

ふりがな たなべ ひろし
氏名 田辺 寛
学位 博士 (工学)
学位記番号 新大院博 (工) 第273号
学位授与の日付 平成 20年 3月 24日
学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当
博士論文名 摩擦攪拌によるチタンとマグネシウム合金の固相接合に関する研究

論文審査委員
主査 教授 渡辺健彦
副査 教授 大橋 修
副査 教授 新田 勇
副査 教授 田邊裕治
副査 准教授 田村武夫

博士論文の要旨

本論文は、「摩擦攪拌によるチタンとマグネシウム合金の固相接合に関する研究」と題して、高比強度材料であるチタン板と最軽量実用金属であるマグネシウム合金板を突き合わせて接合すべく、回転工具による摩擦攪拌作用を用いた固相接合法を適用して、その接合の可能性や接合因子と継手特性について論じている。

すなわち、車両や航空機などの輸送機器の軽量化が急務の課題となっている。輸送機器の軽量化には、製品設計を見直すと同時に、使用する材料を比重の大きい材料から比重の小さいチタンやマグネシウムやアルミニウム等に置き換えることが有効である。これらの材料を使用する際には、多くの場合、異種金属との接合が必要となる。本研究で取り上げているチタン (以後、Ti) とマグネシウム合金 (以後、Mg) を接合する場合、熔融を伴う接合法を適用すると接合部には硬くて脆い金属間化合物が生成するため、両金属の融点差が約 900℃あることや比重差が大きいため両金属の十分な混合が起こらないために、その接合は困難となっている。そのため、本研究では、回転工具を軟質材である Mg 内に挿入後、Ti 接合面に押しつける事によって接合面を活性化し、摩擦攪拌されて塑性流動状態にある Mg を Ti の活性面に凝着させることによって接合を達成できる新しい固相接合法を適用して、継手の機械的性質や接合部の金属組織を調べるとともに、接合強さに影響を及ぼす諸因子について明確にしている。

本論文は、全 4 章から構成されており、各章の要旨は以下のようなものである。

第 1 章「緒論」では、本研究の背景を述べ、金属の溶接・接合法について概説後、Ti と Mg を溶接・接合する場合の各方法における得失を説明している。代表的な接合法として、熔融溶接法と固相接合法があるが、Ti と Mg の接合の困難性を説明した後、固相接合法の一種である回転工具による摩擦攪拌作用を用いた新しい固相接合法が適していることを説明し、その原理作用や特徴を説明している。

第 2 章「」では、回転工具として直径 3mm の円筒形状プローブを用いて実験を行い、工具回転数や工具のオフセット量が継手強さに与える影響について検討している。Ti と Mg の摩擦攪拌による突合せ接合においては、工具回転数 1200rpm では平均 153MPa と最も高い引張強さが得られ、最大で 171MPa の引張

強さであった。これは Mg 母材と比較して約 75%の継手効率であり、継手のほとんどが接合界面からの破断である事を示している。つづいて、この理由について考察している。すなわち、接合界面からの破断に至った原因を究明すべく、界面近傍の SEM 観察、EDX 面分析及び線分析を行った。Al の線分析の結果から、Mg に固溶している Al の摩擦熱による Ti へ拡散が認められたことから界面近傍における Al 濃度と引張強さの関係について調べている。その結果、工具回転数の増加とともに界面近傍の Al 濃度は減少し、引張強さも低下していることを明らかにしている。

第 3 章「」では、円筒形状の回転プローブで得た継手性能をさらに改善すべく、ねじ付きプローブによる接合を試み、継手性能に及ぼす諸因子を検討している。

直径 6mm の円筒形状のプローブ、M6 右ねじ及び左ねじプローブで接合を行った場合、円筒形状のプローブや一部の右ねじプローブでは、Mg 側に連続的な Ti 片が形成されるが、左ねじプローブでは、Mg 側に細かく分散した Ti 片が観察されること。また、プローブにねじを付与した場合としない場合の継手の引張強さを比較した場合、明確な強度差が現れ、ねじを付与した場合の継手の引張強さが大きくなり、左ねじまたは右ねじプローブの各最大引張強さと比較した場合、最大で 79%、最小でも 20%の引張強さの差がある事を示している。そして、この理由を X 線透過観察写真による Ti 片の分散状況から考察している。すなわち、円筒形状のプローブとねじ付きプローブでは Mg の塑性流動域が、ねじ付きプローブの方が円筒形状のプローブよりも明らかに大きくなっており、これは、ねじ自体が Mg の攪拌に及ぼす影響が大きいことと Ti 片が微細に分散したため、プローブ後方で Ti 界面に向かう Mg の塑性流動が Ti 片により阻害されないためと考察している。

ねじ付きプローブにより接合強さは増加したが、母材強さには達しておらず、また、引張試験による破断位置も接合界面近傍であったことから、この理由を X 線回折によって考察している。Mg 側の接合界面近傍を従来の 2θ による X 線回折法と In-plane 測定法により測定し、二つの測定方法より得たそれぞれの X 線プロファイルを比較して、界面近傍の面内配向を調べた。その結果、プローブによるせん断変形を付与された接合界面近傍の Mg は、底面と接合面が平行ではなく、常温ですべり面となる(002)底面が、引張試験において最大せん断応力の作用する方向に配列している可能性が高いことを示し、そのために継手の引張強さが低くなる事を明らかにしている。

第 4 章「結論」では、前章までに得られた内容をまとめている。さらに、本研究で得られた知見を基に、回転工具による摩擦攪拌効果を用いた固相接合法を異種金属材料に適応する場合の汎用的な見解を示している。

審査結果の要旨

高比強度材料であるチタン板と最軽量実用金属であるマグネシウム合金板との接合は溶融溶接法では不可能であり、軽量構造物の構築のために新しい固相接合法による研究開発が必要とされていた。

本研究では、回転工具を軟質材であるマグネシウム合金に挿入後、チタンの接合面に押しつけて新生面を生成させ、新生面に塑性流動状態のマグネシウム合金を凝着させることによって接合を達成する新しい固相接合法を適用して、これまで不可能であったチタン板とマグネシウム合金板との突き合わせ接合に成功している。さらに、回転工具形状や接合条件と接合部の性状と継手特性との関係を明確に解明している。

以上のように、本論文は工学及び工業上貢献するところ非常に大であり、よって、博士（工学）の学位論文として十分であると認定した。