

審査結果の要旨

氏名 荒木 俊雄

環境負荷低減や省エネルギーといった観点から、燃費向上のため自動車などの移動構造体の軽量化が積極的に進められており、軽量化を進める上で実用金属材料中で最軽量であり高比強のマグネシウム合金への期待は大きい。マグネシウム合金を移動構造体に適用する場合は、他の構造材料、とりわけ鉄鋼材料との接合が不可欠であるが、マグネシウムと鉄は融点差が極めて大きく、相互の固溶もほとんどないことから熔融溶接による接合は困難であり、固相拡散接合や摩擦攪拌接合などが試みられてきたが、未だこの異種金属材料の接合法は確立していない。本論文は、低融点共晶の液相を用いた液相拡散接合に接合界面での反応相生成を加え、マグネシウム合金と鋼の新たな接合法の開発を行うとともに、その基礎である接合界面での冶金反応ならびに界面の力学挙動の解明を進めた結果をまとめたものであり、以下の章から構成される。

第1章は序論であり、マグネシウム合金の性質、マグネシウム合金と鉄鋼材料の接合に関する従来知見ならびに課題をまとめるとともに、従来手法では極めて困難であることを示し、新しい接合法の必要性について述べ、本研究の目的を明らかにしている。

第2章では、マグネシウム合金と鉄鋼材料を接合する新しい接合手法として、反応型液相拡散接合法を考案し、その実現性を実験的に検証した結果を述べている。本接合法は、Mg と共晶反応を生じ、かつ、マグネシウム合金に固溶する金属として Ag ならびに Zn をインサート材に用い、マグネシウム合金と鋼の間で Mg との共晶反応による液相を接合部に形成させ、その中でマグネシウム合金中の反応元素である Al の鋼界面への拡散を促し、鋼と液相の界面に Fe-Al 金属間化合物の反応相を形成させるというプロセスである。これにより接合完了時、接合部においてナノオーダーの均一な Fe-Al 反応層を形成し、接合を達成する。液相拡散接合プロセスの発現を検証し、そのプロセス中に反応層が形成する機構を解明するとともに、構築した接合法を用いることで、マグネシウム合金と鋼の高強度接合が可能であることを示している。

第3章では、高強度の接合部を得るための指針の構築に向けて、Fe-Al 金属間化合物組織を含む接合部組織と接合強度の関係について詳細に検討している。Fe-Al 金

属間化合物は非常に硬く脆い相であり、接合界面において生成量の増加は接合強度の低下を引き起こすが、これが生成層厚みだけでなく、Fe-Al 系化合物の種類や結晶粒径によって異なること、特に FeAl と Fe₂Al₅ の複相が生成する場合はその界面が低強度破壊の選択的なパスになることを示している。そして、これらの解析結果を検証するため、鋼板表面に様々な Fe-Al 金属間化合物を膜状に形成し、その引張試験時に入る亀裂間隔から、Fe-Al 金属間化合物薄膜の破壊靱性値を評価する手法を確立し、化合物の種類、結晶粒径、複相化の影響を明らかにするとともに、FeAl と Fe₂Al₅ の複相の界面がもっとも低い破壊靱性であることを明らかにしている。

第4章では、第2章、第3章の実験および解析の結果を受け、接合部特性確保するための接合界面における組織制御について検討している。接合時間およびその時間内にマグネシウム合金から供給される Al 量はインサート金属の厚みで決まるが、これに FeAl と Fe₂Al₅ の複相化を避け Fe₂Al₅ 単相の界面反応層を形成するために必要な消費 Al 量を考慮することで、接合条件の最適化を図っている。これによって、接合部特性に優れた反応型液層拡散接合の条件設計を可能としている。

第5章では、本論文の総括である。本研究で新たに確立したマグネシウム合金と鉄鋼材料の新たな異種金属の接合法である反応型液層拡散接合法についてまとめるとともに、接合部特性の最適化に必要な界面組織およびその制御についての研究の成果を総括している。

以上のように、本論文は、高い接合強度を可能とするマグネシウム合金と鉄鋼材料の新しい接合プロセスを提案し、その基盤となる界面組織形成と制御、接合界面強度の機構を解明した研究をまとめたものであり、今後の安全で安心な様々な軽量構造体に向け工学的に大きく貢献するものである。

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。