

Title	複合磁場探傷法の開発に関する研究
Author(s)	廣田, 哲也
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/38622">https://hdl.handle.net/11094/38622</a>
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、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏 名 廣 田 哲 也

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 1 0 4 3 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 6 年 1 月 21 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 複 合 磁 場 探 傷 法 の 開 発 に 関 する 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

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、金属材料を探傷する新しい電磁気探傷法の開発についての研究である。

鉄鋼製品が過酷な環境で使用される例が増加しており、品質保証面で従来に比較してより高度な保証精度の要求がある。一方、種々の品種を少量で能率良く作る少量多品種混成生産方式が実用されるようになり多品種の材質にも対応することが要求されるようになった。このような状況のなかで、磁性材、非磁性材に至るあらゆる金属材に適用可能で、全ての表面きずを定量評価できる探傷法を開発した。開発した探傷法は被検査材を複数の磁場で磁化することから複合磁場探傷法と称した。

第1章では従来の非破壊検査法の問題点を調査し概説することにより本研究の位置づけを明確にした。また、複合磁場探傷法の原理について詳述し、さらに、実用化に当たっての課題についても検討した。

第2章ではきずによって生じる空間磁場の自然きずの約20倍の拡大きずモデルをもちいた実験と、簡易モデルに基づく理論解析、および有限要素法を用いての数値計算を試みた。簡易モデルはきずによる欠落部に仮想的な逆方向の渦電流を考え、この渦電流の作るきず部表面の渦電流が作る磁場の合成磁場が空間磁場を形成するというものである。実測、簡易モデル解析、有限要素法による計算の結果は概ね一致していることがわかった。

第3章では第2章で得られたきずによる空間磁場の変化を検出する実用装置について記述した。すなわち：

- (1) 実用的磁化器として垂直ソレノイドコイル／電磁石法、倍周波励磁法および回転磁場励磁法を考案し、大径の鋼管には前者を小物部品には後の2者を適用した。
- (2) 磁気センサの被検査材表面の走査法として磁気センサと被検査材の走査を一定空隙を保持し、非接触で行える様にした磁気浮上式追従装置を開発した。これによって磁気センサの破損、コンタクトシュー交換等の非稼働項目が減少し、検査機の稼働率が向上した。
- (3) サーチコイル型磁気センサを半導体製造技術を使用して製作し、特性の揃った強固な磁気センサを安価に提供できる様にした。この磁気センサは従来の半導体磁気センサと同程度の感度を有し、探傷性能(SN比)にも優れている。

- (4) 信号処理装置として多数のマイクロコンピュータをホストコンピュータで管理，処理する分散処理システムを開発した。この信号処理装置の開発によって多数の磁気センサの感度校正作業の個人差を排除し，磁気センサの数に関係なく約10秒で感度校正作業が行えることと，信号をデジタル処理したことによって探傷データ操業データの記録，追跡も可能となった。
- (5) 検査規格に対応した探傷条件の設定作業を対比試験片を用いて行う際の対比試験片の選択，搬送等を自動化した。(4) 項との組み合わせにより短時間で探傷条件の設定が可能になった。
- (6) きずを検出した場合，次工程に手入指示するためのマーキングが必要だが，きずの真上にマーキングし，きず種類別にマーク色を変える自動マーキング装置を開発した。
- (7) 実用装置の検出性能は良好で磁性材のピット状きず，割れ状きずを検出，弁別可能で，又，材質を問わず炭素鋼，二相ステンレス鋼，非磁性材のステンレス鋼，銅合金材のきず検出も可能であることを確認した。

以上を通じて明らかになったことは，金属材料を複合の交流磁場で磁化する事によりきず近傍の空間に漏洩磁場と反応磁場の合成磁場が形成され，この合成磁場を磁気センサで検出することにより探傷が可能になったことである。また，本研究の波及効果として，被検査材を更に多方面から，かつ多周波で磁化することによって，より精密なきず寸法や種類を知ることができ，構造物の余寿命推定に寄与することができること，およびシリコンウエハ上に磁気センサと増幅器を形成してより高感度で，信頼性の高いインテリジェントセンサの開発の可能性が考えられる。

## 論文審査の結果の要旨

継目無鋼管は油井掘削用や送油管として用いられるほか，電力プラント，化学プラント等の熱交換器用鋼管として広く使われている。近年，深井戸用の高強度鋼管，腐食環境をともなう油井用耐食鋼管，高温高圧下で使用される熱交換器用鋼管等過酷な環境で使用される例が増加しており，表面欠陥に対する探傷精度の要求が厳しくなってきた。本論文は，被検査材を複数の磁場で磁化することにより生ずる空間磁場の変化を磁気センサを検出することにより，表面傷を定量的に評価する複合磁場探傷法を開発したものである。まず複合磁場印加時の，傷に起因した反応磁場を，人工傷を用いて実測するとともに有限要素法による数値解析および簡易モデル解析を行い，解析結果と実測値の良好一致を見た。簡易モデル計算式は反応磁場特性の定量的な把握および実用装置の設計に貢献した。また，実用的磁化器として大径の鋼管には垂直ソレノイドコイル・電磁石法を，小物部品には倍周波励磁法および回転磁場励磁法を考案し，さらに，磁気センサの走査法としては非接触の磁気浮上追従装置を開発した。これにより，磁気センサの破損，コンタクトシュ交換等の非稼働項目が減少し検査機の稼働率が向上した。つぎに，サーチコイル型磁気センサを半導体製造技術を使用して製作し，特性の揃った強固な磁気センサを安価に製造することに成功した。この磁気センサは従来の半導体磁気センサと同程度の感度を有し，探傷性能(SN比)にも優れていることが確かめられた。また，信号処理装置として多数のマイクロコンピュータをホストコンピュータで管理・処理する分散処理システムを開発し，多数の磁気センサの感度校正作業の個人差を排除し高速で校正作業を行うことができるようにするとともに検査実績や磁気センサの管理，自動監視モニタ，製造工程へのフィードバックおよび傷分布図の作成等が行えるようになった。最後に，実用装置の検出性能は極めて良好で，磁性材のピッチ状傷，割れ状傷を検出および弁別可能であり，また，被検査材の材質を問わず炭素鋼，二相ステンレス鋼，非磁性材のステンレス鋼および銅合金材の傷も検出可能であることを確認した。以上，本研究は材料の非破壊評価の発展に貢献するもので，博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。