


## 学位論文の要旨

専攻名	物質生産工学専攻	ふりがな氏	名	よしおか さいじろう 吉岡 幸次郎	
学位論文題目	強磁性を有する各種構造材料を対象とした電磁非破壊検査技術に関する研究				
<p>本論文では、石油化学プラントや各種構造物内に使用されている強磁性を有した構造材料中に生じる欠陥や成分評価を行なう新たな電磁気検査手法について論じている。本研究で検討した検査対象は次の4種類である。まず1つ目は、石油精製プラントの加熱炉鋼管に生じた表裏面浸炭深さ、2つ目は鋳鉄材の裏面欠陥、3つ目は石油タンク外壁鋼板の裏面欠陥、4つ目はLNGガス等のパイプラインで使用されている被覆鋼管の減肉である。これらの検査はX線や超音波等を使用した試験法が試みられたが、どれも適応が難しく、破壊検査に頼らざるを得なかった。そこで本研究では、これらの非破壊検査を可能にする電磁気検査法の提案を行なった。具体的には以下に示す通りである。</p> <p>まず1つ目に関しては、石油精製プラントの加熱炉で使用されている鋼管に発生する表裏面浸炭深さを推定する電磁非破壊検査法を提案した。この手法は、加熱炉鋼管表面から2種類の交流磁界を印加し、鋼管表面に漏洩した磁束量から鋼管表裏面の浸炭深さを推定するものである。この手法ではまず、500Hzの印加磁界で磁束を鋼管表層のみに集中させ、表面浸炭深さのみを推定する。500Hzの交流磁界を印加した場合、浸炭層は生層に比べ磁気特性が低いため、表面浸炭深さの増加と共に鋼管表面に漏れる磁束も増加する。この増加量から表面浸炭深さの推定が行なえることが分かった。次に印加磁界の周波数を15Hzに下げ、鋼管肉厚全体に磁束を浸透させる。このとき、鋼管内の裏面浸炭深さが増すと、生層内に磁束が集中し、鋼管表面に漏れる磁束も増加する。そのため、裏面浸炭深さの推定も可能となることが分かった。この様に、2種類の周波数の交流磁界を別々に印加させ、鋼管表面に漏洩する磁束を周波数ごとで検出評価することによって表裏面浸炭深さ推定が可能になることが分かった。</p> <p>次に2つ目の特殊構造物等で使用される鋳鉄材の裏面欠陥検査については、矩形波交流磁界に直流バイアスを加えた印加磁界を使用した検査手法の提案を行なった。この手法によって直流漏洩磁束法より高い感度で裏面欠陥推定が行なえることを確かめた。この印加磁界を使用した際の試験材料中の電磁気現象はマイナーループ磁化特性となるため、マイナーループを考慮した三次元有限要素法の交流磁界解析により現象解明を行った。この解析から、試験材料の裏面に欠陥が有る場合、直流バイアス印加磁界によって材料中の欠陥上方部の磁束密度が磁気飽和に近づき、試験材料表面に分布する漏洩磁束が増加するため裏面欠陥を評価できることが分かった。</p> <p>3つ目の石油タンク外壁鋼板の裏面欠陥検査に関しては、一般的に漏洩磁束探傷試験法が検討されている。しかし、この手法では商用周波数の交流磁界が印加されるため裏面欠陥の検出には不適切である。そこでここでは、大きな直流磁界を鋼板に印加し、あえて大きな残留磁気を残した状態で一般的な漏洩磁束探傷試験法を適用することで裏面欠陥を推定する検査手法</p>					

(注) 和文 2,000 字又は英文 800 語以内

続紙 有  無

の提案を行なった。残留磁気を考慮した三次元有限要素法の交流磁界解析によって、裏面欠陥を有する鋼板に残留磁気を生じさせると、裏面欠陥が無い場合に比べて裏面欠陥付近の残留磁気が増加することが分かった。この状態で商用周波数磁界を使用する一般的な漏洩磁束探傷試験を実施すると、印加磁束が裏面欠陥付近で鋼板内に浸透しづらくなり、鋼板表面に漏洩する磁束が増加することが分かった。これにより、一般的な漏洩磁束探傷試験法で裏面欠陥が検出できることを確かめた。

4つ目の被覆鋼管の減肉検査に関しては、LNG ガス鋼管は発砲スチロール等の保温材で覆われており、さらにその上に厚さ 0.5mm 程度の強磁性の板金で覆われている。現在は被覆鋼管の被覆を取り外して鋼管の減肉検査が行なわれているが、検査後に保温材や板金の修復が必要となり、莫大なコストと時間が掛かる。そこで、鋼管の被覆を取り外すことなく保温材や板金の上から鋼管の減肉深さ評価が行えるパルス磁界を使用した電磁気検査手法の提案を行なった。一般的にパルス磁界を使用した検査法は、パルス磁界印加後の磁束強度の減衰時間で評価を行なう。しかし、この方法では計測誤差が大きくなるといった問題がある。そこで本研究ではパルス磁界印加後に得られる検出信号の最大値を基準とした減衰時間ごとの傾きを求め、この傾きから鋼管の減肉深さを推定する手法を提案した。この方法を使用することによって計測誤差なく鋼管減肉深さの定量評価が行なえることが分かった。

本論文で提案した4種類の新しい非破壊検査手法は電磁気現象を利用しているため、高速試験が可能であり、石油化学プラント等のメンテナンス向上や各種構造材料の品質・安全保障に貢献する技術であると考えられる。

## 学位論文審査結果の要旨

専攻	物質生産工学専攻	氏名	吉岡 幸次郎
論文題目	強磁性を有する各種構造材料を対象とした電磁非破壊検査技術に関する研究		
主査	後藤雄治		
審査委員	濱本誠		
審査委員	岩本光生		
審査委員	高坂拓司		
審査委員			
審査結果の要旨 (1000字以内)			
<p>本論文では、石油化学プラントや各種構造物内に使用されている強磁性を有した構造材料中に生じる欠陥や成分評価を行なう新たな4種類の電磁気検査手法について論じている。これらの検査はX線や超音波等を使用した試験法が試みられたが、どれも適応が難しく、破壊検査に頼らざるを得なかった。そこで、これらの非破壊検査を可能にする電磁気検査法の提案を行なっている。まず1つ目に関しては、石油精製プラントの加熱炉で使用されている鋼管に発生する表裏面浸炭深さを推定する電磁非破壊検査法が提案されており、2種類の周波数の交流磁界を別々に印加させ、鋼管表面に漏洩する磁束を周波数ごとに検出評価する手法の提案である。2つ目は、特殊構造物等で使用される鋳鉄材の裏面欠陥検査について、矩形波交流磁界に直流バイアスを加えた印加磁界を使用した検査手法の提案が行われている。3つ目の石油タンク外壁鋼板の裏面欠陥検査に関して、あえて残留磁気を残した状態で一般的な漏洩磁束試験法を適用することで裏面欠陥を推定する検査手法が示された。4つ目の被覆鋼管の減肉検査に関しては、パルス磁界を使用し、印加後の磁束の最大値からの傾きで評価を行う新手法が提案されている。ここで提案された4種類の新しい非破壊検査手法は高速試験が可能であり、石油化学プラント等のメンテナンス向上や各種構造材料の品質・安全保障に大きく貢献する技術であると考えられる。</p> <p>本審査では幾つかの質問が出されたが、適切な回答が得られたものと思われる。博士論文も内容として優れており、博士後期課程の学位論文として適切であると考えられる。</p>			