



Title	鉄鋼プロセス及び製品での電磁超音波応用計測の研究
Author(s)	藤澤, 和夫
Citation	大阪大学, 1993, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38729
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名 藤 澤 和 夫

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 1 0 1 7 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 5 年 12 月 15 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 鉄鋼プロセス及び製品での電磁超音波応用計測の研究

論 文 審 査 委 員 (主査)
教 授 福岡 秀和

(副査)
教 授 小倉 敬二 教 授 小坂田宏造 助教授 平尾 雅彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、鉄鋼の製造工程及び最終製品の電磁超音波探触子(EMAT)による計測及び非破壊評価の研究を行った。電磁超音波探触子とは金属材料上に置いたコイルに流した高周波電流により発生させた渦電流と磁場との相互作用により超音波を送信し、その逆作用で超音波を受信する非接触超音波探触子である。

第2章では、本研究で使用した縦波 EMAT 及び横波 EMAT の送受信の原理及びその基本特性を、理論的に検討した。さらに EMAT の各種検査・計測への従来の応用例を調査し概説する事により本研究の位置づけを明確にした。

第3章では、900℃近傍の高温鉄鋼材料の検査・計測への EMAT の応用に関する基礎検討を行った。横波は高温での減衰が大きいことより、縦波の利用に限定し、外部磁界を利用した発生方式の EMAT と高周波電流自身で発生する磁界を利用した発生方式の EMAT の比較を、実験及び第2章で検討した基礎式を用いた解析により行った。その結果、1テスラ以上の磁束密度が発生できる新しく考案した貫通型電磁石方式を使用すれば、送信コイルに流す電流が比較的小さくても、高温鉄鋼材料の検査・計測に使用可能な送受信感度が得られることがわかった。また、この方式は高周波超音波を使用した高分解能測定の際に有利なだけでなく、安全性の面でも有利なことが分かった。

第4章では、第3章の結果をもとに、継目無鋼管の熱間製造プロセスにおける貫通型電磁石方式 EMAT を用いた肉厚測定に関する研究を行った。具体的には代表的な継目無鋼管製造方法であるマンドレルミルプロセスの最終工程のストレッチレデューサーに組み込み可能な周方向6点の計測を行う EMAT を開発した。そして温度による音速変化につき実験及び理路的な検討等を行い、表面温度測定により簡単な直線関係式を用い音速補正が実施できること等を明らかにした。これらの結果をふまえて、実際のオンラインへの適用実験を行い、 $\pm 0.1\text{mm}$ の精度で測定が可能であることを確認した。さらに実作業への適用も実施した。

第5章では、溶接部の斜角探傷時の欠陥評価に悪影響を及ぼす制御圧延鋼板の音響異方性についての研究を行った。すなわち、まず実験および解析により、集合組織を定量的に表す方位分布係数を用いた方法がこの種鋼板の音速特性の解析に合理的なものであることを明らかにした。さらに従来実験的に対応が確認されていた音響異方性を表す2つのパラメータすなわち屈折屈折角度差と音速比が、1つの方位分布係数 W_{420} を介して近似的に対応することを理論

的に明かにした。また JIS Z 3060 に基底された音響異方性測定の方法である音速比を、EMAT を置き直すことなく、簡便に測定できる測定装置の開発を行った。その測定精度は十分実用的であり、且つ 100℃ まで使用可能であることを確認した。

第 6 章では、音弾性を原理とした鉄道用車輪の残留応力測定への横波 EMAT の応用研究を行った。その結果 EMAT を置き換えることなく 2 方向に振動の横波音速が短時間で測定でき、その結果より応力が評価できる簡便な測定装置の開発に成功した。この装置は応力変化を $\pm 20\text{MPa}$ で評価できる能力があり、ED79 型電気機関車用車輪での 1 年間の追跡調査でも車輪踏面部の残留応力変化が十分評価でき、安全性評価ができることが分かった。

以上を通して明かとなったことは、EMAT は表面温度や表面粗度などの影響をほとんど受けずに超音波伝播時間の高精度測定が可能であり、またその測定において EMAT と被検材のギャップの影響も受けにくいことである。この特徴は厚さ測定や残留応力測定に限らず音速情報を利用する全ての計測に有効である。

論文審査の結果の要旨

本論文は、鉄鋼材料の製造工程および最終製品の電磁超音波探触子 (EMAT) による計測及び非破壊評価についての研究をまとめたものである。

鉄鋼業において製品の非破壊評価および計測の手段として超音波が広く使用されている。その際、超音波の送受信には従来より圧電素子が探触子として使用されているが、被験材と音響結合を保つために液体の接触媒質を用いなければならないことから、高速で材料が走行するラインや粗い表面の材料などにおいては安定した音響結合を得られないことがしばしばあり、また熱間製造工程における高温材への適用は極めて困難であった。

そこで、本研究では、非接触で超音波の送受信を行うことができる電磁超音波探触子を用いることによりそれらの難点をさけ、従来困難とされてきた分野における超音波による非破壊評価を目指したものである。

まず、本研究で使用した縦波用 EMAT および横波用 EMAT の送受信の原理およびその基本特性を理論的に検討した。その結果を用いて 900℃ 近傍の高温鉄鋼材料の検査・計測に使用可能な送受信感度を有する貫通型電磁石方式の縦波用 EMAT を設計し、実験によりそれを確かめた。

次にその結果にもとづきマンドレルミルプロセスの最終工程のストレッチレデューサーに組み込み可能な周方向 6 点の計測を行う EMAT を開発し、継目無鋼管の熱間製造プロセスにおける肉厚測定が $\pm 0.1\text{mm}$ の精度で行えることを確認し、その実操業への適用も実施した。

つぎに、集合組織を定量的に表す方位分布係数と制御圧延鋼板の音響異方性とを解析的に関連づけ、これにもとづき溶接部の斜角探傷時の欠陥評価に影響する制御圧延鋼板の音響異方性を 100℃ までの温度で実用に十分な精度で測定できる測定装置の開発をおこなった。

最後に、音弾性法による鉄道用車輪の残留応力測定をおこなうため、探触子を置き換えることなく 2 方向に振動する横波音速を短時間で測定することができる測定装置を開発し、それにより $\pm 20\text{MPa}$ の精度で応力を評価できることを確かめた。これを用いて ED79 型電気機関車用車輪について一年間の追跡調査において車輪踏面部の残留応力変化が十分評価でき、安全性を確認することができた。

以上の研究成果は、材料の非破壊評価技術の向上に貢献するものであり、博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。