

内部摩擦の活用

—内部摩擦序論—

共振法ではヤング率や剛性率などの弾性率と共に内部摩擦も測定できます。内部摩擦とは材料内の原子間の動きによる熱エネルギーの消耗比率(無名数)で、材料に温度や振動数、ひずみなどのエネルギーを与えると材料内部の原子が動き、原子間の摩擦によって失われるエネルギーを材料全体が持つエネルギーの比として表わしたものです。

内部摩擦が生じる物性として、転位や空孔などの格子欠陥や界面や粒界などの摩擦変化、拡散や相変態、軟化、焼結などの組織変化、固溶原子や置換原子、添加物によるひずみ状態等があり、内部摩擦測定は物性研究や材料開発に活用されています。また、内部摩擦が大きい材料は減衰性能が大きいので、制振材料の評価、研究、開発にも用いられ、ばね材では内部摩擦の小ささで評価されています。

内部構造が変わると弾性率も変化しますが、内部摩擦は弾性率変化より非常に敏感なので顕著に変化をとらえることができます。

加えるエネルギーとして温度、周波数(ひずみ速度)、ひずみ(振幅)などがあり、いくつかを組み合わせると物性研究に用いられます。

◎ 転位と制振性能

転位は原子の並びが乱れた組織なのでお互いの原子間ではひずみがあり、一般的には内部摩擦が大きいです。制振性能を上げたいベアリングや回転軸、制振台座等では強度も重要なので共振法による弾性率と内部摩擦測定が行われています。

図1は銅の温度による内部摩擦の変化の模式図で、低温側ピークがポルドニーピークと言われ、自由な転位の張出しを検出し、高温側ピークは転位のピン止めの振切りを解明したハシグチピークと言われています。温度だけでなくひずみや振動数依存性の測定等と併せて転位の挙動の解明に利用されています。

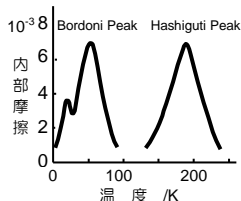


図1 銅のポルドニーピークとハシグチピークの模式

◎ 固溶原子の定量と応用

材料に不純物原子が侵入(固溶)しますとお互いの原子間でひずみが生じます(図2)。これに温度や振動数などを変化させると固溶原子は往復ジャンプ運動を起こし、最適なエネルギーの時に最大となり、内部摩擦も最大を示すスネーク(スヌーク)ピークと言われています。温度や振動数等を変えて測定し(図3,4)、エネルギーと内部摩擦ピークの間隔をアレニウスプロットすると活性化エネルギーを計算できます。これは拡散や相転移などの時も用いられます。

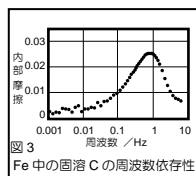
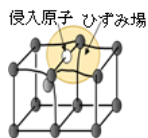


図3 Fe中の固溶Cの周波数依存性

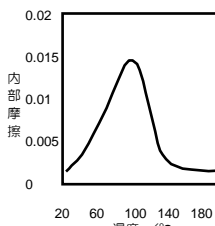


図4 Fe中固溶Cの温度依存性

内部摩擦は固溶原子の含有量分析にも使われ、X線や発光分析と違ってフリー元素に関係せず、試料全体の値を測定しますので、純粋に力

学的に作用する原子の量として分析できます。この固溶原子の量は深絞り等の金属の成型や加工性に影響するとされ、加工成型プロセスの最適化に寄与しています。

◎ 材料の高温変化

材料は昇温によって組織、構造や原子間結合等に影響を与え、一般的には弾性率は減少し、内部に欠陥が生じる事で内部摩擦は上昇し、最後は軟化状態になります。高温測定ではその傾向を観ると共に、材料によってはその温度変化測定から拡散や相転移、粒界変化、焼結、ガラス化等の特異な変化を内部摩擦のピークとして観察できます(図5)。

材料が軟化すると粘性成分が増大し、高振動数ほど弾性率や内部摩擦の変化は見えにくくなるので超音波での測定には注意が必要です。この振動数と測定結果の違いを利用して粘弾性の研究にも利用されます。

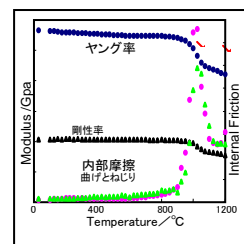


図5 窒化珪素の高温測定と粒界のガラス化変化

◎ 粒界

昇温による粒界の変化も内部摩擦と弾性率の変化としてとらえられます。拡散や変態では昇温と降温での可逆的变化に対してガラス化など非可逆性のは昇温、降温、再昇温などの測定によって確認することができます。

◎ その他の研究

以上のように原子間でのひずみや移動などによるエネルギー消費がある固溶原子と置換原子の結合や原子の状態、固溶原子と転位の関係など内部摩擦は広く利用されていて現場での活用も行われていますが、このほかイオン伝導や界面変化、素材の劣化など今後はいろいろな材料研究への応用が考えられます。

ヤング率やポアソン比などの弾性率や弾性定数は物性研究の基礎物性ですが、試料製作の容易さ、測定精度、測定操作の容易性など優位性を持つ共振法は同時に内部摩擦も測定できますので、強度測定の弾性率と内部構造を示す内部摩擦の同時測定はより一層、研究や品質改良に寄与していくものと思います。

☆ 内部摩擦の測定法は3種

内部摩擦測定には共振法による減衰法、半値法と、強制振動による位相差法と3種の測定法があり、それぞれに特徴があります。減衰法は自由減衰の対数減衰値から求め、半値法は共振周波数の広がりから求めます。また位相差法は掛けた力と材料の反応の時間差を測定して内部摩擦を求めます。

☆ 装置の選択

測定装置は測定温度や試料形状、駆動、検出方法等で各種あり、それぞれで測定精度や信頼性が異なり、研究や開発等の目的等によって適正な装置の選択が必要になります。弊社は現象を把握し、幅広く研究や開発に対応できる装置を総合的に開発・販売している世界で唯一の会社です。

