

302 シュリンクフィッタを用いたセラミックスベアリング固定法の検討

Study on the Fixing Method of a Ceramic Bearing Using a Shrink Fitter

正 新田 勇 (新潟大) ○学 田中 靖史 (新潟大院) 正 竹林 博明 (光洋精工)

Isami NITTA, Niigata University, 8050, Ikarashi 2-nocho, Niigata

Yasushi TANAKA, Niigata University, 8050, Ikarashi 2-nocho, Niigata

Hiroaki TAKEBAYASHI, Koyo Co.Ltd., 24-1, Kokubutoujou, Kashiwara

Key Words: Fixing Element, Ceramic Bearing, Shrink Fit, Shrink Fitter

1. 緒 言

セラミックスは、耐熱性、耐摩耗性、耐腐食性に非常に優れ、また、低密度、高電気抵抗の特性を有している。従って、従来の金属材料では使用できない過酷な環境下でも使用できるので、機械構造用材料の1つとして研究開発が進められている。

セラミックスのベアリングへの応用も既に研究開発が進められている。高速回転への応用、腐食環境への応用、高温雰囲気への応用などの特殊環境下でのセラミックスベアリングが開発され、実用化されている^{2)~5)}。図1のように高温用ベアリングとしてのセラミックスベアリングを使用する際、金属ハウジングや金属シャフトとの熱膨張の差に起因してシメシロが変化する。特に、金属シャフトとセラミックスベアリング間にはきつい締まりばめとなり、最悪の場合ベアリングが破損する可能性がある。この問題点を解決するために、金属シャフトとセラミックスリング間に金属シャフトの熱膨張を抑えるためのシュリンクフィッタという機械要素を挿入することを考えた。

本研究では、シュリンクフィッタを用いたセラミックスリングと金属シャフトの締りばめ接合体を加熱した場合のセラミックスリングの状態を調べた。シュリンクフィッタの有効性を検討するために、シュリンクフィッタを用いないセラミックスリングと金属シャフトの締りばめ接合体も加熱し、シュリンクフィッタを用いた場合と用いない場合の結果を比較した。また、締りばめ接合体に加熱冷却サイクルを与えた場合の耐久性を調べた。

2. 実 験

2.1 試験片 シュリンクフィッタを用いた金属シャフトとセラミックスリングの締りばめ接合体を図2に示す。シュリンクフィッタは内面に切り込みを入れた形状である。これは金属シャフトの熱膨張を逃がすためである。金属シャフトにはSUS403を、シュリンクフィッタにはINCOLOY909を、セラミックスリングには Si_3N_4 を使用した。それぞれの材料特性値を表1に示す。

2.1 実験方法 図3に示すように、シュリンクフィッタを用いた金属シャフトとセラミックスリングの締りばめ接合体を電気炉の中に入れた。セラミックスリング外周面にひずみゲージを張り付けた。また、温度補償用にダミーゲージを取付けたセラミックスリン

Table 1 Material Properties

	Young's Modulus [MPa]	Poisson's ratio	Coeff. of Thermal Expansion [$^{\circ}C$]
SUS403	2.00×10^5	0.30	11.7×10^{-6}
INCOLOY909	1.59×10^5	0.35	7.7×10^{-6}
Si_3N_4	2.94×10^5	0.27	3.2×10^{-6}

グも電気炉の中に入れた。電気炉内の温度は、金属リングに熱電対を直接溶接して取付けたものをそばに置き測定した。それらを一定温度にまで加熱して、円周方向ひずみが十分安定するまで待って、ひずみを測定した。測定は200 $^{\circ}C$ まで50 $^{\circ}C$ ごとに行なった。その後、温度を室温までもどし締りばめ接合体が緩んでないかを調べた。この加熱冷却サイクルを繰り返した。また、シュリンクフィッタを用いない金属シャフトとセラミックスリングの締りばめ接合体も加熱して、円周方向ひずみを測定した。

3. 実験結果

3.1 シュリンクフィッタを用いない締りばめ接合体 シュリン

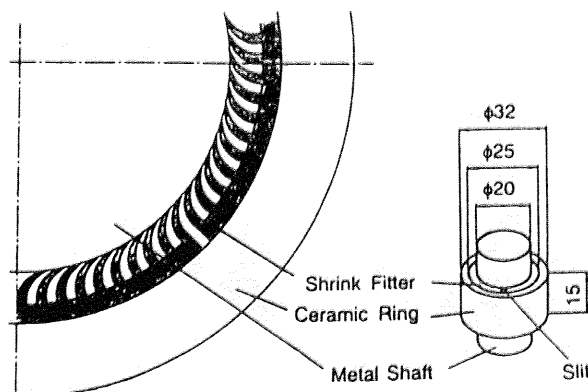


Fig.2 The Shrink Fitted Assembly using a Shrink Fitter

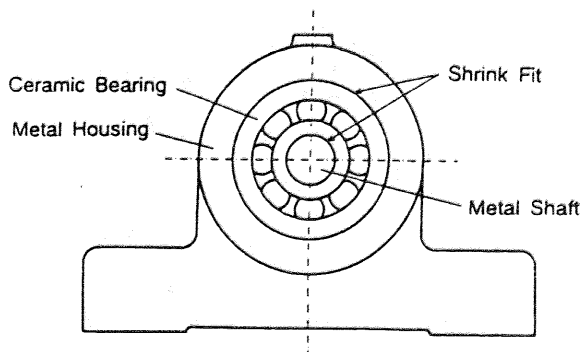


Fig.1 Conventional method of fixing Ceramic Bearing

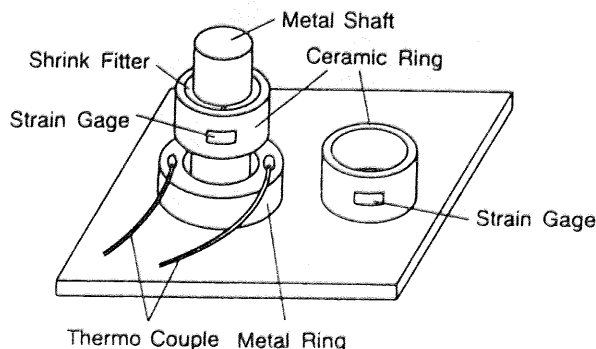


Fig.3 Schematic Diagram of Apparatus

クフィックを用いない締りばめ接合体の実験結果を図4に示す。横軸は温度であり、縦軸はひずみである。室温におけるシメシロは直径で5 μ mである。温度が上昇するにしたがってひずみもほぼ直線的に上昇し、150°Cになったときにセラミックスリングが破損する結果となった。その時のひずみは約526 $\times 10^{-6}$ であった。

3.2 シュリンクフィックを用いた締りばめ接合体 図5は、シュリンクフィックを用いた締りばめ接合体を200°Cまで加熱したときの実験結果である。室温におけるシメシロは直径で10 μ mである。温度上昇とともにひずみも直線的に増加した。そして、200°Cになってもセラミックスリングは破損しなかった。200°Cにおけるひずみは約372 $\times 10^{-6}$ であった。

3.3 加熱冷却サイクルを繰り返したときのシュリンクフィックを用いた締りばめ接合体 図6は、締りばめ接合体に加熱冷却サイクルを与えたときの200°Cにおけるひずみと、加熱冷却サイクル数の関係を表している。室温におけるシメシロは直径で10 μ mである。加熱冷却サイクル数が増えるにつれて、少しずつひずみの値も増加していったが、ほぼ一定の値を示した。

4. 考 察

シュリンクフィックを用いないセラミックスリングと金属シャフトの締りばめ接合体は、150°Cでセラミックスリングが破損するという実験結果が得られた。150°Cにおけるひずみの値からセラミックスリングにかかる接触圧力、円周方向応力、ミゼスの相当応力を求めた。その結果、接触圧力は約49MPaとなり、セラミックスリング内径での円周方向応力は約204MPa、相当応力は約232MPaとなった。 $\phi 30-\phi 38.5$ のSUS303-Si₃N₄の締りばめ接合体を同様に加熱した実験で、セラミックスリングが破損したときの円周方向応力は約395MPaであったという結果が得られている⁹⁾。この結果より今回の結果は小さいが、これは締りばめ接合体の形状の違いと材料特性の違いが原因であると考えられる。今回用いたSi₃N₄のセラミックス

リングは円周方向ひずみで約520 $\times 10^{-6}$ で、円周方向応力で約200MPaで破損するという結果となった。

しかし、シュリンクフィックを用いると、200°Cまで加熱してもセラミックスリングは破損しなかった。図6の200°Cにおけるひずみの値から、セラミックスリングにかかる接触圧力とミゼスの相当応力を求めた。計算結果を図7に示す。横軸が加熱冷却サイクル数、縦軸が接触圧力と相当応力である。200°Cにおける接触圧力は約30MPa、相当応力は約140MPaとなり、セラミックスリングが破損した値の約60%であった。また、図中の破線はシメシロと締め付け圧力の関係式⁹⁾から求めた200°Cにおける接触圧力である。実験結果から求めた値より小さくなっているが、これは締りばめ接合体の形状と材料特性値の影響が原因していると考えられる。また、接触圧力は加熱冷却サイクルを与えても約30MPaとほぼ一定の値を示しているため、接合強度は加熱冷却サイクルを与えても十分に得られると考えられる。

5. 結 言

本研究では、シュリンクフィックを用いた場合と用いない場合の金属シャフトとセラミックスリングの締りばめ接合体を検討した結果、以下の結論が得られた。

- (1)シュリンクフィックを用いない場合は、150°Cでセラミックスリングが破損し、接触圧力が約50MPaであった。
- (2)シュリンクフィックを用いた場合は、200°Cでセラミックスリングは破損せず、接触圧力は約30MPaであった。また、加熱冷却サイクルを与えても、接合強度は安定していた。

文献

- 1)高橋, 工業材料, 34巻8号, pp25.
- 2)六角, トライボロジスト, 37巻9号(1992), pp728-735.
- 3)Koyo Engineering Journal, 145(1994), pp24-33.
- 4)竹林, 唯根, 吉岡, トライボロジスト, 38巻10号(1993), pp935-942.
- 5)吉岡, 藤田, 竹林, 唯根, トライボロジスト, 38巻12号(1993), pp1077-1082.
- 6)竹林, 増本, 井上, 日本潤滑学会第33期全国大会予稿集(1988), pp61.
- 7)竹林, 北村, 伊藤, 安部, トライボロジー会議予稿集(東京1990-5), pp109.
- 8)新田, 本越, 加藤, 機軸C, 55巻510号(1989), pp417-423.

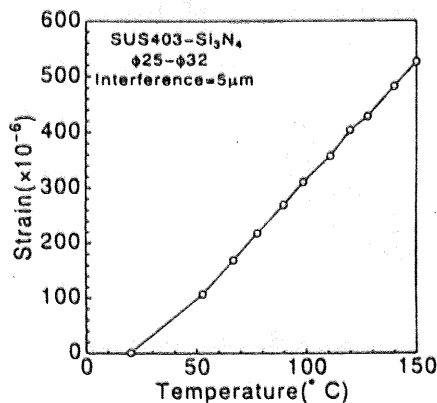


Fig.4 Relationships between the Strains and the Temperatures

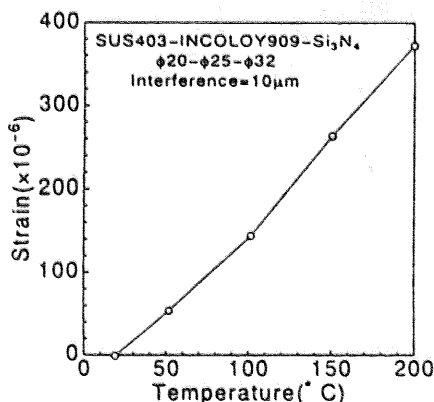


Fig.5 Relationships between the Strains and the Temperatures

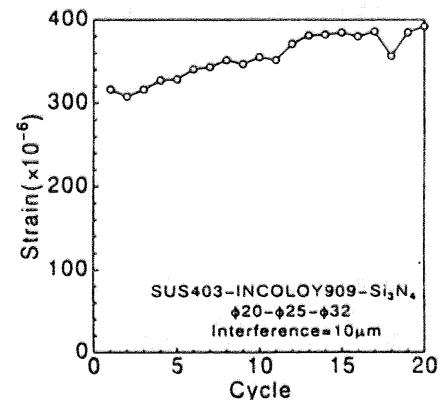


Fig.6 Relationships between the Strains and the Cycle Numbers

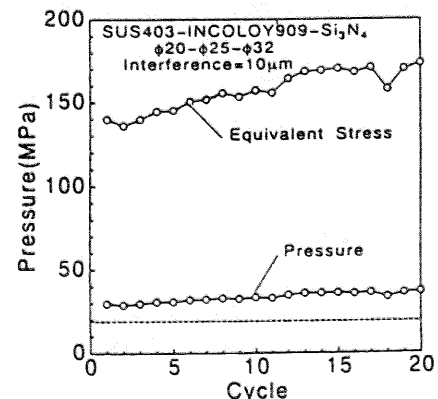


Fig.7 Relationship between the Pressure and the Cycle Numbers