

## セラミックベアリング

(1984年～現在)

Key-words: ハイブリッドベアリング, 耐摩耗, 窒化けい素セラミックス

窒化けい素セラミックスによるハイブリッドベアリング<sup>注1</sup>は従来の軸受鋼製ベアリングに比べて軽量化が可能となり、硬くて摩耗に強く、高速回転での転動体（窒化けい素セラミックボール、ローラー）と相手材（金属）との焼付き固着に優れ、高温環境下でも使用できるなどの特徴を有し、高機能、高信頼性工作機械用ベアリングとして、広く採用されている。

さらにその優れた特性と高い信頼性が認められ、NASA スペースシャトルのターボポンプ<sup>注2</sup> 航空機エンジンなどのハイエンド用途や、近年では電食対策としてEV モーターなどの用途にも採用が広がっている。

## 1. 適用製品分野

工作機械用スピンドルモーター、クリーンルーム用ファンモーター、風力発電用電気モーター、

真空ポンプ、車載用ターボチャージャー、EV 用電気モーター、液体燃料搬送用ターボポンプ工作機械用ベアリング

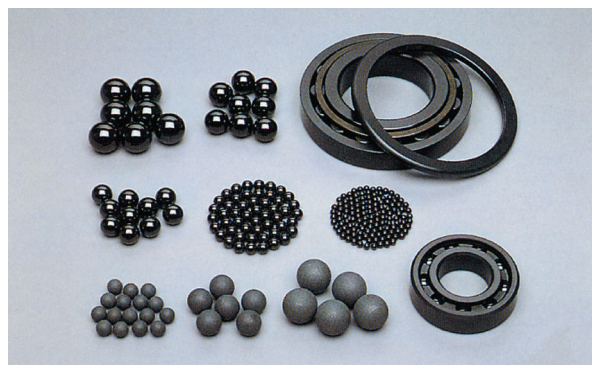


図1 ベアリング用窒化けい素セラミックス製品

各種ベアリング素材とボールは完成品でオールセラミックベアリング。

## 2. 適用分野の背景

窒化けい素は、機械的強度が高く、耐摩耗、耐熱性に優れたセラミックスであり、エンジニアリングセラミックスの代表的材料である。1974年にイットリアを焼結助剤として用い、常圧焼結下での窒化けい素の緻密化が可能となった。1984年から(株)ジェイテクト(旧社名:光洋精工(株)殿)と共同開発を開始により、ベアリング用窒化けい素セラミックスを実用化した。

ベアリング用窒化けい素セラミックス製品を図1に示す。

窒化けい素セラミックスによるハイブリッドベアリング<sup>注1</sup>は従来の軸受鋼製ベアリングに比べて軽量化が可能となり、高剛性で耐摩耗性、耐焼付け性に優れ、耐熱性も向上するなどの特徴を有し(表1参照)。

注1 転動体（ボールまたはローラー）はセラミックス、内輪と外輪は軸受鋼（SUJ2）の異材質で構成された、組み合わせベアリング。

注2 噴射燃料として、液体酸素を供給するポンプに使用されるベアリングである。極低温-196℃の環境下で優れた耐性を示す。

表1 窒化けい素セラミックスと軸受鋼（SUJ2）の特性比較ならびにセラミックベアリングの特徴

項目	単位	窒化けい素	軸受鋼	セラミックベアリングの特徴
耐熱性	℃	800	180	高温下で高負荷能力を維持
密度	M g / m <sup>3</sup>	3.24	7.8	転動体(玉またはコロ)の遠心力を低減 → 寿命向上、昇温防止
熱膨張係数	/℃	3.2×10 <sup>-6</sup>	12.5×10 <sup>-6</sup>	昇温による 内部すきまの変化が小 → 振動防止、予圧量の変化が小
硬度	HV	1500	750	転がり接触部の変形が小→高剛性
ヤング率	GPa	320	208	
ポアソン比		0.29	0.3	
耐食性		良	不良	酸・アルカリ溶液中などの特殊環境下での使用が可能
磁性		非磁性体	強磁性体	強磁場内での着磁による回転変動が小
導電性		絶縁体	導電体	電食を防止
素材の結合状態		共有結合	金属結合	油膜切れによる転がり接触部の凝着が小

窒化けい素セラミックスは軸受鋼より耐熱性、耐摩耗、耐食性に優れ、軽く、非磁性、絶縁体の特徴を持つ。

高性能、高信頼性工作機械用ベアリングとして、広く採用されている。工作機械用スピンドルモーターを**図2**に示す。

さらにその優れた特性と高い信頼性が認められ、NASA スペースシャトル(**図3参照**)のターボポンプ<sup>注2</sup>や後期域エンジンなどのハイエンド用途にも適用された。また近年ではベアリングに生じる電食問題に対し絶縁体である特長を活かし、EV用電気モーターへの採用が広がっている。

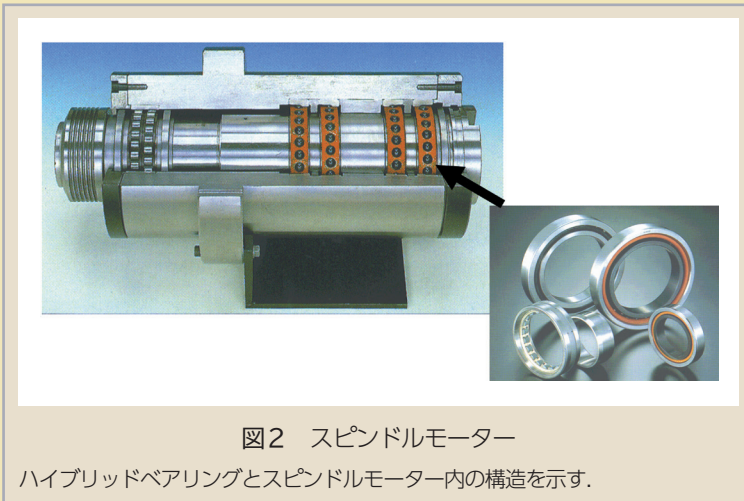


図2 スピンドルモーター

ハイブリッドベアリングとスピンドルモーター内の構造を示す。

### 3. 製品の特徴

窒化けい素セラミックスは、繰り返し応力による耐荷重性が他のセラミックス材料と比べて優れている。

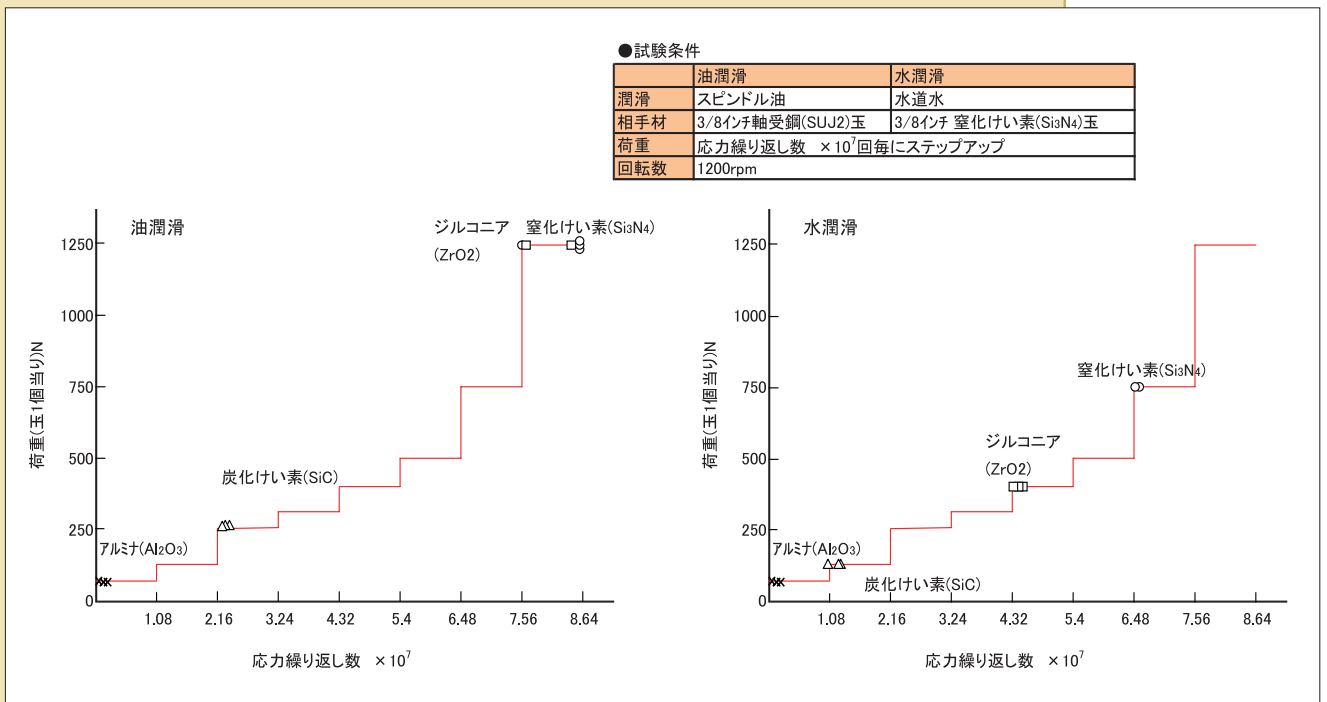
(表2参照)



図3 スペースシャトル

スペースシャトル打ち上げ写真。

表2 各種セラミックス材料の耐荷重性試験結果



各種セラミック材質の耐荷重は窒化けい素セラミックスが一番優れた特性を示している。

ベアリング用セラミックスは繰り返し疲労、摩耗等の環境下で使用されるため、欠陥がないことが前提であり、材料組成設計だけでなく、プロセス設計もパフォーマンスを左右する重要な因子と言える。窒化けい素セラミックスは、針状結晶粒と粒界相から構成されるが、ベアリング材料として最適な微構造組織(図4参照)を把握することが重要となっている。

ベアリング用窒化けい素セラミックス材はASTMのベアリング用セラミックス材として材料クラスを分類されている。分類は重要特性である曲げ強度、ビッカース硬さ、破壊じん性値、ポアサイズ等を規定しているが、この表はユーザーが使用用途によって、材料クラスを選択するための目安となっている。一例だが、東芝マテリアルの標準材はクラスIを満たす材料である。(表3参照)

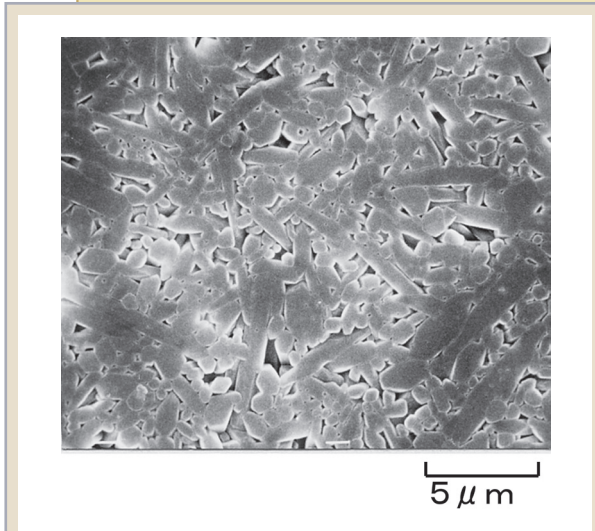


図4 窒化けい素セラミックス微構造 SEM 写真

断面を鏡面加工した後に粒界のエッチングを行い、SEM観察を行なった。窒化けい素が針状に粒成長しているが、粒界は均一に分布し、数ミクロン以内のサイズである。

#### 4. 将来展望

市場より長寿命化などのベアリング性能向上要求が今後益々加速すると予測される。その中で窒化けい素セラミックスへの期待も高まってきている。一方で採用に当たってはコストがネックとなっている場合が多い。これは元々窒化物セラミックス自身の物量の問題もあるが、酸化物セラミックスと比較し、特殊な製造装置が必要であることなどプロセスの問題も大きい。このため、今後の用途展開に当たっては製造コストのブレークスルーが求められている。

また、高信頼性化によるハイエンドへの展開も期待される場所である。

[連絡先] 東芝マテリアル(株) ファインセラミックス製品部 ファインセラミックス技術担当  
〒235-8522 横浜市磯子区新杉田町8  
(株)東芝 横浜事業所内

表3 ASTM 材料クラス分類と東芝マテリアルの標準材の位置付け

特性	方法	単位	材料クラス			標準材 (TSN-03 HIP 処理品)
			I	II	III	
曲げ強度	3点曲げ(平均値)	MPa	≥900	≥800	≥600	1100
	ワイブル係数		≥12	≥9	≥7	15
硬さ	ビッカース HV20kg		≥1460	≥1360	≥1300	1500
破壊じん性値	IFR 法	MPa・m <sup>1/2</sup>	≥6.0	≥5.0	≥5.0	7.0
ポアサイズ (断面)	顕微鏡, SEM 観察	μm	≥10	≥10	≥25	<1

WK5634 Standard Specification for Silicon Nitride Bearing Balls(引用: ASTM F2094)