

焼成用窯道具／炭化珪素系耐火物

(1940年～現在)

Key-words：炭化珪素、耐火物、窯道具

注1 炭化珪素粒子同士を2000℃以上の温度で焼結させた炭化珪素耐火物。

注2 炭化珪素粒子間の気孔の中にシリコンの融点1414℃以上の温度で融かしたシリコンをしみこませた気孔率が0に近い炭化珪素耐火物。

焼成用窯道具とは焼成炉内で製品を乗せる棚を構成する耐火物(図1)や製品を入れる耐火物の容器をいう。食器・タイル・衛生陶器などの窯業製品あるいはフェライト・セラミックコンデンサーなど電子部品の焼成、電子材料粉体の加熱処理、半導体熱処理工程の治具として使用されている。炭化珪素系耐火物の高強度・高耐熱性という特長を活かした肉薄の板、ビーム、匣鉢などを使用することにより、幅広い分野で省エネや焼成時間短縮が図られている。また炭化珪素系耐火物の種類も増え、特性も向上している。

1. 製品適用分野

窯業・電子・半導体などの焼成および熱処理工程

2. 適用分野の背景

窯業をはじめとして焼成が生産の主要工程になっている例は多く、そこで使用される窯道具として1940年代に炭化珪素を窯道具へ適用する開発がはじめら

れ、1950年代になって炭化珪素粒子に粘土を混ぜ焼成して作る酸化物結合炭化珪素棚板が碍子や衛生陶器など特に重い製品を焼成する時に使用されはじめた。当時は棚板が荷重により変形するなどの課題を含みながら窯道具として使用されていたが、1960年代終わりに炭化珪素粒子を窒化珪素で結合した新しい材料が商品化され耐クリープ性の改善が図られた。酸化物結合と窒化珪素結合の両者ともさまざまな分野で使用されてきたが、より特性の良い炭化珪素系耐火物が求められ改良が続けられた。現在も多く使用されている耐クリープ性が向上した酸化物結合炭化珪素は1980年代はじめから食器・タイルなどの窯業製品焼成用棚板として急速に広まった。近隣諸国の窯業分野での需要拡大に伴って1990年代になると日本の技術に基づく酸化物結合炭化珪素棚板が海外でも製造されはじめ、日本製と遜色ない特性を示す製品として日本に入ってくるようになった。一方ヨーロッパ、アメリカ、日本の耐火物メーカーでは新たな高特性の炭化珪素系耐火物の研究開発が進められ、再結晶炭化珪素^{注1)}・シリコン含浸炭化珪素^{注2)}・高強度窒化珪素結合炭化珪素・常圧焼結炭化珪素などさまざまな種類の耐火物が登場した。従来の酸化物結合炭化珪素の5倍以上の強度を持つこれら耐火物は窯道具の薄肉化を可能とし窯道具



図1 炉内で使用されている窯道具／炭化珪素棚板の例
炭化珪素棚板の上に焼成する食器を乗せ多段に積上げた例。

表1 炭化珪素系耐火物の特性

種類	酸化物結合	窒化物結合	再結晶	窒化物結合 (高強度品)	シリコン含浸
曲げ強度(MPa)	50	60	100	200	250
嵩比重	2.8	2.7	2.7	2.8	3.0
気孔率(%)	10	11	17	5	0
熱膨張係数($10^{-6}/K$)	4	4	4	4	4
熱伝導率(W/mK)	15	15	50	35	200
微構造					

炭化珪素系耐火物は高強度で熱伝導率も他の耐火物に比べ高い。

重量が減って省エネや迅速焼成といった時代の要請に答えることができています。

3. 製品の特長

炭化珪素系耐火物は高強度、高耐熱性などの特長があり、その特性例と微構造を表1に示す。また高強度を活かした長いビーム形状や大きな寸法の製品も作ることができ、多様な窯道具(図2)が実用化されている。なお酸化雰囲気での実使用中に炭化珪素が酸化され徐々に二酸化珪素に変化する現象が生じるが、耐火物内部への酸素の拡散を防止するため気孔をシリコン

で埋め気孔率を0にしたり、表面で酸化膜を形成して酸素の拡散を止めるなどの工夫もなされている。

4. 製法

炭化珪素系耐火物の製法(図3)はその成形方法により大別され、プレス成形、押し出し成形、鑄込み成形が代表的な成形方法である。板やブロック形状の耐火物の成形ではプレス成形が、パイプやビームのような長い形状は押し出し成形が、匣鉢や形の複雑なものは鑄込み成形が適用されている。主原料である粒度の異なる数種類の炭化珪素粒子とこれに結合相を形成す

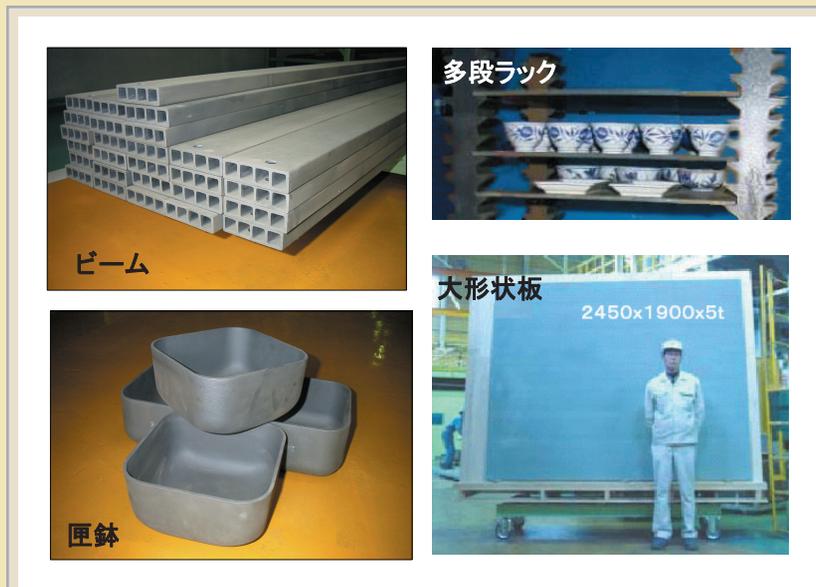


図2 炭化珪素窯道具例

種々の形状をした窯道具が実用化されている。
大形状の板や複雑形状をした多段ラックなども作られている。



図3 炭化珪素系耐火物の製法

異なる粒子径の炭化珪素原料を組み合わせせて混ぜ、混練の後製品形状に適した成形法が適用される。

る副原料を混ぜて練った後、成形を行う。

その後、焼成で炭化珪素粒子を結合させ耐火物としての強度を発現させるが、酸化物結合、窒化物結合、シリコン含浸などの焼成過程で起きている現象を模式図(図4)で示す。

高強度であることから肉薄で大きな形状の窯道具ができ、また熱伝導率も他の耐火物に比べて大きいので、加熱、焼成工程での省エネを更に進める具体的な方策として期待されている。

5. 将来展望

燃料高騰やCO₂排出量削減をうけて、現在これまでに以上に省エネが叫ばれている。炭化珪素系耐火物は

[連絡先] NGKアドレック(株)
〒505-0112 岐阜県可見郡御嵩町美佐野 3040

