


## 学位論文の要旨

ふりがな 氏名	かい ゆういちろう 甲斐 祐一郎 
学位論文題目	磁気特性を利用した非破壊材料評価技術に関する研究
<p>我々の身の回りには、一般機械、鉄道、自動車、架橋やビルなどがあり、これらには鉄鋼製品が使用されている。そのため、高品質、高機能な鉄鋼製品を開発し、安全性や信頼性を確保することが望まれる。鉄鋼製品の開発において、化学成分の調整や熱処理が用いられている。熱処理の1つである高周波焼入れは、構造物機械部品の機械特性を改善することが可能である。焼入れ時に、どの部分にどの程度焼入れすれば要求された機械特性が得られるかどうかを考えた場合、加熱コイルの設計や焼入れ条件が重要となる。その際、製造技術者の長年の経験と勘を頼りに焼入れされている。そのため、焼入れのコントロール技術の確立や評価技術が必要となる。現在、焼入れされた鉄鋼材を切出し、機械的手法によって硬度を測定することで、焼入れ深さや度合いが評価されている。しかしながら、破壊評価であるため、機械的手法に代わり、焼入れ深さや度合いを非破壊評価することが望まれる。</p> <p>本論文では、磁気特性を利用し、鉄鋼材の機械特性を非破壊評価するため、磁気特性の測定及びその評価技術に関する研究を行った。これまでも電磁気的な材質評価方法として様々な手法が提案されているが、深さ方向に対する磁気特性の評価は行われていない。本論文では、焼入れされた鉄鋼材の磁気特性に着目し、焼入れ深さや度合いの非破壊評価技術を開発するために、以下のことを明らかにした。</p> <p>(1) 焼入れされた鉄鋼材の磁気特性と機械特性の関係</p> <p>焼入れされた鉄鋼材の BH ループの形状に着目し、深さ方向の磁気特性と硬度の関係を明らかにした。さらに、低い周波数から高い周波数の磁気特性を利用することで、焼入れ深さや度合いの評価が可能であることを示した。また、これまで炭素量の少ない低炭素鋼板では焼入れの影響がないとされていた。しかしながら、今回、高周波焼入れされた低炭素鋼板の中で、磁気特性が変化するものを発見した。さらに、磁気特性変化の要因について検討を行い、高周波焼入れ独自の効果であることを明らかにした。また、低炭素鋼板の磁気特性、残留応力とひずみ-応力特性について詳細な検討を行い、新しい焼入れ効果を示した。</p> <p>(2) 磁気特性を利用した非破壊材料評価技術の開発</p> <p>周波数を変化させ、磁束の浸透深さをコントロールすることで、深さ方向の磁気特性に関する情報を得るため、周波数探査技術の開発を行った。周波数探査技術として、周波数掃引励磁スペクトログラム法を提案し、その有用性を示した。また、焼入れされた鉄鋼材の外部から磁気特性を評価するために、ロゴスキー・チャトックコイルを用いた磁気センサを開発した。本センサを用いることで、焼入れされた鉄鋼材の透磁率、保磁力や磁気損失などの磁気特性を評価することが可能となった。さらに、磁気センサと周波数掃引励磁スペクトログラム法を組み合わせることによって、磁気特性の値をスペクトログラム化でき、焼入れ領域や深さの推定が可能となった。</p> <p>(3) 実用化へ向けた非破壊材料評価技術の応用</p> <p>非破壊材料評価技術の応用として、配管の減肉評価を行った。まず、基本モデル磁気センサを用いて、従来の磁束密度のみの測定だけでなく、磁界強度も測定し減肉評価を行った。その結果、磁界強度を評価することで減肉の有無に対して大きな変化が得られ、減肉評価に有効であることを示した。また、磁気センサの基本モデルにおける問題点を示し、数値解析にて励磁器構造を最適化し、新型磁気センサを開発した。新型磁気センサは、従来の磁気センサの基本モデルに比べ、減肉の有無に対して磁気特性差が大きくなることを示した。</p> <p>本論文において、周波数探査技術や磁気特性の評価技術を用いることで、焼入れ深さや度合いの非破壊評価が可能であることを示した。これらの技術は、製造後の鉄鋼製品の保守検査として劣化、損傷評価や寿命予測などの材質評価にも用いることもでき、産業界の幅広い分野に応用できる。</p>	

## 学位論文審査結果の要旨

専攻	物質生産工学専攻	氏名	甲斐 祐一郎
論文題目	磁気特性を利用した非破壊材料評価技術に関する研究		
主査	榎園 正人		
審査委員	山田 興治 (埼玉大学名誉教授)		
審査委員	小林 正		
審査委員	岡 茂八郎 (大分工業高等専門学校教授)		
審査委員	戸高 孝		
審査結果の要旨 (1000字以内)			
<p>構造用材料の材質強化を図るため、一般に焼入れ工程が用いられるが、その際、焼入れ深さ並びに焼入れ状況の把握は、材料を切り出して硬度試験を行って知るしか無いのが実情である。また、更に積極的に焼入れ具合をコントロールしようとするれば、技術者の経験と勘によるしかない。</p> <p>本論文では、このような焼入れ技術の高度化を取り上げ、磁気特性を利用した高度電磁非破壊評価技術の確立を目指している。これまでの研究の到達点から、従来の磁気特性からの評価技術の問題点を指摘し、これに代わる新たな周波数探査技術を確立している。磁気特性の測定に関して新たに、ロゴスキー・チャトックコイルを使用し、それに考案した周波数掃引励磁スペクトログラム法を用いることにより、材料の深さ方向の材質変化をとらえることに成功したものである。これにより、特定の磁気特性値、例えば保磁力や磁気損失のスペクトログラムを構築でき、そのパターンから焼入れ深さや焼入れ領域を推定することを可能にした。そして、さらに深さ方向に磁束を深く浸透させるため、磁束を集中させた新しい構造の励磁センシング装置を開発した。加えて、材料中の残留応力分布を詳細に調べることにより、低炭素鋼の焼入れが高周波誘導加熱によって得られる新しい効果も発見している。</p> <p>本審査委員会では、磁気特性に着目したスペクトログラムの構築はこれまでの技術を凌ぐものとして高く評価をできるとした。特に、研究過程において磁場解析技術から信号処理技術までの広範囲の技術の展開に対しても高く評価された。焼入れによる電磁気特性の変化について、特筆すべき事項の質疑が行われた。本電磁非破壊評価技術手法は、今後の新たな発展が期待されるもので、さらなる広範囲への応用の期待が寄せられた。また、論文中において表現上の若干の修正が求められ了解された。</p> <p>以上の審査結果を踏まえて、本研究は今日における材料の加工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、工学的にもこの分野における技術の向上に大きく寄与するものであり、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>			