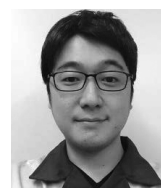


形状異方性フィラーの垂直配向制御によるフィラー 充填ゴムの高熱伝導化

バンダー化学(株) 向 史博



向 史博氏

電装機器の高集積化や小型化に伴い、電子部品の発熱量は著しく増加している。発生した熱は機器の動作不安定・信頼性低下の要因となりうるため、冷却器や筐体に伝えて放熱する必要がある。更なる機能向上に際し、より効率の良い熱マネジメントシステムが必要とされている。放熱シートや液状のグリースに代表されるサーマルインターフェースマテリアル(TIM)は、発熱源と冷却器の伝熱効率化を目的として使用される界面材料であり、接触界面の空気層や被着材の表面凹凸への追従などの伝熱阻害の要因である接触熱抵抗を低減する働きをもつ一方で、自身の厚み分だけ熱の移動距離が長くなるため、伝熱の阻害因子にもなりうる。TIMの熱伝導率が高いほど自身の厚みによる伝熱阻害を抑制できるため、熱伝導率の向上はTIMにおける極めて重要な課題となる。当社は、形状異方性に伴う熱的異方性を有するフィラーをマトリクスゴム中でシート表面に対して垂直に配向制御する技術を見出し、シートの厚み方向の熱伝導率を飛躍的に向上させた放熱シート設計・開発を継続してきた。これまでの成果として、フィラーの長軸方向に極めて高い熱伝導率を有する六方晶窒化ホウ素(h-BN)やカーボンファイバーをフィラーとして用い、高熱伝導率を特長とする放熱シートを製品化した(商品名:HEATEX(R), ヒートエクス)。

液状・シート状といった形態に限らずTIMの熱伝導率は、フィラーの充填量に依存する。伝熱フィラーの熱伝導率がマトリクスとして用いられるゴムの熱伝導率に対して極めて高いためであり、高い熱伝導率を有するフィラーを選定し、多量充填することが機能向上の基本的な方針となる。反面、ポリマー分率が低下することでマトリクスが有する可撓性が損なわれ、加工性の悪化や得られるフィラー充填ゴムの高硬化化・脆化が問題として顕在化する。また、これらの機能向上と問題はフィラー粒子同士の相互作用が支配的な因子であるため、高い熱伝導率が期待されるフィラー高充填領域では僅かな充填率の差で特性値の変動が生じ、品質管理や製造条件の面で大きな制約を受けやすい。

受賞者は、上記処方にて捉われない新たな熱伝導率向上処方として熱的異方性を有する形状異方性フィラーを用いた効率的な伝熱パスの形成に着目した。シート

の厚み方向にフィラーの長軸方向が配向するようフィラー充填構造を制御し、フィラーの持つ高い熱伝導率を最大限に発揮することで、より少ないフィラー充填での高熱伝導率発現を目指した。追求の結果、成形加工時のダイスウェルを活用した配向制御技術ならびにこれに適したフィラー高充填ゴムの設計技術確立し、狙いの配向構造を連続的に作り込むことを可能とした。形状異方性フィラーの垂直配向を適用したh-BN充填シリコンゴムは、h-BNと同等以上の熱伝導率を有する球状フィラー(窒化アルミニウム, AlN)充填時の熱伝導率理論値と比較して非常に高い熱伝導率を示し、40~50 vol%の配向充填でAlN70 vol%充填時と同等の熱伝導率を発現することが明らかとなった。当該シートはTIMとして被着材に追従する十分な可撓性を有し、フィラー充填率に対する特性変動も抑えられていることから、実用性にも優れている。

以上に述べたように、垂直配向制御を適用した伝熱フィラー充填ゴムは、TIMとして必要とされる伝熱阻害(熱抵抗)の低減を図れるだけでなく、フィラーの充填過剰に至ることなく高熱伝導率の発現を可能とするため、マトリクスゴム由来の優れた特性を併せ持つことができる。例として、高熱伝導率を有するTIMとしては極めてまれな高い絶縁耐圧とハンドリングするのに十分な機械強度が挙げられ、二次的な機能も良好であることが確認されている。今後更なる対策が必要となる電子機器の熱マネジメントにおいて、HEATEX(R)が解決手段の一つとなることが期待される。

また、形状異方性フィラーの配向制御とこれを活用したフィラー充填ゴムの機能向上処方、フィラーの種類を問わず、形状異方性を有するさまざまなフィラーに適用することができるため、熱伝導率に限らずさまざまな機能の向上に活用できる。球状粒子の併用や複数の粒度分布を持つフィラー混合系においても同様の配向が作り込めることが確認されており、新たな機能を追加設計する自由度も高い。これらを鑑み、ゴム加工分野の技術向上やゴム・樹脂材料の産業面での発展に貢献するものと考えている。

<参考文献>

- 1) 向史博 機能材料, 2018, 38, 44.
- 2) 向史博 車載テクノロジー, 2019, 7, 33.