品川技報 2014 №57 抜刷

SHINAGAWA TECHNICAL REPORT

品川ファインセラミックス株式会社
「導電性α-サイアロンセラミックスの特性と応用」

Shinagawa Fine Ceramics Co., Ltd.
"Characterization and Application of Electrically-conductive α-SiAlON Ceramics"

牧谷　敦　Atsushi MAKIYA
吉川正博　Masahiro YOSHIKAWA
佐々木王明　Kimiaki SASAKI

品川技報

品川リフラクトリーズ株式会社
SHINAGAWA REFRACTORIES CO.,LTD.

品川ファインセラミックス株式会社
「導電性α-サイアロンセラミックスの特性と応用」

Shinagawa Fine Ceramics Co., Ltd.
"Characterization and Application of Electrically-conductive α-SiAlON Ceramics"

牧　谷　　敦[*1]　吉　川　正　博[*2]　佐々木　王　明[*3]
Atsushi MAKIYA　Masahiro YOSHIKAWA　Kimiaki SASAKI

要　旨

当社の導電性α-サイアロン（SAN-3）は絶縁体であるα-サイアロンセラミックスに導電性粒子である窒化チタン（TiN）を微細に分散させた焼結体である。このセラミックスは高強度・高靭性材料で，耐摩耗性にも優れており，主に静電気対策を目的とした応用が進んでいる。

Abstract

Electrically-conductive α-SiAlON ceramics are sintered bodies of α-SiAlON in which electrical conductive titanium nitride (TiN) particles are finely dispersed. In addition, this ceramics show excellent durability for abrasion due to their high strength and hardness. Recently, the applications of these ceramics have increased mainly for devices which require the removal of electrostatic charge.

1. はじめに

サイアロンとは, SiAlONと表記されるエンジニアリング・セラミックスの総称である。

α型サイアロンはSi_3N_4のSiとNの一部にそれぞれAlとOが置換すると同時に，アルカリ土類金属または希土類元素が格子間に侵入した固溶体である[1)]。

当社では，このα型サイアロン（α-SiAlON）とβ型窒化ケイ素（β-Si_3N_4）の複合組織を有するα-サイアロンセラミックス"SAN-2"を国内

1. Introduction

Sialon is a generic term for ceramic materials named SiAlON which is a solid-solution composed of Si_3N_4 and Al_2O_3. In α type sialon crystals, substitution of Al and O for Si and N and penetration of metallic ions such as rare earth elements or alkaline earth metals into the interstitial sites of the crystal lattice occur simultaneously[1)].

Shinagawa fine ceramics is the first company in Japan to develop the "SAN-2 ceramics" which

*1 品川ファインセラミックス株式会社 岡山事業所 技術開発室 研究員　Researcher, Okayama Works, Shinagawa Fine Ceramics Co., Ltd.
*2 品川ファインセラミックス株式会社 岡山事業所 所長　Manager, Okayama Works, Shinagawa Fine Ceramics Co., Ltd.
*3 品川ファインセラミックス株式会社 社長　President, Shinagawa Fine Ceramics Co., Ltd.

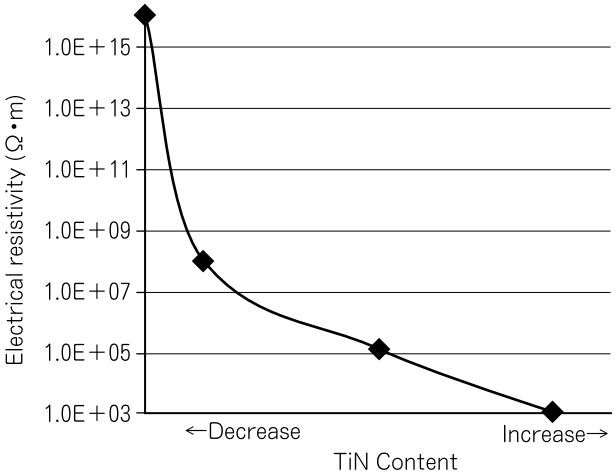

Fig. 1 Electrical resistivity of α-SiAlON/TiN ceramics.

で初めて工業化し，幅広いユーザーにさまざまな構造部材として使用して頂いている[2)]。

しかしながら，このセラミックスは絶縁体であるために，特に液晶・半導体製造装置分野で耐摩耗部材や摺動部材として使用する場合において，その帯電現象が問題となる。

この問題を解決するため，導電性粒子である窒化チタン（以下TiN）をα-サイアロンセラミックス中に微細に分散させたセラミックス（以下SAN-3）を開発した。本報告では，SAN-3の特性と応用について概説する。

2. SAN-3材料の特性

2. 1 材料特性

Fig. 1にα-サイアロンセラミックス/TiN系複合材料の電気抵抗率特性を示す。α-サイアロンセラミックスに対しTiNを添加すると，電気抵抗率は低下し，10^{16}～10^{3}Ωmの範囲で変化する。

Table 1にSAN-3の材料特性をTiNを含有しないα-サイアロンセラミックスSAN-2と比較して示す。SAN-3の電気抵抗率は10^{5}Ωm，かさ密度は

are a composite of α type sialon (α-Sialon) and β type silicon nitride (β-Si_3N_4). This material is widely used for various structural applications[2)].

However, "SAN-2 ceramics" is unsuitable for liquid crystals device sliding parts or semiconductor manufacturing equipment since it stores the electrostatic charge. Hence, we have developed "SAN-3", which is α-sialon ceramics which finely dispersed TiN added as a conductor. This paper reviews the material properties of "SAN-3" ceramics and its applications.

2. Characterization of SAN-3 Material

2. 1 Material properties

Fig. 1 shows the change in electrical resistance of α-sialon/TiN ceramics as a function of TiN content. The electrical resistance decreases from 10^{16} to 10^{3}Ω·m as increase in TiN contents.

Table 1 summarizes the material properties of "SAN-3" such as density, porosity, flexural strength and electrical resistivity in comparison with "SAN-2" which is α-sialon ceramics without TiN. The electrical resistivity and bulk density are 10^{5}Ω·m and 3.5×10^{3}kg/m^{3}, respectively. Low open porosity (less than 0.1%) is evidence that a dense structure is maintained. Though the 3-point bending strength is decreased by the addition of TiN, the value (600MPa) is considered to be sufficient since it is 1.5 times higher than the strength of dense alumina ceramics (400MPa).

2. 2 Microstructure

Fig. 2 shows a SEM image of a fracture surface of "SAN-3". Spherical particles of TiN smaller than 1μm disperse in α-sialon ceramics. Although sialon sintering is slightly prevented by the addition of TiN, a dense structure

Table 1 Comparisons of properties between α-SiAlON／TiN (SAN-3) ceramics and α-SiAlON (SAN-2) ceramics

Properties／Materials	Unit	Method	SiAlON	
Brand and Codes			SAN-3	SAN-2
Chemical Composition			α-SiAlON/β-Si_3N_4＋TiN	α-SiAlON/β-Si_3N_4
Bulk Density	$\times 10^{-3}$kg/m^3	JIS R1634	3.5	3.2
Apparent Porosity	%	JIS R1634	≦0.1	＜0.1
Flexural Strength（RT）	MPa	JIS R1601	600	980
Electrical resistivity（RT）	Ω・m	JIS C2141	10^5	10^{16}

3.5×10^3kg/m^{3}を示す。開気孔率はTiN添加による変化が少なく，気孔率0.1％以下の緻密質焼結体を維持する。三点曲げ強さはTiN添加により低下するが，600MPa以上の強度を維持する。この強度値は，一般的なアルミナ緻密質焼結体の曲げ強度（400MPa）よりも優れている。

2. 2 微構造

Fig. 2にSAN-3の破面SEM像を示す。SAN-3は1μm以下の球状TiN微粒子がα-サイアロンセラミックスに均一に分散している。TiN添加によりSiAlON粒子の焼結は抑制されるものの，10μmを越える柱状粒子が分散する複雑で緻密な微構造を有す。TiN微粒子の分散は，亀裂進展を複雑化させ，材料の破壊エネルギーを高めることから破壊靱性値の向上にも寄与する。

2. 3 放電加工

放電加工は電極と被加工物との間で生じるアーク放電によって被加工物表面の一部を除去する難削材料に適した機械加工の方法である。α-サイアロン焼結体は難削材料であり，加工に多大な時間とコストを要する。しかしながら，本材料ではTiN添加により放電加工が可能となる。

Fig. 3にSAN-3焼結体の加工例を示す。本例のように本材料は，複雑形状の加工を行うことができる。

with high complexity composed of columnar sialon grains of over 10μm is achieved in its microstructure. Dispersed TiN particles make zigzag cracks to propagate resulting in an increase the work-of-fracture which enhances the fracture toughness of the material.

2. 3 Electro-discharge machining

Electro-discharge machining is one of the physical-machining methods used to remove a part of the surface of materials by means of arcing between electrode and material. This method is suitable for machining hard-to-grind electrically conductive ceramics. While application of electro-discharge machining to α-sialon ceramics is impossible due to its non-conductive property, “SAN-3” can be machined in a complex shape by electro-discharge method as shown in Fig. 3.

3. Application

“SAN-3” ceramics are our original products which show excellent mechanical properties and electrical conductivity. Fig. 4 shows an example of “SAN-3” ceramics products. Some examples of applications will be described in the next subsections.

3. 1 Roller of conveyor and robot hand

High voltage static electrical charge would

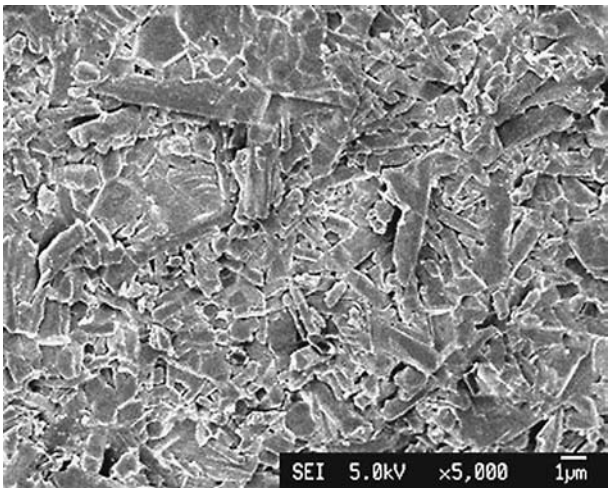

Fig. 2 SEM image of SAN-3 ceramics.

Fig. 3 Appearance of electrical discharge machined SAN-3 ceramics.

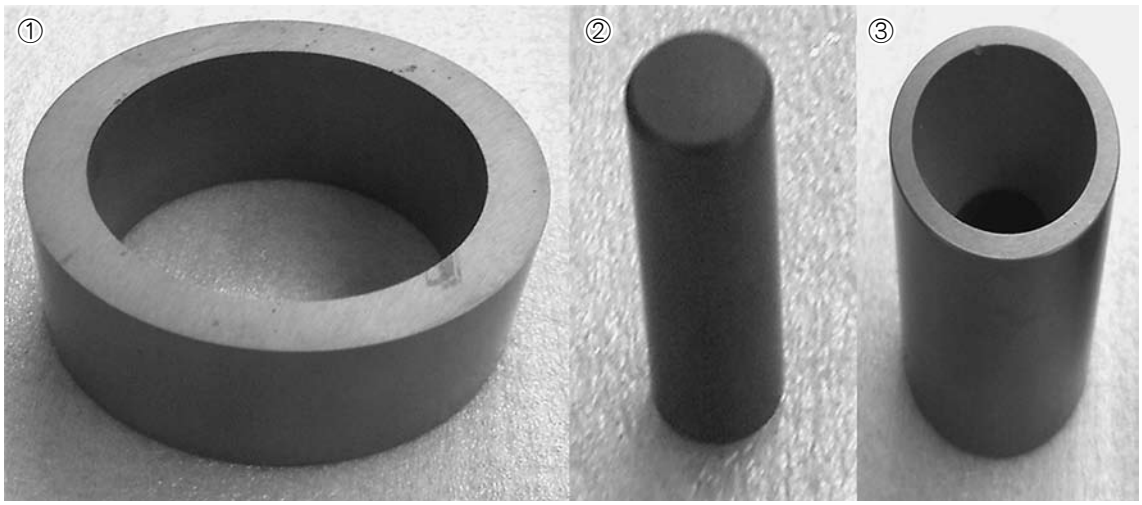

Fig. 4 Applications of SAN-3 ceramics for antistatic uses.
①Roller ②Punching die ③Nozzle

3. 応用例

当社の導電性α-サイアロンSAN-3は優れた機械的特性および導電性を有した当社独自の商品である。本セラミックスの応用例をFig. 4に示す。以下に，主応用例について概説する。

3. 1 搬送用ローラー・ロボットハンド

低湿度下に空調管理されたクリーンルームで使

occur in the sliding surfaces of the roller and robot hand operating in clean room under low humidity condition when the insulator is used as the material.

This electrical charge attracts the particles that would contaminate the source in the surrounding area. Moreover, in the case of semiconductor manufacturing equipment, the charged electricity induces a short circuit

用される搬送用ローラーやロボットハンドに対し絶縁性材料を用いた場合，その摺動面に電荷が生じ高電圧の静電気を帯びる。

この静電気は，周囲のパーティクルを濃集し，汚染源を形成する。また，半導体製造装置においては，帯電した電気が製品回路をショートさせるため，使用上大きなトラブルとなることがある。

SAN-3は，摺動面で帯電しても速やかに電荷を除去することができるため，これらのトラブルを大幅に抑制できる。

3. 2 粉末成形用金型のパンチ・ダイス

サイアロン材料の耐摩耗特性を生かした用途の一つとして，粉末成形用金型のパンチ・ダイスがある。パンチは繰り返し粉末を強い力で押し潰すが，この際に粉体とパンチ表面が擦れて帯電する。帯電は粉体の付着や成形体の固着を生じ，連続的な成形を行う際に支障を来す。この対策としてもSAN-3の適用が有効である。

この場合，耐摩耗性が要求されるセラミックスは最小限の大きさとし，金属スリーブ端面と金属ロウ等で接合して使用されることもある。

3. 3 粉末吹き付け用ノズル

SAN-3は金属・超硬等に比べ軽量化かつ非磁性であり，さらに優れた耐摩耗性を有することから，各種粉末吹き付け用ノズルとしても有効に活用されている。この場合，吹き付ける粉末種が有機物や金属等の可燃物であっても，静電気によって引き起こされる不慮の発火を避けることができる。

ノズル摩耗が少ないため，吹き付け物へのコンタミネーションが軽減できるとともに，長寿命化にともなうノズル部品取り替え回数の低減が期待され，製造コスト削減に貢献できる。

current causing serious troubles.

This trouble can be inhibited by using “SAN-3” ceramics as a material since “SAN-3” ceramics remove the electric charge as soon as the charging phenomena occur at sliding surfaces.

3. 2 Powder shaping punching die

Punch/die of powder shaping is one of the applications for sialon materials which show excellent durability in abrasion resistance. When the punching die presses powder repeatedly, a static electrical charge is caused by the friction between the surface of the punch and powder particles. As a result, continuous pressing becomes difficult due to powder adhesion and abnormal fixation. Also in that case, application of “SAN-3” ceramics to the powder processing punch is effective.

In this case, brazing of ceramics which have high abrasion resistance to the end of metal sleeve is also possible.

3. 3 Powder-spraying-nozzle

In comparison with metal and/or cemented carbide, “SAN-3” ceramics exhibits the advantages as light weight, feeble magnetism, and excellent abrasion resistance. Therefore, “SAN-3” ceramics have been utilized for various powder-spraying-nozzles. This can eliminate ignition caused by static electricity even if the powder is composed of flammable materials such as organics or metals. This ceramic nozzle is expected to show a long life-span compared to the previous materials as well as reduce target contamination. Thus, nozzle replacement frequency can be reduced resulting in total production cost reduction.

4. まとめ

(1) 絶縁体であるα-サイアロンセラミックスに導電性粒子である窒化チタン（TiN）を微細に分散させた導電性α-サイアロンセラミックスSAN-3を提供できる。

(2) SAN-3は高強度・高靭性材料で，耐摩耗性にも優れており，精密加工方法として導電性を活用した放電加工の適用も可能である。

(3) 当社SAN-3は主に静電気対策を目的とした応用が進んでおり，各種ユーザーからご好評を頂いている。

4. Conclusion

(1) We supply “SAN-3” ceramics which are a composite of dispersed-particles of TiN as conductive particles and α-sialon matrix-structure.

(2) “SAN-3” ceramics show high strength, toughness and excellent durability in abrasion resistance. Also, precision machining is achieved by the electro-discharge machining process since SAN-3 is a conductor.

(3) The application of SAN-3 ceramics has increased mainly for devices which require the removal of electrostatic charge.

References

1） K. Ishizawa et.al. J. Ceram. Soc. Japan Vol.94, (1986) pp. 183-185
2） M. Yoshikawa et. al. Bulletin of the Ceram. Soc. Japan Vol.48, No.1107 (2013) pp. 466-467