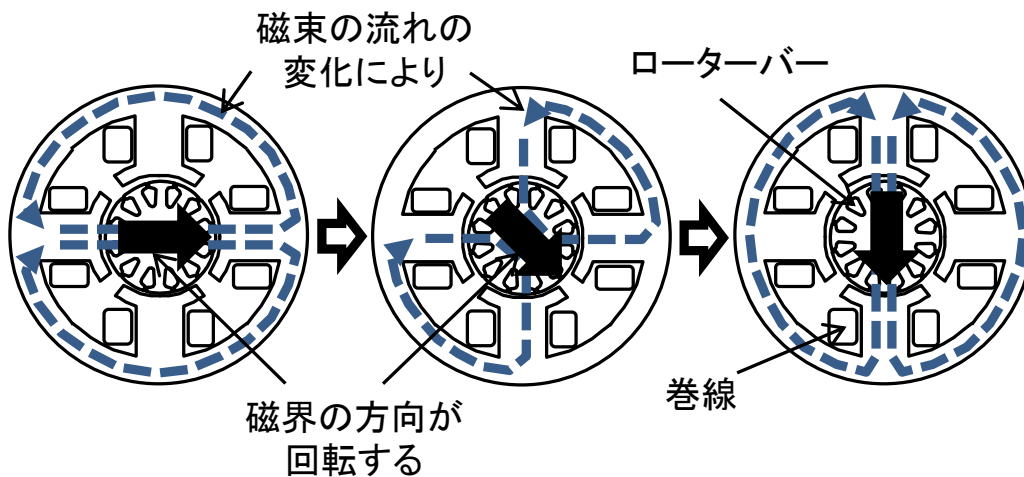


図3 回転磁界

いる回転子の二次導体には誘導電流が流れ、この誘導電流が作る磁界と固定子からの磁界の相互作用により、回転子にトルクが発生する。

技術上の特徴

前述のようにスキューのある二次導体ではローターバー間に電位差が発生するため、回転子鉄心との間を絶縁するのが理想であるが、小形誘導電動機では、アルミダイカストで二次導体を形成するため(図4)、確実な絶縁が困難で



図4 アルミダイカストによる二次導体の形成

あった。その結果、二次導体に流れる電流は本来は図5の破線で示すローターバー→エンドリング→別のローターバー→反対側のエンドリングと流れるべきところを、ローターバーの途中で鉄心を経由してショートカットする電流が流れる。この電流が横流れ電流で、磁束と有効に鎖交しないためにトルクとならず損失となる。特に、家電製品用の小形誘導電動機では低騒音化のためにスキューを大きな角度でつけるので、横流れ電流も大きくなり横流損が大きい。

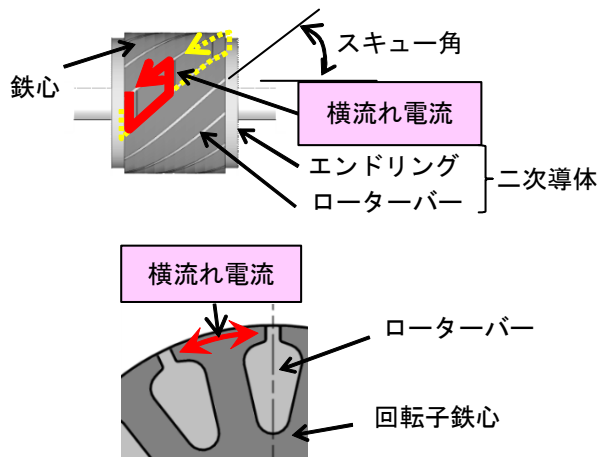


図5 横流れ電流の発生原理

ここで、ローターバー間に発生する誘起電力の電位差は数10mV程度と非常に小さく、ローターバーと回転子鉄心間に微小なすきまや絶縁層があるだけで、この横流れ電流は減少する。

図4に示すように回転子鉄心は薄い電磁鋼板を回転方向にずらしながら積層してあり、スキュー角が小さくなる方向には弱い力で振じることができる。また、アルミニウムには空気に触れると瞬時に酸化絶縁膜(バリア層)を形成する特性があるので、これらを利用して、絶縁層を短時間に確実に生成する工法を考案した。

加工工程及び回転子鉄心とローターバー間の絶縁層の生成の様子を図6に示す。

まず、アルミダイカスト後の回転子の両端を三爪チャックで把持する。

次にチャックを回転させて回転子をスキュー角が小さくなる方向に振じめる。この時、アルミダイカスト後の回転子は振じてもローターバーの長さは変わらないため、両チャック間の距離を調整しながら振じめる。すると、ローターバーが起き上がる変形により、鉄心からローターバーを確実に引き剥がすことができ、鉄心との間に大きなすきまができるとともに、ローターバー表面にバリア層が形成される。

その後、回転子を逆に振じって元の角度に戻すと、回転子鉄心とローターバー間に微小なすきまが残り、空隙とバリア層とからなる絶縁層を有する回転子が得られる。

更に、上記工法の開発と並行して回転子鉄心とローターバー間に確実な絶縁層ができていることを検査する装置も開発し、安定した品質を保証できるようにした。

実用上の効果

本工法により横流れ電流を確実に低減し、銅や鉄などの資源を追加投入することなく小形誘導電動機の効率を20%向上することが可能となった。

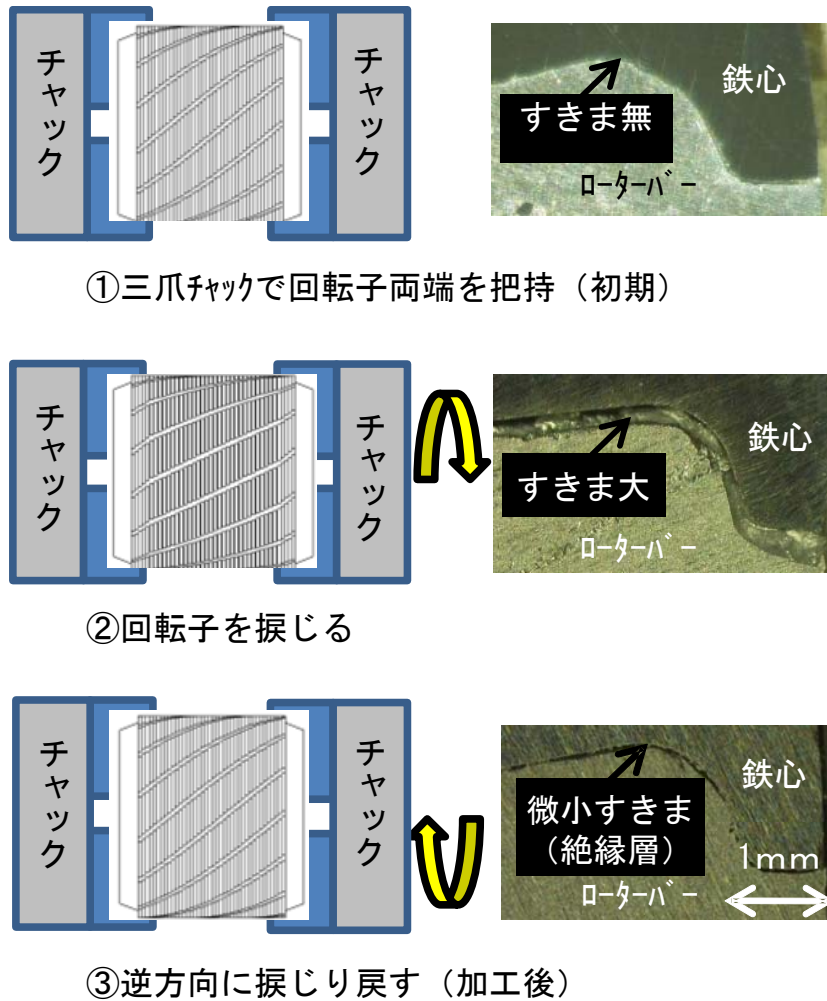


図6 加工工程と絶縁層生成の様子

この技術を用いることにより、家電製品の消費電力削減、銅・鉄の使用量削減、電動機の小形化などに展開することができる。

今後も、誘導電動機に限らずすべてのモーターについて改善し続けることで、生活の利便性向上と地球環境の改善に貢献していきたい。

むすび

誘導電動機には、インバーターなどの制御回路を必要とせず、構造も簡単堅牢で安価に作れるという特長があり、今後も活用されていくと思われる。その効率改善を通じた家電製品の省エネ・コスト削減・小形化は我々電機メーカーの使命である。

今回、これまで小形誘導電動機ではほとんど手がつけられてこなかった横流れ電流の低減により、効率を一気に20%も向上することができた。