

審査の結果の要旨

氏名 林 哲宇

自動車に代表される移動体の軽量化や安全性確保が求められており、様々な高強度鋼や軽合金を組合せた構造体のマルチマテリアル化が進められている。異種金属材料の接合では従来の熔融溶接法の適用が困難であることから、比較的低温で接合が可能な固相接合法が必要である。超音波接合法は近年開発された固相接合法の一つであり、大気中で短時間かつ低温、低エネルギーで接合可能なプロセスとして有望であるが、異種金属材料の接合における接合界面の形成過程や強度発現機構についての理解は依然不十分である。このような背景の下、本論文では、異種金属材料の超音波接合において、被接合界面の性状や化学的反応性の異なる異種材料の組合せやインサート金属を適用した場合の接合界面や接合強度、それらに及ぼす因子を系統的に検討し、異種金属材料の超音波接合の界面形成過程および強度発現機構を明らかにすることを目的としている。本学位論文は全 5 章で構成されている。

第 1 章は序論であり、背景として、異種金属材料の接合に汎用の熔融溶接法や固相接合法を適用した場合の問題点や、超音波接合法に関する既往研究の成果と問題点について述べ、本論文の研究目的を明確にするとともに、その意義ならびに本論文の構成を述べている。

第 2 章では、接合界面で化学的な反応を示さない異種金属材料の組合せとして、鋼とニッケルを選定して超音波接合を行い、その界面形成過程について検討を行っている。極低炭素鋼とニッケルの接合強度発現過程について検討した結果、接合時間に伴い接合面積が増加することで接合強度が上昇するが、接合部の形成は、凝着摩耗によるニッケルの鋼への付着、その後の摩擦運動による鋼とニッケルが混合した摩耗粒子の形成、その圧下による摩耗粒子の扁平化による両母材の混合した接合界面の形成の過程を経て進むことを明らかにした。また、この界面形成過程および接合強度発現に及ぼす被接合面の表面粗さやマイクロ組織、硬さの影響についても検討を行い、表面粗さが小さいほど短時間で強固な接合が達成できること、接合面積当たりの接合強度は材料硬さが大きい

と低下することを示した。さらに組織や硬さの差によって界面形成機構が異なることを見出し、硬さの差が小さい場合では摩耗粒子の形成がみられるが、硬さの差が大きい場合では凝着摩耗のみで界面形成することを明らかにした。

第 3 章では、接合界面で化学的な反応を示す異種金属材料の組合せとして、鋼／アルミニウム合金ならびに鋼／純チタンを選定して超音波接合を行い、その界面形成について検討を行っている。極低炭素鋼とアルミニウム合金の場合は、接合初期にアルミニウム合金が鋼表面に薄膜状に凝着し、次に接合時間の増加に伴い凝着したアルミニウム合金と母材アルミニウム合金の接合面積が増加して接合が達成されることを示した。また界面において接合強度の発現には必ずしも金属間化合物の形成が必要でないことを明らかにした。極低炭素鋼とチタンの場合では、短時間では接合は進行せず、一定の接合時間経過後に急激に接合強度が上昇する現象を見出した。これは、接合過程の界面組織変化の解明から、接合初期はチタンが鋼に凝着するがそのチタンと母材チタン間では接合が進行せず、接合時間の増加に伴い接合部の温度が上昇し界面のチタンが高温相の β 相に変態すると凝着したチタンと母材チタンの接合が進むことによることを明らかにした。これは変形能の低い HCP 構造の α 相から変形能の高い BCC 構造の β 相へ変態することによるものと考察しており、界面近傍での変形能が超音波接合の界面形成において重要であることを示している。

第 4 章では、被接合界面へのインサート金属の適用が接合に及ぼす影響について検討している。第 3 章で接合に時間を要した鋼とチタンの組合せに対して、アルミニウム、亜鉛、ニッケルをインサート金属として選択し、それぞれを適用して超音波接合を行った結果、いずれの場合も接合に要する時間を短縮できることを見出した。被接合金属に対してインサート金属の変形能が大きいことが、接合の短時間化に効果的であることを明らかにした。一方、インサート金属が低融点の亜鉛の場合は接合過程で熔融し、その凝固過程で発生したボイドが接合強度、接合部の健全性に悪影響を及ぼすことも示した。

第 5 章は、全体の総括を述べるとともに、研究で得られた成果について、その科学的なインパクトや工業的意義についても述べている。さらに超音波接合の研究開発について将来展望も述べている。

以上のように本論文では、様々な組合せの異種金属材料の超音波接合における接合界面形成過程や強度機構を明らかにするとともに、接合強度に影響する被接合材料の特性や表面状態、インサート金属の適用について指針を示し異種金属材料間の接合性や信頼性向上を示した点でも有意義であり、今後の構造体の性能向上や環境性能に対する工学的寄与も大きい。

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。