

# セラミックスベアリング高寿命化用 シュリンクフィッターの開発

(課題番号 07555053)

平成7年度文部省科学研究費補助金[基盤研究(A)(1)]

研究成果報告書

平成9年3月

研究代表者 新田 勇  
(新潟大学大学院自然科学研究科)

はしがき

平成7～8年度にわたり文部省科学研究費補助金の交付を受けて行った表記研究課題の基盤研究(A)(1)では、今後ますます重要となるセラミックスベアリングの金属ハウジングへの取り付け方法について検討した。セラミックスは、耐熱材料、耐摩耗性材料であり、その意味から高温下でのベアリング材料に向いている。以前に比べてセラミックスを製造するコストはかなり低下しているが、難削材料であるので機械加工のコストが高いので、ベアリングの一部すなわちボールやローラーをセラミックスにしたハイブリッドタイプのものが市販され、工作機械の超高速主軸の軸受けに使用されている。回転体をセラミックスにする利点として、比重が金属に比べて小さいので高速回転時の遠心力が小さいことが挙げられる。しかし、内輪や外輪は金属のままなので耐熱性や耐食性は通常の鋼製のものと変わらない。

セラミックスの耐熱性や耐食性を十分に活かそうとすれば、外輪や内輪をセラミックスにしたオールセラミックスベアリングが必要となる。これは次世代のベアリングとして市販が始まっているが、金属ハウジングとの取り付けにおいて十分な研究がされていない。セラミックスベアリングでは取り付け方法における許容差が金属のものに比べて格段に厳しくなる。さらに、高温下で使用した場合セラミックスと金属の熱膨張差に起因して締め過ぎや緩み過ぎが生じ、ベアリングの寿命を著しく損なう結果になる。

2年間の研究を通して、我々が独自に開発した締めばめ用シュリンクフィッタをオールセラミックスベアリングの取り付けに用いて、ベアリングの寿命改善効果について検討した。

以下に、その主要な成果のみを取りまとめて報告する。

研究代表者 新田 勇

## 研究組織

研究代表者 新田 勇 新潟大学大学院自然科学研究科助教授  
研究分担者 原 利昭 新潟大学工学部機械システム工学科教授  
横山 誠 新潟大学工学部機械システム工学科講師  
岩渕 明 岩手大学工学部機械工学科教授  
竹林博明 光洋精工(株)軸受開発部次長

## 研究経費

平成7年度	5,400	千円
平成8年度	2,100	千円
計	7,500	千円

研究発表

【1】学会誌等

- [1] 佐藤秀則, 新田 勇,  
セラミックスベアリング取り付け用シュリンクフィッタに関する研究,  
新潟大学大学院自然科学研究科修士論文, 全50ページ,  
1997. 2

【2】口頭発表

- [1] 新田 勇, 佐藤秀則, 竹林博明,  
シュリンクフィッタを用いたセラミックスベアリングの長寿命化,  
日本機械学会第74期通全国大会講演会講演論文集(IV),  
No. 96-15, P. 19-20, 1996. 9, 同志社大学

## 研究成果

### (1)研究目的

本研究は、研究代表者が考案した新しい機械要素であるシュリンクフィッターを用いることで、セラミックスベアリングの高温環境下での高寿命化を可能にすることを目的とする。これにより、既存技術では困難であった高温下でのセラミックスベアリングの安定使用が可能となる。

研究の背景 セラミックスは、金属材料に比べ耐熱性・耐摩耗性に優れていることから苛酷な環境下で使用するのに適した機械構造材料である。ベアリングの分野においても、上記以外のセラミックスの特性すなわち低比重、高剛性、非磁性、絶縁性といった特性に注目され特殊な環境中で用いられている。しかし、現在セラミックスベアリングが使用されている分野は、耐蝕性が要求される部分と、高速回転が要求される部分である。セラミックスのもっとも優れた特性は耐熱性がよいことであるので、この特性を利用すれば高温下でも使用できるベアリングが製作可能になる。これまで、セラミックスベアリングが積極的に高温下で使用できなかつたのは次のような問題点があるためであった。

①金属とセラミックスの熱膨張係数が異なるために高温下で結合部に異常に大きなゆるみや締まり過ぎが生じる。

②高温下における適切な潤滑剤がない。

問題点②についてはベアリングメーカーや潤滑剤メーカーが開発を行っており、近い将来には、最適な潤滑材が開発される見込である。しかし、問題点①については重要な問題であるにもかかわらず学際的な研究分野であることから現在のところ研究はまったくといってよいほど行われていない。したがって、このままでは問題点①がボトルネックになって、将来的にセラミックベアリングの実用化を妨げるのは必須の状況である。このような観点から研究代表者は、新しい機械要素であるシュリンクフィッターを試作し、静的な強度とその有効温度範囲を理論と実験の両面から検討してきた。その結果、余り高温でなければモノリシックシュリンクフィッターが剛性と製作の面から有利であり、また、さらに高温ではハイブリッドシュリンクフィッターが有効であることを明らかにした。今後はこれを、セラミックスベアリングの取付けに適用して上記問題点を解決することが必要となっている。

本研究の目的は、セラミックスベアリングの高速運転・高温下での高寿命化を可能にするために必要なシュリンクフィッターを開発実用化することである。セラミックスベアリングの取付けを考えた場合、金属軸とセラミックスベアリングあるいはセラミックスベアリングと金属ハウジングの2箇所が考

えられる。前者は高温になるにしたがってきつく締まるようになる。したがって、室温においては多少のすきま（すきまばめ）を与えておけば高温下では適度な締まりばめにすることが可能である。しかし、後者の場合は温度が上昇するにつれて異常にゆるむことになる。すなわち、室温においていくらしめしろを大きくしても、ある程度高温になったところで完全にゆるみ、すきまができることになる。この状態で軸の振れ回りによる変動荷重が作用すれば衝撃荷重が発生し、セラミックスベアリングは相当なダメージを受け、著しく寿命が短くなる。本研究では特にセラミックスベアリングと金属ハウジングに着目してこの部分の高温下での弛みを解消するために有効なシュリンクフィッターの開発を行ない、実用化をすることを目的とする。

## (2) 研究方法および成果の概要

本研究の目的を達成するために、室温から200℃まで雰囲気温度を可変でき、7,000rpmまで回転数を上げられるベアリング試験装置を製作した。ベアリングとしては、6204相当のSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>セラミックスベアリングを用いた。ハウジングおよび軸の材料はSUJ2であり、シュリンクフィッター材料はA2017とした。実験温度は室温と200℃である。実験装置に振動計を取付けて、ベアリングが破損して異常振動が生じた場合は自動停止できるようにした。潤滑油は熱媒体油（アルファサーモ）と合成油（ジェットオイル2）を用いた。隙間の影響を見るために、隙間400μmと50μmを与えた場合の実験を室温で行った。荷重は3430N(24h)から出発して、破損がなければ980N(24h)毎に上昇させた。隙間400μmと50μmに対して耐圧荷重はそれぞれ4410Nと6370Nとなった。次に、シュリンクフィッターを用いて実験を行ったところ、200℃での耐圧荷重は最大で7850Nと大幅に上昇した。これは、シュリンクフィッターを用いて隙間を小さくしたことにより、セラミックス外輪に作用する曲げ応力が低減された結果であると考えられる。

## 今後の課題

本研究により、シュリンクフィッタを使用することで、高温下でセラミックスベアリングを安定して使用できることが確認された。しかしながら、セラミックスは金属と異なり脆性材料であるので、隙間や締め過ぎに非常に敏感であり、わずかの実験条件の変化があっても破損が生じる。今後は、隙間以外にセラミックスベアリングの寿命に与える因子を特定し、実験の再現性を上げていく計画である。

## 謝辞

本研究を遂行する上で、多くの皆様にご協力を頂きました。特に工学部機械工場の白井健司技官には、試験装置の改良や試験片製作を快く引く受けていただきました。

最後に、財政的なご支援を頂いた文部省に謝意を表します。

## 添付論文

本研究の概要説明のため次の論文等を以下に記載する.

[1] 佐藤秀則, 新田 勇,

セラミックスベアリング取り付け用シュリンクフィッタに関する研究,  
新潟大学大学院自然科学研究科修士論文, 全50ページ

1997. 2

[2] 新田 勇, 佐藤秀則, 竹林博明,

シュリンクッフィッタを用いたセラミックスベアリングの長寿命化,  
日本機械学会第74期通全国大会講演会講演論文集(IV),

No. 96-15, P. 19-20, 1996. 9, 同志社大学