

小型三相誘導電動機 ワールドエナジー 21 シリーズ

WORLD ENERGY 21 Series Three-Phase Induction Motor

垣内 健男
KAITO Takeo

相倉 伸建
AIKURA Nobutake

森島 忠
MORISHIMA Tadashi

近年、市場のニーズが多様化するなかで、産業用動力源として幅広い分野で使用されている三相誘導電動機に対して小型・軽量化、低騒音化、高信頼性化、および短納期化の要求が高まっている。このため、従来の鋳物フレームに代わる独自の技術を取り入れたアルミニウム(以下、アルミと略記)ダイキャストフレームの全閉外扇形電動機“ワールドエナジー21”シリーズを開発した。

このシリーズでは、アルミダイキャスト成型技術の特長を生かした高冷却性能をもつフレームと、高性能冷却ファンを採用することによって冷却性能を大幅に向上させている。また、各種の信頼性評価によって検証された高信頼性の電動機を開発することができた。

Users have recently been requiring lighter weight, smaller size, lower noise, shorter delivery time, and improved reliability of three-phase induction motors used as driving equipment in various industrial fields. In response to these requirements, we have developed a new motor series, the WORLD ENERGY 21 series, employing an aluminum frame produced by our own techniques.

The new frame design and a newly developed fan greatly improve the cooling characteristics of the motor. The WORLD ENERGY 21 series embodies the successful development of reliable motors of high quality.

1 まえがき

当社は、1983年に小型三相誘導電動機“ワールドエナジー”シリーズを市場へ投入し、業界トップレベルの性能で好評を得ている。また、92年には全閉外扇フランジ形のアルミモータ、93年に防滴保護型の新型鋼板フレームモータと順次新製品を先行開発し、従来機と同様に好評を得てきた。

近年、市場のニーズが多様化するなかで電動機に対する小型・軽量化、低騒音化、高信頼性化、および短納期化の要求がますます高まっている。当社はこれにこたえるため、従来の鋳物フレームに代わり数多くの新技術を取り入れた全閉外扇形アルミモータ“ワールドエナジー21”シリーズを開発した。図1にその外観を示す。

このシリーズでは、アルミダイキャスト成型技術の特長を生かした高冷却性能をもつフレームと、高性能冷却ファンの採用によって冷却性能を大幅に向上させている。また、各種の信頼性評価によって検証された高信頼性の電動機を開発することができた。

ここでは、全閉外扇形アルミダイキャストフレームを採用した“ワールドエナジー21”シリーズについて述べる。

2 新型アルミモータの特長

2.1 小型・軽量化

冷却性能の高いアルミダイキャストフレームを採用したことにより、従来の鋳物フレーム機種と比較して当社比

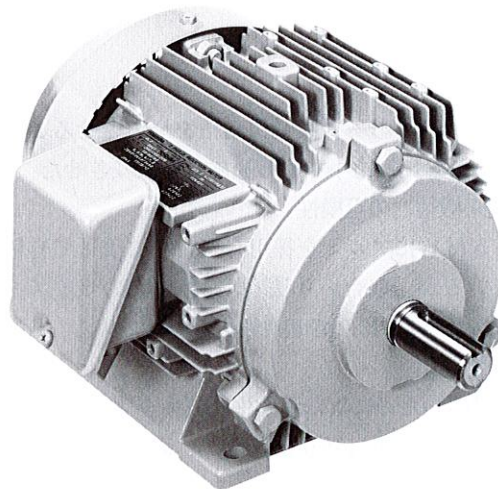


図1.“ワールド エナジー21”シリーズモータ アルミダイキャストフレームを採用した全閉外扇形電動機で、図は4極-FBK21-1.5kWを示す。

で質量で30%の軽量化、容積で20%の小型化を達成した(図2、図3)。

2.2 低騒音化

通風音低減のために、外部冷却ファン径の縮小、ファンとファンカバーの共鳴音の抑制、風の流れによる渦音低下のくふうなどを実施している。

ファン材質は、耐熱性・耐候性・耐食性に優れたエンジニアリングプラスチック材とし、信頼性を向上させている。

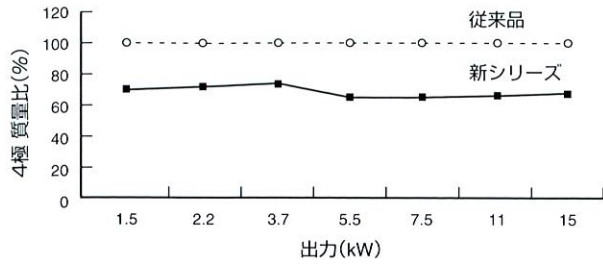


図2. 軽量化30%(当社比) アルミダイキャストフレーム採用により軽量化を図った。
Minimizing of mass

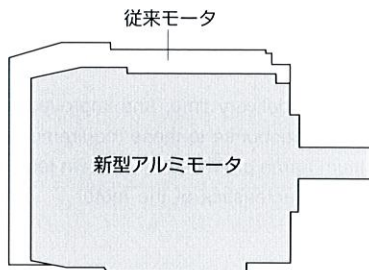


図3. 小型化20%(当社比) 冷却性向上により、体積で20%の小型化を可能とした。
Minimizing of size

また、ファンカバーの吸気口面積を増大させることによって、吸気部の風速を小さくし通風音を低減させた。

2.3 従来機種との互換性

フレーム材料にアルミを採用したことによって容積を小さくしているが、取合い寸法(据付け用穴のサイズ・ピッチ)は従来品と同一にして互換性をもたせている。

2.4 短納期化

短納期対応のために次に示す生産技術を開発した。

- (1) フレキシブル自動巻線技術 固定子鉄心積厚変更時の自動段取り化
- (2) フレキシブル回転子ダイキャスト技術 回転子鉄心積厚変更時の自動段取り化
- (3) YAGレーザーによる固定子鉄心のプレス型内自動結束技術

これらの技術によって、フレキシブル生産を可能にするとともに、(3)項の技術によって磁束の損失がなく電動機の効率向上も図っている。

3 対象機種

全閉外扇形アルミモータ“ワールドエナジー21”シリーズは脚付タイプとフランジタイプがあり、それぞれ2, 4, 6極の枠番号90Lから160Lまで、出力は4極機種で1.5kW～

15kWまでを対象としている。

4 高性能化技術

4.1 アルミフレーム精密ダイキャスト技術

今回開発したアルミダイキャストフレームの技術ポイントは、下記の3点であった。

- (1) 冷却性能の向上を目的とする薄肉背高フィン成形
- (2) 端子箱位置のフレキシビリティ性向上(負荷側から見て、左側位置から右側への変更)
- (3) 機械加工品と同等精度の精密鋳造

フィンの形状、ピッチは電動機の冷却性能向上による小型・軽量化の観点から解析し決定した。また、端子箱取り付け部分はモタリード線の引出しのためにアンダカット(袋形状)とする必要があり、さらにコア挿入部内径、脚裏部分は機械加工品同等の精度が必要となる。

図4に今回開発したアルミダイキャストフレームを示す。

コア挿入部内径の機械加工レスと取付脚裏面の機械加工レスに必要な精度を達成するため、金型温度制御、鋳造条件の最適化、内径抜き勾配ゼロ化を可能とする金型内部の表面処理を実現した。

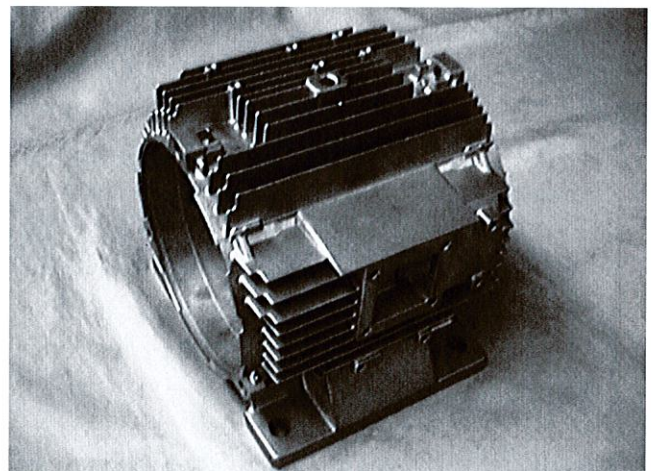


図4. アルミダイキャストフレーム フレーム枠番90Lを示す。
Aluminum die cast frame

端子箱取り付け面内部のアンダカットは、一般的に金型内に金属片の置き中子を挿入し、鋳造品とともに取り出し、後からこの金属片を取り除く方法が用いられている。今回、金型内において自動的にこの金属片の着脱を行う方法を採用し、生産性の向上を図っている。

なお、フレーム各部に働く荷重に対し、従来の鋳物フレームに比べてそんな色のない十分な剛性を確保するために、形状、板厚などについて最適化を図った。

この最適化に際しては、CAE(Computer Aided Engineering)解析による検討を行い、その結果を反映させたモデル試作品の検証試験によって確認を行なった。CAE解析の一例として、フレームの応力解析結果を図5に示す。

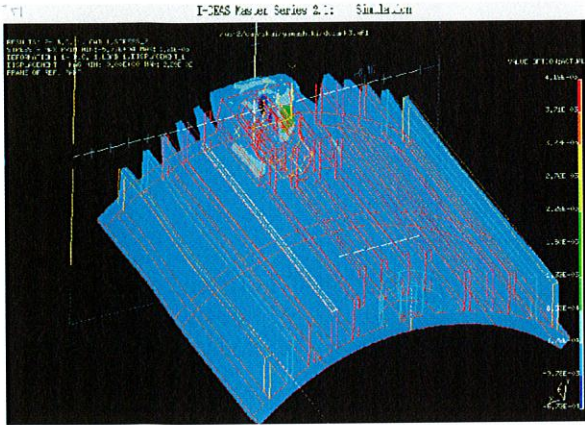


図5. フレームの応力解析結果の一例 ボルト挿入部の応力分布。黄緑色部分は比較的応力が高いことを示す。

Stress analysis

4.2 新巻線技術

今回新たに開発した巻線方法である正弦波巻線の技術ポイントを以下に述べる。

従来の小型電動機の巻線は、主に全スロットに一相のコイルだけを納める単層同心巻であるのに対し、正弦波巻線は一相のコイルだけを納めるスロットと、二相のコイルを納めるスロットが混在した部分二相同心巻である。

この新巻線採用により、次のような効果が挙げられる。

- (1) 回転子に作用する起磁力分布が正弦波により近いものになることによる高調波成分の低減
- (2) 高調波成分減少、およびコイルエンド長さの短縮に

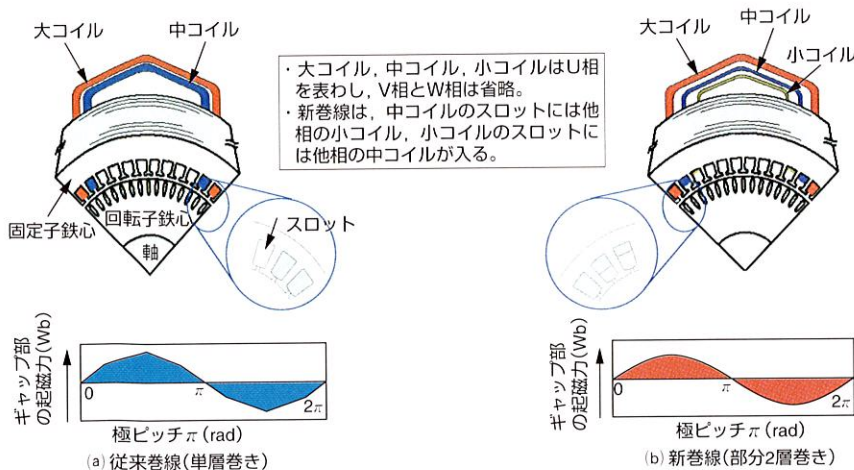


図6. 従来巻線と新巻線の比較 一般的な単層巻きと正弦波巻線(部分2相巻き)における巻線パターンとエアギャップ部の起磁力分布例を示す。

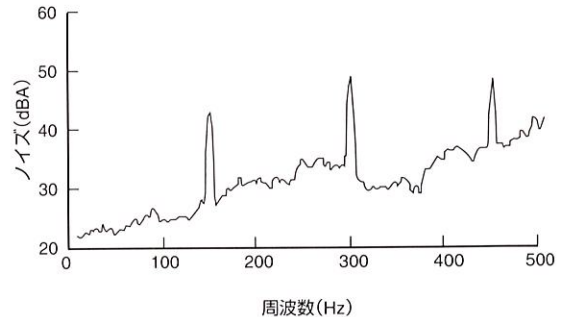
Comparison of new and conventional winding patterns

よる電動機の効率向上

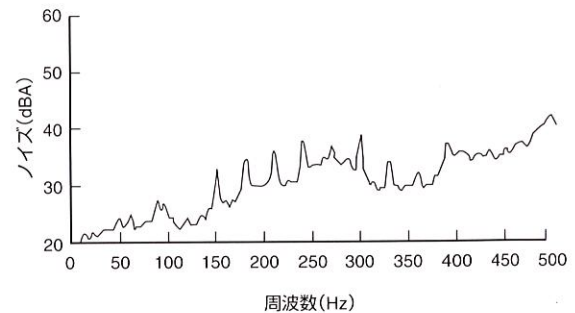
図6に巻線パターンとエアギャップ部の起磁力分布例を示す。

4.3 低騒音化技術

さらなる低騒音化のために、新型ファンの開発を行なった。新型ファンは風切り音を低減させるために従来品と比べてファン外径を小さくする一方で、風量を増加させるために羽根枚数、形状などの適正化を行なった。



(a)等配ピッチ翼



(b)不等配ピッチ翼

図7. 等配ピッチ翼ファンと不等配ピッチ翼ファンの騒音比較 不等配ピッチ翼ファンは騒音ピーク点で10dB(A)、オーバーオールで2~3dB(A)の改善が見られる。

Comparison of noise levels

また羽根の配置ピッチを円周方向で不等配とすることによって、羽根枚数×回転数によって生ずる耳障りな特定周波数の騒音ピークを分散し、レベルを低減させた。これによって騒音レベルだけでなく、聴感も向上させることができた。

効果の一例として、図7に騒音比較を示したが、騒音ピーク点のレベルが大幅に低下している。

5 信頼性評価

新型アルミモータの開発に際しては、電気的特性はもちろんのこと、各種信頼性評価試験を実施し、高信頼性が確保されていることを確認した。

主な評価試験は次のとおりである。

- (1) フレーム単体強度試験 フレーム胴体, 脚部, アイボルト座強度など
- (2) 軸端荷重時の応力とたわみ試験
- (3) 耐振動試験
- (4) アイボルト吊(つ)り下げ試験
- (5) プラッキング試験(連続正逆始動試験)
- (6) 梱包・輸送試験

6 あとがき

以上述べたように、多くの当社独自の新技术を取り入れ

ることによって小型・軽量化、低騒音化、高信頼性化を実現し、さらに短納期化を図り、寸法互換性のある電動機を開発した。

今後とも、新しい時代の市場ニーズに適合した電動機開発に取り組んでいく所存である。

文献

- (1) 野田伸一, 他. 電動機固定子鉄心の固有振動数解析方法. 日本機械学会論文集. 64, 624, 1998, p.49-54.



垣内 健男 KAITO Takeo

情報・社会システム社 三重工場 小形回転機部主査。
三相誘導電動機の開発・設計に従事。
日本機械学会会員。

Mic Operations



相倉 伸建 AIKURA Nobutake

情報・社会システム社 三重工場 小形回転機部主務。
三相誘導電動機の開発・設計に従事。

Mic Operations



森島 忠 MORISHIMA Tadashi

情報・社会システム社 三重工場 生産技術部主務。
金型設計, 塑性加工技術の開発・研究に従事。

Mic Operations