

温度傾斜法を用いた 熱伝導率および界面熱抵抗の測定事例

1.概要

熱伝導率測定方法の一つに温度傾斜法がある。本測定方法は定常法のため、単層試料を対象にした熱伝導率測定以外に、積層材や多孔質材、複合材の見掛けの熱伝導率を測定する事が出来る。また本測定方法を応用し、試料と試料の間の界面熱抵抗の測定が可能である。

当社ではJIS H 7903(ポラス金属の熱伝導率試験方法)を参照して温度傾斜法熱伝導率測定装置を開発した。本装置を用い、1)単層試料(アルミナ)の熱伝導率測定 2)表面粗さを変えたAl合金間の界面熱抵抗の測定を実施したので、その事例について紹介する。

熱伝導率の評価方法(全般)は、こちらをご参照ください。
(https://www.nstec.nipponsteel.com/tsushin/pdf/2011/77_3s.pdf)

2.測定原理

<フーリエの法則>

物体内に温度差があり、それが定常状態にあるとき、熱伝導率 λ (単位: $W/(m \cdot K)$)は、物体を通過する熱流束 Q (単位: W/m^2)と試料厚み x (単位: m)、試料上下間の温度差 θ (単位: K)の関数で表される。

$$\lambda = Q \cdot \frac{\Delta x}{\Delta \theta}$$

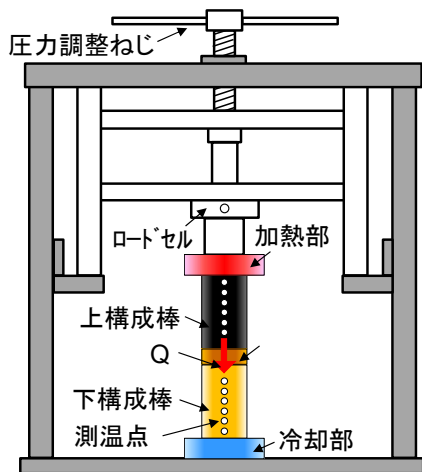


図1 温度傾斜法熱伝導率測定装置の構成

表1 温度傾斜法測定装置の主な仕様

項目	仕様
ギア許容荷重	296kgf
ロードセル	204kgf
加圧方式	圧力調整ねじによるギア増圧方式
測定温度範囲	室温~150℃
雰囲気	大気中
圧力	200kgf
	1MPa(Φ50mmの試料の場合)

※1MPa以上の荷重は引張試験機を使用する事で対応可能。

3.測定事例

3.1 測定事例1:アルミナ(標準試料)の熱伝導率測定 □測定内容

当社が開発した温度傾斜法熱伝導率測定装置を用いて、単層アルミナ板材の熱伝導率を測定した。その結果、文献値と1.4%の差で測定出来ている事を確認した。

□測定条件

- 測定試料 : アルミナ(標準試料)
- 試料形状 : 約Φ50 × 20mm(図2参照)
- 雰囲気 : 大気中
- 測定温度 : 室温
- 加圧条件 : 0.1MPa
- 備考 : 熱伝導グリースを試料と構成棒の間に塗布。

表2 熱伝導率測定結果

試料	熱伝導率, $W/(m \cdot K)$		差, %
	測定値	文献値*	
アルミナ	28.6	29.0	1.4

※“熱物性ハンドブック”, p.250, 榊養賢堂, 1990.

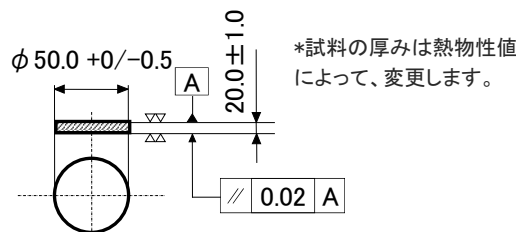


図2 アルミナ(標準試料)の形状、寸法(mm)

温度傾斜法を用いた 熱伝導率および界面熱抵抗の測定事例

3. 2 測定事例2: Al合金間の界面熱抵抗測定

□測定内容

界面熱抵抗(R)は

- ・接触している面の表面仕上げ(粗さ)
 - ・各面の材料(熱伝導率・硬度)
 - ・面を押し付ける圧力
 - ・接触している2つの面の間にある物質
- などに依存することが知られている。

$$R = \frac{\theta_{\text{界面}}}{Q}$$

R : 界面熱抵抗 (K・m²/W)
 $\theta_{\text{界面}} = \theta_{\text{全体}} - \theta_{\text{熱伝導グリース}} - \theta_{\text{Al合金}}$
 Q : 熱流束 (W/m²)

そこで、試料表面粗さと面圧を変えてAl合金間の界面熱抵抗を測定した。その結果、

- ・表面粗さの増加とともに界面熱抵抗も増大。
 - ・面圧が高いほど界面熱抵抗は減少。
- が確認出来た。

これらの事より、今回開発した測定装置は界面熱抵抗の測定にも有用である事を確認した。

□測定条件

- 測定試料 : Al合金 (A5052)
- 試料形状 : 約Φ50×30mm、約Φ50×45mm
- 表面粗さ : ▽▽▽ (Rz:6.3, Ra:1.6)、▽▽ (Rz:25, Ra:6.3)
- 雰囲気 : 大気中
- 測定温度 : 室温
- 加圧条件 : 0.07MPa~1MPa

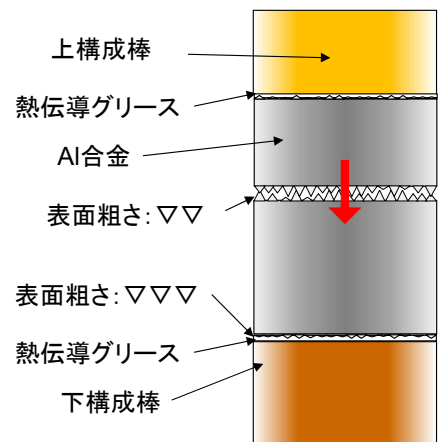


図3 界面熱抵抗測定状況

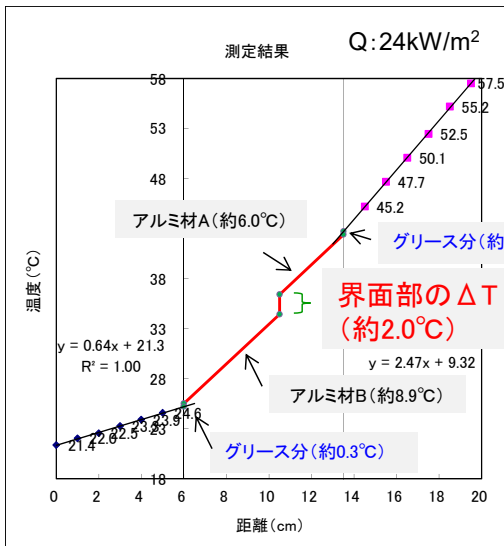


図4 界面熱抵抗測定結果
(上: ▽▽▽、下: ▽▽▽、1MPa)

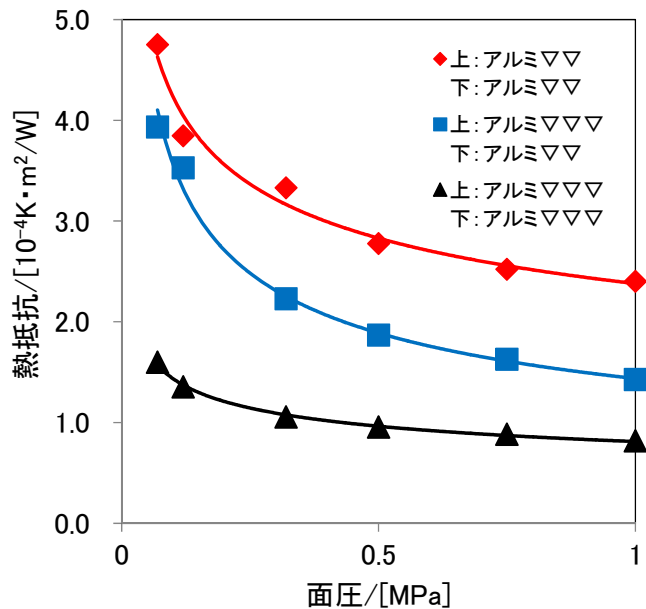


図5 界面熱抵抗測定結果