

(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2018-99713

(P2018-99713A)

(43) 公開日 平成30年6月28日(2018.6.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B 2 1 D 39/03 (2006.01)</b>	B 2 1 D 39/03	A
<b>B 2 3 K 11/16 (2006.01)</b>	B 2 3 K 11/16	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2016-247386 (P2016-247386)  
 (22) 出願日 平成28年12月21日 (2016.12.21)

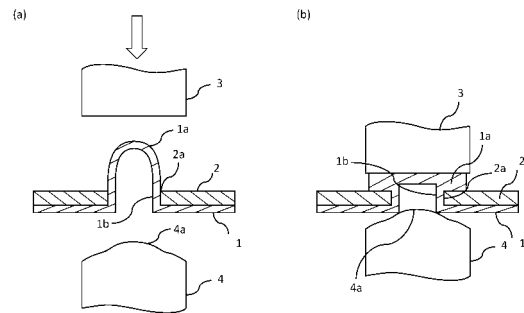
(71) 出願人 000135999  
 株式会社ヒロテック  
 広島県広島市佐伯区石内南5丁目2番1号  
 (72) 発明者 和鹿 公則  
 広島県広島市佐伯区石内南5丁目2番1号  
 株式会社ヒロテック内  
 (72) 発明者 上野 順也  
 広島県広島市佐伯区石内南5丁目2番1号  
 株式会社ヒロテック内

(54) 【発明の名称】 金属部材と樹脂部材の接合方法

(57) 【要約】

【課題】金属部材と樹脂部材との接合方法を提供する。  
 【解決手段】所定位置にダボを形成した金属部材と、前記ダボに対応する部位に対応する形状の貫通孔を形成した樹脂部材を準備する工程と、前記樹脂部材の前記貫通孔に、前記金属部材の前記ダボに係合されるよう前記樹脂部材と前記金属部材とを重ね合わせる第1の工程と前記金属部材のダボの先端部に第1の電極チップを当接させると同時に前記金属部材のダボの先端部とは反対側の面に形成された凹部に第2の電極チップを当接させ、前記第1、第2の電極チップ間に通電して前記金属部材を発熱、軟化させ、さらに前記樹脂部材に伝熱させることにより前記樹脂部材を軟化または熔融する第2の工程と、前記第1、第2の電極チップ間に加圧力を付加することにより、前記ダボの先端部を潰すと同時に径方向外方へ押し広げ、かつ前記金属部材と前記樹脂部材の係合部分を変形密着させて金属部材と樹脂部材とを接合する第3の工程とを含む。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

金属部材と樹脂部材とを接合する方法であって、  
所定位置にダボを形成した金属部材を準備する工程と、  
前記ダボに対応する部位に対応する形状の貫通孔を形成した樹脂部材を準備する工程と、  
前記樹脂部材の前記貫通孔に、前記金属部材の前記ダボが係合されるよう前記樹脂部材  
と前記金属部材とを重ね合わせる第1の工程と、

前記樹脂部材の前記貫通孔と係合した前記金属部材のダボの先端部に第1の電極チップ  
を当接させると同時に前記金属部材のダボの先端部とは反対側の面に形成された凹部に第  
2の電極チップを当接させ、前記第1、第2の電極チップ間に通電して前記金属部材を発  
熱、軟化させ、さらに前記樹脂部材に伝熱させることにより前記樹脂部材を軟化または溶  
融する第2の工程と、

前記第1、第2の電極チップ間に加圧力を付加することにより、前記ダボの先端部を潰す  
と同時に径方向外方へ押し広げ、かつ前記金属部材と前記樹脂部材の係合部分を変形密着  
させて金属部材と樹脂部材とを接合する第3の工程と  
を含む、金属部材と樹脂部材との接合方法。

**【請求項 2】**

前記第1、第2の電極チップ間に付加する加圧力が1.4から4.0 kNであることを  
特徴とする請求項1に記載の金属部材と樹脂部材との接合方法。

**【請求項 3】**

前記第1、第2の電極チップ間により、被加工物に通電を行う第2の工程と加圧を行う第  
3の工程は、スポット溶接用の通常のサーボガンにより行うことを特徴とする、  
請求項1または請求項2に記載の金属部材と樹脂部材との接合方法。

**【請求項 4】**

前記金属部材が合金化溶融亜鉛メッキ鋼板であり、かつ前記第1、第2の電極チップ間に  
通電する電流値が1.7から3.5 kAであることを特徴とする  
請求項2または請求項3に記載の金属部材と樹脂部材との接合方法。

**【請求項 5】**

前記金属部材がアルミニウム合金であり、かつ前記第1、第2の電極チップ間に通電する  
電流値が4.9から10.0 kAであることを特徴とする、  
請求項2または請求項3に記載の金属部材と樹脂部材との接合方法。

**【請求項 6】**

第1の工程と第2の工程の間に、前記ダボに係合した前記樹脂部材の上部に金属製のワッ  
シャーを更に係合させる工程を有することを特徴とする、  
請求項1乃至請求項3に記載の金属部材と樹脂部材との接合方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、金属部材と樹脂部材とを重ね合わせて接合する方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来より、重ね合わせた金属部材と樹脂部材を接合する方法としては、リベットやボル  
ト・ナット等を使用して締結する方法（特許文献1）などが知られており、これらの接合  
方法を用いることで高い接合強度を得ることができる。しかしながら、上述の接合方法で  
は設計自由度の低下、リベットやボルト・ナットといった副資材によるコストアップ・重  
量アップという問題があった。

**【0003】**

別の接合方法としては、一方の部材にダボを、他方の部材に貫通孔を形成し、ダボを貫通  
孔に嵌合してかしめ接合する方法（特許文献2）が知られている。この接合方法によると

10

20

30

40

50

、リベットやボルト・ナットを必要としないために、使用する部品点数を減らすことが可能となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-064386公報

【特許文献2】特開昭61-123430公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上述の接合方法では所望する接合強度を得るためには、かしめる際に相当な加圧力が必要となるため、装置が大掛かりになり加工に要するエネルギーが大きくなるという問題があった。また、互いの拘束力を確保するため加圧力を大きくすると樹脂部材に亀裂が生じてしまうという問題もあった。

【0006】

本発明はこのような問題点を解決するためになされたものであり、追加部品を必要とすることなく、また量産設備（スポット溶接用サーボガンなど）を用いた低い加圧力で接合強度を確保でき、接合時の加圧力に起因する樹脂部材の亀裂を防ぐことができる金属部材と樹脂部材との接合方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

請求項1に係る発明は、金属部材と樹脂部材とを接合する方法であって、所定位置にダボを形成した金属部材を準備する工程と、前記ダボに対応する部位に対応する形状の貫通孔を形成した樹脂部材を準備する工程と、前記樹脂部材の前記貫通孔に、前記金属部材の前記ダボが係合されるよう前記樹脂部材と前記金属部材とを重ね合わせる第1の工程と、前記樹脂部材の前記貫通孔と係合した前記金属部材のダボの先端部に第1の電極チップを当接させると同時に前記金属部材のダボの先端部とは反対側の面に形成された凹部に第2の電極チップを当接させ、前記第1、第2の電極チップ間に通電して前記金属部材を発熱、軟化させ、さらに前記樹脂部材に伝熱させることにより前記樹脂部材を軟化または熔融する第2の工程と、前記第1、第2の電極チップ間に加圧力を付加することにより、前記ダボの先端部を潰すと同時に径方向外方へ押し広げ、かつ前記金属部材と前記樹脂部材の係合部分を変形密着させて金属部材と樹脂部材とを接合する第3の工程とを含む。

【0008】

請求項2に係る発明は請求項1の構成に加えて、前記第1、第2の電極チップ間に付加する加圧力が1.4から4.0kNであることを特徴とする。

【0009】

請求項3に係る発明は請求項1または請求項2の構成に加えて、前記第1、第2の電極チップ間により、被加工物に通電を行う第2の工程と加圧を行う第3の工程は、スポット溶接用の通常のサーボガンにより行うことを特徴とする。

【0010】

請求項4に係る発明は請求項2または請求項3の構成に加えて、前記金属部材が合金化溶融亜鉛メッキ鋼板であり、かつ前記第1、第2の電極チップ間に通電する電流値が1.7から3.5kAであることを特徴とする。

【0011】

請求項5に係る発明は請求項2または請求項3の構成に加えて、前記金属部材がアルミニウム合金であり、かつ前記第1、第2の電極チップ間に通電する電流値が4.9から10.0kAであることを特徴とする。

【0012】

請求項6に係る発明は、請求項1乃至請求項3の構成に加えて、第1の工程と第2の工程の間に、前記ダボに係合した前記樹脂部材の上部に金属製のワッシャーを更に係合させる

10

20

30

40

50

工程を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

請求項1記載の発明によれば、重ね合わせた樹脂部材と金属部材とを第1、第2の電極で当接して通電することで金属部材を発熱、軟化させ、さらに樹脂部材に伝熱させることにより樹脂部材を軟化または溶融する。そして、第1、第2の電極チップ間に加圧力を付加することにより、ダボの先端部を潰すと同時に径方向外方へ押し広げ、かつ金属部材と樹脂部材の係合部分を変形密着させて接合する。よって、軟化または溶融した樹脂部材の形状が当接する金属部材になじむように変形し、密着した状態で両部材が接合可能となる。また、金属部材を発熱、軟化させ、樹脂部材を軟化または溶融した後に加圧して接合するため、少ない加圧力で強固に接合することができる。

10

【0014】

請求項2記載の発明によれば、前記第1、第2の電極チップ間に付加する加圧力が1.4から4.0kNである。通電を行わずカシメ加工を行わせる場合は10kN程度の加圧力が必要となるが、通電と組み合わせる本発明の構成により遥かに低い加圧力での加工が可能となり、スポット溶接用サーボガンなどの量産設備を流用することが可能となる。なお加圧力が1.4kN以下の場合、加圧力が小さすぎるため十分にダボを変形させることが出来ず接合強度が不十分となり、加圧力が4.0kN以上の場合、加圧力が大きすぎるためダボが過度に変形し、かえって接合力の低下を招き樹脂部材の変形・亀裂が生じる恐れがある。請求項2記載の条件下で本発明方法を実施することにより、高い接合強度を確実に得ることができる。

20

【0015】

請求項3記載の発明によれば、前記第1、第2の電極チップ間により、被加工物に通電を行う第2の工程と加圧を行う第3の工程は、スポット溶接用の通常のサーボガンにより行うことができ、スポット溶接用サーボガンなどの量産設備を流用することが可能となる。

【0016】

請求項4記載の発明によれば、金属部材が合金化溶融亜鉛メッキ鋼板であり、かつ第1、第2の電極チップ間に通電する電流値が1.7から3.5kAであることが好適である。このような条件下で本発明方法を実施することにより、高い接合強度を確実に得ることができる。

30

【0017】

請求項5記載の発明によれば、金属部材がアルミニウム合金であり、かつ第1、第2の電極チップ間に通電する電流値が4.9から10.0kAであることが好適である。このような条件下で本発明方法を実施することにより、高い接合強度を確実に得ることができる。

【0018】

請求項6記載の発明によれば、ワッシャー追加による重量アップを最小限に抑えた上で、より高い接合強度を確実に得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

40

【図1】第1、第2実施例の接合方法を示す模式的断面図である。

【図2】第1、第2実施例の接合部を示す断面図である。

【図3】第1実施例の接合部の傘サイズと高さの関係を示すグラフである。

【図4】第1実施例において加圧力、通電サイクルを一定にして電流値を変化させた各場合における接合部の引張せん断強度を示す表である。

【図5】第1実施例において加圧力、通電サイクルを一定にして電流値を変化させた各場合における接合部の十字剥離強度を示す表である。

【図6】第2実施例の接合部の傘サイズと高さの関係を示すグラフである。

【図7】第2実施例において加圧力、通電サイクルを一定にして電流値を変化させた各場合における接合部の引張せん断強度を示す表である。

50

【図 8】第 2 実施例において加圧力、通電サイクルを一定にして電流値を変化させた各場合における接合部の十字剥離強度を示す表である。

【図 9】第 3 実施例の接合部を示す断面図である。

【図 10】第 3 実施例において加圧力、通電サイクル、電流値を一定にしてワッシャーを用いた場合における接合部の引張せん断強度を示す表である。

【図 11】第 3 実施例において加圧力、通電サイクル、電流値を一定にしてワッシャーを用いた場合における接合部の十字剥離強度を示す表である。

【図 12】接合部の断面を SEM により観察した画像である。

【図 13】合金化溶融亜鉛メッキ鋼板の板厚を変化させた場合における加圧力を算出した表である。

【図 14】アルミニウム合金の板厚を変化させた場合における加圧力を算出した表である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明の実施形態について図面に基づいて説明する。尚、以下の実施形態の説明は、本質的な例示に過ぎず、本発明、その適用物或いはその用途を制限することを意図するものではない。

【0021】

まず接合しようとする金属部材 1 と樹脂部材 2 を用意する。金属部材 1 は板状部材であり、図 1 (a) に示すようにダボ 1 a を有している。ダボ 1 a は金属部材 1 の厚さの約 10 倍の高さで形成され、ダボ 1 a の先端部とは反対側の面には凹部 1 b が形成されている。ダボは例えばプレス成型により周知の手法で形成できるが、ダボの大きさ、高さ、板厚、材質などにより最適な金型設計、工程設計を行う必要があり、深絞りの場合は通常 2 以上の工程で製作する。

【0022】

樹脂部材 2 についても板状部材であり、図 1 (a) に示すように貫通孔 2 a を有している。貫通穴はパンチ加工、ドリル加工などの周知の方法で加工できる。そして、図 1 (a) に示すように、樹脂部材 2 の貫通孔 2 a に金属部材 1 のダボ 1 a を係合し、ダボ 1 a が貫通孔を通過して樹脂部材 2 の上に突出するように樹脂部材 2 と金属部材 1 を重ね合わせる。

【0023】

本発明では、金属部材 1 として直径 6 mm、高さ 10 mm のダボ 1 a を形成した厚さ 1 mm の合金化溶融亜鉛メッキ鋼板 ( 図中では G A と略記 ) およびアルミニウム合金 ( 図中では A L と略記 ) を用意した。また、樹脂部材 2 として直径 6 . 3 mm の貫通孔 2 a を形成した厚さ 2 mm のポリアミド ( 図中では P A と略記 ) および炭素繊維強化プラスチック ( 図中では C F R P と略記 ) を用意した。

【0024】

これらの金属部材 1 と樹脂部材 2 を接合する本発明の実験においては、図示していないが量産で用いられる通常のサーボガン ( インバーター直流トランス式、最大電流 15 kA、最大加圧力 3 . 0 kN ) を用いた。また電極としては図 1 に示す第 1、第 2 の電極チップ 3、4 を用いた。第 1 の電極チップ 3 は直径 13 mm の円柱状で先端はフラットに形成されている。また、第 2 の電極チップ 4 は同様に直径 13 mm で先端部 4 a は、ダボの凹部 1 b と係合するよう直径約 6 mm の範囲で曲率半径 R が 40 mm の部分球面形状となるように形成されている。第 2 の電極チップの先端部 4 a の中心部分を部分球面形状としているのは、金属部材 1 に当接する際にダボの凹部 1 b に当接して金属部材 1 の動きを規制するためである。

【0025】

樹脂部材 2 の貫通孔 2 a 内に位置する金属部材 1 のダボ 1 a 先端部に、第 1 の電極チップ 3 を当接させ、金属部材 1 のダボ 1 a 先端部とは反対側の面に形成された凹部 1 b に第 2 の電極チップを当接させる。次いでサーボガンを作動させて第 1、第 2 の電極チップ 3、

10

20

30

40

50

4 間に所定の電流パルスを印加すると、第 1、第 2 の電極チップ 3、4 間に位置する金属部材 1 に抵抗発熱が生じて金属部材 1 は軟化し、ダボ 1 a の接触面に沿って樹脂部材 2 に伝熱する。これにより、ダボ 1 a 周辺の樹脂部材 2 が軟化または溶融する。

【0026】

次にサーボガンを作動させて第 1、第 2 の電極チップ 3、4 間に所定の加圧力を付加することにより、ダボ 1 a の先端部が第 1 の電極チップ 3 により軸方向（図 1（a）下方）に押圧されかきめ加工が開始する。前述の金属部材 1 が軟化している効果により、サーボガンの通常の加圧力にもかかわらず、図 1（b）に示すように、ダボ 1 a の先端部が潰されると同時に、ダボ 1 a の貫通孔 2 a から突出している部分には、貫通孔 2 a の開口周縁部で径方向外方へ拡がるように変形する負荷が生じ、ダボ 1 a の先端部が樹脂部材 2 の表面に密着して沿うように拡径状に変形する。また前述のように樹脂部材 2 が軟化・溶融している効果で、樹脂が周囲の金属部材 1 と密着・接合し、金属部材 1 と樹脂部材 2 とを、少ない加圧力で強固に接合することができる。

10

【0027】

第 1 の実施形態では、金属部材 1 として、合金化溶融亜鉛メッキ鋼板を、樹脂部材 2 として、ポリアミドおよび炭素繊維強化プラスチックを用いて、通電サイクル数（20 サイクル・60 Hz）と電極チップ間に印加する加圧力（2.5 kN）を一定にし、電極チップ間に通電する電流を 2.0 kA から 3.0 kA に変化させた場合における接合部の形状の観察と接合部の強度を計測する実験を行った。

【0028】

図 2 は、接合部の断面形状を図示している。本実験では図 2 に示す傘サイズと高さを計測して評価した。図 3 は、金属部材 1 として合金化溶融亜鉛メッキ鋼板を、樹脂部材 2 としてポリアミドを用いた場合の各電流値における接合後の金属部材 1 の傘サイズと高さの関係を示したグラフである。図 3 によると、電流が高いほどかきめ高さは低くなり、傘サイズは拡がること示されている。

20

【0029】

図 4 は各接合条件における引張りせん断強度の結果を示した表であり、各電流値において引張りせん断強度の計測を 3 回ずつ行った。図 4 によると、どちらの樹脂部材 2 においても、電流値が高いほど引張せん断強度が高くなっていることが示されている。

【0030】

また、図 5 は各接合条件における十字剥離強度の結果を示した表であり、各電流値において剥離強度の計測を 3 回ずつ行った。図 5 によると、樹脂部材 2 にポリアミドを使用した場合、剥離強度は電流値が 2.0 kA の時と比較すると 3.0 kA で低下している。これは、接合時の温度がポリアミドの分解点を越える高温になって結晶性が低下するため、樹脂部材 2 の構造強度が低下するものと考えられ、特に剥離方向への力に影響を与えるものと考えられる。但し引張りせん断強度は電流値が 3.0 kA において低下は見られず、継手の構造を工夫してせん断方向で荷重を受けるようにすれば 3.0 kA でかきめ加工を行った継手も実用上問題ないと考えられる。

30

【0031】

従来のかきめ接合方法では、本実施形態で使用した金属部材 1 と樹脂部材 2 とを接合して好ましい接合部の形状と接合強度を得るためには、加圧力が 9.8 kN 必要であった。本発明の第 1 の実施形態によれば、溶接条件に設定したどの電流値においても、前記の通常のサーボガンを用いた 2.5 kN（従来の約 1/4）という低い加圧力で、適切な接合部の形状と接合強度を得ることができる。本実施例では、電極チップ間に付加する加圧力を 2.5 kN という一定条件のもと実験を行ったが、加圧力を 2.0 kN から 3.0 kN の間で変化させても好適な接合強度を得ることができる。

40

【0032】

第 2 の実施形態では、サーボガンおよび電極は第 1 の実施例と同一の構成を用い、金属部材 1 としてアルミニウム合金を、樹脂部材 2 としてポリアミドおよび炭素繊維強化プラスチックを用いて、通電サイクル数（20 サイクル・60 Hz）と電極チップ間に印加する

50

加圧力(2.5 KN)を一定にし、電極チップ間に通電する電流を6.5 KAから7.5 KAに変化させた場合における接合部の形状の観察と接合部の強度を計測する実験を行った。

#### 【0033】

図6は、金属部材1としてアルミニウム合金を、樹脂部材2としてポリアミドを用いた場合の各電流値における接合後の金属部材1の傘サイズと高さの関係を示したグラフである。図6によると、電流が高いほどかしめ高さは低くなったが、傘サイズはあまり変化が見られないことが分かる。

#### 【0034】

また図12はポリアミドとアルミニウム合金でかしめ加工を行った場合の断面をSEMにより観察した画像である。かしめ加工を行ったダボ周辺部分のかなりの部位で樹脂と金属が密着・接合していることがわかる。またSCANCO社製μCT35を用いた解析により、当該部位のポリアミドとアルミの接触率が41%であることが判った。これによりダボかしめ加工による機械的な接合に加えて、ダボ周囲で樹脂と金属が密着・接合することによる接合効果によってより強固な接合が実現していることが確認できる。

10

#### 【0035】

図7は各接合条件における引張せん断強度の結果を示した表であり、各電流値において引張せん断強度の計測を3回ずつ行った。図7によると、どちらの樹脂部材2においても、電流値が高いほど引張せん断強度も高くなっていることが示されている。

#### 【0036】

図8は各接合条件における十字剥離強度の結果を示した表であり、各電流値において剥離強度の計測を3回ずつ行った。図8によると、樹脂部材2にポリアミドを使用した場合、剥離強度は電流値が6.5 KAの時と比較すると7.5 KAでは低下している。これは、金属部材1に合金化溶融亜鉛メッキ鋼板を用いた場合と同様、接合時の温度がポリアミドの分解点を越える高温になって結晶性が低下するため、ポリアミドの構造強度が低下するものと考えられ、特に剥離方向への力に影響を与えるものと考えられる。また同様に引張せん断強度は電流値が7.5 KAにおいても低下はないため、この電流値での接合も実用上問題ないと考えられる。

20

#### 【0037】

第2の実施形態によれば、溶接条件に設定したどの電流値においても通常のサーボガンを用いた2.5 KN(従来の約1/4)という低い加圧力で、適切な接合部の形状と接合強度を得ることができる。本実施例では、電極チップ間に付加する加圧力を2.5 KNという一定条件のもと実験を行ったが、加圧力を2.0 KNから3.0 KNの間で変化させても好適な接合強度を得ることができる。

30

#### 【0038】

第3の実施形態においては、サーボガンおよび電極は第1、第2の実施例と同一の構成を用い、金属部材1として、合金化溶融亜鉛メッキ鋼板を、樹脂部材2として、ポリアミドおよび炭素繊維強化プラスチックを用いて、通電サイクル数(20サイクル・60Hz)、電極チップ間に印加する加圧力(2.5 KN)、及び電極チップ間に通電する電流値(2.5 KA)を一定とし、図9に示すように金属製のワッシャー5を樹脂部材2の上に配置した場合の接合部の接合強度を計測する実験を行った。

40

#### 【0039】

図10は各接合条件における引張せん断強度を、図11は各接合条件における十字剥離強度の結果を示している。各樹脂部材において引張せん断強度の計測を3回ずつ、剥離強度については計測を1回ずつ行った。図10、図11によれば、引張せん断強度及び十字剥離強度ともにワッシャー5を用いない場合と比較すると強度が上昇する結果となった。これは、ワッシャー5を用いることにより、広い面積で接合する部材を押えることができたためと考えられる。本実験で使用したワッシャー5の重量はわずか0.69gであり、ほとんど重量増大を招くことなく、高強度な接合が可能となる。

#### 【0040】

50

図13は、金属部材1として板厚1.0mmの合金化溶融亜鉛メッキ鋼板を用い、電極チップ間に通電する電流を2.5kA、電極チップ間に印加する加圧力を2.5kN、通電サイクル数を20サイクル・60Hzとして第1の実施形態で行った実験結果に基づき、合金化溶融亜鉛メッキ鋼板の板厚を変化させた場合における接合時の電流値および加圧力を算出した表である。

【0041】

算出方法としては、まずジュールの法則より固有抵抗をR、電流値をI、通電時間をt、電極接触径をrとすると、発生するジュール熱Qは $Q = RI^2t/r^4$ であり、板厚1.0mmの合金化亜鉛メッキ鋼板を用いた場合のジュール熱Qは14034Jとなる。また板厚1.0mmの合金化亜鉛メッキ鋼板を用いた場合の圧力(Pa)は、無通電時加圧力とダボの断面積により算出され、圧力は624.2MPaとなる。圧力(624.2MPa)と各板厚のダボ断面積により各板厚の無通電時加圧力を算出し、板厚1.0mmの合金化亜鉛メッキ鋼板を用いた場合の無通電時加圧力(9.8kN)から板厚1.0mmに対する荷重比を求めた。無通電時と通電時の接合時の荷重比は同じであるという前提条件のもと、ジュール熱14034J時の各板厚の合金化溶融亜鉛メッキ鋼板を接合するのに必要な加圧力を算出した。

10

【0042】

図13に示すように、合金化溶融亜鉛メッキ鋼板の板厚を0.5から2.0mmの間で、また第1、第2の電極チップ間に通電する電流値を1.7から3.5kAの間で変化させても、通常のサーボガンを用いた1.4から4.0kNという低い加圧力で、適切な接合部の形状と接合強度を得ることができる。

20

【0043】

図14は、金属部材1として板厚1.0mmのアルミニウム合金を用い、電極チップ間に通電する電流を7.0kA、電極チップ間に印加する加圧力を2.5kN、通電サイクル数を20サイクル・60Hzとして第2の実施形態で行った実験結果に基づき、アルミニウム合金の板厚を変化させた場合における接合時の電流値および加圧力を算出した表である。

【0044】

上述と同様の算出方法で、通電時の各板厚のアルミニウム合金を接合するのに必要な加圧力を算出した。

30

【0045】

図14に示すように、アルミニウム合金の板厚を0.5から2.0mmの間で、また第1、第2の電極チップ間に通電する電流値を4.9から10.0kAの間で変化させても、通常のサーボガンを用いた1.4から4.0kNという低い加圧力で、適切な接合部の形状と接合強度を得ることができる。

【0046】

上記の実施形態では、金属部材1として、合金化溶融亜鉛メッキ鋼板とアルミニウム合金を使用する場合を例示したが、これに限定されず、本発明は、アルミニウムや亜鉛めっき処理を施していない鋼板等にも適用可能である。

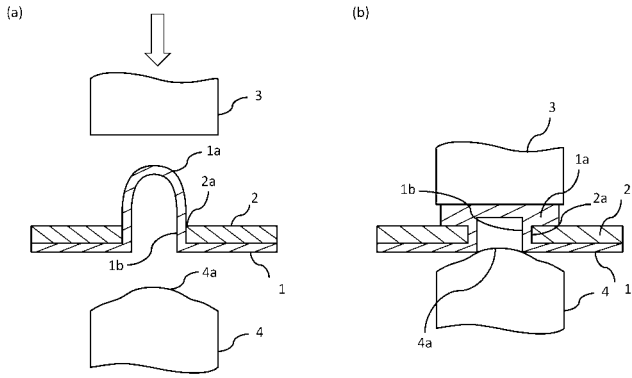
【符号の説明】

40

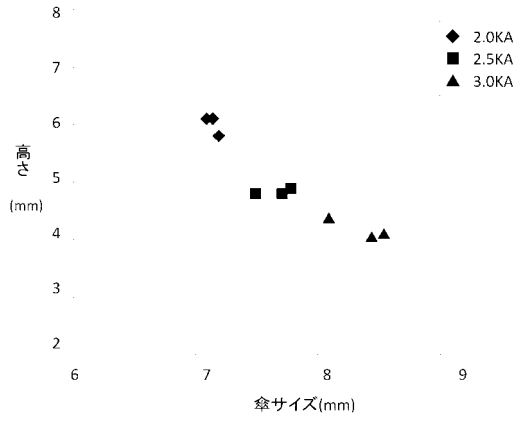
【0047】

- 1 金属部材
- 1a ダボ
- 2 樹脂部材
- 2a 貫通孔
- 3 第1の電極チップ
- 4 第2の電極チップ

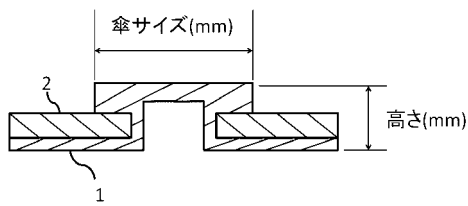
【図1】



【図3】



【図2】



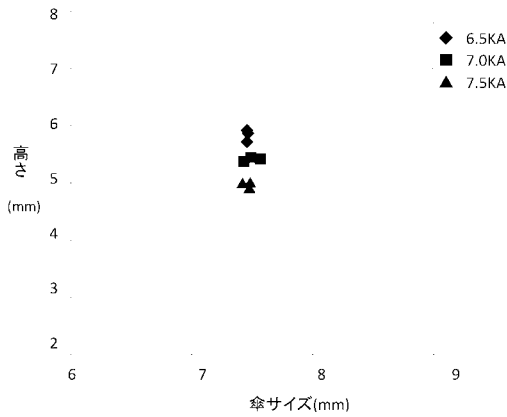
【図4】

板組	加圧 (KN)	通電 (cy)	電流 (KA)	番号	強度 (N)
G A × P A	2.5	20	2	①	1293
				②	1240
				③	1259
			2.5	①	1471
				②	1381
				③	1112
			3	①	1528
				②	1240
				③	1543
G A × C F R P	2.5	20	2	①	1796
				②	1840
				③	2056
			2.5	①	2109
				②	2143
				③	2078
			3	①	2500
				②	2503
				③	2362

【図5】

板組	加圧 (KN)	通電 (cy)	電流 (KA)	番号	強度 (N)
G A × P A	2.5	20	2	①	643
				②	521
				③	537
			2.5	①	503
				②	459
				③	546
			3	①	46
				②	181
				③	396
G A × C F R P	2.5	20	2	①	543
				②	475
				③	546
			2.5	①	550
				②	556
				③	521
			3	①	565
				②	506
				③	537

【 図 6 】



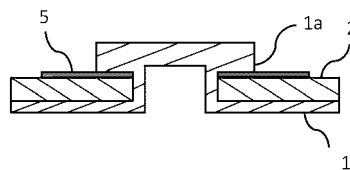
【 図 7 】

板組	加圧 (KN)	通電 (cy)	電流 (KA)	番号	強度(N)
A L × P A	2.5	20	6.5	①	1487
				②	1493
				③	1488
			7	①	1431
				②	1453
				③	1450
			7.5	①	1456
				②	1531
				③	1520
A L × C F R P	2.5	20	6.5	①	1831
				②	1781
				③	1779
			7	①	1840
				②	1781
				③	1775
			7.5	①	2081
				②	1990
				③	1992

【 図 8 】

板組	加圧 (KN)	通電 (cy)	電流 (KA)	番号	強度(N)
A L × P A	2.5	20	6.5	①	559
				②	487
				③	531
			7	①	453
				②	518
				③	475
			7.5	①	412
				②	450
				③	475
A L × C F R P	2.5	20	6.5	①	625
				②	615
				③	609
			7	①	600
				②	621
				③	584
			7.5	①	650
				②	612
				③	506

【 図 9 】



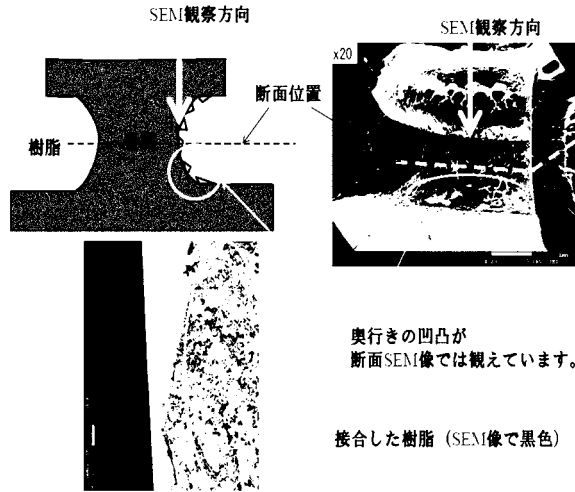
【 図 10 】

板組	加圧 (KN)	通電 (cy)	電流 (KA)	番号	強度(N)
GA × PA	2.5	20	2.5	①	2006
				②	1996
				③	1933
GA × CFRP	2.5	20	2.5	①	2946
				②	2865
				③	2993

【 図 11 】

板組	加圧 (KN)	通電 (cy)	電流 (KA)	番号	強度(N)
GA × PA	2.5	20	2.5	①	1346
GA × CFRP				①	928

【 図 1 2 】



奥行き凹凸が  
断面SEM像では観えています。

接合した樹脂 (SEM像で黒色)

【 図 1 3 】

板厚 (mm)	固有抵抗R ( $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )	電流I (A)	通電時間t (秒)	電極接触径r (mm)	ジュール熱Q (J)	断面積 ( $\text{mm}^2$ )	無通電時加圧力 (KN)	圧力 (Mpa)	荷重比	通電時加圧力 (KN)
0.5	19.4	1788	0.3	6	14034	8.6	5.4	6242	0.5	1.4
0.6	16.2	1937	0.3	6	14034	10.2	6.4	6242	0.6	1.6
0.7	13.3	2092	0.3	6	14034	11.6	7.3	6242	0.7	1.9
0.8	12.1	2239	0.3	6	14034	13.1	8.2	6242	0.8	2.1
0.9	10.8	2312	0.3	6	14034	14.4	9.0	6242	0.9	2.3
1.0	9.7	2500	0.3	6	14034	15.7	9.8	6242	1.0	2.5
1.1	8.8	2622	0.3	6	14034	16.9	10.6	6242	1.1	2.7
1.2	8.1	2739	0.3	6	14034	18.1	11.3	6242	1.2	2.9
1.3	7.5	2850	0.3	6	14034	19.2	12.0	6242	1.3	3.1
1.4	6.9	2958	0.3	6	14034	20.2	12.6	6242	1.4	3.2
1.5	6.5	3082	0.3	6	14034	21.2	13.2	6242	1.5	3.4
1.6	6.1	3182	0.3	6	14034	22.1	13.8	6242	1.6	3.5
1.7	5.7	3280	0.3	6	14034	23.0	14.3	6242	1.7	3.7
1.8	5.4	3354	0.3	6	14034	23.7	14.8	6242	1.8	3.8
1.9	5.1	3446	0.3	6	14034	24.5	15.3	6242	1.9	3.9
2.0	4.9	3536	0.3	6	14034	25.1	15.7	6242	2.0	4.0

【 図 1 4 】

板厚 (mm)	固有抵抗R ( $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )	電流I (A)	通電時間t (秒)	電極接触径r (mm)	ジュール熱Q (J)	断面積 ( $\text{mm}^2$ )	無通電時加圧力 (KN)	圧力 (Mpa)	荷重比	通電時加圧力 (KN)
0.5	5.3	4950	0.3	6	30058	8.6	5.5	6358	0.5	1.4
0.6	4.4	5422	0.3	6	30058	10.2	6.5	6358	0.6	1.6
0.7	3.8	5857	0.3	6	30058	11.6	7.4	6358	0.7	1.9
0.8	3.3	6261	0.3	6	30058	13.1	8.3	6358	0.8	2.1
0.9	2.9	6641	0.3	6	30058	14.4	9.2	6358	0.9	2.3
1.0	2.7	7000	0.3	6	30058	15.7	10.0	6358	1.0	2.5
1.1	2.2	7698	0.3	6	30058	16.9	10.8	6358	1.1	2.5
1.2	2.2	7668	0.3	6	30058	18.1	11.5	6358	1.2	2.9
1.3	2.0	7981	0.3	6	30058	19.2	12.2	6358	1.2	3.1
1.4	1.9	8283	0.3	6	30058	20.2	12.9	6358	1.3	3.2
1.5	1.8	8573	0.3	6	30058	21.2	13.5	6358	1.4	3.4
1.6	1.7	8854	0.3	6	30058	22.1	14.1	6358	1.4	3.5
1.7	1.6	9127	0.3	6	30058	23.0	14.6	6358	1.5	3.7
1.8	1.5	9392	0.3	6	30058	23.7	15.1	6358	1.5	3.8
1.9	1.4	9649	0.3	6	30058	24.5	15.6	6358	1.9	3.9
2.0	1.3	9900	0.3	6	30058	25.1	16.0	6358	1.6	4.0