

審査の結果の要旨

氏名 木庭 正貴

構造体の軽量化や高強度化、高機能化を目的として、構造体のマルチマテリアル化や構成する材料の複合化が多くの分野で進んでおり、その中では異種金属の接合の必要性から固相拡散接合や液相接合など様々な接合が検討されている。異種金属の接合ではしばしば接合界面で脆性な金属間化合物が生成し、接合部の強度や信頼性を低下させることが課題である。生成化合物層の厚さを抑え均一性を高めることで接合強度が確保できること、反応性の小さい異種金属間の接合では適切なインサート金属を選択し、むしろ界面に積極的に金属間化合物を生成させることで接合が可能になることなどが近年の研究によって明らかとなり、異種金属間に形成する金属間化合物の制御、特に接合効率の高い液相を介した接合における金属間化合物の生成・成長の解明と制御の必要性が強く認識されてきた。本研究はそのような背景の下で行われ、鋼と Al 合金や鋼と Mg 合金の液相接合下で生成する Fe-Al 系金属間化合物の生成機構を詳細に検討したものである。本論文は以下の 5 章から構成されている。

第 1 章は緒言であり、各種の異種金属接合、異種金属間の界面で起こる金属間化合物の生成に関するこれまでの検討結果、特に鋼と Al 合金や鋼と Mg 合金の接合において生成する Fe-Al 系金属間化合物に関する従来の研究成果と未解明な点を述べている。また、本研究で対象としている異種金属間の液相拡散接合、反応型 TLP (Transient Liquid Phase) 法の原理、界面反応についてこれまでの知見を整理している。その上で、Mg-Ag-Al 系および Mg-Zn-Al 系低融点溶液を用い、鋼との固液反応による Fe-Al 系金属間化合物の生成機構に関する本研究の目的を述べている。

第 2 章は、鋼と液相の界面における Fe-Al 金属間化合物の生成を詳細に解明し、それに及ぼす液相温度、液相中の Al 濃度の影響を明らかにしている。鋼-液相界面に生成する安定な Fe-Al 金属間化合物相は Fe_2Al_5 であるが、液相中の Al 量が低い場合は FeAl を前駆相として Fe_2Al_5 はその上に整合生成していること、初期の化合物の生成は液相中への Fe の溶出が律速で、鋼界面方向の沿面生成が支配的であり、生成層が界面を被覆した後に界面に垂直方向の成長が支配

的になることを見出している。したがって、界面に生成する化合物の生成機構の解明と制御を行うためには初期の液相からの生成層の生成とその後の界面に垂直方向の成長をそれぞれ検討する必要があることを明らかにしている。

第3章では初期の鋼と液相の界面における沿面的な化合物の生成機構を明らかにすることを目的として、特に FeAl の安定性を増す Mn を液相中に添加して化合物の生成過程を調査している。その結果、前駆相としての FeAl の存在を明確に確認し、また Mn の微量添加によって前駆相の生成頻度を上げることにより、その後生成する Fe₂Al₅ 化合物層の均一性が向上することを見出し、前駆相の役割と有用性を明らかにしている。また、液相中の Al 濃度が 9mol% 以上では、Fe₂Al₅ 相は前駆相を介さず直接生成し、比較的粗い生成層となることも見出している。これらの知見は、液相接合における界面での金属間化合物の生成を工業的に制御する上で有益な指針を与えている。

第4章は、鋼と液相界面が化合物で被覆された後の Fe-Al 化合物の界面垂直方向の成長過程を検討している。この過程は第3章で検討した化合物相の生成・成長と比較して化合物の層厚の変化が大きいため、その理解は界面反応層の制御の観点から重要である。検討の結果、界面垂直方向の化合物形成は液相側から化合物を通した Al の拡散と成長端における Al と鋼の界面反応の複合律速であり、温度の低下とともに界面反応律速が強まることを明らかにし、また拡散律速、界面反応律速それぞれの活性化エネルギーを導出し、成長機構について考察している。またこの過程の成長では Fe₂Al₅ の優先成長方向に成長しながら連続成長せず、方位差のほとんどない微細粒が繰り返し積層した柱状の特異的な組織になることを見出し、それが鋼 - 化合物間のひずみに起因すると考察している。また液相が Mg-Zn-Al 系の場合にはこの柱状組織の成長方向の界面に液膜の存在を確認し比較的速い成長速度の一因になっていることも明らかにしている。これらの知見は Fe-Al 化合物層の成長に関する機構、層厚変化に対する定量的な説明を与えている。

第5章は以上の研究成果の総括である。

以上を要するに、本研究は、工業的にも重要な鋼と Al 合金や鋼と Mg 合金などの異種金属間の液相接合において界面で生成する Fe-Al 系金属間化合物に関し、金属間化合物の生成・成長機構を解明したことに加え、構造体のマルチマテリアル化の展開の中で求められる接合界面の信頼性向上に資する制御指針を提示しており工学的な寄与も大きい。

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。