

Title	レーザー超音波による微小欠陥と炭素鋼の疲労劣化検出に関する研究
Author(s)	田中, 崇雄
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44421
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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	田中崇雄
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 17217 号
学位授与年月日	平成 14 年 5 月 24 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	レーザー超音波による微小欠陥と炭素鋼の疲労劣化検出に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 井澤 靖和 (副査) 教授 山中 伸介 教授 西川 雅弘

論文内容の要旨

レーザー超音波法は非接触の非破壊検査技術として、プラントの安全運転及び設備管理の効率化に寄与するものと期待されているが、これまでの研究はレーザーによる高効率、単一モードの超音波発生や高感度の超音波検出技術の開発に主眼が置かれてきた。本研究では微小な内部欠陥あるいは疲労劣化を有する炭素鋼中でのレーザー超音波伝播特性を測定し、レーザー超音波による欠陥検出や疲労劣化診断などへの適用性を検討することを目的とした。

第 1 章は緒論であり、本研究の目的と意義を明らかにした。

第 2 章では超音波の受信に圧電素子を用いてレーザー光照射により炭素鋼中に発生する超音波の基礎的諸特性を測定し、レーザー超音波送受信装置の構築に必要な照射条件を定めた。

第 3 章では金属表面の超音波振動検出に用いるファブリーペロー干渉計の動特性を計算した。ファブリーペロー干渉計からの反射光は透過光に比べて超音波受信感度が高く、かつ高周波領域において感度が一定であることを示した。超音波検出用レーザー光の周波数ドリフトによる検出感度変化を防止するため、発生用レーザー光が干渉計の感度最大時に常に照射される制御系を開発し、安定なレーザー超音波送受信装置を構築した。

第 4 章ではレーザー超音波法により炭素鋼中の直径 $100 \mu\text{m}$ の微小内部欠陥からのエコー信号を明確に検出し、レーザー超音波法で最も小さな模擬内部欠陥の検出に成功した。内部欠陥の直径と超音波波長の比は約 0.08 で、レーザー超音波法の欠陥検出感度が従来の圧電素子と同等かそれ以上であることを明らかにした。

第 5 章では 0.7 mm の微小ビーム径で超音波の送受信を行い、内部欠陥による回折パターンより 0.5 mm までの欠陥寸法が推定可能であることを示した。この結果はレーザー超音波送受信装置の空間分解能より小さい欠陥まで、その寸法が推定可能であることを示すもので、狭隘部の測定にレーザー超音波法が有効であることが示唆された。

第 6 章では疲労劣化を与えた炭素鋼試験片に対してレーザー超音波の送受信を行い、劣化割合が増加するにつれて、超音波の減衰が大きくなることを示した。また、減衰係数は試験片が破断に近付くにつれて急激に増加し、超音波振幅の減衰特性が炭素鋼の疲労劣化の進行状態を示す指標として利用可能であることが示唆された。

第 7 章は結論であり、以上の研究において得られた成果をまとめ、本論文の総括を行った。

論文審査の結果の要旨

レーザー超音波法は、非接触、かつ非破壊の材料検査手法であるという利点に加えて、従来の圧電素子を用いる手法に比べて広帯域であるため多くの情報が得られるという可能性から、プラント材料中の微小欠陥検出や疲労劣化検出に応用することにより、プラントの安全運転や設備管理の効率化に寄与できるものと期待されている。本論文は、レーザー超音波送受信装置の開発と、金属試験片中の微小欠陥検出、ならびに、炭素鋼の疲労劣化に伴うレーザー超音波の伝播特性変化に関する成果をまとめたもので、主な成果を要約すると以下の通りである。

- (1) 超音波検出用ファブリペロー干渉計の動特性を解析し、干渉計の反射光を受信光として用いることにより、透過光を用いる場合に比べて受信感度が高く、かつ高周波領域においても受信感度が一定になることを示し、また、レーザー光の周波数ドリフトによる感度の変動を補償しうる制御系を開発し、安定で感度の高いレーザー超音波送受信装置を構築している。
- (2) レーザー超音波送受信装置を用いて炭素鋼中の模擬内部欠陥の検出を行い、レーザー超音波法ではこれまで報告例のない直径 $100\ \mu\text{m}$ の微小内部欠陥の検出に成功している。このとき欠陥直径と超音波波長の比は 0.08 であり、レーザー超音波法が従来の圧電素子による手法と同程度、またはそれ以上の感度を有することを実証している。
- (3) ビーム直径 $0.7\ \text{mm}$ の送受信レーザーを用いて測定した内部欠陥による超音波回折パターンから、直径 $0.5\ \text{mm}$ までの欠陥寸法が推定可能であることを明らかにし、レーザー超音波法の高い空間分解能と狭隘部への適用可能性を示している。
- (4) 繰り返しの引張応力、引張圧縮応力、曲げ応力を与えた炭素鋼の模擬疲労試験片に対してレーザー超音波の伝播特性を測定し、試験片の劣化割合の増加に伴い超音波の多重反射エコーの減衰が大きくなることを明らかにして、減衰係数の増加割合が炭素鋼の疲労劣化の進行状態をあらわす指標として利用可能であることを示している。

以上のように、本論文は、レーザー超音波による金属材料中の微小欠陥の検出や炭素鋼の疲労劣化検出に関して、実用上有用となる多くの新しい知見を明らかにしており、レーザー工学、および原子力工学の発展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。