

主論文審査の要旨

近年、パソコンや携帯電話などモバイル機器の筐体材料としてマグネシウム合金の利用が拡大している。マグネシウム合金の薄板材を塑性加工した筐体を採用すると軽量化とコスト低減ができる。パソコンや携帯電話の筐体には電装類を固定するためにボスなど取付部が必要であるが、塑性加工で薄板材にボスを成形することが困難であるため、ねじ部を有するスタッドを筐体に溶接することが必要不可欠となる。

そこで、スタッド溶接が行われているが、マグネシウム合金の溶接は容易ではなく、同一条件で溶接を行っても、溶接状態に差が生じるため、信頼性が求められる部位においては溶接後に全検査を行うことが望まれている。本研究では、非接触で簡便にマグネシウム合金スタッドの良否判別を行う非破壊検査方法の開発を目指している。

第1章では、本論文の背景となるスタッド溶接、特にマグネシウム合金スタッド溶接の課題と現状を概説し、マグネシウム合金スタッド溶接部の簡便な非破壊検査の必要性を示している。

第2章では、マグネシウム合金スタッド溶接部の非破壊検査法を検討する際に、溶接界面に存在するボイドを把握し、基礎データとして活用するために、マイクロフォーカス X 線 CT 装置で溶接部を CT 撮影している。

溶接部のボイドを定量的に評価・整理するために CT スライス画像を画像処理して、ボイドの面積を計測している。ボイドの画像計測に影響を及ぼす CT 画像特有のノイズや輝度ムラを低減するために、半径方向メディアン・フィルタや CVE(一定分散強調)処理等の画像処理法を検討している。

第3章では、マグネシウム合金スタッドに対する新しい非破壊検査方法を試みている。その方法は、スタッド試験片を磁束密度が変化する一定磁場内にスタッドを配置し、変動磁場をスタッドにかけることによってスタッド内に渦電流を発生させ、一定磁場と渦電流との相互作用でスタッドを加振させている。そして、その振動をレーザードップラー振動計で計測し、振動の特性の違いから溶接状態を判定している。

ここでは、最適な溶接条件で行ったマグネシウム合金スタッド溶接と溶接エネルギーが不足する条件での溶接の二種類の試験片を用いて、それぞれの判別実験を行っている。

なお、実験の前にスタッド試験片のモデルを作成して FEM 解析を行い、スタッドの振動特性の違いをシミュレートしている。それにより、スタッドを加振してスタッド上面に発生する振動を計測して解析する本判定方法の有意性を確認している。また、スタッド上面の振動計測面において、同心円上の4か所で振動計測を行い、振動に差異がなくスタッド上面の一か所の振動計測で問題ないことを確認している。

実験の結果、それぞれの振動の振幅スペクトルは、70 kHz 以下の周波数領域において差異が確認されている。そこで、70 kHz 以下の周波数領域の振幅スペクトルの平均値を用いたパラメータを定義して、溶接条件の判別を行ったところ約 90%の精度で判別が可能であることを示している。

第4章では、マグネシウム合金スタッド溶接部の機械的強度試験（引張試験、曲げ試験、せん断試験、ねじり試験）を行っている。ここでは、最適な溶接条件で行ったマグネシウム合金スタッド溶接と溶接エネルギーが不足する条件での溶接の二種類の試験片を用いている。ここでも、

全試験片について予め X 線 CT 撮影を行ってボイド率を計測し、各機械的強度との相関について論じている。

第 5 章では、本検査方法を実用化するにあたっての課題についてまとめている。スタッドの振幅スペクトルから、パラメータ K を求め、スタッド溶接部のボイド率（または溶接面積比）で整理して、溶接部の良否判別を行う非破壊検査法を第 3 章で提案している。そして、ボイド率と機械的強度の相関が第 4 章で認められたことから、本手法の妥当性を確認している。

今後、地球温暖化対策として工業製品の軽量化を進める上で、筐体の薄肉化はますます進む状況が考えられるため、マグネシウム合金薄板の採用が増加し、それに併せてスタッド溶接はますます必要とされる。現在はモバイル機器への採用が進んでいるが、二輪車や自動車等へも波及するのは必至であり、スタッド溶接部の信頼性がますます問われてくる。そこで、本研究で提案した非破壊検査法により全数検査が可能となれば、スタッド溶接の弱点と言われている信頼性を確保することができるため、マグネシウム合金スタッド溶接を使った部品のますますの普及や、新製品への展開に寄与することができる。

審査委員	産業創造工学専攻	機械知能システム講座担当教授	氏名	森	和也
審査委員	産業創造工学専攻	先端機械システム講座担当教授	氏名	廣江	哲幸
審査委員	産業創造工学専攻	機械知能システム講座担当教授	氏名	鳥越	一平
審査委員	産業創造工学専攻	機械知能システム講座担当准教授	氏名	黒田	雅利