



Title	Bonding Mechanism and Corrosion Behavior of Directly Bonded Ti and Mg-Al Alloys Materials
Author(s)	Pripanapong, Patchara
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61725
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (Patchara Pripanapong)	
Title	Bonding Mechanism and Corrosion Behavior of Directly Bonded Ti and Mg-Al Alloys Materials (Ti と Mg-Al 合金の直接接合機構と腐食挙動の解明)
Abstract of Thesis The objective of this research is to fabricate a light weight bonding component between Ti and Mg alloy without inserted sheet with high strength and good corrosion resistance. Many researchers studied on bonding between Ti and Al alloy, but with this successful bonding between Ti and Mg alloys, the weight of bonded component could be further decreased. Dissimilar metal joining between titanium and magnesium alloys was performed by spark plasma sintering. Metallurgical bonding between pure titanium and magnesium alloys such as AZ31B, AZ61, AZ80 and AZ91 was achieved by diffusion of Al atom from magnesium alloy side to titanium and formation of Ti_3Al intermetallic layer. A solution treatment of magnesium alloys before bonding result in an increase of Al content in Mg matrix, which facilitate a formation of continuous Ti_3Al layer and improve bonding strength of bonded material. Bonding pressure of 10 MPa is sufficient to provide a perfect contact between titanium and magnesium alloys surface. A good bonding strength is obtained when applying bonding time over 0.5 hr. The increase of bonding temperature facilitates a formation of Ti_3Al intermetallic layer by increasing the diffusion rate of Al atom, which results in an improvement of bonding strength. The highest bonding strength of 194 ± 15 MPa is obtained for Ti/AZ91 (ST) bonded at 475 °C for 1 hr, which represents 96.3% of bonding efficiency. The improvement of corrosion resistance of bonded material is as important as bonding strength since it increases a life span of this light weight dissimilar materials. For sample immersed in 5 wt% NaCl solution, Ti bonded to solution treated Mg alloy or Mg alloy (ST) shows an improvement of galvanic corrosion resistance according to the disappearance of $Mg(OH)_2$ layer at the bonding interface when Al content in Mg alloy increase. The increase in bonding temperature also has an effect on the improvement of galvanic corrosion resistance by facilitating the formation of Ti_3Al that decrease the surface potential difference (SPD) and potential gradient between Ti and Mg alloys. The sample immersed in Kroll's etchant exhibits a similar corrosion behavior to sample immersed in 5 wt% NaCl solution. The increase of Al content in Mg alloy decreases a galvanic depth (G.D.) and galvanic width (G.W.) which appear after corrosion test. Ti/AZ91 (ST) bonded material shows the best galvanic corrosion resistance among all dissimilar bonded materials with the lowest G.D. and G.W.	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (Patchara Pripanapong)			
論文審査担当者	(職) 氏 名		
	主 査	教授	近藤 勝義
	副 査	教授	箕島 弘二
	副 査	教授	伊藤 和博
	副 査	准教授	川人 洋介

論文審査の結果の要旨

本論文は、工業用軽量材料である純チタン（Ti）とマグネシウム（Mg）合金を対象に、両者の直接接合体における界面形成機構の解明を通じて、接合強度に及ぼす材料学的因子を明らかにすると共に、接合界面での電位差に起因するガルバニック腐食現象に及ぼす合金成分の影響を詳細に調査し、従来手法である界面接合性の改善を目的としたインサート材を一切使用せずに、軽量効果を発現するTi/Mg異種材料接合部材における界面の機能強化を実証している。主な成果は下記の通りである。

1) アルミニウム（Al）を合金添加元素とするMg合金と純Ti材を一体化した状態で、放電プラズマ焼結（Spark Plasma Sintering, SPS）プロセスによって真空雰囲気中で加圧・加熱することで両者の接合部材を作製する際、Mg合金中のAl成分が接合界面に拡散してTi材と反応することで界面にてTi-Al金属間化合物（Ti₃Al）からなる厚さ150～300nm程度の不連続層が形成され、これによってMg合金と純Ti材が直接接合されることを明らかにしている。その際、Mg合金中のAl含有量が増加するにつれて、Ti₃Al化合物層の生成量が増大し、両者の接触面積が増加することで引張試験における接合強度が102 MPa（Al含有量; 2.8wt%）から160MPa（Al含有量 ; 8.5wt%）へと増大することを実証している。Al成分は、Mg合金において安定な化合物相であるMg₁₇Al₁₂として存在するが、接合時の加熱温度がMg-Alの共晶温度を超えることでMg₁₇Al₁₂相の分解に伴うAl原子の拡散が進行し、接合界面でのTi₃Al相の形成に至る反応過程を走査型電子顕微鏡（SEM）および透過型電子顕微鏡（TEM）による直接観察を通じて明らかにしている。

2) Mg合金に対して溶体化熱処理（S-HT）を施すことでα-Mg素地内でのAl原子の均一固溶状態を形成した後、SPSにより純TiとMg合金の直接接合体を試作して接合強度を評価した結果、S-HTを施さないMg合金試料を用いた接合体と比較して、全ての組成において接合強度は著しく向上することを実証している。例えば、Al含有量が8.5wt%のMg合金を用いた際、S-HTによって160MPa→203MPaへと増加しており、TEM観察の結果、接合界面において連続したTi₃Al化合物層の形成が確認され、本反応層の生成面積の増加によって接合強度が増大したことを明らかにしている。また、S-HTを施すことで接合効率（接合強度／Mg合金の引張強さ×100(%)）も改善されており、特に、Al含有量が2.8wt%と相対的に少ないMg合金において、接合効率が顕著に増大することを明らかにしている。

3) 水溶液中での純Ti材とMg-Al合金の異種材料接合体の腐食挙動を解明すべく、走査型ケルビンプローブフォース顕微鏡（Scanning Kelvin Probe Force Microscopy, SKPFM）を用いて接合界面近傍での表面電位状態を2次元で計測し、Al成分の分布状態と対応して腐食損傷量との関係を詳細に調査した結果、単なる金属であるMg合金中のAl含有量が増加するにつれて、接合界面での腐食損傷量（腐食領域の深さと幅）は低減する傾向を確認している。また、接合界面における電位差勾配も減少しており、ガルバニック腐食現象を誘発する要因であるTi-Mg間での電位差がAl成分の傾斜分布によって抑制される結果、接合界面での腐食損傷量が低減することを明らかにしている。

以上のように、本論文では、純Ti材とMg-Al合金の直接接合体を真空加圧・加熱プロセスによって作製し、Al成分に強く依存する接合メカニズムと電位差腐食現象を解明することで、軽量効果を有する異種材料接合部材の創製を可能とする新たな材料設計原理を確立するために必要な新規かつ有用な知見を明らかにしている。

よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。