

高温融体の熱伝導率の短時間測定技術を実用化

— 溶融アルミニウム合金などの高熱伝導率材料を含む測定サービスを開始 —

ポイント：

- ・熱伝導率測定法として高精度な測定が可能なホットディスク法を使用
- ・高温融体測定用センサーと高速測定技術の組み合わせによる 1 秒未満の測定を達成
- ・100 W/m・K を超える高熱伝導率融体の測定が可能

【概要】

株式会社コベルコ科研（以下、コベルコ科研）は国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下、産総研）と共同で、「ホットディスク法(H/D法)による高温で液体になったアルミニウム（溶融 Al）の熱伝導率評価技術の開発および実用化」に取り組み、産総研で開発した高温融体測定用センサーを使用し、測定装置や周辺機器、測定方法に独自の工夫を加えることで、従来は困難であった溶融 Al の熱伝導率の測定を可能にしました。本成果は、これまで測定できなかった材料の熱伝導率や比熱などの物性値を産業界に提供し、シミュレーションの精度向上などを通じて各産業分野の発展に貢献します。

なお、この技術の詳細は、「公益社団法人日本鋳造工学会、第 180 回全国講演大会」（2022 年 9 月 27-30 日）にて発表します。

【開発の社会的背景】

近年、さまざまな物理現象をシミュレーションで解き明かす計算科学の進歩はめざましく、産業界では現象予測の精度向上に強い関心が持たれています。特に、機械学習やデータマイニングなどの情報科学技術を材料分野へ応用したマテリアルズ・インフォマティクス(MI)と呼ばれる手法が注目されています。MI は材料データベースに基づく新規・最適物質の探索に重点を置いた手法であり、これを金属材料の鋳造や溶接に適用する際には、対象とする金属融体の物性、すなわち溶融物性が必要になります。しかし、溶融物性の一つである融体の熱伝導率に対しては、定常法や熱線法といった測定方法が存在するものの、設備の規模が大きくて実用性に欠ける点や、熱対流の影響を受けるなど融体試料に特有の測定の難しさがありました。

課題を解決できる測定方法として、産総研によって考案された高温融体測定用センサー(図 1)を用いた H/D 法による高温融体の熱伝導率測定技術に着目しました。市販センサーの被覆材が樹脂であるのに対し、高温融体測定用センサーは窒化アルミニウム (AlN) であるため、耐熱性と耐食性が確保され、高温融体の評価を実現することが可能となります。課題としては、実用的な使用方法が確立されていない点や、溶融 Al のような 100 W/m・K を超える高熱伝導率材料には装置の処理能力に不足があり、対応できませんでした。

【開発の内容】

センサーと試料の接触方法や加熱方法、センサーから装置までの構成などを工夫し、高温融体測定用センサーの実用化に成功しました。これにより、比較的小規模な設備構成を実現しました。また、測定装置に従来機よりさらに1/10以下の測定時間を達成できるTPS 3500(ホットディスク社製、図2)を採用することで、測定時間を1秒未満にすることが可能となり、 $100 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ を超える高熱伝導率融体の熱伝導率を測定することに成功しました(図3)。熱伝導率の異なる他の溶融金属についても測定を行い、これまでに報告された値の中で最も正しいと言われている推奨値とも良い一致を示しました。

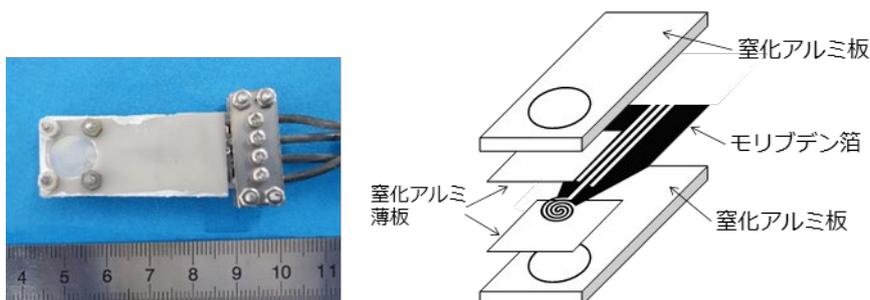


図1 高温融体測定用センサーの外観



図2 TPS 3500 装置の外観

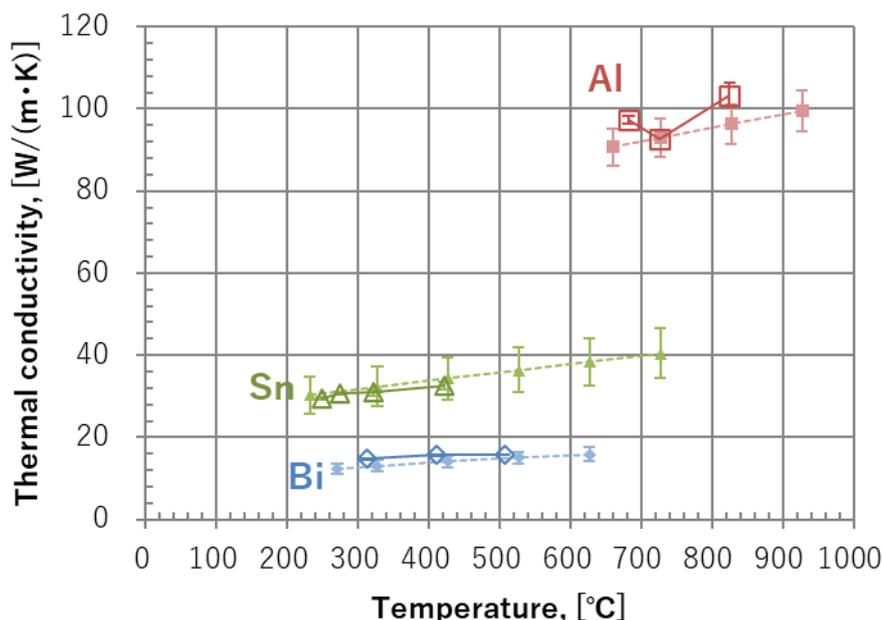


図3 ビスマス (Bi) ,スズ (Sn) ,アルミニウム (Al) の溶融熱伝導率測定結果

■, ▲, ◆:推奨値¹⁾

□, △, ◇:本技術での測定値

1) Y. S. Touloukian and C. Y. Ho eds.: Thermophysical Properties of Matter; TPRC Data Series, Vol.1, IFI-Plenum, New York (1970).

【今後の予定】

現在の対応可能な温度は 900°C程度までであり、さまざまな溶融 Al 合金の熱伝導率を測定するには十分と考えています。しかし、鋳鉄や銅合金、スラグといった、より高融点のニーズに対応するため、より高い温度での測定を可能とするよう装置の改良を計画しています。

本成果を熱伝導率が未知の溶融 Al 合金に適用すると同時に、対象材料を拡大していくことで、さまざまな分野に熱伝導率などの物性値を提供し、各分野のシミュレーション精度の向上などを通じて、さらなる技術の発展に貢献していきます。

【用語説明】

[1]ホットディスク法 (H/D 法)

物質の熱伝導率を測定する方法。「ホットディスク」と呼ばれる面状のセンサーで測定対象の熱の伝わりやすさを計測する。

[2]熱伝導率

物質内の熱の流れやすさを示す物性値。一般的に金属は大きく、プラスチックは小さい値を示す。

[3]Al 合金

軽い金属であるアルミニウムに他の元素を加えて特性を改善した金属。自動車や航空機の部品、スマートフォンの筐体など、軽くて強度が必要な用途に適している。

[4]機械学習

データを分析する方法の一つで、入力されたデータからコンピューターなどの「機械」が自動で「学習」し、データに隠されたルールや規則性を発見する方法。

[5]データマイニング

大量のデータに統計学や人工知能などの分析技術を適用して、有益な「知識」を取り出す技術。

[6]マテリアルズ・インフォマティクス

機械学習やデータマイニングなどの情報科学の技術を用いて、新規物質の探索や材料開発を効率化する取り組み。

[7]鋳造

金属を融点より高い温度で融かして、作りたいものと同じ形状の空洞を持つ鋳型に流して込んで冷やして固める加工法。複雑な形のを効率よく量産できる。

[8]定常法

試料の両端に時間的に変化しない一定の温度差を付けて熱伝導率を測定する方法。温度差が安定するまで待つ必要があり、測定時間が長い。

[9]熱線法

試料の中に直線状のヒーター（熱線）を置き、それに一定の直流電流を流したときのヒーター自身の温度上昇から試料の熱伝導率を求める方法。金属のような電気の流れる試料の測定には向かない。

[10]熱対流

温度による密度の変化によって液体や気体そのものが移動して熱が伝わる現象。

[11]スラグ

鉍石から金属を還元・精錬する際などに、熔融した金属から分離して浮かぶ不純物成分。固化したものは路盤材やコンクリート用骨材などとして利用されている。

【本件に関する問い合わせ先】

株式会社 コベルコ科研 加古川事業所 技術室

試作・物性評価グループ 試作実験チーム

足立 渉 (Wataru Adachi)

〒675-0023

兵庫県加古川市尾上町池田 2222-1 試作実験センター

電話番号：079-436-2206

電子メールアドレス：adachi.wataru@kki.kobelco.com

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

省エネルギー研究部門 エネルギー応用材料グループ

永井 秀明 (Hideaki Nagai)

〒305-8565

茨城県つくば市東 1-1-1 中央第五

電話番号：029-861-4404

電子メールアドレス：hideaki-nagai@aist.go.jp

広報部 報道室

電子メールアドレス：hodo-ml@aist.go.jp