

新型巻線機「インナー巻線機」、「ワーク回転式巻線機」の開発

竹内 豊
Yutaka Takeuchi

大木 弘
Ooki Hiroshi

1. まえがき

近年、ACサーボモータをはじめ、各種モータの小形軽量化が飛躍的に進んでいる。これには、巻線技術の向上が大きく貢献している。また、さらなる性能・価格競争を視野に、生産性をより向上した巻線技術の開発が重要な課題である。

巻線技術で重要なのは整列度と占積率であり、双方をいかに向上させるかが、モータの性能向上のかぎである。

このような重要性を認識し、当部では、斬新なアイデアから2機種の新しい複合アクチュエータ(直進/回転モータと直進ステッピングモータ)を開発し、そのアクチュエータを搭載した新型のインナータイプ(積層コアに電線を直接巻線する)巻線機の開発に成功した。

また、制御装置には当社の「S-MAC」を搭載し、電線(マグネットワイヤ)を分割コア形状にあわせて成形しながら、巻線をするワーク回転式巻線機の開発も成功した。

本稿では、複合アクチュエータをふくめて、2台の新型巻線機について紹介する。なお、4章で紹介するワーク回転式巻線機の制御について、本号の「S-MAC」TYPE Cの応用(ワーク回転式巻線機の開発)で説明しているので、あわせてお読み頂きたい。

2. 開発の背景

当社の主力製品である小・中型ACサーボモータ「P3」・「P5」の市場ニーズ増大にともない、巻線機の導入が計画された。また、大型サーボモータ「P6」・「P8」をベースとした30kWクラスの、大容量のサーボモータの開発にともなう巻線機の導入も必要とされた。いずれも、整列度の高い生産性に優れた巻線機が要求され、特に大容量サーボモータの巻線は、電線径が3.0mmと太く電線の剛性により巻線することが極めて難しい状況であった。

3. 整列度と占積率

開発の概要を紹介する前に、冒頭でも述べた、巻線技術で重要な整列度と占積率について説明する。

整列度とは、積層コアに電線を巻く際、「電線をいかに積層コアに密着し、きつく、かつ、整った形で巻けるか」を示し、占積率とは、「コア空間面積に対する、巻かれた電線のトータル断面積の比」により示される。

図1、図2は、整列度の高い理想的な巻き方による、積層コアの表側と裏側である。図2中に示すように、電線と電線が、たすき掛けの様に交差しながら巻かれている。これが、整列度を高めるための条件となる。

整列度が高ければ、おのずと占積率の向上にもつながる。

4. 新型インナー巻線機の開発

4.1 巻線機の特長

図3に示すACサーボモータ「P3」・「P5」用に開発したインナータイプの巻線機は、直線運動と回転運動を自在に制御する直進／回転モータ(ACサーボモータ)を1台、巻線機の動力源とし、ノズルのボックス運動(前進+正転+後退+逆転)を行う。また、直進／回転モータにより、直線と回転が巻線中を含め自在に変更でき、ノズルの振り角やストロークを任意に変えられる巻線機である。

また、開発されたインナー巻線機は、

- (1)巻線中でのノズルストロークの変更により、整列度の高い巻線を実現。
- (2)ワンタッチパネル操作による、振り角、ストローク、および機種替えを実現した操作・段取り性の向上。
- (3)直進ステッピングモータと、サーボ制御されるインデックスにより、理想的な渡り線処理の実現。
- (4)直線運動を発生するために必要とする、複雑な機構を省いたシンプルな機構。
- (5)3本ノズルによる巻線時間の短縮、生産性向上(従来比200%)。を特長とし、高性能な新型インナー巻線機を実現させた。

4.2 直進／回転モータ

図4に示す直進／回転モータは、ACサーボモータ「P6」・「P8」の主要部分を採用し、1つの筐体に、2対のステータとロータを構成し、別々のエンコーダにより制御するACサーボモータである。

図5に示すように、2本の中空シャフトを有し、スプラインナットとボールねじが、それぞれのシャフトに取り付けられる。前方のロータが回転すると、スプラインナットを介して出力軸(スプライン軸)が回転する。また、後方のロータが回転すると、ボールねじナットが回転する。この時、後方のスプラインにより、回転を拘束されたボールねじは、直進の運動に変換され出力軸に伝達する。

以上の構造により、回転と直進の2軸駆動を可能とした。

また、図5に示す直進／回転モータは、最大ストロークを250mmとし、推力約2.6kN(定格)による直進運動を可能とする。1パルスあたりの分解能は、回転方向が0.036°直進側が0.002mmである。

4.3 直進ステッピングモータ

ステッピングモータ「89ステップ5相」シリーズを基に、図6に示すように、中空としたモータシャフトの中に、ボールねじスプラインを内蔵する。ボールねじスプラインのナットは、前方がボールねじナット、後方がスプラインナットにより構成される。ロータが回転すると、スプラインナットにより回転を拘束され、軸がストローク200mmの直進運動を行う。巻線機に採用した直進ステッピングモータの性能は、最大2.5kNの推力を発生し、分解能は0.016mmである。

4.4 整列度の向上

整列度を向上させる要素の1つとして、電線を緩んだ状態で巻かないことが挙げられる。

インナータイプの巻線では、巻き終わった電線を、次のスロットに移す渡り線処理が避けられない。図7で示すように、従来の巻線機では、ノズルのストロークが固定であるため、常にニードルの入る空間を設けながらノズルを移動する必要がある。そのため、不要に長いΔL分の電線は、たるみながら積層コアに巻かれ整列度を悪くする。

今回開発した巻線機では、直進／回転モータの採用により、従来のメカ方式では不可能であったノズルのストロークが変えられ、渡り線の処理を行う時のみΔL延長して巻くことが出来る。ノズルのストロークを変えながら巻線することが、電線にたるみを与えずにきつく巻線し、整列度の向上につながる。

5. ワーク回転式巻線機の開発

5.1 巻線機の特長

図8に示す、大容量のACサーボモータ用に開発した巻線機は、5軸のACサーボモータと1軸のインダクションモータで構成され、すべてのモータを当社の制御装置「S-MAC」により制御する。この巻線機は、

- (1) ノズルと分割積層コアとの位置を、微調整しながら巻線をする。
- (2) 電線を分割積層コアに押しつけながら巻線する。
- (3) 電線を、分割積層コア形状に倣い成形しながら巻く。

の3項により、整列度の高い巻線を可能とした。

特に、電線径の太い巻線に有効である。

5.2 巻線機の構成

図9に示すように、分割積層コアがセットされたテーブルが、ACサーボモータにより、それぞれ左右(X方向)・前後(Y方向)・回転(θ 方向)を自在に移動する。また、ノズルは、積層コアに対してACサーボモータにより上下(Z方向)に移動する。分割積層コアとノズルの間には、電線に対して垂直に移動し電線を分割積層コアに押しつけるサポート機構を備える。さらに、電線を供給するボビンには、電線の張力を調整するテンション装置を設ける。

以上により巻線機は構成され、全てのモータが「S-MAC」によりコントロールされる。

5.3 整列度の向上

前項の構成により、開発した巻線機は、分割積層コアとノズルとの位置関係を微調整し、かつ、ノズルまで供給した電線を分割積層コアに押しつけながら巻く。

太電線の巻線で整列度を向上するために、新型巻線機は図10に示すような工法とした。電線の剛性に負けないように、サポート機構により押しつける力と、分割積層コアの回転力との合成力により、電線を、分割積層コアの一端を支点として90度に成形しながら巻く工法を考案した。さらに、この時の張力を強くし、電線をきつく巻きつけることで、より整列度の高い巻線を成功させた。

6.むすび

以上、'97年に開発した2台の新型巻線機と、搭載した複合アクチュエータの紹介をした。いずれも、斬新なアイデアによる新しい技術の実現に成功した。

インナー巻線機については、直進／回転モータのシリーズ化を進め、各種サイズのモータ用巻線機を継続して開発していく予定である。また、回転・直進を自在に制御可能とする特長を活かして、直進／回転モータの応用技術についても今後さらに開拓し、広い範囲で発展できればと考える。

今後さらに進むモータの小型・高密度化に対し、モータ構造の開発を含め、より整列度と占積率および生産性を追求した巻線技術の開発に、取り組んでいく所存である。

竹内 豊

1986年入社

生産技術開発部 技術課

要素技術・新製品の開発に従事。

技術士補(機械部門)

大木 弘

1964年入社

生産技術開発部 技術課

ステッピング、サーボモータ巻線機開発設計に従事。

図1 分割積層コアの表側

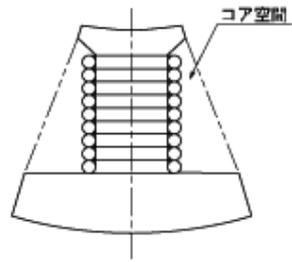


図2 分割積層コアの裏側

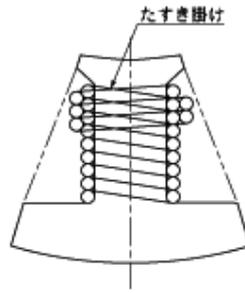


図3 新型インナータイプの巻線機

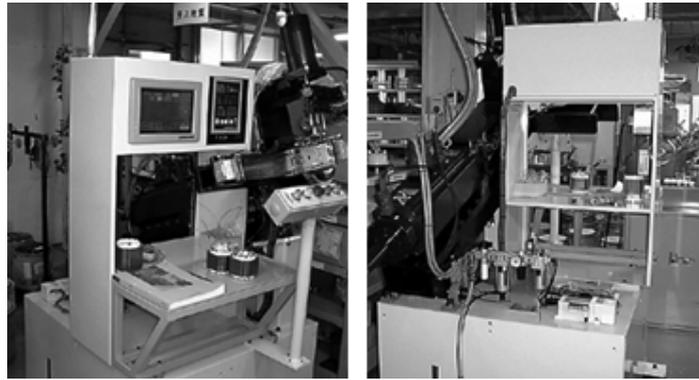


図4 直進／回転モータの外観



図5 直進／回転モータの断面

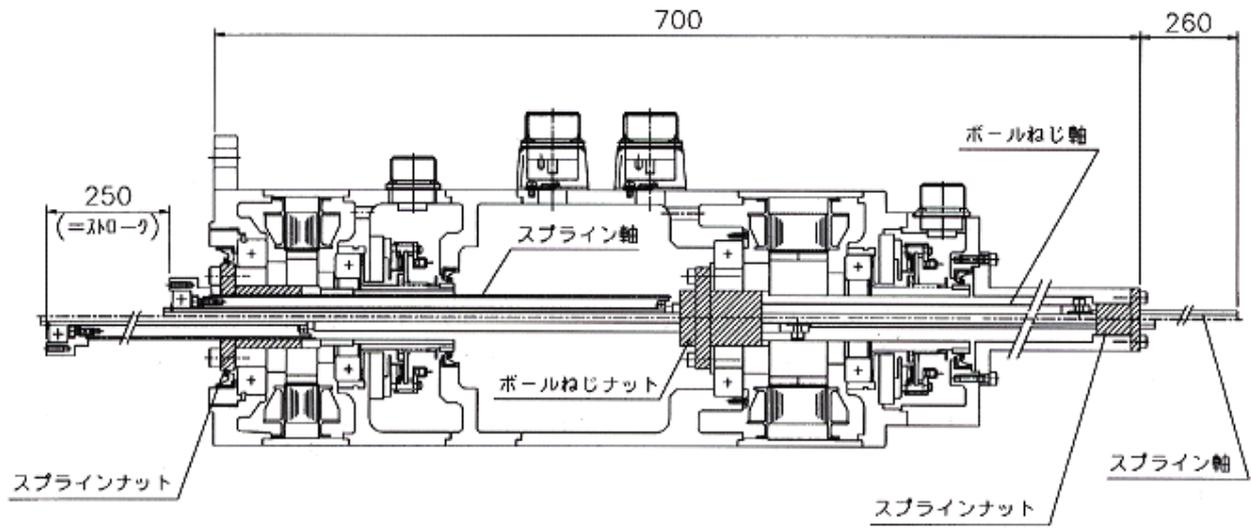


図6 直進ステッピングモータの断面

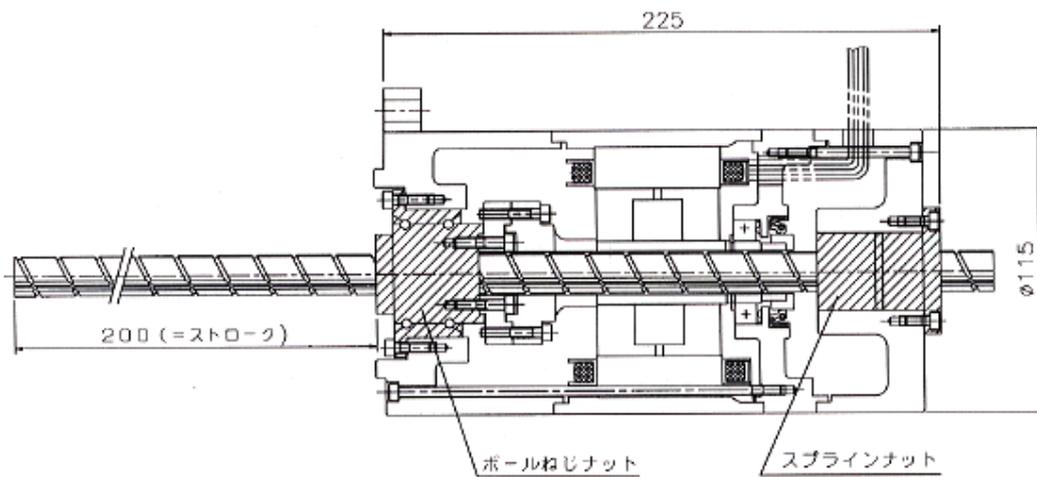


図7 ノズルの軌跡

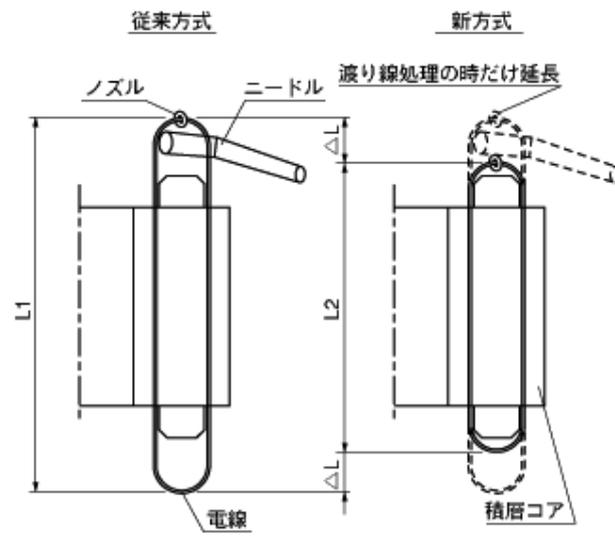


図8 新型ワーク回転式巻線機



図9 巻線機の機構

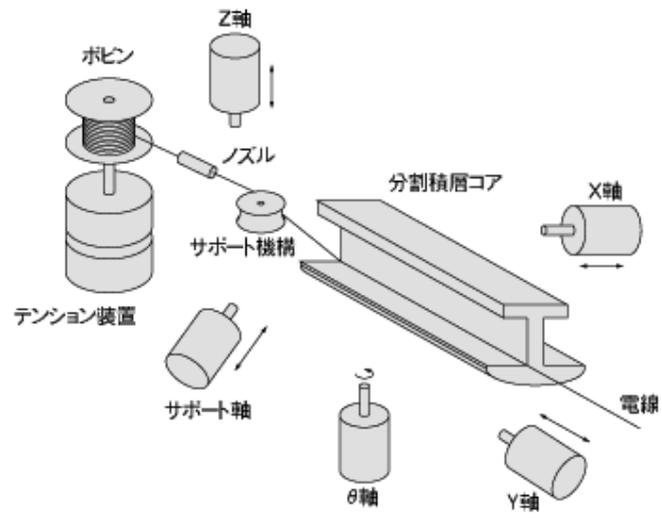


図10 巻線の工程

