

学 位 論 文 の 要 旨

専攻名	物質生産工学専攻	ふりがな 氏 名	藤井 晶 印
学位論文題目	合成磁界を用いた鋼板裏面探傷法に関する研究		
<p>本論文では、主に石油コンビナートや原子力発電プラントといった大規模設備の保全に用いられる電磁非破壊検査技術の一つである、直流磁界と交流磁界を併用して印可する検査手法について着目し、この検査手法の現象解明と改善について論じている。</p> <p>まず、石油タンク底板等に用いる検査手法として、直交流合成磁界による裏面探傷法を提案した。石油タンク底板は地面からの湿気により腐食し、鋼板には減肉箇所が発生する。そのため、タンク底板の探傷試験はタンク内の表面から行い、裏面の欠陥を検出できなければならない。裏面探傷は主に超音波探傷により行われているが、探傷には前処理・後処理が必要なことから手間がかかる。また、一度に広範囲の探傷は行えないことから時間がかかる。そこで、安価かつ高速な検査法として、大きな直流磁界と微小交流磁界を併用する手法を提案した。そして、マイナーループ磁化特性を考慮した3次元非線形電磁界解析により現象解明を行うとともに実験により確認を行った。解析の結果、深さ1 mmの欠陥を有する3 mm厚鋼板に142 ATの直流磁界と500 Hz、14.2 ATの交流磁界を印加する条件において、裏面欠陥により検出コイルの測定磁界が増加することから、裏面探傷が可能であることを確認した。また、鋼板内の磁束密度分布を調べ、裏面欠陥により検出コイルの測定磁界が増加する現象を解明した。直交流合成磁界印加時、鋼板内表層の磁束密度は裏面欠陥により増加する。この時、直流磁束は鋼板内に一様に分布し、裏面欠陥がある場合はこれを迂回することから、鋼板内表層の磁束密度は増加する。一方、交流磁束は鋼板内表層に分布し、裏面欠陥がある場合は鋼板内表層の交流磁束密度は減少することが分かった。この結果を次のように考える。直交流合成磁界を鋼板に印加した場合、直流磁束は鋼板に一様に分布し、裏面欠陥がある場合はこの欠陥を迂回するように分布する。したがって、鋼板内表層部は磁気飽和領域に近づく。この磁束分布上に交流磁界が印加されることになる。交流磁束は表皮効果の影響から鋼板表層に集中して分布するが、裏面欠陥上方の鋼板内表層は直流磁束により磁気飽和領域に近づいていることから、鋼板外に漏洩する交流磁束の割合が増す。この増加分を測定することで裏面探傷が可能となる。また、解析により142 ATの直流磁界と500 Hz、14.2 ATの交流磁界を用いることで5 mm厚までの鋼板について深さ1 mmの欠陥が検出できる可能性を示した。</p> <p>次に、直流磁界と交流磁界を併用する検査手法について、直流磁界を低い周波数の交流磁界に変える検査法を提案した。直流磁界を用いた場合、探傷後の脱磁処理が必要となる問題や検査対象鋼材とセンサとの間に磁気的な引力が発生することから検査装置の移動が困難となる問題がある。また、内挿プローブによる配管検査等においては直流磁場による磁気的な引力によってリフトオフ変動が生じ、これが欠陥検出信号に影響する問題もある。これらの問題を解決することを目的として、まず、解析により142 ATの直流磁界を同じ大きさの交流磁界に変えて、深さ1 mmの欠陥を有する2 mm厚鋼板の探傷を検討した。その結果、交流合成磁界を</p>			

(注) 和文 2,000 字又は英文 800 語以内

続紙 有 無

用いることでも裏面探傷信号が得られることを確認した。さらに、解析および実験により直交流合成磁界を用いる場合よりも交流合成磁界を用いた場合の方が大きな裏面探傷信号が得られることが分かった。この原因は、裏面欠陥の有無による鋼板内表層の磁束密度の変化量の違いにある。本提案センサ構成においては、交流合成磁界を印加した場合の方が直交流合成磁界を印加した場合よりも裏面欠陥によって鋼板内表層の磁束密度が大きく増加する。そして、この増加量の違いは鋼板内に分布する磁束密度の違いにある。直交流合成磁界印加時は鋼板内表層から深くなるにつれて磁束密度の値は減少する。一方、交流合成磁界印加時の鋼板内に分布する磁束は、直交流合成磁界印加時と異なる。鋼板内の最も表層に近い部分に多く分布する点は直交流合成磁界印加時と同じであるが、そこから深くなるにしたがって単純に減少しておらず、複雑な分布となることが分かった。本提案センサ構成においては裏面欠陥の設定位置に分布する磁束は交流合成磁界印加時の方が多い。したがって、裏面欠陥の影響を受ける磁束も交流合成磁界印加時の方が多いことから、裏面欠陥による鋼板内表層の磁束密度の変化量が大きくなると考える。

以上の結果から、今まで明らかにされていなかった直流磁界と交流磁界を併用した鋼板裏面探傷法の現象を解明した。さらに、直流磁界に変えて低周波の交流磁界を用いることで改良できる可能性を示した。本研究は、より安価で高性能な検査装置の開発に貢献できると考える。

学位論文審査結果の要旨

専攻	物質生産工学専攻	氏名	藤井 晶
論文題目	合成磁界を用いた鋼板裏面探傷法に関する研究		
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	小田和広		
審査委員			
審査結果の要旨 (1000字以内)			
<p>本論文では、主に石油精製プラント内の大型石油タンク底板鋼板の裏面欠陥や腐食等を検知する電磁気検査法について論じている。石油タンク底板は地面からの湿気により腐食し、鋼板には減肉箇所が発生する。そのため、タンク底板の探傷試験はタンク内の表面から行い、裏面の欠陥等を検出できなければならない。現在、この裏面探傷は主に超音波試験法が実施されているが、この試験法には水を主成分とした媒体を必要とするため、前処理・後処理が必要なことから手間がかかる。また、一度に広範囲の探傷が行えないことから時間がかかる事が指摘されている。そこで、簡便かつ高速な試験法として、大きな直流磁界と微小交流磁界を併用する探傷法を本研究では提案している。強磁性体である鋼板に大きな直流磁界と微小交流磁界を印加した場合、磁束密度の分布はマイナーループ磁気特性を示すため、この増分透磁率を考慮した3次元有限要素法の電磁界解析を使用して、探傷原理の解明を行うと共に、検証実験によって本提案手法の有用性が示された。一方、大きな直流磁界を石油タンク底板鋼板に印加すると、探傷後の脱磁処理が必要となる問題や、検査対象鋼材とセンサとの間に磁気的な引力が発生することから検査装置の移動が困難となる問題がある。そこでここでは、大きな直流磁界を低周波交流磁界に変更する探傷法の提案も行われた。その結果、探傷できる鋼板の厚みに限界があるものの、大きな直流磁界を使用するよりも、探傷感度が高まる事を、電磁界解析と検証実験によって明らかにした。</p> <p>ここで提案された電磁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、本研究内容は博士(工学)の学位に値すると認められる。</p>			