

アプリケーションノート

ケント紙の異方性測定

関連業種 : その他
使用装置 : ホットディスク法熱物性測定装置
測定手法 : ホットディスク法(非定常面熱源法)
関連規格

1. 概要

異方性測定とは、試料の深さ方向と面方向の熱伝導率、熱拡散率の測定を行う方法です。紙など薄い試料を重ねて測定を行う場合、接触面の間に熱抵抗が生じ、深さ方向と面方向の熱伝導率と熱拡散率に差が生じます。そのような試料に対し、異方性測定を用います。

2. 測定上の注意点

- ・ 本測定の原理は、均質な物質の熱伝導率測定に適用されます。
- ・ 試料表面が粗い場合、空気層(気泡)の状態により測定結果に影響を与えますので、表面は平滑にするようにしてください。
サンプルを重ねる際に空気を挟むと、熱伝導率の測定結果に影響します。
- ・ 試料は測定環境温度に十分馴染ませて測定します。

3. 装置構成

本体 : ホットディスク法熱物性測定装置
センサ : RTK50-φ13(センサ直径約13mm)
使用ソフト : 異方性測定ソフト

4. 測定手順

ホットディスク法熱物性測定装置を用い、ケント紙の異方性測定を下記内容で行いました。

4-1. セッティング

試料のセッティングを写真1に示します。



写真1. 異方性測定のセッティング

4-2. 試料情報

表1に試料情報を示します。

表1. 試料情報

| | |
|-----------------------------|-------|
| 試料 | ケント紙 |
| 厚さ(1枚) [mm] | 0.182 |
| 厚さ(108枚) ^{※1} [mm] | 20.0 |
| 面寸法[mm] ^{※2} | 60×60 |

※1. 使用するセンサの使用条件を満たすため、108枚重ねた試料をセンサの上下に挟んで、測定を行いました。試料厚さはセンサの直径以上を推奨しています。

※2. 試料の面方向寸法は、使用するセンサ直径の3倍以上を推奨しています。

4-3. 測定条件

表2の条件で測定を行いました。

表2. 測定条件

| | |
|-------------------------------|-----------------------|
| 1) 測定方法 | 異方性測定 |
| 2) 試料 | ケント紙 |
| 3) 使用センサ | RTK50-φ13(センサ直径約13mm) |
| 4) 環境温度 [°C] | 24 |
| 5) 加重 [cN m] | 80(トルクレンチ使用) |
| 6) 印加電力 [mW] | 100 |
| 7) 測定時間 [s] | 80 |
| 8) 比熱 [MJ/(m ³ K)] | 1.3 |

4-4. 測定後の解析指針

測定後の解析指針は、下記①～④となります(異方性測定)。

- ① 特性時間が0.33～1.0の間。
- ② 熱伝達距離が試料内であること。
- ③ 解析後グラフが直線であることが必要。
- ④ データ数は100個以上を推奨(Hot Disk社)。

今回の測定は、上記解析指針を満たすことができました。

また、異方性測定では試料の比熱容量を入力して解析する必要があります。

5. 測定例

表3.測定結果詳細

| 測定回数 | 熱伝導率[W/(m K)] | | | |
|---------|---------------|---------|---------|---------|
| | 異方性 | | | 標準測定 |
| | 面方向 | 厚さ方向 | 面-厚さ合成 | |
| | XY 方向 | Z 方向 | XYZ 合成 | |
| 1 | 0.6407 | 0.1071 | 0.2620 | 0.2557 |
| 2 | 0.6196 | 0.1088 | 0.2596 | 0.2591 |
| 3 | 0.6340 | 0.1079 | 0.2616 | 0.2600 |
| AVG. | 0.6314 | 0.1079 | 0.2611 | 0.2583 |
| SD | 0.01078 | 0.00085 | 0.00129 | 0.00227 |
| RSD [%] | 1.7 | 0.79 | 0.49 | 0.88 |

異方性測定の信頼性を確認するため、面方向、厚さ方向から算出した合成値と同条件で行った標準測定の結果と比較しました。

異方性測定の合成値は以下の計算式にて算出しました。

$$\lambda_{xyz} = \sqrt{\lambda_{xy} \times \lambda_z}$$

λ_{xy} :面方向の熱伝導率

λ_z :厚さ方向の熱伝導率

λ_{xyz} : λ_{xy} と λ_z を合成した熱伝導率

表 4.標準測定結果との偏差

| ケント紙 | 熱伝導率 [W/(m K)] |
|----------|-------------------|
| 異方性測定合成値 | 0.2611 |
| 標準測定結果 | 0.2583 |
| 偏差 [%] | 1.1 |

6. まとめ

測定毎に、試料とセンサの着脱を行いました。再現性は、厚さ方向は1[%]以下、面方向は2 [%]以下であり、良好な結果を得ました。また面方向と厚さ方向の熱伝導率は明らかに違いがあることを確認しました。

異方性測定での厚さ方向、面方向の結果から算出した合成値と、標準測定を行った結果との偏差は、2%以内で一致しています。よって各測定法による結果の整合性が確認でき、測定結果の信頼性は高いと考えられます。

7. 参考文献

紙の比熱容量(単位体積当たりの比熱)は下記の参照先より算出しました。

- ・比熱容量(単位質量当たりの比熱)

新編 熱物性ハンドブック 日本熱物性学会編 P.561 TableC-13-3-9
(出版元:株式会社養賢堂)

- ・密度

伝熱工学資料 改訂第5版 P.290(出版元:丸善株式会社)