

### 解説2

# 工作機械主軸用軸受の高機能化への取組み

ジェイテクト 挟間 健太\* 東本 修\*\*

\*はさま けんた：軸受事業本部 産業機器技術部 精密機器軸受技術室  
\*\*ひがしもと おさむ：軸受事業本部 産業機器技術部 精密機器軸受技術室

### はじめに

工作機械のさらなる高性能化のためには、その性能を左右する重要ユニットの1つである主軸の性能向上が必要不可欠であり、とりわけ主軸用軸受が重要な役割を担っている。

工作機械および軸受へのニーズを図1に示す。本稿ではこれら軸受へのニーズに対応した製品として、JIMTOF2018に出展した「グリース潤滑高剛性・低昇温複列円筒ころ軸受」、 「グリース潤滑低昇温アンギュラ玉軸受」の開発、および主軸ユニットの状態監視を目的として当社が取り組んでいる「動剛性測定システム」の開発について紹介する。

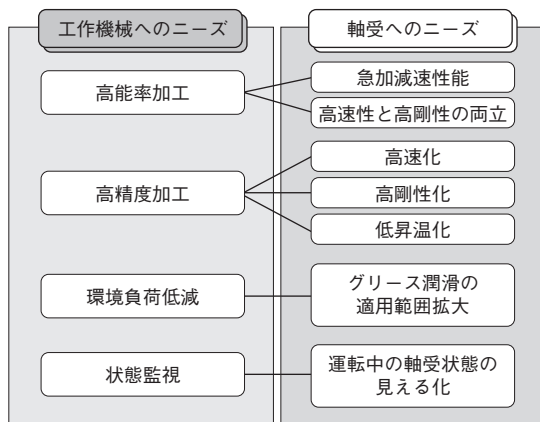


図1 工作機械と軸受へのニーズ

### グリース潤滑高剛性・低昇温複列円筒ころ軸受の開発

代表的な工作機械として旋盤とマシニングセンタがあるが、旋盤は一般的に高剛性が重要視されるため、主軸には複列円筒ころ軸受が採用されている。また、工作機械のニーズの1つでもある高能率加工へ貢献するためには、非切削時間の短縮を目的とした主軸の急加減速運転への対応、航空機エンジンに使用されるチタン合金など難削材加工への対応のため、軸受には高速性と高剛性の両立が求められている。

当社の複列円筒ころ軸受には従来よりポリアミド樹脂製かご形保持器が採用されているが<sup>1)</sup>、これら工作機械への要求が高まる中、一部の過酷な使用条件においては保持器が破損する事例があった。図2に従来品保持器の破損状況および破損メカニズムを示す。

図2の通り、保持器の破損は急加減速・高負荷加工によって発生したころの進み遅れにより、保持器柱部に周方向の引張り・圧縮荷重が作用したためであると考え、これらに対応する保持器を開発した。

図3に従来品と開発品の比較を示す。開発品は急加減速・高荷重負荷に対応するため、保持器材質および形状を変更した。保持器材質について、開発品では機械的強度に優れるスーパーエンジン

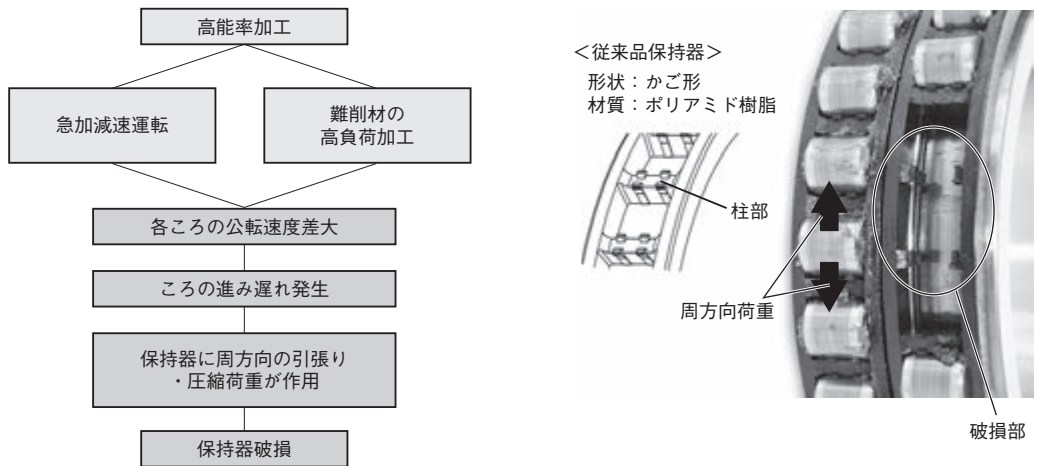


図2 従来品保持器の破損状況および破損メカニズム

	従来品	開発品
軸受および保持器形状		
材質	ポリアミド樹脂	スーパーエンジニアリングプラスチック
形状	かご形	くし形
保持器案内方式	ころ案内	ころ案内

図3 従来品と開発品の比較

アリングプラスチックを採用した。また保持器形状については、片側のみが円環形状となるくし形を採用し、柱部の円周方向の引張り・圧縮荷重による応力の低減を図った。

開発品の優位性を確認するため、保持器に発生する最大主応力についてFEM解析を行った。図4に従来品と開発品の比較結果を示す。FEM解析結果では、ころの進み遅れによる周方向の荷重が作用した際、従来品と比較し開発品の最大主応力は1/3程度となる。

開発品の材質・形状変更の効果を確認するため、耐久試験および昇温試験を行った。図5に耐久試験結果、図6に昇温試験結果を示す。耐久試験について、従来品が300hで破損に至ったのに対し、開発品は930h以上の連続運転が可能であり、3倍

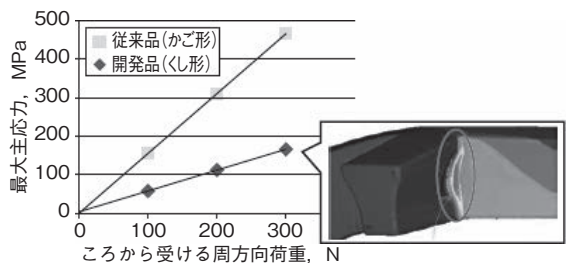


図4 最大主応力解析結果

以上の耐久性が確認できた。

また昇温試験では、開発品は従来品と比較し46%の低昇温化を実現した。

### グリース潤滑低昇温アンギュラ玉軸受の開発

工作機械主軸は温度が上がると軸方向に熱膨張

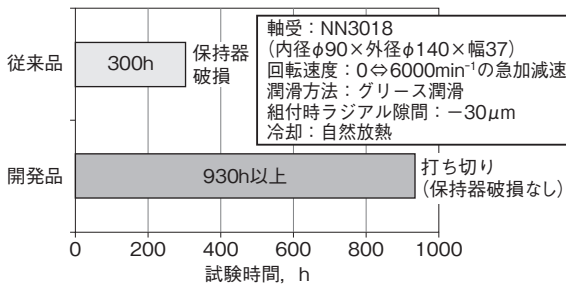


図5 耐久試験結果

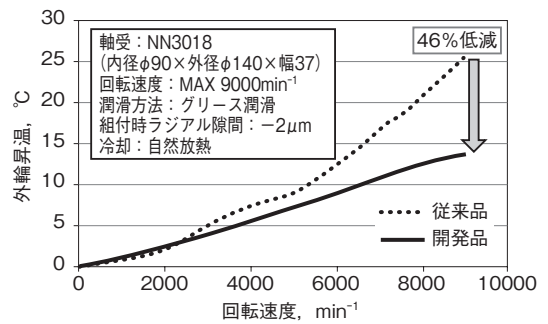


図6 昇温試験結果

するため加工物の精度が悪化する。よって、高精度加工に対応するためには主軸の発熱要因である軸受の低昇温化が必要となる。当社では工作機械主軸用として低昇温で高速性に優れたアンギュラ玉軸受をシリーズ化しているが<sup>2)</sup>、さらなる低昇温化に取り組んだ。

低昇温化のためには発熱原因であるグリースのかく拌抵抗、および保持器と玉の接触抵抗の低減が必要であり、保持器設計が大きく影響する。開発品では保持器設計を見直すことで、①保持器-内輪間の隙間、および②保持器ポケットにおける玉との接触個所を最適化し低昇温化を図った。図7に従来品と開発品の比較を示す。保持器-内輪間の隙間について、従来品より大きくすることによってグリースの流動性を向上させ、かく拌抵抗を低減した。また保持器ポケット部における玉との接触個所について、従来品が3点接触であるのに対し、開発品では1点接触として接触抵抗を低

減した。

開発品の効果を確認するため、昇温試験を行った。図8に昇温試験結果を示す。開発品は従来品と比較して15%の低昇温化が確認できた。さらに、温度の影響を大きく受けるグリース寿命の向上も期待でき、計算上10%以上の向上が期待できる。

### 工作機械主軸用動剛性測定システムの開発

主軸性能に大きな影響を与える因子として、「軸受の予圧」があり、予圧のばらつきは主軸性能のばらつきにつながることから、安定した主軸性能を得るための1つの方法として適切な予圧管理が挙げられる。

軸受の予圧は主軸回転による遠心力や熱の影響を受けて変化し、また主軸姿勢が可変である仕様の工作機械においては姿勢の変化に応じて主軸の

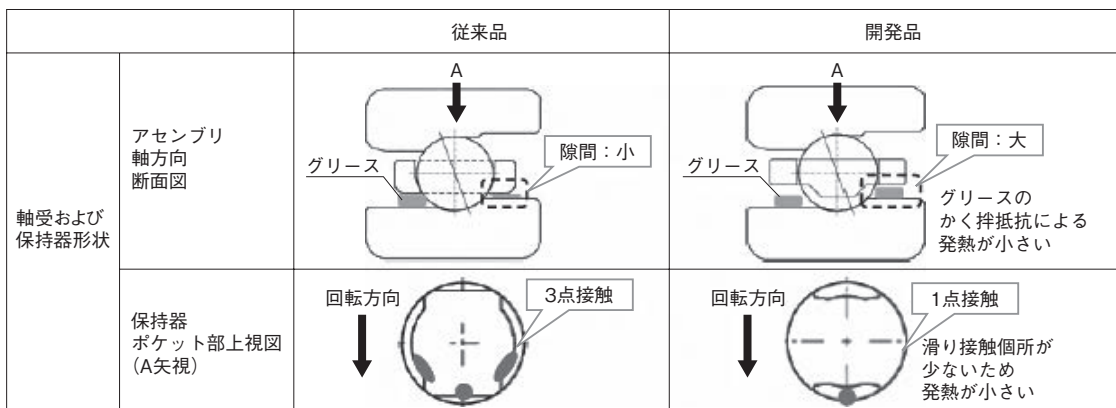


図7 従来品と開発品の比較