

品川ファインセラミックス株式会社
「 α -サイアロンセラミックスローラー」

Shinagawa Fine Ceramics Co., Ltd.

“ α -Sialon Ceramics Rollers”

吉川 正博*¹ 一森 照光*² 牧谷 敦*²
Masahiro YOSHIKAWA Terumitsu ICHIMORI Atsushi MAKIYA

Abstract

Recently, instead of conventional metallic material parts, ceramic materials have become to be used to prevent dust generation in clean room in the electronic industrial field. Our α -sialon ceramics are original ceramics which have complex microstructures consisting of α type and β type silicon nitride crystals. These ceramics can be used for ceramic rollers because they are excellent in abrasion resistance and the rolling fatigue properties.

1. はじめに

近年、製造現場における発塵防止対策として、セラミックス機械部品が大量に使用されるようになってきた。特に、高温、高真空といった過酷な環境下でのプロセスを有する電子産業分野においては、発塵が製品歩留まりに直接的な影響を与えることから、その防止対策の重要性が高まっている。

我々はこの解決策として、従来の金属部材から耐久性に優れた α -サイアロンセラミックス部材への転換を推奨している。今回、特にセラミックスローラーとしての応用について、その材料特性実績を概説する。

2. α -サイアロンセラミックスとは

サイアロンとは化学式SiAlONで表されるセラミックス材料の総称である。これは窒化ケイ素

1. Introduction

Recently, ceramic machine parts have come to be used for dust prevention. Especially, the dust generation influences the product yield in the semiconductor industrial field with severe conditions such as high temperatures and high vacuums.

We recommend conversion of conventional metal parts to α -sialon ceramics with high durability. This paper reviews the material properties of sialon ceramics and application as ceramic rollers.

2. What are α -sialon Ceramics?

Sialon is a silicon nitride ceramic (Si_3N_4) with a small percentage of Al and O added. Sialon is a generic term used to refer to the ceramic materials shown by the chemical formula SiAlON. Sialon is kind of a silicon

*1 品川ファインセラミックス株式会社 岡山事業所 所長代理 Manager, 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 開発室 Researcher, Okayama Works, Shinagawa Fine Ceramics Co., Ltd.

(Si_3N_4) の一部にAlとOが固溶したSi-Al-O-N成分からなり、窒化ケイ素系材料として位置付けられている。

このサイアロンには、固溶形態や結晶構造の違いにより、 α 型と β 型の2種類が存在する¹⁾。 β 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が置換したものである。酸化物が固溶するため、窒化物である窒化ケイ素セラミックに酸化的な性質も発現し、一般的に耐酸化性、耐食性に優れている。

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、金属原子（希土類元素あるいはアルカリ土類金属）が格子間に侵入した固溶体である。この侵入型固溶する金属原子の種類や量によりさまざまな性質を示し、特に窒化ケイ素や β 型サイアロンよりも、硬度が高いという特徴を有す。

当社では、この α 型サイアロン (α -Sialon) に β 型窒化珪素 (β - Si_3N_4) を複合化した緻密質セラミック “SAN-2” を国内で初めて工業化し、さまざまな構造部材として幅広いユーザーに使用して頂いている。SAN-2は、従来の窒化ケイ素セラミックより硬度に優れ、バランスのとれた機械的特性を有することから好評を博している。この特性値をTable 1²⁾ に示す。

nitride ceramic system and has the Si-Al-O-N composition where Al and O substitute for a part of Si_3N_4 .

In sialon, there are two kinds of crystal structure (α type and β type) due to the different state of solid-solutions¹⁾. In the case of the β type sialon, a part of Si and N in Si_3N_4 are substituted by Al and O. This sialon commonly exhibits excellent oxidation resistance and corrosion resistance due to the dissolved aluminum oxide in silicon nitride although sialon belongs to in nitride ceramics.

In the case of the α type sialon, not only Al and O substitute for a part of Si_3N_4 but also metallic ions (rare earth element or alkaline earth metal) penetrate into the interstitial sites of the crystal lattice. Depending on the kind and amount of the interstitial ions, the material shows various properties. Especially, the α type sialon are characterized by higher hardness than silicon nitride or the β type sialons.

Shinagawa is the first in Japan to develop the “SAN-2 ceramics” which combines α type sialon (α -Sialon) and β type silicon nitride (β - Si_3N_4). This material is widely used for a variety of structural materials. SAN-2 is

Table 1 Properties of α -Sialon ceramics

Properties/Materials	Unit	Method	Sialon
Brand and Codes			SAN-2
Chemical Composition			α -Sialon/ β - Si_3N_4
Bulk Density	g/cm ³	JIS R1634	3.23
Apparent Porosity	%	JIS R1634	<0.1
Mechanical Properties			
Flexural Strength (RT)	MPa	JIS R1601	980
Elastic Modulus (RT)	GPa	JIS R1602	300
Poisson's Ratio	—		0.29
Vickers Hardness	Hv	JIS R1610	1620
Fracture Toughness	MPa · m ^{1/2}	JIS R1615	6~7
Thermal Properties			
Thermal Expansion Coefficient (RT~800°C)	× 10 ⁻⁶ /K	JIS R1618	3.2
Thermal Conductivity	W/(m·k)	JIS R1611	16
Thermal Shock Resistance (ΔT)	°C	JIS R1615	650

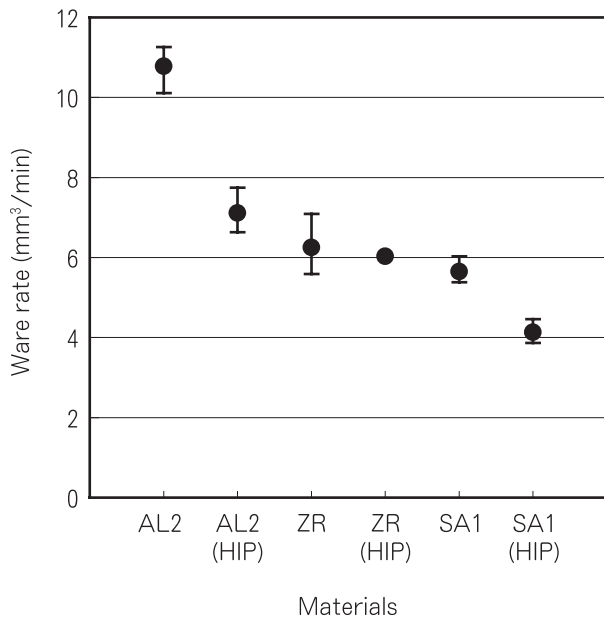


Fig. 1 Results of sand blast abrasion test for various ceramics.

3. α -サイアロンセラミックスのトライボロジー

α -サイアロンは、セラミックスの中でも耐摩耗性、転がり疲れ挙動に優れている。種々のセラミックについてこれらの特性を比較評価した。

3.1 耐摩耗性³⁾

サンドブラスト式摩耗試験の結果をFig. 1に示す。この試験は、硬質無機砥粒を高速で、試料に衝突させ、試料の減肉挙動により耐摩耗性を評価している。ここでは、研磨粒子に炭化珪素 (50 μm) を、試料には α -サイアロン (SA1)、ジルコニア (ZR)、アルミナ (AL2) を用いた。

Fig. 1より、耐摩耗性は α -サイアロン>ジルコニア>アルミナの順に優れていることが分かる。このことは、同様な摩耗環境下においては、他セラミックと比較し、 α -サイアロン材料が耐摩耗部材として優れた耐久性を示すことを示唆している。

3.2 ローラー式転がり疲れ挙動⁴⁾

ローラー式転がり疲れ挙動をFig. 2に示す。縦軸は単位幅当たりの法線荷重 P_n/b 、横軸は転がり疲れ寿命 (回転数 N) である。本試験では、セ

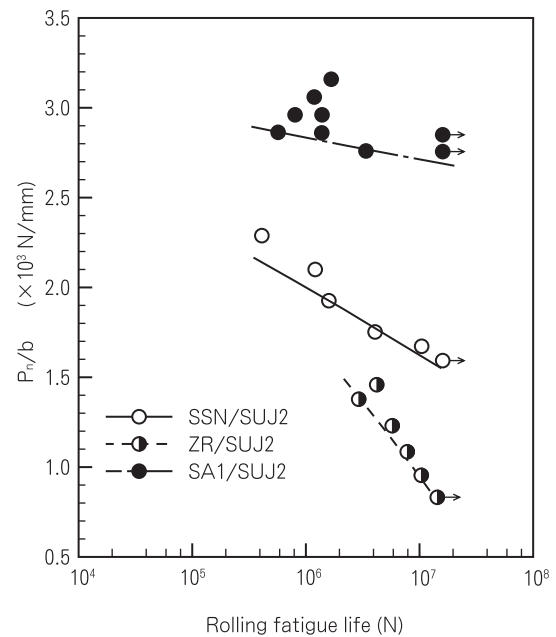


Fig. 2 Results of roller life test for various ceramics and metals.

superior to silicon nitride ceramics in hardness and shows good balance in the mechanical properties. Properties of this material are shown in Table 1²⁾.

3. Tribology of α -sialon Ceramics

α -sialon shows excellent properties in the abrasion resistant test and the rolling fatigue behavior compared with other ceramics. These properties of sialon ceramics are compared with those of various ceramics, as follows.

3.1 Abrasion resistance³⁾

Fig.1 shows the result of the sand blast type abrasion test. In this test, hard inorganic particles are forced to impact the samples at high speed. Abrasion resistance was evaluated by the thinning behavior of the samples. Here, silicon carbide (50 μm) was used as the inorganic particles. Sialon (SA1), zirconia (ZR), and alumina (AL2) were used as samples.

Fig.1 suggests that abrasion resistance is more excellent in the order of α -sialon > zirconia > alumina. This suggests that α -



Fig. 3 Appearances of ceramics rollers.

ラミックスには α -サイアロン (SA1), ジルコニア (ZR), 窒化ケイ素 (SSN) を用い, 相手材として軸受鋼 (SUJ2) ロールを組み合わせた。Fig. 2 より, α -サイアロンセラミックスが転がり疲れ強さに最も優れていることが分かる。すなわち, 他セラミックスと比較して, α -サイアロンがローラー用途に最も適合した機械的特性を持つことを示唆している。

4. ロールーとしての応用

当社の α -サイアロンセラミックスローラーは, 高加工精度と優れた機械的特性に加えて, 上述のようなトライボロジックな面での高耐久性を活かした独自の商品である。特に, 従来の樹脂製および金属製ローラーと比較して格段に高い耐久性を誇り, 結果的にその低発塵性が着目されている。本セラミックスの外観をFig. 3 に示す。

ただし, α -サイアロンセラミックスといえども, 脆性材料であるセラミックスの一種である。以下の応用については機械的衝撃を避けて使用することが肝要である。

4. 1 ロールー構造

標準形状をFig. 4 に示す。標準形状は二種ある。Aシリーズは, 外周にV溝を有し, 内周部にベアリングを収納して軸を通す構造が取られている。Bシリーズは外周にV溝を有し, 内周部に直接軸を通す構造が取られている。こうした標準サイズ以外の形状についても, 対応可能である。また,

sialon material shows excellent durability as an abrasion resistant material compared with other ceramics under such abrasion environment.

3. 2 Roller type rolling fatigue behavior⁴⁾

Fig.2 shows the roller type rolling fatigue behavior. The vertical axis shows load the normal P_n/b for each width of the unit. The horizontal axis shows the longevity of the rolling fatigue (rotational speed N). α -sialon (SA1), zirconia (ZR), and silicon nitride (SSN) are used as target materials. The roller made of the bearing steel (SUJ2) was used as reference material. The longevity of the rolling fatigue of α -sialon ceramics is the most excellent in Fig.2. This result suggests that α -sialon has more suitable mechanical properties for ceramic rollers than other ceramics.

4. Application as Rollers

Our α -sialon ceramic rollers are an original product with high accuracy, mechanical properties, and high durability are described above. Especially, It has very high durability compared with those made of a resin or a metal, and a result, it shows less dust generation. Fig.3 shows the appearance of this ceramic.

However, α -sialon ceramics are a kind of ceramics with brittle behavior. In applying the following use, it is important to avoid mechanical impact.

4. 1 Structure of sialon roller

Fig.4 shows the standard shapes of sialon rollers. There are two kinds of the standard shapes (Types A and B). Type A contains V type channel in outer surface. Bearing is placed in the inner part, and rotary shaft passes through the bearing. Type B also contains V type channel in outer surface. The rotary shaft passes directly through the inner part. Additionally, we can produce on-demand roller shapes. For example, it is possible to join metal to the inner part of the sialon ceramic roller.

SCR (Morgan) System Standard Form

Series	ϕd_1	ϕd_2	h_1	h_2
A-1	$\phi 80$	$\phi 47$	90	15.25
A-2	$\phi 68$	$\phi 40$	70	13.25
A-3	$\phi 65$	$\phi 40$	40	12
A-4	$\phi 54.1$	$\phi 35$	25.4	11

KRUPP System Standard Form

Series	ϕd_1	ϕd_2	h_1	h_2
B-1	$\phi 65$	$\phi 15$	67.5	-
B-2	$\phi 45$	$\phi 26$	24.4	8.1

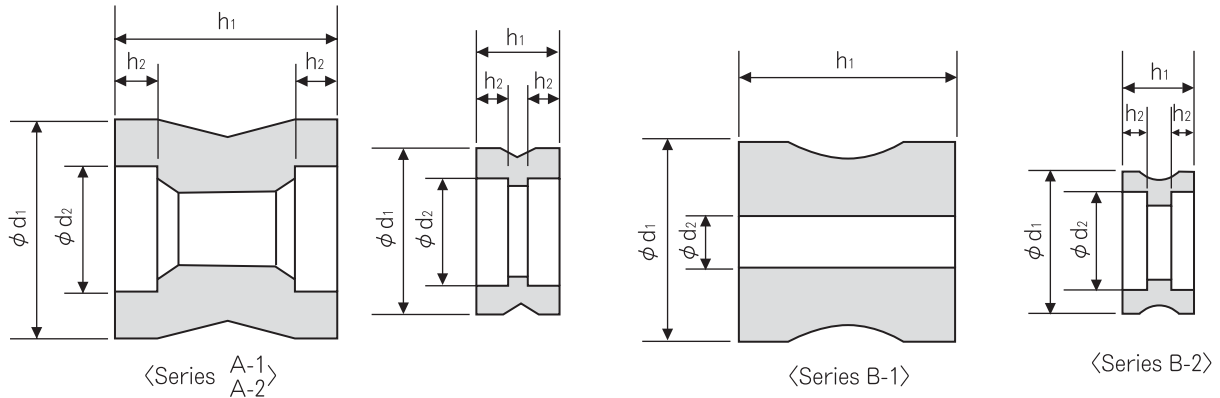


Fig. 4 Standard shapes of α -Sialon ceramic rollers.

場合によりサイアロンセラミックスの内周部に金属を接合するハイブリット化も可能である。

4.2 応用例

1) クリーンルーム用ローラー

当社の α -サイアロンセラミックスローラーは、クリーンルームなどの無塵環境下でのローラー使用に充分耐えうる。従来の金属ローラーや樹脂ローラーから α -サイアロンセラミックスローラーに転換することで、ガイドローラー自身、あるいは相手側材料の摩耗粉の系内拡散が激減し、これらを主因とするトラブルが著しく減少する。本製品は、特に液晶・半導体分野でのローラーとして、大変ご好評頂いている。

2) 熱間圧延用ローラー⁵⁾

非鉄金属の熱間圧延加工は、2本のロールの間で金属を連続的に圧縮加工する方法である。この圧延ロールに棒材を送り込むガイドとして従来は超硬合金及び熱間工具鋼が使用されていた。しかしながら、熱間圧延のような過酷な条件では、高温摩耗によりローラーの寿命が短い、異物が混入するなどの問題があった。

当社のセラミックガイドローラーは α -サイ

4.2 Applications

1) Roller for clean room

Our α -sialon ceramic roller can be used under the dust free environment such as clean rooms. By converting metallic or resin rollers to α -sialon ceramic roller, diffusion of the dust particles can be prevented.

This sialon ceramic roller is especially popular for manufacturing devices used for the liquid crystals or semiconductor manufacturing.

2) Roller for hot rolling⁵⁾

The hot rolling of nonferrous metals is a method utilizing continuous compression by two rolls. In the previous manufacturing process, a super-hard alloy and the hot work tool steel were used as a guide to send rod-like materials to the rolling mill. However, there is the problem of high temperature abrasion when metallic rollers are used for the hot rolling roll. As a result its performance is short, and the worn particles become dust.

Our α -sialon ceramic guide roller can solve these problems by the excellent heat-

アロンセラミックスの特徴である耐熱性，耐摩耗性，耐溶着性を活かし，これらの問題を解消した。セラミックスガイドローラーの実用化をいち早く実現した当社は，同じ熱間圧延ラインで用いられるルーパローラー，ターンダウンローラーについてもセラミックス化に成功。ガイドローラーとともに大変ご好評頂いている。

5. まとめ

α サイアロンセラミックスの材料特性面と，ローラーとしての応用について概説した。

- 1) 当社 α -サイアロンセラミックスは α 型サイアロン (α -Sialon) と β 型窒化珪素 (β - Si_3N_4) 結晶の複合組織を有する独自の緻密質セラミックスである。
- 2) α -サイアロンセラミックスは種々のセラミックスの中でも，耐摩耗性と転がり疲れ挙動において優れており，ローラー部材に適している。
- 3) α -サイアロンセラミックスローラーは，高加工精度と優れた機械的特性に加えて，耐摩耗部材としての高耐久性を活かした独自の商品である。
- 4) α -サイアロンセラミックスローラー応用として，液晶・半導体分野でのクリーンルーム用ローラー，熱間圧延用ローラーなどがある。

resistance, wear-resistance, and welding-resistance. Shinagawa has promptly achieved the practical use of the ceramic guide roller. Furthermore we have successfully fabricated other ceramic rollers such as the roux par roller and the turn down roller used in a similar hot rolling roll. These products are very popular as guide rollers.

5. Summary

The material properties of α -sialon ceramics and their application as rollers were reviewed.

- 1) Our α -sialon ceramics are original dense ceramics that combine α type sialon (α -Sialon) and β type silicon nitride (β - Si_3N_4) crystal.
- 2) α -sialon ceramics show excellent properties in wear-resistance and the rolling fatigue behavior compared with other ceramics, so they are suitable as roller materials.
- 3) α -sialon ceramic rollers are original products with high durability and excellent mechanical properties.
- 4) α -sialon ceramic rollers are applied as rollers for clean rooms for the manufacturing of liquid crystals and semiconductors.

References

- 1) K. Ishizawa, N. Ayuzawa, A. Shiranita, M. Takai, N. Uchida, M. Mitomo ; J. Ceram. Soc., Japan 94, 183-185 (1986)
- 2) Shinagawa Fine Ceramics Co., Ltd. ; Products Catalog (2007)
- 3) K. Nagamori ; Shinagawa Technical Report 35, 111-128 (1992)
- 4) A. Yoshida, M. Fujii, Q. Zhang, K. Nagamori, H. Haishi ; Traibologist 37 (1) 54-60 (1990)
- 5) Shinagawa Fine Ceramics Co., Ltd. ; Roller Products Catalog (2007)