

【日本機械工業連合会会長賞】

多層スリット構造を採用した 永久磁石内挿リラクタンスモータ

オークマ株式会社

愛知県丹羽郡大口町

1. 機器の概要

CNC 旋盤は、主軸に取り付けた加工ワークを回転させ、刃物台に取り付けた切削工具を位置制御して加工ワークを高精度に切削する工作機械である。

本モータは、この CNC 旋盤の主軸を回転駆動させるために用いるビルトインタイプのモータである。

特長としては、ロータに多層スリットを配置することによりリラクタンス力（磁気抵抗差力）を効率的に発生させ、さらに性能アップのために永久磁石を少量内挿した独創的なロータ構造となっており、従来主流であった誘導モータに比べ、小型かつ高効率である。また、同じ用途に用いられ、本モータと同じように磁石を内挿する IPM モータと比べても、高速回転で逆界磁電流による効率低下がない上、必要な磁石の量が少ないため、希少資源である希土類（レアアース）磁石の使用量を削減できる。



図1 多層スリット構造を採用した永久磁石内挿リラクタンスモータ



図2 CNC 旋盤
(SPACE TURN LB3000EX)

本モータを適用することにより、省エネルギーを実現できると共に、主軸がコンパクトになり CNC 旋盤のフロアスペースを小さくすることができる。さらに、ロータには多層スリットが設けてあるため軽量であることから、主軸の素早い加減速が可能となり、加工時間を短縮できる。

2. 機器の技術的特徴および効果

2.1 技術的特徴

本モータでは、図3、図4に示すように、ロータのスリットに希土類磁石を内挿した独創的な構造を採用している。

図3の矢印の方向は、スリットにより形成される磁路に沿って磁束が生成される低磁気抵抗方向を示し、図4の矢印の方向は、磁束が通過し難いスリットを横断する高磁気抵抗方向を示している。リラクタンスモータは、この磁気抵抗の差を大きくすることで、高トルクと良好な界磁弱めが可能になる。

しかし、従来のリラクタンスモータでは、スリットを横断する漏れ磁束が発生するため、磁気抵抗差を大きくできなかつた。本モータは、このスリットを横断して発生する漏れ磁束を妨げる方向に希土類磁石を配置することにより、磁気抵抗差を大きくすることに成功した。尚、希土類磁石は、コンピュータ解析により図3、図4に示すように、より少量の磁石で効果的に漏れ磁束を防ぐように最適配置した。

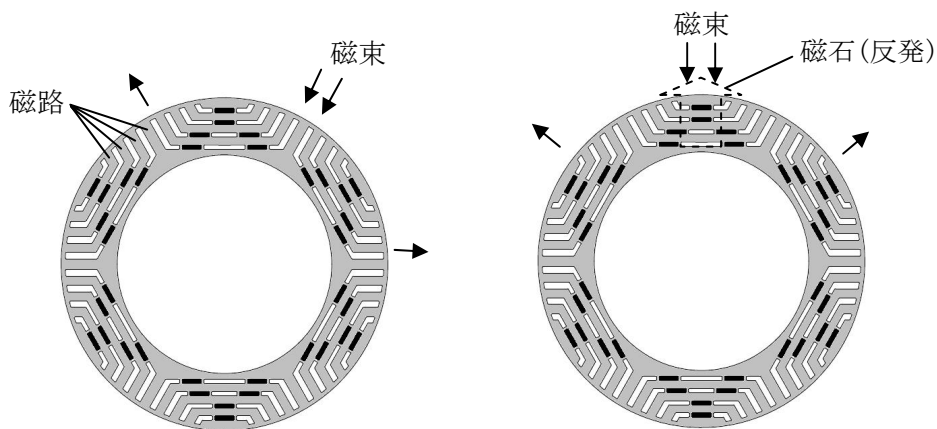


図3 低磁気抵抗方向

図4 高磁気抵抗方向

2.2 効果

(1) 省エネ性

本モータは、誘導モータと比較して、ロータに2次巻線がないため、ロータでの損失（発熱）がなく高効率である。また、同じように磁石を用いたIPMモータに比べ、磁石の使用量が少ないため、誘起電圧が低い。このため、高速回転で逆界磁電流を流す必要がないので高効率である。

図5、図6は、本モータと、従来品の効率（モータ以外にインバータやNCを含んだシステム効率）を示した図で、表1は、従来品との仕様対比表である。評価は22kW（ステータ外径φ320）のモータで行い、従来品は、本リラクタンスマータと全く同じトルク、出力となるように製作した誘導モータを使用した。

本モータの効率は、全回転数領域に渡り、誘導モータに比べて0～12%向上していることがわかる。尚、旋盤の主軸では、ほとんどの場合、連続定格トルク以下の領域で加工を行うが、本モータは、この領域で従来品との効率差が大きいため、旋盤の主軸に適した特性である。

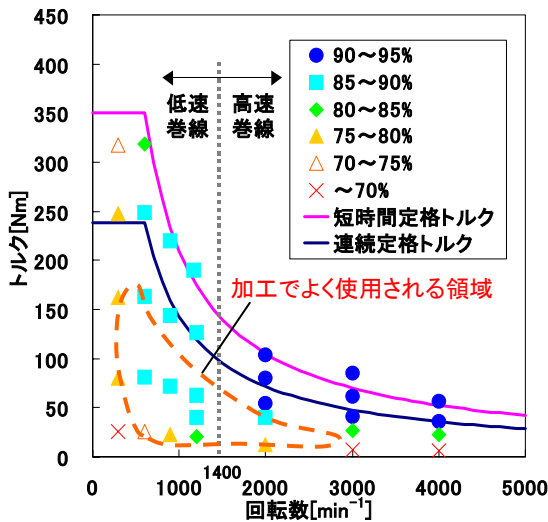


図5 本モータの効率

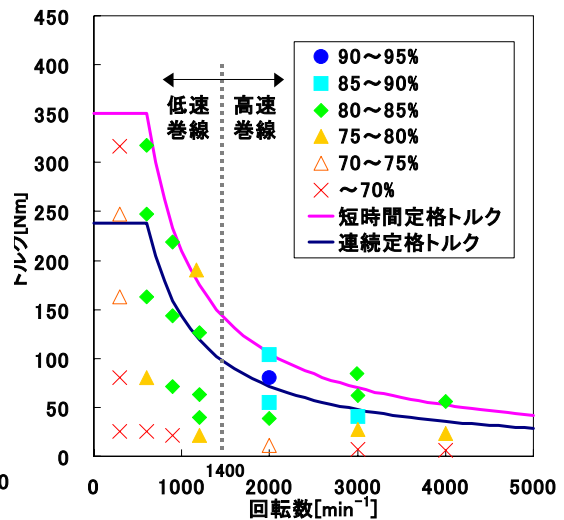


図6 従来品（誘導モータ）の効率

表 1 従来品との仕様対比表

		本モータ	従来品 (相当誘導モータ)	比較
最大出力・トルク		22kW ・ 350Nm		—
代表的な 効率※	247Nm時	86%	82%	効率4%向上
	80Nm時	86%	77%	効率9%向上
モータ外形		φ 320×L263	φ 320×L278	全長-15mm

※定格回転数 600min⁻¹時。モータ以外にインバータやNCを含んだシステム効率。

(2) 経済性

表 2 は本モータの経済性についてまとめた表である。ランニングコストは、効率の高い本モータが従来品に比べ年間 21,000 円安くなる。

表 2 従来品と本モータとのコスト対比表 (単位: 円)

	従来品	本モータ	差異	削減率
年間ランニングコスト※	198,000	177,000	-21,000	10%

※コスト明細: モータ平均出力 5 kW (80Nm/600min⁻¹)、で計算

・従来品のランニングコスト:

入力電力 6.6kW×10h×25 日×12 ヶ月×10 円/kWh

・本モータのランニングコスト:

入力電力 5.9kW×10h×25 日×12 ヶ月×10 円/kWh

3. 用途

本モータを 11kW~37kW の 5 種類にシリーズ展開し、弊社 CNC 旋盤に搭載し販売した。2007 年 4 月の発売以来、累計で約 2000 台の販売実績がある。自動車、精密機械、住宅設備、自動制御機器等の産業界に広く納入されており、納入企業は約 1800 社に及ぶ。