

放熱グリースの粒子分散状態と熱伝導率に関する考察

(住友金属鉱山(株)¹) ○小川 貴裕¹・植田 貴広¹

Consideration of particle dispersion state and thermal conductivity of thermal greases
(¹Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.) ○Takahiro Ogawa,¹ Takahiro Ueda,¹

The relationship between the thermal conductivity, which indicates the heat dissipation performance of thermal interface materials, and the filler filling ratio has been explained by theoretical formulas, but it is known that the deviation from experimental values increases as the filler filling ratio increases. In this paper, we report on the results of our study about the relationship between particle dispersion state and thermal conductivity of thermal greases with different dispersion conditions.

Keywords : thermal grease; particle dispersion; thermal conductivity

近年デバイスの高機能化、高密度実装に伴う発熱温度の上昇、発熱密度の増加が問題となり、熱対策、熱設計の導入が進んでいる。これらの基本は、素子やモジュールから効率的に熱を逃がすことであり、その重要な役割を果たす熱伝導複合材料(Thermal Interface Materials:以下 TIM と略記)の開発がすすめられている。TIM の放熱性能を示す熱伝導率は Bruggman 式などの理論式でフィラーの充填率との関係性が説明されてきたが、フィラーの充填率が増加するに従い、理論式と実験値の乖離が大きくなることが知られている。そのため、これらを補正する式が数多く提案されている。例えば、フィラーの分散状態や形状、フィラー/油間の界面熱抵抗を含む特性係数 C_f を導入した上利の式(式 1-a)がある¹⁾。上利の式はフィラー充填率の高い領域でも実験値と良い一致を示すが、 C_f には様々な要素が含まれているため、補正項内の要因の切り分けは難しい。一方で、フィラー/油間の界面熱抵抗を補正項とした Ngo-Byon の式(式 1-b)が提案されている²⁾。

1-a) $\log(\lambda_{total}) = \rho C_f \log(\lambda_f) + C_m(\rho - 1) \log(\lambda_m)$ 1-b) $\lambda_{total}^* = \frac{\lambda_{total}}{\lambda_m}, \quad \lambda_n^* = \frac{\lambda_n}{\lambda_m} \quad (n = 1, 2)$ $\lambda_{total}^* = 1 + I \left\{ \exp \left[\frac{M(\lambda_1^* - 1)}{K + \lambda_1^* - 1} \rho_1 + \frac{M(\lambda_2^* - 1)}{K + \lambda_2^* - 1} \rho_2 \right] - 1 \right\}$ $I = 0.204, \quad M = 13.3347 \exp(-13.2701 R_c^*), \quad K = 2.8421$	ρ: フィラーの体積分率 λ_m: 基油、樹脂の熱伝導率(W/m・K) λ_{total}: TIMの熱伝導率(W/m・K) λ_f: フィラーの熱伝導率(W/m・K) C_m: 樹脂係数 $\approx 1(-)$ C_f: フィラー同士の接触などの分散・凝集、球や片状などのフィラー形状、 フィラーと樹脂の密着状態に関する界面の3要因から決まる ρ_n: フィラーの体積分率 λ_m: 基油、樹脂の熱伝導率(W/m・K) λ_{total}: TIMの熱伝導率(W/m・K) λ_n: フィラーの熱伝導率(W/m・K) λ^*: 熱伝導率比(-) I, M, K: 補正係数(-) R_c^*: フィラー/基油、樹脂の界面熱抵抗係数(-)
---	--

本報告では、同一の熱伝導フィラーを用いて異なるフィラー分散状態の放熱グリースを作製し、得られた実験値と二つの理論式の補正項の変化から熱伝導率に寄与する要因の影響について考察を行った。その結果、フィラー同士の相互作用が小さい系ではフィラー/基油間の界面熱抵抗の影響が支配的となることがわかった。

1) Y. Agari, *et al.*, Thermal Conductivity of a polymer composite, J. Appl. Polym. Soc, **49**, 1625 (1993).

2) I.L. Ngo, *et al.*, A novel correlation for predicting their thermal conductivity of heterogeneous nanofiller polymer composites under effects of thermal contact resistance, Int. J. Heat Mass Transf., **106**, 539 (2017)..