



Title	2相ステンレス鋼の欠陥検出ならびに材質劣化診断に関する研究
Author(s)	黒住, 保夫
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43258
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、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	黒住保夫
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第16538号
学位授与年月日	平成13年9月28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	2相ステンレス鉄鋼の欠陥検出ならびに材質劣化診断に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 西川 雅弘
	(副査) 教授 飯田 敏行 教授 三間 圭興 教授 朝日 一 教授 西本 和俊 教授 堀池 寛 教授 西原 功修 教授 粟津 邦男

論文内容の要旨

本論文は、加圧水型原子力発電所の1次冷却材系統配管に用いられている2相ステンレス鉄鋼の特殊な結晶構造と冶金学的性質に起因する問題点解決を目的として、フェーズドアレイ型電磁超音波探触子の開発、およびその2相ステンレス鉄鋼の熱時効現象診断への適用、ならびに2相ステンレス鉄鋼の超音波探傷技術の開発の成果をまとめたもので、全5章より構成されている。

第1章では、原子力発電所の長期運転と2相ステンレス鉄鋼に関わる課題について整理し、本研究の目的と意義について述べた。

第2章では、2相ステンレス鉄鋼の粗い結晶粒における超音波の激しい散乱に対し、材料中の1点に超音波を集束させるため、球面振動子を用いた大型2振動子縦波探触子と専用の局部水浸治具を開発し、従来品と比べ大幅な性能向上を達成できた。これを自動超音波探傷システムに搭載し、実機と同一規模、形状の試験体に適用した。さらに得られた探傷データを画像表示した結果、試験体中のすべての欠陥を検出することができた。

第3章では、2相ステンレス鉄鋼の熱時効現象による材料の機械的性質劣化の超音波による診断をめざし開発した横波SH波を送受信できるフェーズドアレイ型電磁超音波探触子を試作した。この探触子における電磁超音波の発生、検出過程を理解するために、回路モデルを考案した。回路モデルから導かれた方程式と実験データを用いた渦電流の計算結果、送受信探触子下でのひずみ振幅の計算結果から、考案した回路モデルが電磁超音波の送受信原理を説明可能であることが確認された。さらに、この回路モデルを用いることにより、周波数の異なる電磁超音波探触子の設計が可能となった。

第4章では、開発した電磁超音波探触子を用いて測定した2相ステンレス鉄鋼の熱時効による材料の靭性値、硬さの変化とSH波の音速変化との関係について調べた。その結果、本研究で考案した新しい手法によって音速変化の精密な測定が可能であることがわかった。さらに、測定結果を基に考案した音速変化パラメーターが2相ステンレス鉄鋼の熱時効による機械的性質変化と相関性があり、材料物性値との間に密接な関係があることを明らかにし、電磁超音波探触子の優れた特性から、本手法が実用的な材質劣化診断法となりうることについて述べた。

第5章では、本研究で得られた成果を総括し、本研究の意義を確認するとともに、解決すべき課題について述べた。

論文審査の結果の要旨

日本の商用原子力発電所のうち初期のものは、運転開始後30年を経過しつつある一方、新規原子力発電所の立地がなかなか進まない現状に鑑み、既存の原子力発電所の長寿命化が重要になりつつある。本論文は、原子力発電所の長寿命化に深く関連した重要な材料である2相ステンレス鋼に関し、この材料特有の結晶構造と冶金学的性質に基づく諸問題解決のため、超音波の散乱減衰に対して有効な超音波探傷手法の開発と、電磁超音波探触子の優れた特徴を生かした新しい超音波音速測定法を用いた熱時効に起因する機械的性質変化の診断技術の開発を行っており、得られた成果を要約すると以下のとおりである。

- (1)集束型探触子と2振動子探触子それぞれの超音波集束能力を生かした大型2振動子探触子により、2相ステンレス鋼中の欠陥に対して極めて高い検出感度を得ることができている。また、新しく開発した専用の局部水浸治具により、この探触子の自動駆動機構への搭載が可能になり、自動超音波探傷を行っている。得られた探傷データを平面表示(Cスコープ)、断面表示(B、Dスコープ)することで、欠陥信号の空間的広がりを容易に視覚的に確認できるようになり、試験体中に導入した全ての欠陥を検出できている。
- (2)熱時効による機械的性質変化を非破壊的に診断するため、2相ステンレス鋼に関し伝播特性の優れた横波SH波を用いて、その音速変化を精密に測定することにしている。このSH波を効率的に送受信できるフェーズドアレイ型電磁超音波探触子を試作し、SH波送受信メカニズムを説明するための回路モデルを確立している。回路モデルの計算結果、電磁超音波探触子のインピーダンス測定値および送受信試験結果から、この回路モデルがSH波の送受信過程を説明可能であることを確認し、他の周波数の電磁超音波探触子の設計が可能になっている。
- (3)開発したフェーズドアレイ型電磁超音波探触子が有する優れた特徴、受信波形がきれいな正弦波を描くこと、データ再現性に優れていること、接触媒質を必要としないので取扱が簡単であること、データ採取に時間を必要としないということを生かして2相ステンレス鋼の熱時効による機械的性質の変化を、超音波音速の変化をパラメーターに測定している。測定にあたっては、同一位置における熱時効前後のSH波の到達時間差 Δt をエコーバラップ法を用いて観察する手法を考案し、熱時効による超音波音速変化が0.05%以下の精度で測定できることを明らかにしている。さらに考案した音速変化のパラメーター $\Delta t/T$ が、2相ステンレス鋼の機械的性質変化を表わす平均的な剛性率の変化(ΔG)の割合と良く一致していること、によるシャルピー衝撃吸収エネルギー C_v の減少、ビッカース硬さ H_v の増加データと相関を示していることを明らかにしている。

以上のように、本論文は、2相ステンレス鋼の欠陥検出、熱時効による機械的性質変化の診断に関する新しい手法の開発に成功し、原子力発電所の長期運転に関し、安全性、信頼性向上に寄与するところが大きい。よって、本論文は、博士論文として価値あるものと認める。