

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-3335

(P2015-3335A)

(43) 公開日 平成27年1月8日(2015.1.8)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>B 2 3 K 20/00 (2006.01)</b>	B 2 3 K 20/00 3 1 0 A	4 E 1 6 7
	B 2 3 K 20/00 3 1 0 G	
	B 2 3 K 20/00 3 1 0 H	
	B 2 3 K 20/00 3 1 0 M	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2013-131322 (P2013-131322)  
 (22) 出願日 平成25年6月24日 (2013.6.24)

(71) 出願人 592032636  
 学校法人トヨタ学園  
 愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地  
 1  
 (74) 代理人 100091096  
 弁理士 平木 祐輔  
 (74) 代理人 100105463  
 弁理士 関谷 三男  
 (74) 代理人 100160668  
 弁理士 美馬 保彦

最終頁に続く

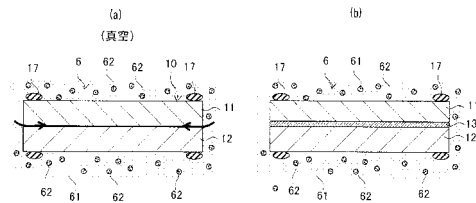
(54) 【発明の名称】 異種金属の接合方法

(57) 【要約】

【課題】 アルミニウム系部材と鉄系部材との接合強度を高めることができる異種金属の接合方法を提供する。

【解決手段】 AlまたはAl合金を主材としたアルミニウム系部材12とFeを主材とした鉄系部材11との間に、溶融または一部溶融状態のAl-Mg合金61のAlを鉄系部材12に固溶拡散させながら、アルミニウム系部材12と鉄系部材11とを接合する。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

A l または A l 合金を主材としたアルミニウム系部材と F e を主材とした鉄系部材との間において、溶融または一部溶融状態の A l - M g 合金の A l を前記鉄系部材に拡散させながら、前記アルミニウム系部材と前記鉄系部材とを接合することを特徴とする異種金属の接合方法。

**【請求項 2】**

前記アルミニウム系部材と前記鉄系部材とが接触した状態を保持し、該接触状態を保持しながら、前記アルミニウム系部材と前記鉄系部材との間に、前記溶融または一部溶融状態の A l - M g 合金を供給することを特徴とする請求項 1 に記載の異種金属の接合方法。

10

**【請求項 3】**

前記接触状態を保持した前記アルミニウム系部材および前記鉄系部材と、前記 A l - M g 合金からなる接合用粉末および A l - M g 合金よりも融点の高い高融点粉末と、をチャンパー内に投入し、

前記チャンパー内の前記接合用粉末を溶融させて、前記 A l - M g 合金の液化を行い、前記接触状態が保持された前記アルミニウム系部材と前記鉄系部材とともに、前記溶融または一部溶融状態の A l - M g 合金を攪拌することにより、前記溶融または一部溶融状態の A l - M g 合金の供給を行うことを特徴とする請求項 2 に記載の異種金属の接合方法。

**【請求項 4】**

前記アルミニウム系部材と前記鉄系部材との接合を無酸素雰囲気下で行うことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の異種金属の接合方法。

20

**【請求項 5】**

前記無酸素雰囲気は、真空雰囲気であることを特徴とする請求項 4 に記載の異種金属の接合方法。

**【請求項 6】**

前記無酸素雰囲気は、窒素ガス雰囲気であることを特徴とする請求項 4 に記載の異種金属の接合方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】**

30

**【0001】**

本発明は、A l または A l 合金からなるアルミニウム系部材と、F e を主材とした鉄系部材とを好適に接合することができる異種材料の接合方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来から、異種材料である、A l または A l 合金からなるアルミニウム系部材と、F e を主材とした鉄系部材を接合する方法として、たとえばインサート材（ろう材）を併用した接合方法（ろう付け法）が工業的に幅広く利用されている。

**【0003】**

このようろう材を用いた接合方法として、たとえば特許文献 1 には、M g を添加したろう材により、アルミニウム系部材と鉄系部材とを接合する方法が開示されている。さらに、特許文献 1 には、接合面に岩塩型構造の窒化物または炭化物からなるコーティング層を鉄系部材に形成し、コーティング層を介して、620 以下で接合が可能なアルミニウムを主成分とするろう材により、アルミニウム系部材と鉄系部材とを接合する方法などが開示されている。

40

**【0004】**

上述した接合方法によれば、たとえばアルミニウム系部材に対して、異種金属であるステンレス鋼などの接合し難い鉄系部材であっても、ろう材を用いることにより、両者を好適に接合することができる。

**【先行技術文献】**

50

## 【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平8-257743号公報

## 【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1に示すMgを添加したろう材を用いた場合、ろう材の皮膜の破れ具合が促進され、ろう付け性を向上させることができると考えられるが、このような接合では、ろう材が接合面に単純にオーバーコートされるだけであって、十分な接合強度を得ることができないことがある。また、特許文献1に開示された別の接合方法では、ろう材の他に岩塩型構造の窒化物または炭化物からなるコーティング層を鉄系部材に被覆しなければならずその接合方法は煩雑なものとなる。

10

【0007】

本発明は、このような点を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、アルミニウム系部材と鉄系部材との接合強度を簡単に高めることができる異種金属の接合方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

発明者らは、このような点を鑑みて、鋭意検討を重ねた結果、アルミニウム系部材と、鉄系部材とを接合する際に、鉄系部材にアルミニウムを拡散することにより、Fe-Alの金属間化合物層を形成し、この金属間化合物層がアルミニウム系部材と鉄系部材との接合強度を高めることができると考えた。

20

【0009】

そこで、Alを鉄系部材に拡散（液相拡散接合）できる材料として被接合材より低融点のAl-Mg合金に着眼し、Al-Mg合金を用いることにより、より多くのAlを鉄系部材に拡散し、Fe-Alの金属間化合物層が生成できるとの新たな知見を得た。

【0010】

本発明に係る異種金属の接合方法は、AlまたはAl合金を主材としたアルミニウム系部材とFeを主材とした鉄系部材との間において、溶融又は一部溶融状態のAl-Mg合金のAlを前記鉄系部材に拡散させながら、前記アルミニウム系部材と前記鉄系部材とを接合することを特徴とする。

30

【0011】

本発明によれば、AlまたはAl合金を主材としたアルミニウム系部材とFeを主材とした鉄系部材との間において、溶融又は一部溶融状態となったAl-Mg合金のAlを前記鉄系部材に拡散させながら、前記アルミニウム系部材と前記鉄系部材とを液相拡散接合することができる。

【0012】

ここで、鉄系部材の表面に、Alが拡散するので、鉄系部材の表面には、Fe-Alの金属間化合物の層（ $Fe_xAl_y$ 層）を形成することができる。 $Fe_xAl_y$ 層は、表面硬さHv800以上の層であるので、母材であるアルミニウム系部材および鉄系部材の表面硬さよりも硬い層であり、この層がアルミニウム系部材と鉄系部材との間に接合層（結合層）として形成されることになる。このような結果、これまでの如き単なるろう材（インサート材）を用いたものに比べて、より多くのAlを拡散させることにより、アルミニウム系部材と鉄系部材との接合強度を向上させることができる。

40

【0013】

このような接合方法としては、たとえば、アルミニウム系部材と鉄系部材との間に、Al-Mg合金のシートまたは粉末またはフィルタ（メッシュ）を配置（供給）した状態で、Al-Mg合金のみを溶融して液化させ、アルミニウム系部材と鉄系部材を接合してもよく、アルミニウム系部材と鉄系部材との接合層に $Fe_xAl_y$ 層が形成できるのであれば特に、Al-Mg合金の液化方法は特に限定されるものではない。例えば、従来不可能

50

であった抵抗スポット溶接（スポット加熱）をすることで、部分的に Al - Mg 合金の液化状態を作り出すこともできる。

【0014】

しかしながら、より好ましい態様としては、前記アルミニウム系部材と前記鉄系部材とが接触した状態を保持し、該接触状態を保持しながら、前記アルミニウム系部材と前記鉄系部材との間に、前記溶融又は一部溶融状態の Al - Mg 合金を供給する。

【0015】

この態様によれば、前記接触した状態を保持した前記アルミニウム系部材と前記鉄系部材との間に、溶融した Al - Mg 合金が、毛細管現象により供給される。これにより、アルミニウム系部材と前記鉄系部材との間には、過剰な Al - Mg 合金が供給されることがないので、アルミニウム系部材と鉄系部材との間に、供給された Al - Mg 合金のみからなる層は形成され難い。すなわち、本態様によれば、Fe - Al の金属間化合物の層 ( $Fe_x Al_y$  層) を形成するに適量の Al - Mg 合金を供給することができる。

10

【0016】

さらに好ましい態様としては、前記接触状態を保持した前記アルミニウム系部材および前記鉄系部材と、前記 Al - Mg 合金からなる接合用粉末と、Al - Mg 合金よりも融点の高い高融点粉末とをチャンバー内に投入し、前記チャンバー内の前記接合用粉末を溶融させて、前記 Al - Mg 合金の液化を行い、前記接触状態が保持された前記アルミニウム系部材と前記鉄系部材とともに、前記溶融又は一部溶融状態の Al - Mg 合金を攪拌することにより、前記溶融又は一部溶融状態の Al - Mg 合金の供給を行う。

20

【0017】

この態様によれば、Al - Mg 合金からなる接合用粉末に高融点粉末を加えることにより、チャンバー内において、Al - Mg 合金からなる粉末および加熱により溶融又は一部溶融状態となった Al - Mg 合金を均一に分布させることができる。この結果、アルミニウム系部材と鉄系部材との間に、溶融または一部溶融状態の Al - Mg 合金を浸透させることができる。このように、高融点粉末は、Al - Mg 合金が液化してチャンバー内に分散されることを補助する役割を果たすため、より少ない Al - Mg 合金で、アルミニウム系部材と鉄系部材の接合を安価に行うことができる。

【0018】

ここで、高融点粉末は、接合時において、アルミニウム系部材、鉄系部材、および Al - Mg 合金と反応しない成分であり、溶融した Al - Mg 合金に対して分離し難いものが好ましく、たとえば、Al - Mg に対して親和性のよい酸化アルミニウム、窒化アルミニウムなどのアルミニウム系のセラミックス等を挙げることができる。

30

【0019】

さらに、この態様では、接触した状態が維持されたアルミニウム系部材と鉄系部材とともに、溶融した Al - Mg 合金を攪拌することにより、液相または固液共存状態の Al - Mg 合金が、接触した状態を保持した前記アルミニウム系部材と鉄系部材により均一に分散されて、これらの間に浸透させることができる。これにより、チャンバー内において、Al - Mg 合金が凝集することを抑えることができる。

【0020】

また、アルミニウム系部材と鉄系部材との接合にあたり、アルミニウム系部材と鉄系部材との間に供給される Al - Mg 合金が酸化し難い接合方法であれば、とくにその接合雰囲気は限定されるものではない。しかしながら、より好ましい態様としては、前記アルミニウム系部材と前記鉄系部材との接合を無酸素雰囲気下で行う。

40

【0021】

この態様によれば、酸素を含まない雰囲気下で、Al - Mg 合金を溶融させるので、Al - Mg 合金の酸化を抑制することができる。これにより、アルミニウム系部材と鉄系部材との間に、溶融した Al - Mg 合金を供給し、より好適に鉄系部材に Al を拡散することができる。

【0022】

50

前記無酸素雰囲気は、たとえば、不活性ガス雰囲気下、真空雰囲気下などを挙げることができるが、より好ましい態様としては、真空雰囲気である。真空雰囲気下により、Alよりも沸点の低いマグネシウムを真空中へ蒸発させることができ、接合部分のMgの残留を抑制し、より多くのAlを鉄系部材に拡散することができる。

【0023】

また、別の好ましい態様としては、前記無酸素雰囲気は、窒素ガス雰囲気である。この態様によれば、アルミニウムと窒素の親和性が大きいので、鉄系部材とアルミニウム系部材との接合界面の間に入った窒素は、まず、アルミニウムと反応して窒化アルミニウムを形成する。これにより、鉄系部材側には、Fe-Alの金属間化合物の層(Fe<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>層)が形成され、アルミニウム系部材側には、AlN層が形成される。これらの層は、い

10

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、アルミニウム系部材と鉄系部材との間に溶融したAl-Mg合金を供給することにより、鉄系部材にアルミニウムを拡散して、アルミニウム系部材と鉄系部材との接合強度を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の第1および第2の実施形態に係る異種金属の接合方法を好適に行うための装置概要図。

20

【図2】第1実施形態に係る真空雰囲気における異種金属の接合方法を説明するための模式的概念図であり、(a)は、接合前の状態を示した模式的概念図であり、(b)は、接合後の状態を示した模式的概念図。

【図3】第2実施形態に係る窒素雰囲気における異種金属の接合方法を説明するための模式的概念図であり、(a)は、接合前の状態を示した模式的概念図であり、(b)は、接合後の状態を示した模式的概念図。

【図4】(a)は、実施例1に係る異種金属の接合方法により接合された部材の組織写真図であり、(b)は、(a)の拡大図。

【図5】実施例2に係る異種金属の接合方法により接合された部材の組織写真図。

30

【図6】実施例3に係る異種金属の接合方法により接合された部材の組織写真図。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明に係る異種金属の接合方法の2つの実施形態を図面に基づき詳細に説明する。

【0027】

図1は、本発明の実施形態に係る異種金属の接合方法を好適に行うための装置概要図であり、図2は、第1実施形態に係る真空雰囲気における異種金属の接合方法を説明するための模式的概念図であり、(a)は、接合前の状態を示した模式的概念図であり、(b)は、接合後の状態を示した模式的概念図である。

40

【0028】

図3は、第2実施形態に係る窒素雰囲気における異種金属の接合方法を説明するための模式的概念図であり、(a)は、接合前の状態を示した模式的概念図であり、(b)は、接合後の状態を示した模式的概念図である。

【0029】

図1に示すように、接合装置1は、アルミニウム系部材と鉄系部材とを接合するためのパレルチャンバー21を備えており、パレルチャンバー21は、ベルト25を介してモータ24により回転可能となっている。また、パレルチャンバー21の周りには、ヒータ22が配置されており、ヒータ22によりパレルチャンバー21の内部を加熱することができる。

50

## 【 0 0 3 0 】

また、パレルチャンパー 2 1 の一方側には、その内部に窒素ガスが供給可能なように、窒素ガス供給源 5 1 が供給管 5 4 を介して接続されており、供給管 5 4 には開閉弁 5 3 が取り付けられている。パレルチャンパー 2 1 の他方側には、窒素ガスを供給時に、パレルチャンパー 2 1 の内部の空気を窒素ガスに入れ替えるために、その内部の空気を排出するための排出管 4 3 が接続されており、排出管 4 3 には開閉弁 4 5 が配置されている。さらに、パレルチャンパー 2 1 の他方側には、吸引ポンプ 4 1 が、吸引用管 4 2 を介して接続されており、吸引用管 4 2 にも開閉弁 4 6 が取り付けられている。

## 【 0 0 3 1 】

このような接合装置 1 を用いてアルミニウム系部材と鉄系部材とを接合する。アルミニウム系部材は、アルミニウムを主材とする部材であり、アルミニウムまたはアルミニウム合金を挙げることができ、Al - Mg 合金よりも融点の高い材料であればよく、より好ましくは、後述する接合雰囲気下で溶融しない材料である。たとえば、このような材料としては、アルミニウム合金材とは、例えば、Al - Cu - Mg 系アルミニウム合金材、Al - Si 系アルミニウム合金材、Al - Mg - Si 系アルミニウム合金材、Al - Zn - Mg 系アルミニウム合金材など JIS 規格でいう 2 0 0 0 系、4 0 0 0 系、6 0 0 0 系、7 0 0 0 系のアルミニウム合金材が挙げられる。

10

## 【 0 0 3 2 】

さらに、これらのアルミニウム合金材は、T 6 処理の溶体化処理前のアルミニウム合金であってもよい。たとえば、アルミニウム合金の場合、溶体化処理は 4 9 0 から 5 5 0 で 0 . 5 ~ 2 . 0 時間、時効硬化処理は 1 5 5 から 1 9 5 で 8 ~ 2 0 時間の条件で行うので、これらの処理前のアルミニウム合金をアルミニウム系部材に用いることにより、後述する接合時の加熱により、これらの処理（溶体化処理または時効硬化処理）を合わせて行うことができる。

20

## 【 0 0 3 3 】

また、鉄系部材は、鉄を主材とした部材であり、鋼または鋳鉄いずれであってもよい。鉄系部材も同様に、Al - Mg 合金よりも融点の高い材料であればよく、より好ましくは、後述する接合雰囲気下で溶融しない材料である。鉄系部材が鋼の場合、構造用鋼、炭素鋼、ステンレス鋼、低合金鋼等を用いることができる。特に、表面にクロムの不動態被膜が形成され接合し難いステンレス鋼であっても、以下に示す接合方法によれば、アルミニウム系部材に鉄系部材を接合することができる。

30

## 【 0 0 3 4 】

まず、本実施形態では、鉄系部材 1 1 とアルミニウム系部材 1 2 とを銅、鋼などの結束バンド 1 7 を用いて、接合したい面同士を接触させた状態を保持する。このように、結束バンド 1 7 により結束された結束体 1 0 を図 1 に示すパレルチャンパー 2 1 に投入する。さらに、結束体 1 0 を構成する鉄系部材 1 1 とアルミニウム系部材 1 2 とを接合する接合材を準備する。

## 【 0 0 3 5 】

本実施形態では、Al - Mg 合金からなる接合用粉末を準備する。Al - Mg 合金は、接合時に少なくとも溶融する（液化する）ものである。このような合金粉末は、Al - Mg 合金全体に対して Mg が 5 . 0 質量% ~ 9 5 . 0 質量% の範囲にあることが望ましく、これにより、母材であるアルミニウム系部材 1 2 よりも低い融点で Al - Mg 合金を溶融して、溶融した Al - Mg 合金の Al を鉄系部材 1 1 に拡散することができる。たとえば、5 . 0 質量% よりも少ない場合には、Al - Mg 合金の融点が高くなりすぎて、接合時に溶融し難くなる場合があり、9 5 . 0 質量% よりも多い場合には、鉄系部材に拡散する Al が少なくなり、所望の接合強度を得られない場合がある。

40

## 【 0 0 3 6 】

さらに、本実施形態では、接合用粉末である Al - Mg 合金粉末のチャンパー内への投入の際に、接合用粉末と、接合用粉末を加熱して溶融させる温度よりも融点の高い高融点粉末（具体的にはアルミナ粉末（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末））6 2 とを混合した混合粉末 6 にして

50

、Al-Mg合金粉末を投入する。

【0037】

次に、パレルチャンパー21を密閉し、本実施形態における接合方法の場合には、供給管54および排出管43に取り付けられた開閉弁53、43を閉弁状態とし、吸引管42に取り付けられた開閉弁46を開弁状態とし、吸引ポンプ41によりパレルチャンパー21内を真空状態（少なくとも1000Pa以下）にする。

【0038】

次に、モータ24を駆動し、パレルチャンパー21を回転させるとともに、ヒータ22によりパレルチャンパー21の内部を加熱し、Al-Mg合金粉末のAl-Mg合金を溶融させる。

【0039】

このようにして、本実施形態では、真空雰囲気下で、アルミニウム系部材12と鉄系部材11との間に、溶融したAl-Mg合金を供給することにより、液層または固液共存状態のAl-Mg合金のAlを鉄系部材11に拡散させながら、アルミニウム系部材12と鉄系部材11とを接合する。

【0040】

このような結果、図2に示すように、アルミニウム系部材12と鉄系部材11との間において、溶融したAl-Mg合金のAlを鉄系部材11に拡散させながら、アルミニウム系部材12と鉄系部材11とを液相拡散接合することができる。

【0041】

具体的には、図2(a)に示すように、接触した状態を保持したアルミニウム系部材12と鉄系部材11との間に、接合用粉末を加熱することで溶融した（液化状態となった）Al-Mg合金61が、毛細管現象により供給される（図2(a)の矢印参照）。これにより、アルミニウム系部材12と鉄系部材11の間には、過剰なAl-Mg合金61が供給されることがない。このような結果、アルミニウム系部材12と鉄系部材11との間に、供給されたAl-Mg合金61のみからなる層は形成され難い。すなわち、アルミニウム系部材12と鉄系部材11を加圧してこれらの間の過剰なAl-Mg合金を押し出す（押し流す）ことをしなくても、これら部材を接触した状態を維持しておけば、Al-Mg合金がそのままオーバーコートされた層は形成されにくい。このような結果、鉄系部材11とアルミニウム系部材12との接合部分が、Al-Mg合金により強度低下を招くこと抑えることができる。

【0042】

ここで、鉄系部材11の表面に、Alが拡散するので、図2(b)に示すように、鉄系部材11の表面には、Fe-Alの金属間化合物の層（ $Fe_xAl_y$ 層）13を形成することができる。

【0043】

$Fe_xAl_y$ 層は、表面硬さHv800以上の層であるので、母材であるアルミニウム系部材および鉄系部材の表面硬さよりも硬い層であり、この層がアルミニウム系部材と鉄系部材との間に形成されることになる。このような結果、単なるインサート材（ろう材）を用いたものに比べて、アルミニウム系部材12と鉄系部材11との接合強度を向上させることができる。

【0044】

さらに、パレルチャンパー21に、Al-Mg合金粉末が加熱して溶融する温度よりも融点が高い高融点粉末62、アルミナ粉末（ $Al_2O_3$ 粉末）を混合した混合粉末6を用いたので、パレルチャンパー21内において、ごく僅かな量のAl-Mg合金をチャンパー内に均一に分布させることができる。これにより、アルミニウム系部材12と鉄系部材11との間に、液化状態のAl-Mg合金を浸透させることができる。

【0045】

このように、アルミナ粉末（ $Al_2O_3$ 粉末）は、Al-Mg合金が液化してチャンパー内に分散されることを補助する役割を果たすため、ごく僅かな量のAl-Mg合金から

10

20

30

40

50

なる粉末で（具体的には、アルミナ粉末（ $Al_2O_3$ 粉末）よりもより少ない質量のAl-Mg合金で）、アルミニウム系部材と鉄系部材の接合を行うことができる。

【0046】

なお、本実施形態では、アルミナ粉末（ $Al_2O_3$ 粉末）を用いたが、Al-Mg合金粉末が加熱して溶融する温度よりも融点が高い材料で、アルミニウム系部材、鉄系部材、およびAl-Mg合金に反応しないものが望ましく、たとえば、炭化アルミニウム、窒化アルミニウム、その他のセラミックス粉末を挙げることができる。これらの粉末の粒径は、接合時にAl-Mg合金とともに鉄系部材11とアルミニウム系部材12との間に入り込まない粒径であることが望ましい。

【0047】

さらに、本実施形態では、バレルチャンパー21をモータ24により回転させて、接触した状態が維持されたアルミニウム系部材12と鉄系部材11とともに、高融点粉末62と溶融したAl-Mg合金61を混ぜ合わせる（攪拌する）。これにより、アルミナ粉末（ $Al_2O_3$ 粉末）により分散し、溶融したAl-Mg合金が、接触した状態を保持したアルミニウム系部材12と鉄系部材11に、より均一に分散されて、これらの間に浸透させることができる。これにより、バレルチャンパー21内において、Al-Mg合金が凝集することを抑えることができる。

【0048】

さらに、真空雰囲気下にするることにより、Alよりも沸点の低いマグネシウムを真空中へ蒸発させることができ、接合部分のMgの残留を抑制し、より多くのAlを鉄系部材11に拡散することができる。

【0049】

第1実施形態では、アルミニウム系部材と鉄系部材とを真空雰囲気下で接合したが、第2実施形態では、図3(a)に示すように、アルミニウム系部材と鉄系部材とを窒素ガス雰囲気下で接合する。

【0050】

具体的には、第2実施形態における接合方法の場合には、バレルチャンパー21内を真空雰囲気下にする代わりに、その内部に窒素ガスを充填する。具体的には、図1に示す供給管54および排出管43に取り付けられた開閉弁53, 45を開弁状態とし、吸引ポンプ41により、吸引用管42に取り付けられた開閉弁46を閉弁状態としバレルチャンパー21内に窒素ガスを供給する。

【0051】

アルミニウムと窒素の親和性が大きいので、鉄系部材11とアルミニウム系部材12との接合界面の間に入った窒素は、まず、アルミニウム系部材12と反応して窒化アルミニウムを形成する。これにより、鉄系部材11側には、 $Fe-Al$ の金属間化合物の層（ $Fe_xAl_y$ 層）13が形成され、アルミニウム系部材側には、 $AlN$ 層14が形成される。これらの層は、いずれも母材であるアルミニウム系部材および鉄系部材の表面硬さよりも硬い層であるので、接合部分の接合強度を高めることができる。

【実施例】

【0052】

以下に本発明のいくつかの実施例を説明する。

（実施例1）

アルミナ粉末（平均粒径 $100\mu m$ ） $500g$ と、Al-50質量%Mg粉末（Mg:Al=1:1、融点： $450$ 、平均粒径 $200\mu m$ ） $8g$ とを、バレルチャンパー内に投入し、スチールワイヤーで単純結束された異種材料（アルミニウム板（JIS規格：A1050）とステンレス鋼板JIS規格：SUS430）を投入した。次に、バレル方式でバレルチャンパーを回転させながら、 $610$ 、 $10$ 分間、真空で保持して、これらを混ぜ合わせた。これにより、アルミニウム板とステンレス材とが接合された。この接合により接合された部材の接合部近傍をSEMにより組織観察した。この結果を図4(a), (b)に示す。(a)は、実施例1に係る異種金属の接合方法により接合された部材の

10

20

30

40

50



組織写真図であり、(b)は、(a)の拡大図である。

【0053】

また、図4(b)に示す(1)および(2)において、EDXによる元素分析を行った結果を以下の表1に示す。なお、( )内の数値はat.%である。

【0054】

【表1】

質量% (at.%)	Mg	Al	Cr	Fe
(1)	0.71 (0.98)	61.44 (76.10)	6.16 (3.96)	31.69 (18.69)
(2)	11.74 (13.89)	72.69 (77.50)	15.57 (8.62)	—

10

【0055】

図4(b)および表1の結果から、アルミニウム板とステンレス鋼板との間には、Fe-Alの金属間化合物の層( $Fe_xAl_y$ 層)が形成されていた。これは、液化状態のAl-Mg合金のAlがステンレス鋼板に固溶拡散したものであると考えられる。また、接合部分において、ステンレス鋼板側に近い方(1)が、アルミニウム板側に近い方(2)よりもMgの含有量も少なく、Crの含有量も少なかった。すなわち、Alよりも沸点の低いマグネシウムを真空中へ蒸発させることができ、接合部分のMgの残留を抑制できたと考えられる。さらに、ステンレス鋼板の表面に形成される酸化クロムのCrが、接合時にアルミニウム板側に拡散したものと考えられる。

20

【0056】

さらに、アルミニウム板およびステンレス鋼材の表面硬さおよび接合部分の表面硬さをマイクロピッカース硬度計で測定した。この結果、アルミニウム板(Hv35)、ステンレス鋼板(Hv180)、接合部分( $Fe_xAl_y$ 層)(Hv770)であり、接合部分の表面硬さが、母材に比べて向上していることが確認された。

30

【0057】

(実施例2)

アルミナ粉末(平均粒径 $100\mu m$ )500gと、Al-50質量%Mg粉末(Mg:Al=1:1、平均粒径 $200\mu m$ )8gとを、パレルチャンバー内に投入し、スチールワイヤーで単純結束された異種材料(アルミニウム板(JIS規格:A1050)とステンレス板JIS規格:SUS304)を投入した。次に、パレル方式でパレルチャンバーを回転させながら、620、5時間、窒素ガス雰囲気中で保持して、これらを混ぜ合わせた。これにより、アルミニウム板とステンレス材とが接合された。この接合により接合された部材の接合部近傍をSEMにより組織観察した。この結果を図5に示す。図5は、実施例2に係る異種金属の接合方法により接合された部材の組織写真図である。

40

【0058】

図5に示すように、アルミニウム板とステンレス鋼板との間の結合部分において、ステンレス鋼板側に、Fe-Alの金属間化合物の層( $Fe_xAl_y$ 層)が形成され、アルミニウム板側に、AlNが形成されていることがわかった。

【0059】

さらに、アルミニウム板およびステンレス鋼材の表面硬さおよび接合部分の表面硬さをマイクロピッカース硬度計で測定した。この結果、アルミニウム板(Hv35)、ステンレス鋼板(Hv200)、接合部分のうちAlN層(Hv35)、接合部分のうち $Fe_xAl_y$ 層(Hv900)であり、いずれの層も母材に比べてその硬さが向上していること

50

が確認された。

【0060】

(実施例3)

アルミナ粉末(平均粒径 $100\mu\text{m}$ ) $500\text{g}$ と、 $\text{Al}-50\text{質量}\%\text{Mg}$ 粉末( $\text{Mg}:\text{Al}=1:1$ 、平均粒径 $200\mu\text{m}$ ) $8\text{g}$ とを、バレルチャンパー内に投入し、スチールワイヤーで単純結束された異種材料(低合金鋼板(JIS規格:SCM415)、アルミニウム板(JIS規格:A1050)、低合金鋼板(JIS規格:SCM415)、アルミニウム板(JIS規格:A1050)の順に並べて結束した材料)を投入した。次に、バレル方式でバレルチャンパーを回転させながら、 $610^\circ\text{C}$ 、5時間、窒素ガス雰囲気で保持して、これらを混ぜ合わせた。これにより、アルミニウム板と低合金鋼板とが接合された。この接合により接合された部材の接合部近傍をSEMにより組織観察した。図6は、実施例3に係る異種金属の接合方法により接合された部材の組織写真図である。

10

【0061】

図6に示すように、アルミニウム板と低合金鋼板との間の結合部分において、低合金鋼板側に、 $\text{Fe}-\text{Al}$ の金属間化合物の層( $\text{Fe}_x\text{Al}_y$ 層)が形成され、アルミニウム板側に、 $\text{AlN}$ が形成されていることが分かった。

【0062】

さらに、アルミニウム板および低合金鋼板の表面硬さおよび接合部分の表面硬さをマイクロビッカース硬度計で測定した。この結果、アルミニウム板( $\text{HV}35$ )、低合金鋼板( $\text{HV}210$ )、接合部分のうち $\text{AlN}$ 層( $\text{HV}270$ )、であり、接合部分のうち $\text{Fe}_x\text{Al}_y$ 層( $\text{HV}815$ )であり、いずれの層も母材に比べてその硬さが向上していることが確認された。

20

【0063】

以上、本発明の実施形態について詳述したが、本発明は、前記の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の精神を逸脱しない範囲で、種々の設計変更を行なうことができるものである。

【0064】

また、本実施形態では、真空雰囲気または窒素ガス雰囲気などの無酸素雰囲気下で、アルミニウム系部材と鉄系部材とを $\text{Al}-\text{Mg}$ 合金を液化して $\text{Al}$ を鉄系部材に拡散接合したが、両者を接合することができるのであれば、その接合する雰囲気は特に限定されるものではない。たとえば、 $\text{Al}-\text{Mg}$ 合金の溶湯内に前記接触した状態が維持されたアルミニウム系部材と鉄系部材を投入したり、鉄系部材とアルミニウム系部材との間に $\text{Al}-\text{Mg}$ 合金のシートし、これを溶融させたりすれば、接合前に $\text{Al}-\text{Mg}$ 合金の酸化がし難いため、必ずしも無酸素雰囲気で接合する必要はない。

30

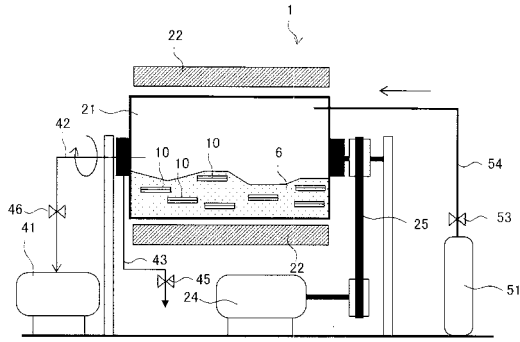
【符号の説明】

【0065】

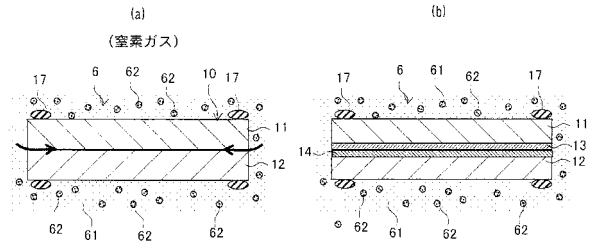
1...接合装置、6...混合粉末、10...結束体、11...鉄系部材、12...アルミニウム系部材、13... $\text{Fe}-\text{Al}$ の金属間化合物の層( $\text{Fe}_x\text{Al}_y$ 層)、14... $\text{AlN}$ 層、21...バレルチャンパー、22...ヒータ、25...ベルト、41...吸引ポンプ、42...吸引用管、43...排出管、45...開閉弁、46...開閉弁、51...窒素ガス供給源、53...開閉弁、54...供給管、61... $\text{Al}-\text{Mg}$ 合金、62:高融点粉末

40

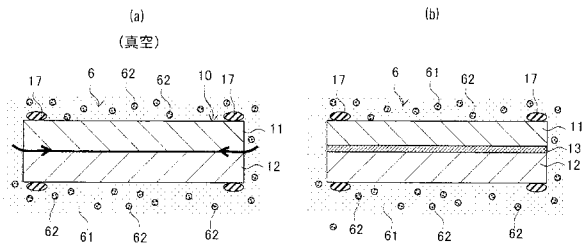
【 図 1 】



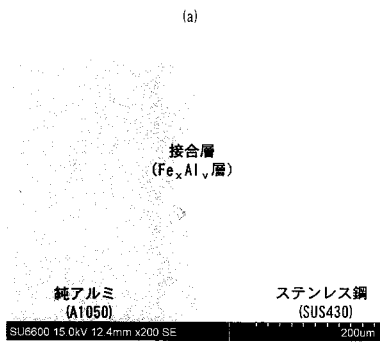
【 図 3 】



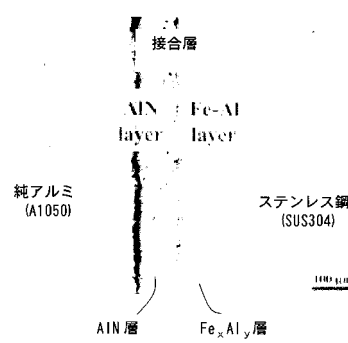
【 図 2 】



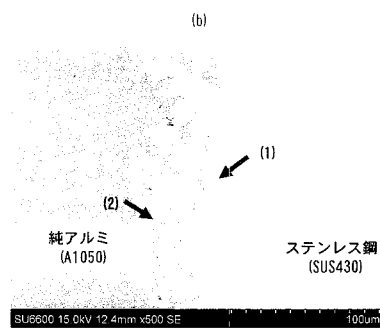
【 図 4 】



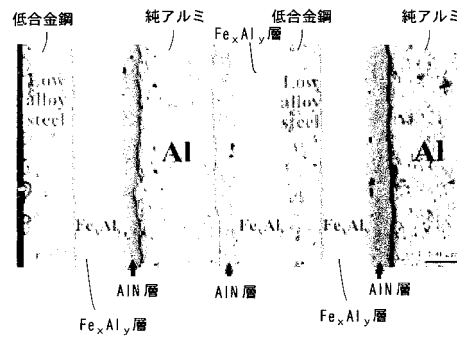
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 孔 正賢

愛知県名古屋市天白区久方2丁目1番地1 豊田工業大学内

(72)発明者 尹 己烈

愛知県名古屋市天白区久方2丁目1番地1 豊田工業大学内

(72)発明者 奥宮 正洋

愛知県名古屋市天白区久方2丁目1番地1 豊田工業大学内

Fターム(参考) 4E167 AA02 AA03 AA04 AA06 AA29 AB03 AD04 BA07 CB01 CB02  
CB03 DC03