

(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2005-262244

(P2005-262244A)

(43) 公開日 平成17年9月29日(2005.9.29)

(51) Int. Cl.⁷
B23K 20/00

F I
B 2 3 K 20/00 3 4 O
B 2 3 K 20/00 3 1 O A

テーマコード (参考)
4 E O 6 7

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2004-75500 (P2004-75500)
(22) 出願日 平成16年3月17日 (2004.3.17)

(71) 出願人 598101262
諏訪熱工業株式会社
長野県諏訪市大字中洲4750番地11
(74) 代理人 100074077
弁理士 久保田 藤郎
(74) 代理人 100086221
弁理士 矢野 裕也
(72) 発明者 官坂 好人
長野県茅野市官川4822-7
(72) 発明者 唐沢 均
長野県諏訪郡下諏訪町東赤砂4429-3
1
(72) 発明者 藤森 隆幸
長野県諏訪市中洲3503-3

最終頁に続く

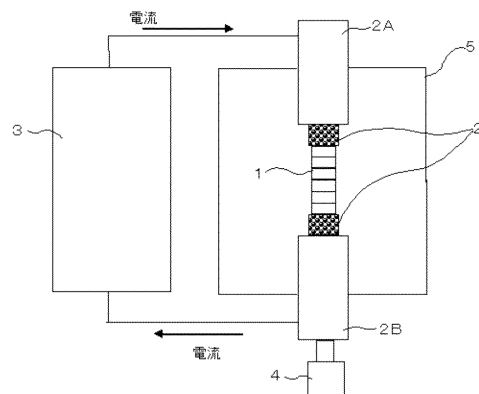
(54) 【発明の名称】 パルス通電による金属部材の接合方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ロウ材等の介在物なしに、接合の困難な金属材料(難接合金属材料)をパルス通電により強固に接合する方法を提供する。

【解決手段】 通電可能な二以上の金属部材をパルス電流の通電により接合するにあたり、前記金属部材の接合面を突き合わせた状態で加圧しつつ、パルス電流を通電して昇温させ、次いで変態点又は固溶化処理温度を挟んで降温させる昇降温操作を複数回繰り返す。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

通電可能な二以上の金属部材をパルス電流の通電により接合するにあたり、前記金属部材の接合面を突き合わせた状態で加圧しつつ、パルス電流を通電して昇温させ、次いで変態点又は固溶化処理温度を挟んで降温させる昇降温操作を複数回繰り返すことを特徴とするパルス通電による金属部材の接合方法。

【請求項 2】

金属部材が、少なくともクロムを含む難接合金である、請求項 1 記載の接合方法。

【請求項 3】

昇温後降温したときの最低温度が 900 以下である、請求項 1 又は 2 記載の接合方法 10

【請求項 4】

昇温時の最高温度が 1030 以上である、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の接合方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パルス通電による金属部材の接合方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

ロウ付け等の接合方法に対し、近年、パルス通電による接合方法が様々な金属部材の接合に用いられている。

なかでも互いに融点の異なる金属部材同士のパルス通電による接合に際しては、パルス電流の周波数を高くしたり（例えば、特許文献 1 参照）、或いは被接合材間にロウ材を挟むことにより、初めて十分な接合が可能となった。

【0003】

しかしながら、接合の困難な金属材料（難接合金金属材料）、例えば S T A V A X（ウツデホルム株式会社所有の登録商標）等の S U S 4 2 0 J 2 系の合金（プリハードン鋼）などでは、パルス通電による接合といえどもロウ材を介在させずに接合することは全くできなかった。 30

【0004】

【特許文献 1】特開 2002 - 103049 号公報（第 2 頁など）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、このような従来の問題点を解消し、ロウ材等の介在物なしに、接合の困難な金属材料（難接合金金属材料）をパルス通電により強固に接合する方法を提供することを目的とするものである。

【0006】

本発明者は、上記目的を達成すべく鋭意検討を重ねた。

その結果、本発明者は、「少なくともクロムを含むニッケル基耐熱合金」以外の金属材料について、パルス電流を通電して昇温させ、次いで変態点を挟んで降温させる昇降温操作を複数回繰り返すことにより、ロウ材等の介在物なしに、接合の困難な金属材料（難接合金金属材料）をパルス通電により強固に接合することができることを見出した。一方、変態点を持たない、「少なくともクロムを含むニッケル基耐熱合金」については、パルス電流を通電して昇温させ、次いで固溶化処理温度を挟んで降温させる昇降温操作を複数回繰り返すことにより、ロウ材等の介在物なしに、パルス通電により強固に接合することができることを見出した。

本発明者は、これらの知見に基づいて本発明を完成するに至った。 50

【課題を解決するための手段】

【0007】

請求項1に係る本発明は、通電可能な二以上の金属部材をパルス電流の通電により接合するにあたり、前記金属部材の接合面を突き合わせた状態で加圧しつつ、パルス電流を通電して昇温させ、次いで変態点又は固溶化処理温度を挟んで降温させる昇降温操作を複数回繰り返すことを特徴とするパルス通電による金属部材の接合方法を提供するものである。

請求項2に係る本発明は、金属部材が、少なくともクロムを含む難接合合金である、請求項1記載の接合方法を提供するものである。

請求項3に係る本発明は、昇温後降温したときの最低温度が900以下である、請求項1又は2記載の接合方法を提供するものである。 10

請求項4に係る本発明は、昇温時の最高温度が1030以上である、請求項1乃至3のいずれかに記載の接合方法を提供するものである。

【発明の効果】

【0008】

請求項1～4に係る本発明によれば、ロウ材等の介在物なしに、接合の困難な金属材料（難接合金属材料）をパルス通電により強固に接合することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、本発明の実施の形態を示す。 20

請求項1に係る本発明は、パルス通電による金属部材の接合方法に関し、通電可能な二以上の金属部材をパルス電流の通電により接合するにあたり、前記金属部材の接合面を突き合わせた状態で加圧しつつ、パルス電流を通電して昇温させ、次いで変態点又は固溶化処理温度を挟んで降温させる昇降温操作を複数回繰り返すことを特徴とするものである。

【0010】

ここで接合する金属部材は二つに限られず、二以上の金属部材を同時に接合することもできる。棒状の金属部材の場合には、直列に複数本突き合わせた状態で加圧すれば、同時に複数の接合面を接合することができる。また、このように直列に接合した金属部材を複数組平行に配列して、これらを同時に加圧・通電すれば、より多数の接合を同時に行うことができる。 30

【0011】

接合しうる金属部材としては、通電可能なものであれば、その種類や形状等は特に制限されない。例えば、接合しうる金属部材としては、例えば、高速度工具鋼（ハイス鋼）、ダイス鋼（SKD）、ステンレス鋼（SUS）などの鉄鋼材料；銅、アルミニウム、亜鉛、非鉄合金などの非鉄金属；ニッケル基耐熱合金、形状記憶合金、耐熱合金、防振合金、防音合金、シールド材などの特殊合金；放電プラズマ焼結体、ホットプレス焼結体などの焼結金属；高温になると導電性を呈するセラミックなどの部材；半導体；単結晶材料などが挙げられる。

とりわけ本発明は、接合の困難な金属材料（難接合金属材料）の接合に好適である。

そのような難接合金属材料としては、例えば、請求項2に記載したように、少なくともクロムを含む難接合合金などが挙げられる。 40

具体的には、少なくともクロムを含む鉄基（Fe基）合金や、少なくともクロムを含むニッケル基（Ni基）合金などが挙げられる。

少なくともクロムを含むFe基合金としてより具体的には、例えば、JISで定めるSKD11、SKD61、SUS420J2、SNCM420、SKH51などが挙げられる。これらはいずれも少なくともクロムを3%以上含むFe基合金である。

また、少なくともクロムを含むNi基合金としてより具体的には、例えば、析出効果形Ni基合金 Inconel 718 やマトリックス強化形Ni基合金 Inconel 600 などが挙げられる。

【0012】 50

接合する金属部材としては、上記したように通電可能なものであれば、その種類は特に制限されないが、極めて高精度の寸法加工が施されたものを用いることが好ましい。また、接合する金属部材の両面又は片面は、予め洗浄し、汚れや付着物などを取り除いておくことが望ましい。具体的には例えば、超音波等を用い、イソプロパノールなどの有機溶剤を用いて接合する金属部材の両面又は片面を洗浄しておくことが望ましい。或いは、接合する金属部材の両面又は片面に、スパッタ、洗浄液等による清浄化を施し、接合界面の異物、酸化膜、不動態被膜等を除去して接合を行っても良い。さらには、接合する金属部材の両面又は片面に、アルゴン雰囲気下でのプラズマ処理もしくは大気圧下でのプラズマ照射処理による界面改質を施しておいても良い。このようなアルゴン雰囲気下でのプラズマ処理による界面改質を施すことにより、界面の酸化被膜等を除去し、接合を容易ならしめることができる。

10

【0013】

さらに、接合する金属部材としては、接合面の両面又は片面に鏡面乃至平滑化処理を施されたものが好ましい。接合面の両面又は片面に鏡面乃至平滑化処理を施す方法としては、研磨、パフ仕上げ等公知の方法が挙げられる。この処理により接合面の表面粗度を0.5 μm以下の鏡面乃至平滑面に仕上げることが望ましい。

なお、パルス通電による接合を行うにあたっては、接合する金属部材は、必要に応じて、Vブロックなどを用いて正確な位置決めを行ってもよい。

【0014】

本発明においては、上記した如き各種金属部材について、2種以上複数の金属部材を同時に接合することができ、同種金属部材同士で、或いは異種金属部材同士を組み合わせ接合することができる。

20

具体的には、鉄鋼材料同士の接合、鉄鋼材料と非鉄金属や特殊合金との接合、非鉄金属同士（アルミニウム同士、銅同士など）の接合、特殊合金同士の接合等を行うことができる。

また、形状記憶合金、磁性材、非磁性材などの組み合わせのように異なった特性を有する部材同士の接合にも用いることができる。

さらに、接合面の両面又は片面に任意な形状の加工溝を施し、接合によって、直線、曲線を含む流体の通路、細穴、スリット、溜まり場等を形成することができる。

【0015】

30

本発明は、熱交換流路内蔵各種金型・液体気体材料の曲線通路内蔵マニホールド、タービンブレード、エンジンバルブ、ピストンヘッド、燃料電池冷却板、燃料噴射ノズル、繊維材料噴射ノズル、半導体発熱部冷却板、油圧部をはじめ、微小細穴スリットを有した極細パンチ型、光ファイバーコネクタ及びターミナル部、ロケットエンジン燃焼部等冷却パイプ接合、磁性材非磁性材接合によるセンサー電磁弁などへ応用することができる。

【0016】

接合すべき金属部材の形状は特に制限はなく、例えばバルク状（固体）でも良いし、1 mm以下程度の薄板状でも良いし、パイプ状、波板状などであっても良い。本発明は、これら各種形状の金属部材について、同一形状のもの同士、或いは異なる形状のもの同士の相互の接合に利用することができる。

40

なお、接合面は、平坦であっても良いし、両接合面間に隙間が形成されないようにすれば曲面であっても良い。

さらに接合面を、第1の金属部材の接合面と第2の金属部材の接合面が相互に密着するように、相補的な接合面形状に加工しておくこともできる。例えば、一方の金属部材の接合面が凸曲面の場合には、これと密着するような凹曲面を他方の金属部材の接合面形状として採用することもできる。

【0017】

請求項1に係る本発明は、このような通電可能な二以上の金属部材をパルス電流の通電により接合するにあたり、前記金属部材の接合面を突き合わせた状態で加圧しつつ、パルス電流を通電して昇温させ、次いで変態点又は固溶化処理温度を挟んで降温させる昇降温

50

操作を複数回繰り返すことを特徴とするものである。

パルス電流を通電するにあたり、まず前記金属部材を突き合わせ、突き合わせた状態で加圧する。

より具体的には、必要に応じて上記のようにして接合面の両面又は片面を処理しておいた後、該接合面を互いに突き合わせ、突き合わせられた接合面を密着させるように加圧する。

【0018】

接合面に対する加圧力は、金属部材の持つ固有の硬度、耐圧力等により様々に異なるが、一般には1～700MPaの範囲内、好ましくは10～200MPaの範囲内とすれば良い。加圧方向は1軸方向のみでなく、直交する方向や斜め方向など、多軸方向から加えることもできる。

10

なお、電極方向と接合界面加圧方向とは、異なっても良いし、同じであっても良い。

接合部材と接する電極の形状は、接合部材の形状に合わせ、円盤状でも、通電可能なローラー状でも良いし、さらには彫り込んだものであっても良い。接合部材を挟む電極は、カーボン材でも、モリブデン材でも良いが、カーボン材がより好ましい。

【0019】

請求項1に係る本発明においては、このように二以上の金属部材の接合面を突き合わせた状態で加圧しつつ、パルス電流を通電する。

より詳しくは、二以上の金属部材の接合面を互いに突き合わせ、突き合わせられた接合面を密着させるように所定の圧力で加圧しつつ、接合する金属部材の任意な方向に一对の電極をあて、接合すべき金属部材のみにパルス通電させる。

20

【0020】

ここで「接合する金属部材のみにパルス通電させる。」とは、接合する金属部材以外に通電するようなものを使用しないということであり、換言すると放電プラズマ焼結法で一般に用いられている、接合する金属部材を取り囲むようなカーボン型を使用しないということである。

電極間に接合する金属部材以外の金属部材を取り囲む通電可能なカーボン型を使用しないことによって、通電可能なカーボン型を使用することによる電流密度の低下を防ぎ、また、接合する金属部材側帯部の直接温度制御を可能にして効率の良い接合をし、併せて、これまでカーボン型の中で円盤又は円柱状のみしかできなかった接合金属部材の形状的制約を排除し、任意な形状の接合が可能となり、飛躍的に接合範囲を拡大した。

30

請求項1に係る本発明においては、上記したように接合する金属部材を取り囲むカーボン型を使用せず、接合する金属部材のみに通電させることにより、電流密度を上げ、接合界面間にパルス電流を流すことによって、パルス通電による接合処理を行う。

【0021】

このとき、突き合わせられた接合面近傍を外部から強制的に加熱しながら通電させることができる。これにより長尺の部材などを短時間に効率良く接合することができる。

このような外部から強制的に加熱する手段としては特に制限はないが、ニクロム線等の直接加熱方式、或いはマイクロ波誘導加熱、ミリ波誘導加熱、サブミリ波誘導加熱などの誘導加熱方式が最も好ましい。この他に高周波加熱等が挙げられ、これらの1種を単独で、或いは2種以上を組み合わせて用いることができる。

40

外部から強制的に加熱する際の加熱時間は、一般的には60分以下とすれば良い。

また、接合する金属部材の熱の発散を防止し、温度ムラを防ぐために、接合する金属部材外周に、1重乃至多重の反射板を設置することができる。

【0022】

パルス通電接合は、通常、真空又は不活性ガス雰囲気中において行われる。即ち、パルス通電接合を行う際には、真空雰囲気としておくことが望ましいが、窒素ガス、アルゴンガス等の不活性ガス雰囲気下において行っても良い。

【0023】

50

また、パルス電流としては、直流パルス電流でも交流パルス電流のどちらでも可能であるが、通常直流パルス電流が用いられる。パルス電流は、周波数 3 ~ 160 Hz の範囲で通電させればよい。

請求項 1 に係る本発明においては、上記したように接合する金属部材を取り囲むカーボン型を使用せず、接合すべき金属部材のみに通電させることにより、電流密度を上げ、接合界面間にデューティー比、つまりパルスの ON と OFF の比 (ON / ON + OFF) が 50 ~ 99 % (パルスの ON : OFF の比 = 1 : 1 ~ 99 : 1) のパルス電流を流すことが好ましい。

パルス電流のデューティー比については、上記範囲内であれば通電可能な金属部材に全て有効であるが、金属部材の種類によっては、より適切なデューティー比の範囲がある。

例えば、金属部材として炭素鋼 S45C を用いた場合、パルス電流のデューティー比としては、パルスの ON : OFF の比 = 75 : 25 ~ 99 : 1 の範囲が好ましいが、より好ましい範囲としては、90 : 10 ~ 98 : 2 の範囲が推奨される。

このようなパルスの ON 時間の比率の高いパルス電流を流し、自己発熱により全体を緩やかに昇温させて、なるべく部材全体を均一に昇温させることが好ましい。

また、パルス電流としては、100 ~ 50000 A、好ましくは 300 ~ 30000 A の範囲のものが用いられ、電圧は 100 V 以下から 1 V 程度が実用範囲であるが、これに制限されるものではない。

【0024】

請求項 1 に係る本発明においては、このようなパルス電流を通電して昇温させ、次いで変態点又は固溶化処理温度を挟んで降温させる昇降温操作を複数回繰り返すこと、つまり 2 回以上繰り返すことが必要である。より詳しくは、接合する金属部材の変態点又は固溶化処理温度を挟んでの昇降温操作を繰り返すことが必要である。

ここで「変態点又は固溶化処理温度」としたのは、「少なくともクロムを含む Ni 基耐熱合金」は変態点を持たないことから、「少なくともクロムを含む Ni 基耐熱合金」については、「変態点」に代えて、この変態点に相当すると認められる「固溶化処理温度」としたものである。

昇温時の最高温度と降温時の最低温度については、接合する金属部材の種類等により異なり一義的に定めることは困難であるが、通常、昇温時の最高温度は 950 以上であり、また、昇温後降温したときの最低温度は 900 以下である。

例えば、金属部材が難接合材である Fe 基合金、特にクロムを含む Fe 基合金である場合、昇温時の最高温度は 1000 以上を必要とする。

請求項 2 に記載したような、少なくともクロムを含む難接合合金の場合には、特にこの昇降温操作の繰り返しが有効であり、昇温時の最高温度は 1030 以上とする必要がある。特に金属部材が少なくともクロムを含む Ni 基耐熱合金である場合には、昇温時の最高温度は 1100 以上とすることが望ましい。

ここで昇温時の最高温度には、昇降温操作の間に少なくとも 1 回以上到達すればよい。

一方、例えば、金属部材が、少なくともクロムを含む Fe 基合金である場合、昇温後降温したときの最低温度は 900 以下であることが必要であり、好ましくは 780 以下である。また、金属部材が少なくともクロムを含む Ni 基耐熱合金である場合には、昇温後降温したときの最低温度は 800 以下であることが望ましい。

昇温時の最高温度と昇温後降温したときの最低温度が、上記範囲を外れた場合には、いずれも本発明の目的を達成することはできない。

降温は、パルス電流を休止し、自然放冷により行ってもよいし、或いはアルゴンガス等の不活性ガスを接合する金属部材に吹き付けて強制冷却することにより行ってもよい。昇温後降温したときの最低温度は、接合する金属部材の変態点以下又は固溶化処理温度以下とする。

なお、好ましくは冷却速度を 30 /分 ~ 400 /分の範囲で行うことで、組織的な変化を接合強度に寄与させることができる。これは、接合部材の変態点又は固溶化処理温度をできるだけ早く通過させることで、組織の過渡現象を固定し、再度の昇温時に接合界

10

20

30

40

50

面の組織的な変化を速やかに起こさせることで、接合がより強固になるようにできるためである。

その後、再度、パルス電流を流して金属部材を昇温させ、このような昇降温操作を複数回繰り返して金属部材を接合する。

【0025】

なお、ここでいう温度は、図4に示すように、接合する金属部材中央部に熱電対6を差し込んで接合時の温度を計測した値である。

図1は、パルス通電による金属部材の接合装置の概念図である。図1において、符号1は接合する金属部材を示し、符号2はカーボン電極の如き電極を示している。また、符号3は、パルス電流発生機を示し、符号4は、電極を加圧するための加圧手段（例えば、エアシリンダーや油圧シリンダー）を示している。さらに、図1において、符号2Aは上ラム電極を示し、符号2Bは下ラム電極を示している。但し、これら上下のラム電極は、それぞれ上下の電極2と一体となったものでも良い。また、符号5は、チャンパー内を真空状態にしうる真空チャンパーを示している。この真空チャンパーは、真空雰囲気だけでなく、必要に応じて不活性ガス雰囲気とすることもできるようにされている。

10

【0026】

温度計測するには、他の方法として、接合する金属部材表面の発熱状態を放射温度計で測定する方法もある。しかしながら、この場合、熱電対で計測する場合よりも、高温又は低温を示す場合がある。例えば、SKD11（少なくともクロムを含むFe基合金）からなる金属部材に熱電対を差し込んで計測すると940を示すが、このとき放射温度計は1030を示す。放射温度計の値を金属部材の種類に合わせて適切な値を設定したとしても、熱電対と放射温度計とは、表示される温度がかなり異なる。

20

これは、本発明の方法がパルス電流による自己発熱のため、金属部材の表面を流れる電流密度と中心部を流れる電流密度に差があり、内部の温度と外表面の温度に差が生じるためである。初期は外表面の昇温が早く、その後、内部の昇温が早くなったりするなど、パルス電流による自己発熱の場合には、外部加熱からの伝熱機構では想像できない現象が起きるためである。

そのため、本発明の方法では、接合するときの温度表示としては、接合する金属部材に熱電対をほぼ中心部まで差し込んだときの計測値を用いてある。

【0027】

請求項1に係る本発明においては、このようなパルス電流を通電して昇温させ、次いで変態点又は固溶化処理温度を挟んで降温させる昇降温操作を複数回繰り返すこと、つまり2回以上繰り返すことが必要であって、そのような昇降温操作を1回だけ行った場合には、ロウ材等の介在物なしに、難接合金属材料をパルス通電により強固に接合することができず、本発明の目的を達成することはできない。図2は、そのような昇降温操作を1回だけ行う場合の模様を示すグラフであり、昇降温操作を1回だけ行う接合プログラムの概念図である。この場合には、昇降温操作による昇降温パターンが一つの山を示している。

30

このように昇降温操作を1回だけ行う場合には、ロウ材等の低融点金属を介在させなければ、例えばSTAVAX（ウッデホルム株式会社所有の登録商標）等のSUS420J2系の合金（プリハードン鋼）、クロムが3%以上含まれているステンレス系合金鋼、クロム系耐熱鋼などのような難接合金属材料では、被接合金属材料同士を直接に接合することが困難であった。

40

【0028】

これに対して、請求項1に係る本発明のように、パルス電流を通電して昇温させ、次いで変態点又は固溶化処理温度を挟んで降温させる昇降温操作を複数回繰り返した場合には、ロウ材等の介在物なしに、難接合金属材料をパルス通電により強固に接合することができる。図3は、そのような昇降温操作を2回繰り返す場合の模様を示すグラフであり、昇降温操作を2回繰り返す接合プログラムの概念図である。この場合には、昇降温操作による昇降温パターンが二つの山を示している。

この変態点又は固溶化処理温度を挟んでの複数回の昇降温操作により接合の強度が著し

50

く向上する原理は、正確には分かっていないが、接合する金属部材に対する予熱効果と共に、接合する金属部材の変態点又は固溶化処理温度を挟んでの昇降温操作による組織の変化の繰り返しとが、エネルギー準位とか酸化物不導体膜などの接合界面の接合障壁を低下させる効果があるのではないかと想像される。

即ち、ある意味で接合する金属部材に対して予熱が行われることで、接合する金属部材に印加されるパルス電流がロス少なく、接合の障壁を打ち破るエネルギーとして利用されたり、変態点又は固溶化処理温度を挟んでの昇降温操作により組織が変化することで、接合界面に生成している酸化物層が接合する金属部材中に拡散し消滅するのではないかと考えられる。

しかしながら、本発明の手法が新しいものであるため、原理の解明にまでは至っていない。 10

【0029】

請求項1に係る本発明においては、このようにして昇降温操作を複数回繰り返した後、真空又は不活性ガス雰囲気中において、熱処理を加えて相互拡散を行い、接合をより強固なものとすることができる。これは、パルス通電による接合だけでは、時間的に接合が未完である部分を、相互拡散を行うことで、より完全に接合することができるためである。特に接合する金属部材の材質によっては、1回の相互拡散接合処理では完全に接合しない場合も考えられることから、1回だけでなく、それ以上の複数回にわたる相互拡散接合処理を行ってもよい。

これまでは焼結後にいわゆる焼き戻し処理などを行うことにより、固相状態で接合することは行われてきたが、これとこの相互拡散接合処理とは全く異なる。パルス通電における相互拡散接合処理はこれまで他に見られない。 20

パルス通電による接合時には、自己発熱により温度を上げ所定温度としているが、上記熱処理はパルス通電によるものではないことから、外部加熱により温度を上げ所定温度とする必要がある。

このような相互拡散接合処理は、接合部材の溶融点の70%以上、90%未満で行うことができる。

この相互拡散接合処理を行う際には、パルス電流は流さない。また、加圧は特に必要ないが、前段階からの加圧をそのまま引き続いて行っても良い。

【0030】

請求項1に係る本発明では、上記したように昇降温操作を複数回繰り返してのパルス通電による接合処理を行った後に、引き続き所定条件にて熱処理する相互拡散接合処理を行うこと、つまりパルス通電による接合処理を行い液相状態とした後に、相互拡散接合処理すること、が好ましい。 30

このような液相状態とした後の相互拡散接合処理は、あくまでパルス通電における液相状態とした後の相互拡散接合処理を指しており、従来公知の液相拡散接合とは異なっている。従来公知の液相拡散接合は、接合面間に低融点部材をインサートして行う場合に生ずる現象を指しており、明らかにここでいう液相状態とした後の相互拡散接合処理とは異なっているが、そのような液相状態での拡散がパルス通電においても生ずることが分かった。なお、この「液相状態とした後の相互拡散接合処理」は、溶融させて液相状態とした後に相互拡散させる点で、溶融させてはならず固相状態で拡散させる「固相拡散」とは明確に異なる。 40

【0031】

このようなパルス通電において液相状態とした後の熱処理（相互拡散接合処理）によれば、衝撃試験等において、母材と同等の特性を有するものと認められるほどの強固な接合が得られ、接合する金属部材を極めて強固かつ確実に短時間で、しかも低コストで接合することができる。

【0032】

本発明は以上の如きものである。このようにして本発明によれば、ロウ材等の介在物なしに、接合の困難な金属材料、例えばFe基合金や耐熱合金であるNi基合金などをパル 50

ス通電により強固に接合することができる。なお、接合完成後、所望の公知各種熱処理を施すこともできる。

【実施例】

【0033】

次に、本発明を実施例により詳しく説明するが、本発明はこれらによって何ら制限されるものではない。

実施例 1

(1) 接合

図 1 に示すようなパルス通電接合装置、即ち接合する金属部材 1 にパルス電流を供給する 1 対の電極 2 と、前記電極 2 にパルス電流を通電するパルス電流発生機 3 と、前記電極 2 を加圧するための加圧手段 4 とを備え、さらに真空チャンバー 5 を備えたパルス通電による接合装置を用い、図 3 に示すような昇降温操作を 2 回繰り返す接合プログラムの概念図に基づき、表 1 に示す条件にてパルス通電による接合を行った。電極 2 としては、カーボン電極を用いた。

10

なお、パルス電流のデューティ比として、パルスの ON : OFF の比 = 98 : 2 で 3 Hz のパルス電流を用いた。

接合する金属部材 1 としては、表面粗度が $1.0 \mu\text{m}$ 以下であり、表 1 に示す材質のものであって、直径 16 mm、長さ 42 mm のテストピースを用い、これを 2 個突き合わせ接合した。

この金属部材 1 をまず超音波を用い、イソプロパノールで洗浄した。

20

次いで、この金属部材 1 を互いに突き合わせ、200 kg (10 MPa) の荷重をかけて加圧した状態で、金属部材 1 の両端に 1 対の電極をあて、金属部材 1 のみに通電させることにより電流密度を上げ、接合界面間にパルス比が 98 : 2 のパルス電流 (900 A) を流すことによって、パルス通電による接合 (第 1 段目の接合) 処理を行った。このとき熱電対 6 により計測した接合部の温度は最高 1010 まで上昇した。パルス電流は 900 A であった。

以上の操作の間、雰囲気は 10 Pa 以下の真空に保った。

その後、パルス電流の供給を休止し、自然放冷して金属部材 1 の変態点以下に降温した後、再び、200 kg (10 MPa) の荷重をかけて加圧した状態で、金属部材 1 の両端に 1 対の電極をあて、金属部材 1 のみに通電させることにより電流密度を上げ、接合界面間にパルス比が 98 : 2 のパルス電流 (1000 A) を流すことによって、パルス通電による接合 (第 2 段目の接合) 処理を行った。このとき熱電対 6 により計測した接合部の温度は最高 1060 まで上昇した。パルス電流は 1000 A であった。

30

なお、このとき接合部材 1 の周囲に反射板を 1 重に巻き付け覆った。

【0034】

しかる後、パルス通電を止め、外部加熱により 1030 の温度において熱処理 (相互拡散接合処理) を行った。

以上の操作の間、雰囲気は 5 Pa 以下の真空に保った。

このようにして、接合物を製造した。

【0035】

40

(2) 破断エネルギー測定試験

このようにして得られた接合物より削り出した試験片 (引張試験片平行部: 直径 8 mm) について、JIS Z 2242 (金属材料衝撃試験方法) に準拠して、破断エネルギーを測定した。結果を表 1 に示す。

【0036】

破断エネルギーは次の式から求められる。

$$\cdot \text{破断エネルギー} (E) = M (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

ここで $M = W \cdot r$ (W はハンマの質量による負荷 (単位: N) であり、 r はハンマの回転軸中心から重心までの距離 (単位: m) である。) で表される。

また、 θ_1 はハンマの持ち上げ角度であり、 θ_2 は試験片破断後のハンマの振上がり角度で

50

ある。

なお、今回の試験装置としては、発生最大衝撃エネルギーが次の如き装置を用いた。従って、破断エネルギーとして、最大9.7KJまで測定できることになる。

$$W = 10.78 \text{ KN}$$

$$r = 0.9 \text{ m}$$

$$M = W \cdot r = 9.702 \text{ KN} \cdot \text{m} \quad 9.7 \text{ KJ}$$

【0037】

【表1】

金属部材の材質		接合温度		破断エネルギー
		第1段目接合時の最高温度	第2段目接合時の最高温度	
SKD11	本発明	1010℃	1060℃	>9.7KJ (破断せず)
	本発明	1060℃	1060℃	>9.7KJ (破断せず)
	本発明	1060℃	1080℃	>9.7KJ (破断せず)
	比較例	1060℃	—	2.8KJにて破断
SKD61	本発明	1010℃	1060℃	>9.7KJ (破断せず)
	本発明	1060℃	1060℃	>9.7KJ (破断せず)
	本発明	1060℃	1080℃	>9.7KJ (破断せず)
	比較例	1060℃	—	2.8KJにて破断
SUS420J2	本発明	1010℃	1060℃	>9.7KJ (破断せず)
	本発明	1060℃	1060℃	>9.7KJ (破断せず)
	本発明	1060℃	1070℃	>9.7KJ (破断せず)
	比較例	1060℃	—	2.8KJにて破断
STAVAX (登録商標)	本発明	1010℃	1060℃	>9.7KJ (破断せず)
	本発明	1060℃	1060℃	>9.7KJ (破断せず)
	本発明	1060℃	1070℃	>9.7KJ (破断せず)
	比較例	1060℃	—	2.8KJにて破断
SNCM420	本発明	1100℃	1150℃	>9.7KJ (破断せず)
	本発明	1150℃	1150℃	>9.7KJ (破断せず)
	本発明	1150℃	1170℃	>9.7KJ (破断せず)
	比較例	1150℃	—	2.8KJにて破断
SKH51	本発明	1150℃	1170℃	>9.7KJ (破断せず)
	本発明	1150℃	1150℃	>9.7KJ (破断せず)
	比較例	1150℃	—	2.8KJにて破断
HAP40 (登録商標)	本発明	1150℃	1170℃	>9.7KJ (破断せず)
	本発明	1150℃	1150℃	>9.7KJ (破断せず)
	比較例	1150℃	—	2.8KJにて破断

【0038】

表1の結果によれば、本発明のように昇降温操作を複数回繰り返すことにより、難接合金属材料を強固に接合することができることが分かる。

【産業上の利用可能性】

【0039】

本発明によれば、ロウ材等の介在物なしに、難接合金属材料をパルス通電により強固に接合することができることから、金属材料の接合に有効に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】パルス通電による金属部材の接合装置の概念図である。

【図2】昇降温操作を1回だけ行う接合プログラムの概念図である。

【図3】昇降温操作を2回繰り返す接合プログラムの概念図である。

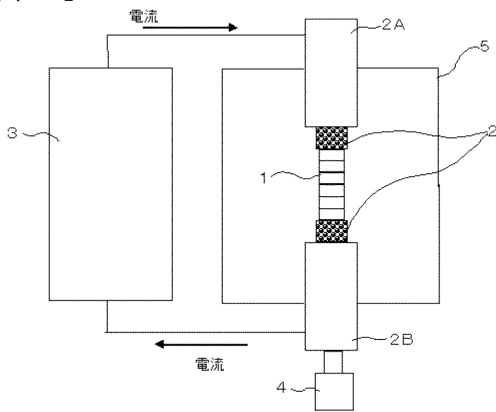
【図4】熱電対により温度を計測する模様を示す一部切り欠き説明図である。

【符号の説明】

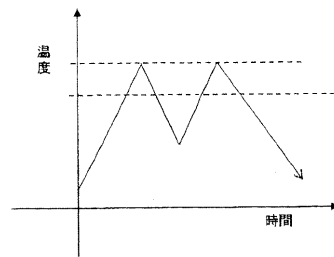
【0041】

- 1 金属部材
- 2 電極
- 2 A 上ラム電極
- 2 B 下ラム電極
- 3 パルス電流発生機
- 4 加圧手段
- 5 真空チャンバー
- 6 熱電対

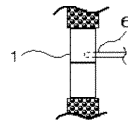
【図1】



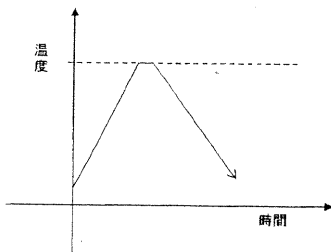
【図3】



【図4】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 石川 政幸

長野県伊那市東春近7300-63

Fターム(参考) 4E067 AA02 AA09 BA05 BB02 DA01 DA17 DC01 DC05 DC06 DD01