

審査の結果の要旨

氏名 高田 一

本論文は、非破壊検査技術を鉄鋼製品製造の高能率化、製品品質の高度化、および安心安全の確保へ大きく寄与させることを目的とし、薄板製品およびその製造に関わる鉄鋼製品や設備の品質評価を高精度に行うために超音波非破壊検査技術の開発を行ったものである。論文は全6章で構成されている。

第1章では、鉄鋼製品の製造方法を概説したのち、超音波非破壊検査の対象となる欠陥（きず）について説明し、次に超音波計測の信号対雑音比（S/N）向上原理を説明している。さらに、鉄鋼薄板製品やその製造設備の超音波測定における具体的課題と本論文の技術との関係について述べている。

第2章では、圧延ロールの健全性を正確に評価するために開発した広帯域表面波を用いた表面きず検出技術について述べている。従来から狭帯域表面波を用いた表面きず検出技術が現場適用されていたが、雑音レベルが高いために有害な表面きずを確実に検出できない、きずがない部分から大きな散乱波が発生して誤検知が発生するなどの問題点があった。S/N 向上原理に基づき、パルス幅が小さく、かつ現場使用に堪えうる高感度を有する広帯域表面波プローブを開発したことを述べている。その結果、表面きずを高い S/N で検出できること、および大きな散乱波の発生を防止できることを確認し、圧延ロールの表面きず検査として実用化している。

第3章では、鉄鋼薄板製品の内部品質を詳細に評価するために開発したリニアアレイプローブを用いた薄板内部微小欠陥のオンライン検出技術について述べている。従来は板波探傷や漏洩磁束探傷が用いられていたが、板波探傷では欠陥検出能がきわめて低い、漏洩磁束探傷では検出能不足で誤検出が多く冷間圧延後の鋼板にしか適用できないなどの問題点があった。また、超音波点集束ビームを用いた探傷方法や超音波フェイズドアレイを用いる方法も、それぞれ解決困難な問題を有し実用には至っていなかった。そこで本研究では、熱間圧延後の鋼板に対して、リニアアレイプローブを鋼板を挟んで向かい合わせて配置し、前方に反射する欠陥反射波を検出する新しい方法を開発し、これとパラレル信号処理とを組み合わせることにより、走行する鋼板の全長・全断面にわたり微小欠陥を検出可能な探傷装置を開発・実用化したことが述べられている。この手法は、ポイントフォーカスビームを用いた集束ビーム法と同等の高い欠

陥検出能を有しており、体積 $5 \times 10^{-5} \text{mm}^3$ の微小な介在物欠陥をオンラインで約 10dB の S/N にて検出できることを示している。さらに、得られた介在物欠陥情報を製鋼工程へ迅速にフィードバックするシステムを構築することにより、大きな品質高度化を達成できた。

第4章では、微小欠陥のさらなる検出能向上および高速検査を目的とした高周波振動子アレイを用いたパラレル受波ニードルビーム技術について述べている。振動子アレイを用いる探傷技術として、超音波ビームの電子的送受波素子切り替えを行う法が実用化されているが、この方法はビーム集束域以外では欠陥検出能が大きく低下する問題や、電子走査に時間がかかる問題を有していた。そこで、振動子アレイ全素子から同時に超音波を送波し、きずエコーを焦点を連続化させた受波ビームをパラレル形成して受波する技術を開発し、0.1ms で一断面を検査可能な測定システムを作製したことを述べている。周波数 50MHz の振動子を用いて直径 $20 \mu\text{m}$ の超微小きずを走査速度 1000mm/s の条件で検出できることを示している。また、従来の手法と比べて、形成される集束領域が極めて長く、開発した測定システムは超微小きずの高速検査に適していることを示している。

第5章では、薄板を加工した製品のスポット溶接部の品質検査への取り組みを述べている。最近超音波画像法を用いた検査も開発されているが、どの装置でも鋼板同士が弱い結合力で融着しているだけの圧接と呼ばれる不良を正確に検出することができない。そこで、振動子アレイから板波を送波し、透過した板波を別の振動子アレイを用いて検出して、その振幅と透過時間の空間的な広がりやプロファイルから、上記圧接を判別して溶接金属のナゲット径を測定するシステムを開発したことを述べている。様々な条件で製作されたスポット溶接の評価試験を行ったところ、ナゲット径を $\pm 0.5 \text{mm}$ の精度にて測定可能なこと、および圧接を正確に判別できることを示している。

第6章は結論であり、本論文の技術の超音波計測における位置づけや具体的な数値による従来技術との比較について述べることにより、本論文のまとめを行い、さらに本論文に示した技術開発から生み出されたシーズ技術を明確化し、その発展性や応用展開について述べている。

以上、本論文は新しい超音波非破壊検査技術を開発することにより、鉄鋼製品製造における高能率化によるコストダウン、品質高度化、環境に配慮した製造が可能であること示したものであり、今後益々高度化するであろう鉄鋼製造プロセス分野や他の生産分野において、これら技術やその発展技術が活用されることが期待され、マテリアル工学の発展への寄与が大きいと判断できる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。