

# 高占積率集中巻工法の開発

## 1. はじめに

当社で生産している空調圧縮機用ハーメティックモータには、分布巻式と集中巻式がある。分布巻式のステータは、図1のように上下端のコイルエンド部が大きいため巻線抵抗値が大きく銅損・銅量ともに多い。一方、集中巻式は図2のようにコイルエンド部が小さいため巻線抵抗値が小さく銅損・銅量ともに少ない。

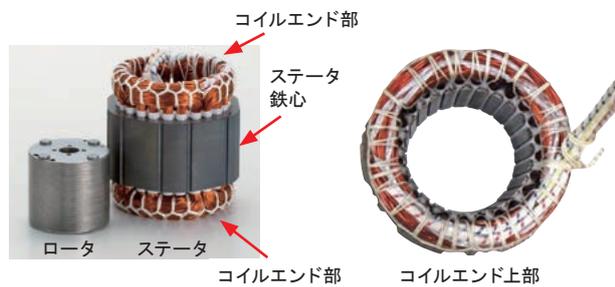


図1 分布巻モータ(ステータ・ロータ)

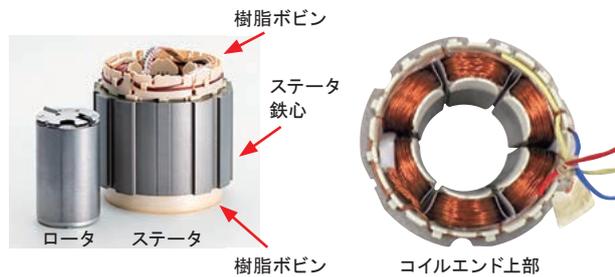


図2 集中巻モータ(ステータ・ロータ)

現在、ハーメティックモータは製作コスト低減の要求から、集中巻モータが多く採用されている。そこで、材料の使用量を削減するため集中巻モータの巻線占積率<sup>\*1</sup>を向上させる工法の開発に取り組んだ。これが実現できればモータのダウンサイジングや省資源化によりカーボンニュートラルに貢献できる。

## 2. 集中巻式の巻線工法

### 2.1 従来工法

従来の巻線工法は図3のように巻線ノズルをスロット内で周回させ、銅線をステータ鉄心のティース部に巻線する(インナー巻線方式)。そのため、ノズルの軌道には巻線できない。

<sup>\*1</sup> コイルスロットの断面積に占める導体の割合

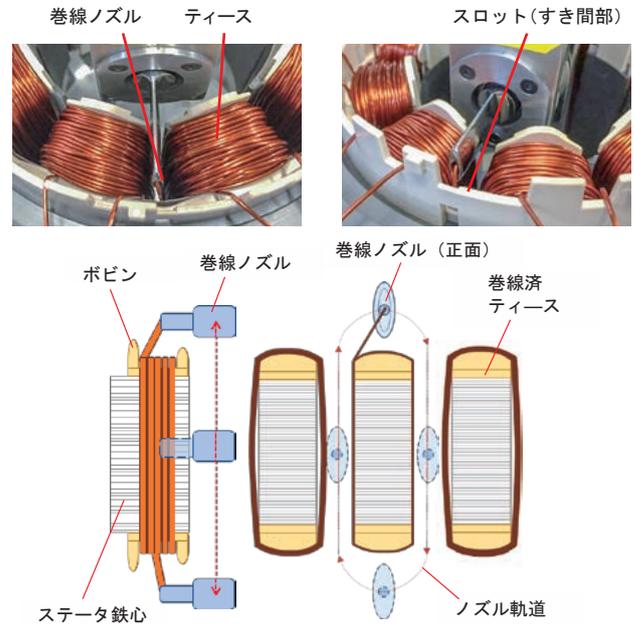


図3 インナー巻線方式(従来工法)

### 2.2 新工法

新工法では図4のように銅線を鉤状のフックで引っ掛け巻線ノズルを内径側へ移動させる。その後、巻線ノズルをスロット外で周回させて、銅線をステータ鉄心のティース部に巻線する。巻線ノズルはスロット内を移動しないため、従来工法でノズルの周回軌道となる部分にも巻線できる。これをフック式巻線方式と呼ぶ。

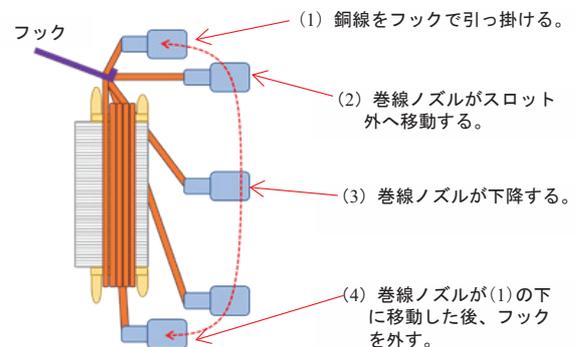


図4 フック式巻線方式(新工法)

## 3. 実験装置

フック式巻線方式の実効性や巻線品質（銅線傷や整列性）を調査するため、社内で実験装置（フック式巻線機）を製作した（図5）。

### 3.1 装置構成

装置は、巻線ノズルを1本有し、ワーク回転機構、スロット外での巻線を補助する2つのフック機構、銅線の張力を制御するテンション機構からなる。フック式巻線では銅線をフックで引っ掛けながら巻線するため、ノズルの動きが複雑になる。そこで装置の駆動系は自由度の高いサーボ駆動を採用した。ワーク回転軸、ノズル移動軸、フック移動軸を同期制御することで互いに干渉することなく一連の巻線動作を可能にした。

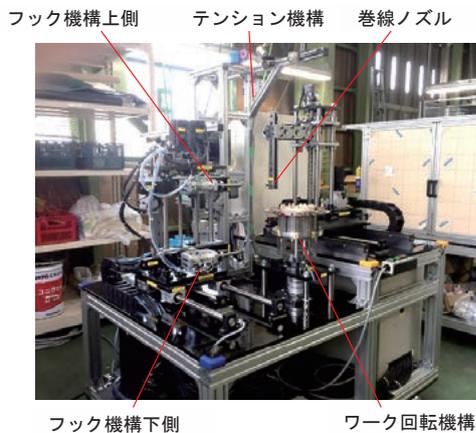


図5 実験装置の写真

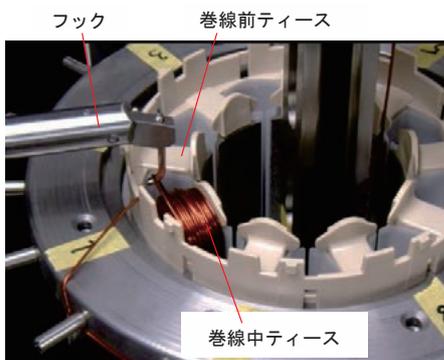


図6 巻線拡大画像

### 3.2 巻線動作

基本動作は、ワークをステータのスロット分割角度40度（9スロットステータの場合は $360 \div 9$ 分割=40度）だけ回転させ（図7-1）、巻線ノズルがボビンの頂点に移動する際、フックで銅線を引っ掛ける（図7-2）。その後、巻線ノズルを内径側に移動させ（図7-3）、スロット内を通過せず巻線する（図7-4）。

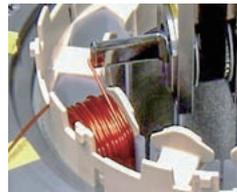


図7-1 ワーク回転

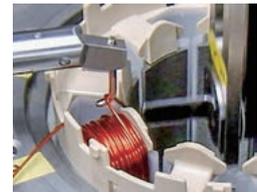


図7-2 フッキング



図7-3 ノズル内側移動



図7-4 ノズル下側移動

## 4. 巻線結果と期待される効果

実験には量産実績のある外径 $\phi 160$  mm、鉄心積厚90 mm、銅線径1.1 mmの9スロット集中巻ステータを用いた。

図8-1は従来工法で巻線したもので、スロット部にはノズルが移動する隙間がある。一方、図8-2は新工法（フック式巻線方式）で巻線したものであるがスロット部の隙間にも巻線が可能になったことで、占積率が約15%向上した。これによりステータ鉄心の積層（積厚）を低くすることができ、ひいては鉄心の電磁鋼板やロータ内のマグネット材料費の削減に繋がり、材料費約10%の削減が期待できる。



図8-1 従来工法



図8-2 フック式巻線

## 5. あとがき

実験では、フック式巻線方式を行うことで集中巻モータの占積率を向上させることができたため、材料費の削減と共にダウンサイジングも期待できる。昨今、銅やマグネットの価格の高騰や海外メーカの技術革新もあり、より低価格で高品質なモータが求められる。今後、巻線の整列性の向上や、巻線時間の短縮を図り、この方式を用いたモータを新規開発し量産化を目指す。