

マシニングセンタ用グリース潤滑主軸の開発

Development of Grease-Lubricated Spindle for Machining Center

大川雄司 Y. OKAWA 東本 修 O. HIGASHIMOTO

JTEKT has developed a grease-lubricated spindle for machining centers. The developed spindle has improved high-speed performance, grease life, and prevention of coolant intrusion, all of which have been problems attributed to grease-lubricated spindles, and has enabled the replacement of conventional oil/air lubricated spindles. It has become possible to reduce the amount of consumption of factory air and lubricating oil, resulting in a reduction of environmental burden from machining centers.

Key Words: machining center, spindle, grease lubrication, high speed, long life, sealing

1. はじめに

最近の急速な工業発展に伴い地球規模での環境汚染や資源の枯渇などの問題が深刻化している。これに対し当社では環境に配慮した工作機械を開発し、地球環境保全に貢献するための取り組みを行っている。マシニングセンタによる主な環境負荷としては電力、工場エア、油などの消費が挙げられる。図1はマシニングセンタ構成要素毎の工場エア消費量をエネルギー換算し、電力消費量としてその内訳を割合として示している。図2はマシニングセンタに使用される各種油の消費量の割合である。図1、2からマシニングセンタの環境負荷は主軸の潤滑の占める割合が大きいことが分かる。

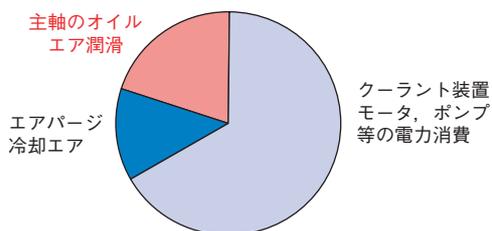


図1 エネルギー消費量の割合
Rate of energy consumption

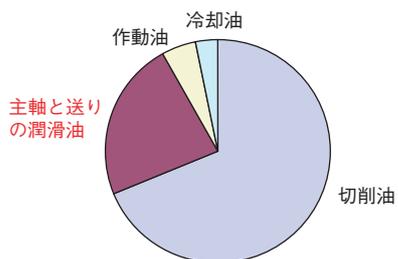


図2 油消費量の割合
Rate of oil consumption

2. 開発のねらい

主軸の主な潤滑方式はオイルエア潤滑とグリース潤滑である。従来のマシニングセンタではクーラントが浸入し難く高速回転に適した、オイルエア潤滑が広く用いられてきた。しかし、オイルエア潤滑は常時工場エアと潤滑油を消費するため、環境負荷が比較的大きい潤滑方式である。一方、グリース潤滑は機械稼働時に工場エアと潤滑油を消費しないため、環境負荷の小さい潤滑方式である。そこで、高速主軸の潤滑方式をオイルエア潤滑からグリース潤滑に変更することでマシニングセンタの環境負荷の低減を図った。

3. グリース潤滑の課題

グリース潤滑はオイルエア潤滑に比較して、環境負荷が小さい点では有利であるが、高速化、潤滑剤寿命、クーラント浸入に対しては不利である。このことから次のような課題が挙げられる。

課題1 主軸の高速化とグリースの長寿命化

・主軸を高速回転で使用すると、軸受の温度が上がりグリース寿命が短くなる。したがって、主軸の高速化とグリースの長寿命化の両立が課題となる。

課題2 エア量削減とクーラントのシール性能の維持

・軸受内部へのクーラント浸入を防ぐ方法の一つにエアバージ量を増やす方法がある。しかし、この方法では開発目的のエア量削減に反するため、エア量削減とクーラントシール性能維持の両立が課題となる。

4. 開発主軸の概要

本開発では後述する技術によりグリース潤滑の課題を解決し、**図3**に示すように従来のオイルエア潤滑の適用領域の一部までグリース潤滑の適用領域を広げることができた。開発した主軸の全体構造を**図4**に示す。本主軸は軸径φ80、最高回転速度12 000min⁻¹、グリース寿命2万時間以上を達成した。(グリース寿命2万時間は軸受単体加速試験を基にして算出)

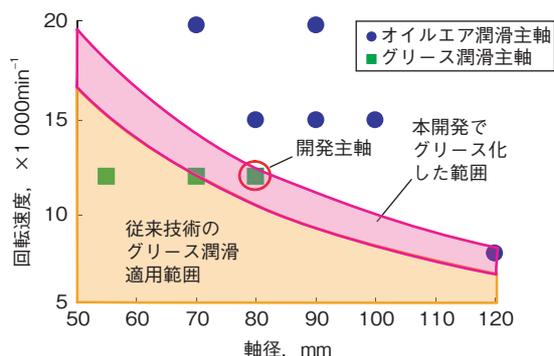


図3 グリース潤滑の適用範囲
Applicable range of grease lubrication

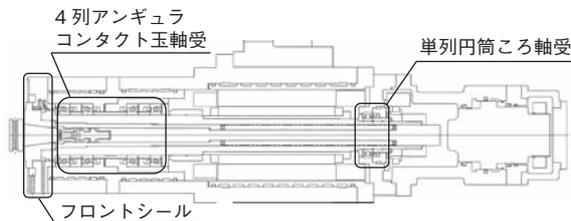


図4 主軸の構造
Spindle structure

4.1 グリース潤滑軸受

軸受は高速化に適した当社の工作機械用ハイアビリー® 軸受の中から、シール付きセラミック軸受を採用した。シールによりクーラント浸入とグリース漏れを抑制することでグリース寿命の低下を防ぐことができる。また、セラミック軸受は温度上昇が低く、潤滑条件が悪くなっても焼付きにくいので、グリースの長寿命化に優位である。

4.2 グリース

グリースは、グリースメーカー各社の高速主軸用グリースを用いて、軸受単体での回転試験を実施し、温度上昇の低いグリースを調査した。試験結果を**図5**に示す。そ

の結果、グリースBが最も温度上昇が低く、従来から広く用いられているグリースAに対し高速限界も高いため本開発ではこのグリースを採用した。

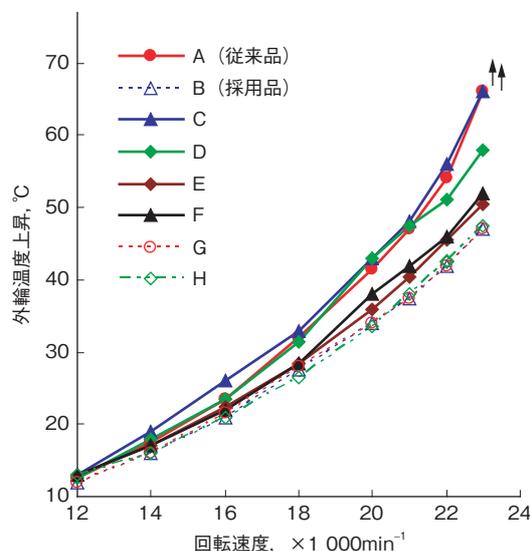


図5 グリース評価試験
Grease evaluation test

4.3 グリース溜り

グリース潤滑軸受を長時間使用するとグリースから基油が抜け出し(離しょうし)、潤滑性が低下する。これがグリース寿命低下の要因の一つである。この対策として**図6**に示すように軸受の隣にカラーを配置してグリース溜まりを設け、この中にグリースを充てんした。グリース溜まりから軸受内部のグリースへ基油がしみ出すことにより、軸受内部のグリースの劣化が緩和されグリース寿命が延びる。形状の異なる種々のグリース溜まりについて基油のしみ出し量を測定した結果、円周溝状のグリース溜まりが安定して基油を供給することが可能と判明し、これを採用した。このグリース溜まりによるグリース寿命延長への効果を確認するため、軸受単体での耐久試験を実施した。その結果、グリース溜まりによりグリース寿命が2.3倍に延びることを確認した(**図7**)。

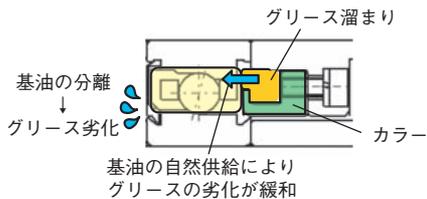


図6 グリース溜まり(円周溝状)
Grease reservoir (annular groove)

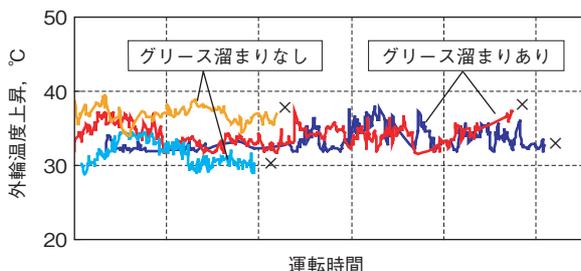


図7 軸受耐久試験
Bearing durability test

4.4 クーラント浸入対策

従来のオイルエア潤滑主軸のシール構造は図8に示すように直線状のギャップシールで、主軸内部に浸入したクーラントはオイルエア潤滑の排気とともにドレインから排出される構造となっている。グリース潤滑では潤滑用にエアを使用しないためオイルエア潤滑に比べクーラント浸入に対し不利である。シール性能を向上させる方法の一つとしてエアパーシ量の増加があるが本開発の目的に反する。そこで図9に示すように、シール構造を見直しエアパーシ量を削減しながらシール性能の維持を図った。図10に示すシール部構造試験装置を製作し評価試験を実施した。その結果、改良シールは従来のエア消費量の70%となり同時にクーラントの浸入防止が可能であることも確認した。

4.5 軸受の冷却

グリース寿命は軸受の温度上昇の影響を強く受けるため、図11に示すようにハウジングの外周に溝を設け、その中に冷却油を流し温度制御を行った。開発した主軸の回転時軸受温度測定結果を図12に示す。12 000min⁻¹での各軸受の温度上昇は約4℃となり目標の7℃以下を達成した。

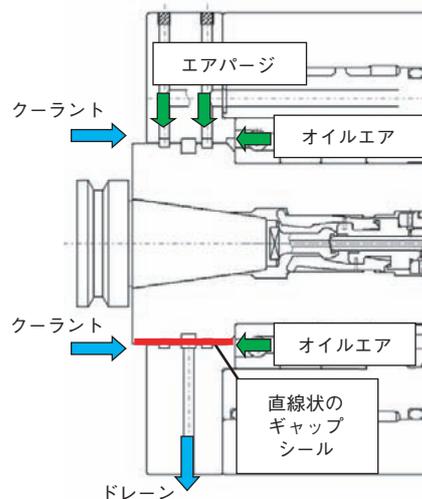


図8 オイルエア潤滑用シール構造
Seal structure for oil/air lubrication

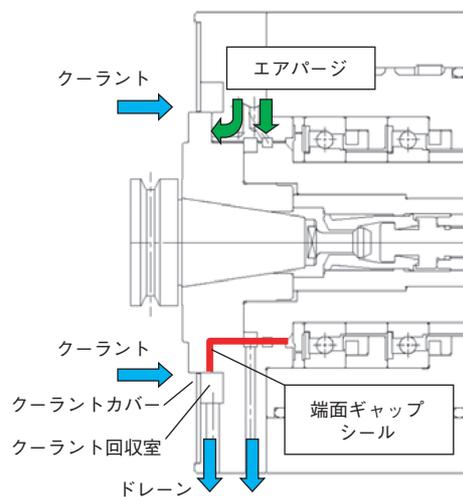


図9 グリース潤滑用シール構造
Seal structure for grease lubrication

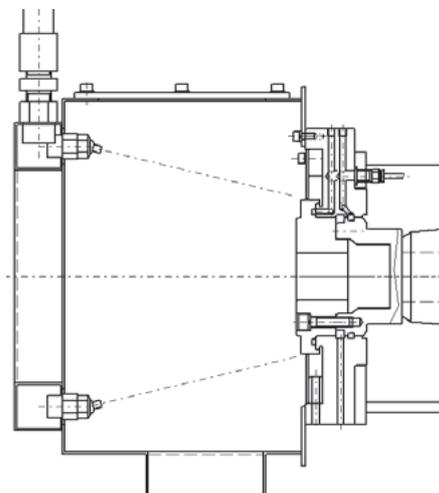


図10 シール部構造試験装置
Seal structure evaluation equipment

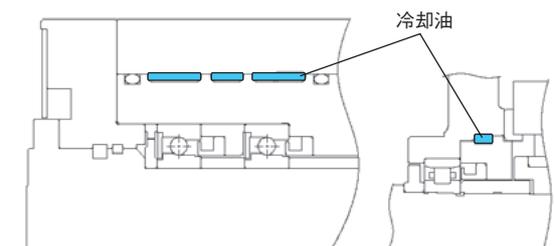


図11 軸受の冷却
Cooling of bearings

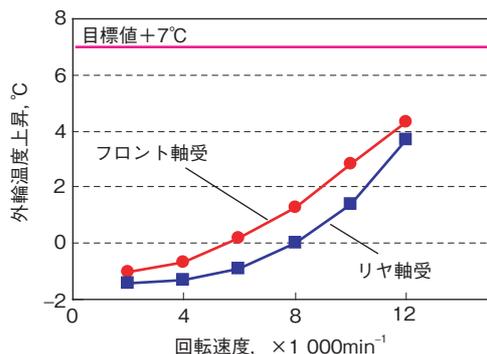


図12 軸受温度上昇
Bearing temperature rise

5. おわりに

今後も省エネルギー・省資源のニーズが高まることが予想され、マシニングセンタ用主軸のグリース潤滑化が急務となっている。開発したグリース潤滑主軸のさらなる高速化と重切削主軸のグリース潤滑化により、グリース潤滑主軸の適用範囲を広げマシニングセンタの環境負荷低減に努めたい。

参考文献

- 1) 今西耕造, 大塚義夫: e500H 横形マシニングセンタの開発, JTEKT ENGINEERING JOURNAL, no. 1008 (2010)73.
- 2) 小宮広志: 転がり軸受の潤滑技術の動向と取組み, JTEKT ENGINEERING JOURNAL, no. 1003(2007) 50.

筆者



大川雄司*

Y. OKAWA



東本 修**

O. HIGASHIMOTO

* 工作機械・メカトロ事業本部
ユニットシステム技術部

** 産機・軸受事業本部 産業機器技術部