

## マグネシアクリンカーの熱伝導性フィラーへの展開 ～フィラー特性とアプリケーション事例～

宇部マテリアルズ株 濱岡 崇, 日元武史

### Application of Magnesia Clinker to Thermally Conductive Filler ~Filler Properties and Application Examples~

Takashi HAMAOKA and Takeshi HIMOTO

#### 1 緒言

マグネシアクリンカー ( $\text{MgO}$ ) は塩基性耐火物原料として多量に使用されており、<sup>1)</sup> スレーキングを解決するために、有機けい素化合物<sup>2)</sup> による表面処理、 $\text{B}_2\text{O}_3$ 添加による耐消化性の改善<sup>3)</sup> などの技術が開発されてきた。当社はその技術を応用し、 $\text{MgO}$ の熱伝導性フィラーへの展開を進めてきた。今回は熱伝導性フィラーが使用されるアプリケーション事例およびフィラー特性について紹介する<sup>4)</sup>。

#### 2 热伝導性フィラーのアプリケーション事例

近年、自動車の電動化・電装化等の進展に伴い、車載機器の性能、動作安定性、寿命の観点から熱対策の重要性が高まっている。熱対策として使用される放熱部材は、一般にサーマルインターフェースマテリアル (TIM) と呼ばれ、Fig. 1 に示すシート、ポッティング剤等の形態で、熱伝導性フィラーとして当社製品も使用されている。

放熱部材の開発においては、高熱伝導率と高流動性の両立が特に注目されてきた。高熱伝導率を得るために熱伝導性フィラーの充填率を高くすることが必要であるが、フィラーを高充填すると流動性が悪化する。そこで、熱伝導

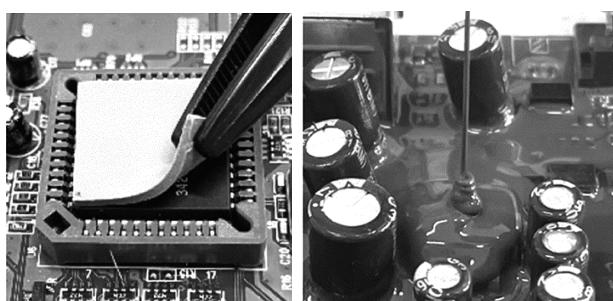


Fig. 1 Application Examples (Sheet and potting materials).

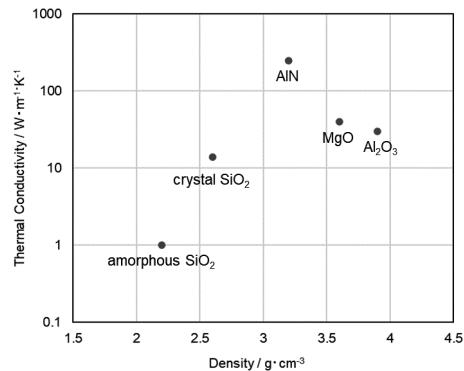


Fig. 2 Density and thermal conductivity of thermally conductive fillers.

性フィラーの形状制御、多粒度の配合による粒度分布の調整<sup>5)</sup>、表面処理など<sup>6)</sup>、高充填化と高流動性化を両立する技術が開発してきた。

Fig. 2に一般に熱伝導性フィラーとして用いられる素材の単結晶における密度と熱伝導率の関係を示す<sup>7)</sup>。フィラー材にはそれぞれ特長があるが、 $\text{MgO}$ は比較的低比重で熱伝導率が高く、加えて硬度が低いため機器の摩耗を低減し、プロセス全体での低コスト化が期待できる。しかしながら、小粒径では耐水性に難があるなど、デメリットもあることから、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ と組み合わせて使用されることも多い。

#### 3 粒度分布の調整と諸特性への影響

フィラー使用の一例として粒度分布を調整することで、フィラーの粒子間のヒートパスを形成しやすくし、充填率を下げても熱伝導率を低下させない方法を紹介する。

Fig. 3に粒度分布を示す。①は平均粒径50  $\mu\text{m}$ の比較的シャープな粒度分布を持つ $\text{MgO}$ フィラーである。これに少しづつ平均粒径10  $\mu\text{m}$ の $\text{MgO}$ フィラーを混合していく、小粒径側にブロードな粒度分布に調整した6サンプルを用

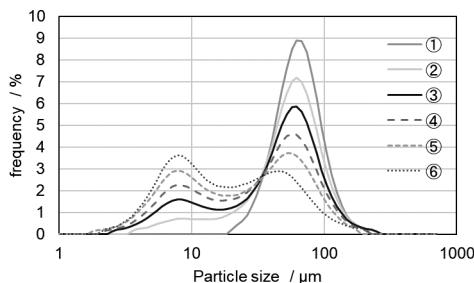


Fig. 3 Particle size distribution of the blended filler.

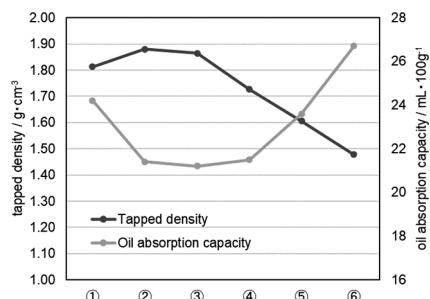


Fig. 4 Tapped density and oil absorption capacity of blend filler.

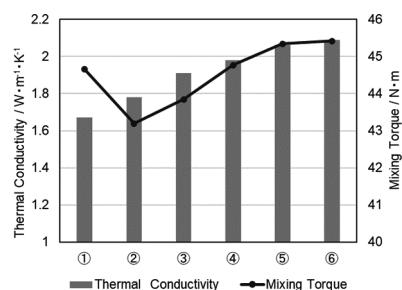


Fig. 5 Thermal Conductivity and Mixing Torque.

意した。Fig. 4はこの6サンプルのかため比重、吸油量の測定結果を示す。①の比較的シャープな大粒径のフィラーには、粒子間に比較的大きな空隙があるため、かため比重の低下、吸油量の増加が生じている。②、③のように小粒径のフィラーを混合すると、この空隙の中に小粒径のフィラーが入り込むことで空隙を埋めるため、かため比重が増加、吸油量の低減が生じる。しかし、この空隙の容量以上に小粒径のフィラーを混合した場合、小粒径の粒子間の空隙や比表面積が支配的になり、かため比重の低下、吸油量の増加に転じる<sup>8)</sup>。

次にFig. 5に①から⑥までのフィラーをエチレンエチルアクリレート樹脂 (EEA) に50 vol%充填した時の熱伝導

率と160 °Cでの混練トルクを示す。熱伝導率は小粒径の多い⑥に近づくほど高くなる一方で、混練トルクは②で最も低くなり、⑥に近づくほど高くなった。最密充填構造の粒度分布とすると混練トルクが小さくなることからフィラーを高充填できるようになるが、同一の充填率でみた場合の熱伝導率としては低くなってしまう。逆に、かため比重の低下や吸油量の増大が見られる分布の方が熱伝導率は高くなる。混練物の機械特性など他の物性が許す場合、低充填率で目標の熱伝導率を得ながら、低比重にすることができる。これはフィラーの粒子間の接触によってヒートパスが形成されやすくなるためである。

#### 4 結言

今回はMgOの熱伝導性フィラーとしての適用事例および樹脂への充填技術について紹介した。放熱部材は、用途、使用環境に合わせて様々な特性を設計されており、フィラー材の特性により使い分ける必要がある。高放熱、低比重、低硬度等の特長を有するMgOは熱伝導性フィラーとしても普及していくと考えている。

#### 文献

- 1) 吉田 彰: 耐火物, 56 [8] 372-381 (2004).
- 2) 兼安 彰, 山本新一, 渡辺高行: 耐火物, 47 [9] 444-449 (1995).
- 3) 吉田 彰: 耐火物, 58 [4] 194-198 (2006).
- 4) 西田直人: 車載テクノロジー, 12 [2] (2024).
- 5) 技術情報協会編, 放熱・高熱伝導材料, 部品の開発と特性および熱対策技術, 228 (2010).
- 6) 技術情報協会編, 高熱伝導材料の開発～さらなる熱伝導率向上のために～, 87 (2019).
- 7) Andrew A. Werezczac, et.al.: IEEE Transcations on components, packing and manufacturing technology, 3 [12] 1994-2005 (2013).
- 8) 技術情報協会編, 高熱伝導材料の開発～さらなる熱伝導率向上のために～, 167 (2019).