


学位論文審査結果の要旨

専攻	物質生産工学専攻	氏名	植田雄二
論文題目	鉄鋼材質の非破壊評価電磁計測法に関する研究		
主査	榎園正人		
審査委員	中曾根祐司 (東京理科大学教授)		
審査委員	鍋島 隆		
審査委員	秋田昌憲		
審査委員	戸高 孝		
審査結果の要旨 (1000字以内)			
<p>近年、構造用材料や蒸気伝熱管などの亀裂からくる諸々の災害は後を絶たず、その対策が強く望まれている。とりわけ 21 世紀になってそれらを防ぐ高度なメンテナンス非破壊評価技術の確立が強く要望されている。ここで、高度な非破壊評価技術とは従来の欠陥や亀裂を探查するのではなく、亀裂が発生する前段階の疲労による変形状態並びに疲労状態に伴う材質変化を把握し、疲労推定をするもので、ひいては疲労回復の技術を構築することにある。</p> <p>本研究では上述の視点から従来の非破壊評価技術を捉え直し、新しい電磁手法による材質評価技術としてまとめたものである。本論文は二編構成で、ステンレス系材料などの非磁性構造材と炭素鋼材を代表とする磁性構造材について、各々の場合の材質評価をどの様に行うかを非破壊評価のための電磁計測法として述べている。</p> <p>第一編の非磁性構造材の評価法では通常は非磁性であるオーステナイト系ステンレス系材料に疲労が蓄積すると材料内部で相変態の加工誘起マルテンサイト変態を局所的に起こす。このようにオーステナイト相からマルテンサイト相へ変態することにより新たな磁性を発してくる。本研究ではこの局所的に発生した磁性相を捉えるため、垂直着磁装置と TFG センサを用いたシステムにより、磁性相に着磁した残留磁化からくる漏洩磁束の測定評価によって疲労程度を S-N 特性無しで疲労推定を可能にした。</p> <p>第二編の磁性構造材の評価法では、材料内部の磁気エネルギーに起因するバルクハウゼンノイズに着目し、その信号からカオスアトラクタを構成してそのパターンから疲労状況を推定している。さらに、加工歪みによる磁気特性の変化から、独自技術である掃引多重周波励磁スペクトログラム法による保磁力並びに磁気損失分布から局所的な応力・歪みの含有箇所を容易に特定できることを明らかにした。</p> <p>以上は実際の部品に適用され高い有用性を示した。審査委員会からはさらなる発展を期待して、物理的現象を明らかにし、電磁測定法の改良について質疑がなされたが、今後の課題として将来展望を延べ、適切な説明が行われた。また、公聴会において測定法について、今後の展望に関する質疑がなされ、適切な返答で応対をした。</p> <p>以上の審査結果を踏まえて、本研究は今日における非破壊評価技術の発展に大きく寄与するものであり、本手法の新規性並びに新たな発見を示すなど、高く評価できる。よって、審査委員会は本研究論文が工学博士の学位論文として相応しいものと判断した。</p>			

学位論文の要旨

ふりがな 氏名	つちだ ゆうじ 槌田 雄二 
学位論文題目	鉄鋼材質の非破壊評価電磁計測法に関する研究
<p>X線、超音波、電磁気的手法を用いた非破壊検査技術は以前より産業界にて広く用いられてきた。従来までの非破壊検査技術は、大型プラント、パイプラインなどの構造材表面に発生するき裂、減肉等を定期点検時に検出することが目的である。電磁気的手法としては、渦電流探傷試験(ECT)、漏洩磁束試験(MFL)及びリモートフィールド試験(RF-MFL)が活用されてきた。これらの手法は、表面き裂、減肉などの損傷検出に対してはある程度確立した技術であり、国内外を含めて実用的に用いられている。しかしながら、現状、非破壊検査技術として用いられている手法は、プローブ走査面と同一な面のき裂、減肉等の損傷を検出可能かどうか主眼が置かれているため、検出対象損傷プロファイル及びその損傷に対するセンサ技術及び計測技術が精査されて適切に利活用されているとは言い難い。被対象物の材料特性を含めた物理特性変化(検出対象材料特性プロファイル)に基づき、センサ技術及び計測技術をよく吟味し、物理特性変化に対して適切なセンサ技術及び計測技術を用いれば、材質変化を精度よく検出でき、き裂・欠陥が発生する以前の材質変化を定量的に評価できる技術の確立が可能である。検出対象損傷プロファイルとして、被対象物が非磁性か磁性であるかなどの材料特性、検出対象がき裂、スリット欠陥、減肉欠陥、材質劣化などの損傷の大きさ及び程度を含めた損傷状態を的確に把握し、それらに適切な手法を用いる必要がある。実用的な非破壊評価とは、環境(雰囲気の変化、経時変化など)に係らず、定性的、定量的評価が可能である必要がある。そのためには、センサ技術、計測技術のみに固執するばかりではなく、損傷プロファイルを適切に把握する必要がある。前述のように本論文では、電磁計測の原理・原則に基づいた視点から「破壊しない計測技術とその必要性及び実用化」の観点で実用的な非破壊評価とは何かについて精査を行った。具体的には、「破壊しない評価」(非破壊評価)とは何か、その実用化とはどうあるべきかを電磁計測技術に基づき、次の3つのキーワードにて問い直した。(Ⅰ)測定対象を知る、素材の「電磁気的特性・特徴」と「機械的特性・特徴」、及び材質変化後の「電磁気的特性・特徴」と「機械的特性・特徴」を正確に把握する。(Ⅱ)測定手段を知る、電磁計測法(手段</p>	

)の原理・原則を正確に理解し、適切に使用する。(Ⅲ) 評価方法を知る、測定データを物理原則に基づきよく吟味・解釈し、効果的なデータ処理・解析法を適用し、その評価法を決定する。

上記により、「破壊しない評価」(非破壊評価)を電磁計測技術の原点に立ち戻り見直し、「非破壊評価電磁計測法の体系化」(非破壊評価電磁計測理論)を構築することを試みた。

電磁計測の原理・原則に基づいた計測技術により、材質評価技術が可能となれば、意図的に前処理・後処理を施すことによって、磁気特性向上、機械材料特性向上、また、劣化損傷の回復・緩和が可能となる。これは、プラントシステムの安全性・信頼性向上に寄与するばかりに留まらず、すべての工業製品の高性能化に貢献することが可能となる。

プラントシステムの安全性・信頼性に関しては、欠陥以前の材質劣化状況をモニタリングすることによって、余寿命評価が可能となる上に、材質劣化損傷がある場合には、前述のように能動的な処理を施すことによって、材質劣化の緩和・回復技術の確立が可能となり、従来に比較して、大幅な安全性・信頼性の向上が期待できる。これまでの検査のみの受け身な技術から、診断・回復・緩和を含めた能動的な技術へと技術革新が可能となる。

また、製造業に対しては、①製造前の材料の磁気特性、機械特性などの素材材質改善、②製造時の材質改善による組立工業製品の高性能化、③組立工業製品の材質改善による最終工業製品の高性能化、供用中工業製品の製品材質評価による工業製品の高信頼化への貢献が可能となり、これまでの工業製品に、軽量化、高付加価値化、高強度化、低価格化、自己診断・自己回復機能などの高機能化を付加することが可能となる。

以上のように「非破壊評価電磁計測理論」として体系付けられた「破壊しない計測技術」を工業製品の生産技術として導入することが可能となれば、これまで非破壊検査技術として単独で発展してきた技術を凌駕し、製造業全般に渡って大きく貢献し、製造業に技術革新を起こすことが期待できる。

本論文では、電磁計測を基本とし、磁気計測の観点からは、材料特性の測定は非磁性鉄鋼材と磁性鉄鋼材に対して全く異なることから、「第1編 非磁性鉄鋼材に対する非破壊評価電磁計測」、「第2編 磁性鉄鋼材に対する非破壊評価電磁計測」と全体を2編編成とし、それぞれ個別に、基礎的な検討、実用化に関する検討を行い、上記研究目的を達することを目標とした。