

Title	ELECTROMAGNETIC ACOUSTIC RESONANCE AND NONCONTACTING MATERIALS CHARACTERIZATION
Author(s)	荻, 博次
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3132553
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	おぎ 博 次 おぎ ひろ つぐ
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 1 3 3 6 4 号
学位授与年月日	平成 9 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文名	ELECTROMAGNETIC ACOUSTIC RESONANCE AND NON-CONTACTING MATERIALS CHARACTERIZATION (電磁超音波共鳴と非接触材料評価)
論文審査委員	(主査) 教授 平尾 雅彦 (副査) 教授 小倉 敬二 教授 吉川 孝雄

論 文 内 容 の 要 旨

非接触計測は超音波を用いた材料評価において、この上ない利点となる。本論文では、電磁気的作用によって非接触で超音波を送信・受信する手法を発展させた電磁超音波共鳴を確立した。これは、電磁超音波センサによって導体内に超音波共鳴を発生させ、その共鳴スペクトルから超音波の位相速度と減衰係数を測定する手法である。多重残響信号にスーパーヘテロダイン処理を施し、測定周波数の同位相成分と直角位相成分をアナログ的に取り出し、また、アナログの積分ゲートを設けてこれらの信号を積分することで、短時間かつ高精度の周波数分析を可能にした。

電磁超音波センサを有効に利用するためには、その物理的原理を理解しなければならない。しかし、強磁性体においては未だ原理の解明はなされていない。本論文では、電磁波と弾性波の変換効率の磁場依存性を調べることにより、強磁性体に対する電磁超音波センサの基本原理解析している。コイルを設置した炭素鋼試験片にバイアス磁場を印可し、体積波振幅の磁場依存性を測定した。測定結果を説明する 2 次元モデルを考案し、強磁性体に対しては、磁わい効果が超音波の送信と受信現象を支配していることを示した。

電磁超音波共鳴をいくつかの材料評価へ適用した。まず、応力が負荷されると共鳴周波数が線形的にシフトする音弾性効果を利用して、金属内の応力測定を行った。対象は、円孔を持つ薄板の平面応力分布、レールの軸応力、溶接試験体の残留応力、そして鋼管の曲げ応力である。いずれも従来法を大きく上回る測定精度と実用性が確認された。

次に、減衰係数を利用して炭素鋼の結晶粒径を評価した。多結晶金属の結晶粒は超音波の散乱を引き起こし、エネルギーを散逸する。散乱強度は超音波の波長に依存するため、周波数を変化して減衰係数を測定することで結晶粒径を見積もることができる。評価した結晶粒径は、顕微鏡観察から得た値と $6 \mu\text{m}$ 以内の差異で一致した。

さらに、新しい電磁超音波センサを考案し、鋼管の回転曲げ疲労にともなう横波音速と減衰の値をモニターした。減衰係数は、常に寿命の 80~90% でピークを示したが、このピークは極めて鋭く、寿命のわずか数% の期間に存在し、従来の面倒な測定では見逃す場合が多い。詳細な組織観察の結果、減衰ピークの直接的な原因が転位であることが示された。

最後に、本研究の結論と今後の課題を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、機械材料の非接触材料評価のために行った電磁超音波共鳴法に関する研究成果をまとめたものである。

論文前半では、まず電磁超音波共鳴法の測定原理を記述している。これは、コヒーレントな励起信号を電磁超音波センサに与えることによって導体内に超音波共鳴を発生させ、その共鳴スペクトルから超音波の位相速度を、また共鳴状態での時定数から減衰係数を測定するものである。受信した多重残響信号にスーパーヘテロダイン処理を施し、測定周波数と同位相の成分と直角位相成分を取り出す。さらに積分ゲートによってこれらの信号をアナログ的に積分することによって極めて高精度かつ短時間の周波数分析を可能にした。次いで、この計測に使用する電磁超音波センサの強磁性体での作動原理を解明している。電磁波と弾性波の間の変換効率の磁場依存性を詳細に調べ、この実験結果を説明する2次元の電磁弾性結合モデルを展開している。強磁性体に対しては、材料の磁わい効果が超音波の送信と受信現象を支配していることを示した。これは、これまでの定説を覆すものである。

論文の後半では、電磁超音波共鳴法を実用的な材料評価に適用し、既存技術がもついくつかの問題点を解決している。まず、応力が負荷されると共鳴周波数が線形的にシフトする音弾性効果を利用して、金属構造物の応力測定を行っている。対象は、薄板の平面応力分布、レールの軸応力、溶接残留応力、鋼管の曲げ応力である。いずれも従来法を大きく上回る測定精度と実用性が確認された。次に、減衰係数の周波数依存性を利用して多結晶金属の結晶粒径を評価している。この測定原理は、古くから知られていたが電磁超音波共鳴によって初めてその有効性が実証された。最後に、磁わい効果に基づく新しい電磁超音波センサを考案し、鋼管の回転曲げ疲労にともなう横波音速と減衰の変動を連続モニターした。減衰係数は、常に疲労寿命の特定の時期にピークを示したが、このピークは極めて鋭く、寿命のわずか数%の期間に存在するため従来の接触式超音波法では検出できなかったものである。組織観察の結果との比較から減衰ピークの直接的な原因が転位組織の再構成に起因することを明らかにしている。

以上のように、本研究は超音波による機械構造物の非接触/非破壊材料評価ならびに音波物性の研究に新しい指針を与えるものであり、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。