(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3548509号
(P3548509)
(45)発行日　平成16年7月28日(2004.7.28)　(24)登録日　平成16年4月23日(2004.4.23)

(51)Int.Cl.[7]　F I
B23K 20/00　B23K 20/00　Z
B23K 11/24　B23K 11/24　345

請求項の数 16　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2000-283127(P2000-283127)
(22)出願日　平成12年9月19日(2000.9.19)
(65)公開番号　特開2002-59270(P2002-59270A)
(43)公開日　平成14年2月26日(2002.2.26)
審査請求日　平成14年7月4日(2002.7.4)
(31)優先権主張番号　特願2000-170000(P2000-170000)
(32)優先日　平成12年6月7日(2000.6.7)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　598101262
諏訪熱工業株式会社
長野県諏訪市大字中洲４７５０番地１１
(73)特許権者　000183381
住友石炭鉱業株式会社
東京都北区王子１丁目２９番３号
(74)代理人　100089705
弁理士　社本　一夫
(74)代理人　100071124
弁理士　今井　庄亮
(74)代理人　100076691
弁理士　増井　忠弐
(74)代理人　100075270
弁理士　小林　泰

最終頁に続く

(54)【発明の名称】パルス通電接合方法及び接合装置並びに接合体

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

互いに接合する複数の通電可能な部材の接合面をグラファイト製の型を用いずに互いに突き合わせ、該通電可能な部材を所定の圧力で押圧しながら該通電可能な部材に直流パルス電流又は直流パルス電流と直流電流とを組み合わせた電流を流して放電プラズマ焼結法の原理を利用して仮接合し、仮接合された通電可能な部材を所定の温度条件の下で相互拡散熱処理することを特徴とするパルス通電接合方法。

【請求項２】

請求項１に記載のパルス通電接合方法において、該接合面が鏡面であるパルス通電接合方法。

【請求項３】

請求項１に記載のパルス通電接合方法において、該接合面が粗面であるパルス通電接合方法。

【請求項４】

請求項１ないし３のいずれかに記載のパルス通電接合方法において、該複数の通電可能な部材が同じ材質を有するパルス通電接合方法。

【請求項５】

請求項１ないし３のいずれかに記載のパルス通電接合方法において、該複数の通電可能な部材が異なる材質を有するパルス通電接合方法。

【請求項６】

請求項１ないし５のいずれかに記載のパルス通電接合方法において、互いに接合する３個以上の該通電可能な部材を直列に配置し複数対の接合面間で接合するパルス通電接合方法。

【請求項７】
請求項１ないし６のいずれかに記載のパルス通電接合方法において、該通電可能な部材の押圧力を５０メガパスカル以下とするパルス通電接合方法。

【請求項８】
請求項１ないし７に記載のパルス通電接合方法において、該熱処理を不活性雰囲気下で行うパルス通電接合方法。

【請求項９】
請求項１ないし８に記載のパルス通電接合方法において、該熱処理の温度を接合すべき通電可能な部材の最も低い融点の８５％以下の温度範囲で行うパルス通電接合方法。

【請求項１０】
請求項１ないし９に記載のパルス通電接合方法において、該相互拡散熱処理が完了した接合体を、更に、なましを行うことを特徴とする通電接合方法。

【請求項１１】
互いに接合すべき複数の通電可能な部材を接合面で接合する接合装置において、
該部材と接触して該通電可能な部材と電気的に導通可能な対の通電電極と、
該対の通電電極に接続されていて該通電電極に直流パルス電流又は直流パルス電流と直流電流とを組み合わせた電流を供給する電源装置と、
該対の通電電極を該接合面に向かって押圧する加圧装置と、
を備え、該対の通電可能な部材をグラファイト製の型を用いずに該通電電極の間に挟んで所定の圧力下で該電源装置から直流パルス電流又は直流パルス電流と直流電流とを組み合わせた電流を流して放電プラズマ焼結法の原理を利用して接合するパルス通電接合装置。

【請求項１２】
請求項１１に記載のパルス通電接合装置において、更に、電流の通電により仮接合された通電可能な部材を所望の雰囲気下で相互拡散熱処理する熱処理装置を備えるパルス通電接合装置。

【請求項１３】
請求項１２に記載のパルス通電接合装置において、更に、該熱処理装置に接続されて該熱処理装置内に不活性ガスを供給する不活性ガス供給源を備えるパルス通電接合装置。

【請求項１４】
複数の通電可能な部材の接合面をグラファイト製の型を用いずに互いに突き合わせ、該通電可能な部材を所定の圧力で押圧しながら該通電可能な部材に直流パルス電流又は直流パルス電流と直流電流とを組み合わせた電流を流して放電プラズマ焼結法の原理を利用して接合した後相互拡散熱処理を施した接合体。

【請求項１５】
請求項１４に記載の接合体において、接合面が鏡面に加工されている複数の通電可能な部材を用いて形成された接合体。

【請求項１６】
請求項１４又は１５に記載の接合体において、該複数の通電可能な部材のうち隣接する部材の少なくとも一方の接合面には液体を流すための液体通路を構成する溝が形成され、該複数の通電可能な部材のうち少なくとも一つの部材には前記液体通路を構成する少なくとも一つの貫通穴が形成され、該接合体には該液体通路を構成する貫通穴とは別の貫通孔が形成されて該別の貫通穴内にはキャビティを形成するコア部材が挿入可能である接合体。

【発明の詳細な説明】

【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、直流パルス電流又は直流パルス電流と直流電流とを組み合わせた電流を利用して二つの通電可能な部材を接合する接合方法及びその装置並びに接合体に関し、更に詳細

には、放電プラズマ焼結法のようなパルス通電焼結法の技術を利用して、互いに接合する複数の部材の接合面を合わせた状態で複数の通電可能な部材に直流パルス電流又は直流パルス電流と直流電流とを組み合わせた電流を流してそれらの部材の接合面を互いに接着させ、しかる後にそれらの部材を熱処理することによって接合を確実なものにするパルス通電接合方法及び接合装置並びにその接合方法によって接合された接合体に関する。

【０００２】

互いに接合させたい複数の部材を接合する方法は従来から種々実施されている。かかる接合させたい部材が金属材料でつくられているときの接合方法としては、（１）部材の接合部をバーナー、アーク放電等で加熱して、部材と同じ又は近似の材質を有する溶接補助材（溶接棒）を溶かして溶接補助材をそれらの部材に溶着させそれによって接合するいわゆる溶接、（２）上記溶接とは異なり接合する部材とは異なる材料でできた蝋材（Ｃｕ、Ａｇなどの合金或いはアモルファス金属）を真空雰囲気、窒素、アルゴン等の不活性雰囲気で、部材の接合面間で溶かして蝋材を介して接合する蝋付け、或いは（３）一対の電極で比較的薄い金属板を挟み電極により通電して金属板を溶接するスポット溶接等が広く知られている。

【発明が解決しようとする課題】

【０００３】

上記（１）の溶接では、加熱部分が溶接作業中に酸化するのを防止するために窒素、アルゴンなどの不活性ガスを加熱部に噴射する方法はあるものの、原則として溶接補助材としての溶接棒を接合面の外周に沿って部材に溶着させ（肉盛りさせ）それによって複数の部材を接合するものであり、接合面全面で接合させるには適していない。しかもこの溶接では、（ａ）溶接補助材が必要不可欠であること、（ｂ）溶接棒の溶解物を付着させるために部材の接合部を予め必要な体積だけ切除しなければならないこと、（ｃ）溶接棒の溶解物を必要部に正確に付着させることができないので、溶接部の後加工が必要不可欠であること、（ｄ）溶接すべき部材の金属組成を変化させない加熱、溶接温度を制御する熟練が必要であること、（ｅ）溶接部の溶接割れを起こさせない冷却温度及び速度を制御する熟練が必要であること、（ｆ）溶接部以外の熱的変形及び溶接部の体積増が起こること、（ｇ）材質の異なる金属部材の接合が困難であること、及び（ｈ）ＳＵＳなどの特殊の金属は、溶接によって質変化を起こすので適用できないこと、等の欠点がある。

【０００４】

また、上記（２）の蝋付けでは、接合面全体に蝋材を介在させることができて面接合を、前記溶接よりも低い温度で行うことができる利点もあるが、（ｉ）蝋材が必要であること、（ｊ）蝋材の強度以上の接合強度を得ることができないこと、（ｋ）蝋付けに際し蝋材の流出があり、接合部の仕上げ加工が必要不可欠であること、（ｌ）必要部分に限定した面の接合ができず、不必要な部分に蝋材が流れて付着すること、（ｍ）接合面全体に亘って均一な接合を望めないこと、（ｎ）特に蝋材の流出し易い外周部での接合強度が不均一になること、及び（ｏ）ＳＵＳなどの特殊金属の接合は困難であること、等の欠点がある。

【０００５】

更に、上記（３）のスポット溶接では、対の電極間で加熱エネルギーを短時間に発生させ、狭い面積を短時間で接合できるが、（ｐ）部材として薄い板状の材料しか接合できないこと、（ｑ）接合後の溶接歪みが大きいこと、（ｒ）部分溶接で極小さい面積しか溶接できないこと、及び（ｓ）部分接合なので接合後の変形が著しいこと、等の欠点がある。

更にまた、上記接合方法は金属部材間の接合にしか適用できず、金属と非金属との接合或いは非金属同士の接合には適さない。

【０００６】

一方、所定の圧力下で被接合部材間に直流電流を流して接合するホットプレス接合法或いは直流パルス電流を通電して焼結する放電プラズマ焼結法（ＳＰＳ）の原理を利用した接合方法も提案されているが、この既に提案されているＳＰＳ技術利用の接合方法では、接合しようとする部材をグラファイト製の型の中に入れてその型の中で接合する必要があり

接合作業が繁雑であり、また、接合部材の形状に大きな制約がある等の欠点があり、しかも接合強度が十分に得られない問題がある。また、放電プラズマ焼結法の原理を利用した他の接合方法として特開平１１－１５８５１４号に示されるものがあるが、この方法では接合面を粗面化する必要があり、鏡面状に研磨した接合面には適用できず、接合面での接合強度を十分に得られない問題がある。更に従来のホットプレス接合方法を単にバルク材の接合に適用しても十分な接合強度を得ることが困難である。

【０００７】

本発明が解決しようとする一つの課題は、放電プラズマ焼結等のパルス通電焼結の技術を利用して上述のような従来の接合方法の欠点をなくした新規なパルス通電接合方法及び接合装置並びにその方法及び装置によって接合された接合体を提供することである。

本発明が解決しようとする他の課題は、互いに接合すべき複数の通電可能な部材に直流パルス電流又は直流パルス電流と直流電流とを組み合わせた電流を流して部材の接合面での強固な接合を迅速に行えるパルス通電接合方法及び接合装置並びにその方法及び装置によって接合された接合体を提供することである。

本発明が解決しようとする別の課題は、材質の異なる部材でも容易にしかも強固に接合できる、パルス通電接合方法及び接合装置並びにその方法及び装置によって接合された接合体を提供することである。

本発明が解決しようとする別の課題は、金属材料間の接合だけでなく金属と非金属或いは非金属同士の接合も可能なパルス通電接合方法及び接合装置並びにその方法及び装置によって接合された接合体を提供することである。

本発明が解決しようとする更に別の課題は、互いに異なる平面形状を有する接合面間の接合でも比較的簡単かつ確実に行えるパルス通電接合方法及び装置並びにその方法及び装置によって接合された接合体を提供することである。

本発明の解決しようとする更に別の課題は、接合後の変形を最小限にして接合できるパルス通電接合方法及び接合装置並びにその方法及び装置によって接合された接合体を提供することである。

【０００８】

【課題を解決するための手段】

本発明によるパルス通電接合方法は、互いに接合する複数の通電可能な部材の接合面をグラファイト製の型を用いずに互いに突き合わせ、該通電可能な部材を所定の圧力で押圧しながら該通電可能な部材に直流パルス電流又は直流パルス電流と直流電流とを組み合わせた電流を流して放電プラズマ焼結法の原理を利用して仮接合し、仮接合された通電可能な部材を所定の温度条件の下で相互拡散熱処理することを含んで構成されている。

上記パルス通電接合方法において、該接合面が鏡面であっても、粗面であってもよい。また、該複数の通電可能な部材が同じ材質を有していても、或いは異なる材質を有していてもよい。更に、上記パルス通電接合方法において、互いに接合する３個以上の該通電可能な部材を直列に配置し複数対の接合面間で接合してもよい。更にまた、上記パルス通電接合方法において、該部材の押圧力を５０メガパスカル以下としても、該熱処理を不活性雰囲気下で行っても、該熱処理の温度を接合すべき部材の最も低い融点の８５％以下の温度範囲で行ってもよい。更に、接合面の位置精度を上げるために位置決めピン等を使用してもよい。更にまた、該相互拡散熱処理が完了した接合体を、更に、なましを行ってもよい。

【０００９】

本願の他の発明は、互いに接合すべき複数の通電可能な部材を接合面で接合するパルス通電接合装置において、該部材と接触して該通電可能な部材と電気的に導通可能な対の通電電極と、該対の通電電極に接続されていて該通電電極に直流パルス電流又は直流パルス電流と直流電流とを組み合わせた電流を供給する電源装置と、該対の通電電極を該接合面に向かって押圧する加圧装置と、を備え、該対の通電可能な部材をグラファイト製の型を用いずに該通電電極の間に挟んで所定の圧力下で該電源装置から直流パルス電流又は直流パルス電流と直流電流とを組み合わせた電流を流して放電プラズマ焼結法の原理を利用して

接合するように構成されている。
上記パルス通電接合装置において、更に、電流の通電により仮接合された通電可能な部材を所望の雰囲気下で相互拡散熱処理する熱処理装置を備えていても、更に、該熱処理装置に接続されて該熱処理装置内に不活性ガスを供給する不活性ガス供給源を備えていてもよい。
本願の別の発明は、複数の通電可能な部材の接合面をグラファイト製の型を用いずに互いに突き合わせ、該通電可能な部材を所定の圧力で押圧しながら該通電可能な部材に直流パルス電流又は直流パルス電流と直流電流とを組み合わせた電流を流して放電プラズマ焼結法の原理を利用して接合した後相互拡散熱処理を施されて構成されている。
上記接合体において、接合面が鏡面に加工されている複数の通電可能な部材が用いられてもよい。更にまた、該複数の通電可能な部材のうち隣接する部材の少なくとも一方の接合面には液体を流すための液体通路を構成する溝が形成され、該複数の通電可能な部材のうち少なくとも一つの部材には前記液体通路を構成する少なくとも一つの貫通穴が形成され、該接合体には該液体通路を構成する貫通穴とは別の貫通孔が形成されて該別の貫通穴内にはキャビティを形成するコア部材が挿入可能であるようにしてもよい。

【００１０】
【実施例】
以下、図面を参照して本発明の実施例について説明する。
まず、図１に示されるように、接合すべき複数、この例では二つの被接合部材（以下単に部材）１及び３を用意する。二つの部材は同じ材質であってもまた異なる材質であってもよい。各部材１及び３の互いに接合する面すなわち接合面２及び４は、平坦面が好ましいが、両表面間に隙間が形成されないようにすれば曲面、例えば同じ曲率の曲面でもよい。これらの接合面２及び４は、粗面（表面荒さがＪＩＳ規格で▽印程度）でもよいが、鏡面に加工する方が両部材の接合強度を高くかつ、接合による変形を小さくすることができるので、好ましい。
【００１１】
次に、部材１及び３を接合面２及び４を互いに突き合わせるようにして重ね、図２に示されるように、パルス通電接合装置１０の一対の通電電極間に配置する。パルス通電接合装置１０は、この実施例では、パルス通電接合部１１と、熱処理部２１とを備えている。パルス通電接合部１１は、台１２の上に絶縁部材を介して公知の方法で台と電気的に絶縁させて固定された下通電電極１３と、台１２の上方に配置され台に関して公知の方法で固定された流体圧シリンダ１４と、流体圧シリンダ１４のピストンロッド１５の先端（図で下端）に絶縁部材を介して公知の方法でピストンロッド１５と電気的に絶縁して固定された上通電電極１６とを備えている。流体圧シリンダは被接合材を押圧する加圧装置として機能する。加圧装置としては流体圧シリンダの代わりに電動モータ及びねじ機構で上通電電極を上下動させるようにしてもよい。上下通電電極は電源装置１７に電気的に接続されている。電源装置は直流のパルス電流を供給できるようになっている。電源装置１７は電源と通電電極との電気的接続及び切断を行うスイッチ機構（図示せず）を内蔵している。電源装置が供給できる電力は、電圧が１００Ｖ以下で、電流が、例えば２０００～５０００Ａの大電流の電力である。上記例では下通電電極を固定にして上通電電極を動かすようにしたが、その逆でも、或いは両者を動くようにしてもよい。熱処理部２１は公知の構造の真空熱処理炉が好ましい。また、パルス通電接合部１１と熱処理部２１とを一体化して移動可能な構造にしても、或いはそれらを別個に配置してもよい。
【００１２】
上記装置により部材１及び３を接合する場合、接合面２及び４を互いに突き合わせた状態で二つの部材１及び３を対の通電電極１２及び１６間に配置した後、流体圧シリンダ１４を動作させてピストンロッド１５により通電電極１６を部材１及び３側に押圧する。これにより台１２とピストンロッド１５との間に挟まれた対の通電電極１２及び１６は対の部材に向かって押圧され、対の部材１及び３は接合面側に押される。この押圧力は部材の材質によって異なるが５０メガパスカル（ＭＰａ）以下でよい。このように部材を押圧した

状態で電源装置１７から通電電極１２及び１６を介して部材１及び３に所望の値の直流パルス電流を流すと、両部材は接合面２及び４で互いに接合する。この接合の正確な原理は必ずしも明確ではないが接合面間での放電プラズマの発生、ジュール熱による熱拡散効果、電場による電界拡散効果などにより接合されるものと考えられる。また、直流電流及びパルス電流を同時に流しても両部材は接合面２及び４で互いに接合する。この状態での両部材間の接合は接合強度の点で見た場合まだ完全なものではない。そこでこの接合状態を仮接合と呼び、仮接合された部材を仮接合体と呼ぶ。仮接合された部材１及び３により構成される仮接合体は熱処理部２１の熱処理炉内で熱処理が行なわれる。熱処理温度及び時間は部材の材質及び大きさによって異なる。この熱処理を行うことにより仮接合されていた接合面間の接合が完全なものになって完全な接合体になり、その接合体の接合強度は部材の材質の強度に匹敵する値になる。このように、本発明の接合方法及び装置で使用する電流は、直流電流、パルス電流、及び直流電流とパルス電流との組み合わせ電流があるが、このうちパルス電流及び直流電流とパルス電流との組み合わせ電流を使用する場合にはパルス電流が必ず流されるのでパルス通電接合方法及び装置と呼ぶこともできる。

【００１３】

実施例１

図３［Ａ］に示されるように、直径２０ｍｍ、長さ９０ｍｍの円形断面形状を有し、ＳＵＳ３０４でできた２本の丸棒１ａ及び３ａを用意し、その各接合面２ａ及び４ａを鏡面に加工した後、上記のようにパルス通電接合装置１０にセットした。その後電源装置から通電電極を介して丸棒に電圧３～５Ｖ、電流１０００～２０００Ａの直流パルス電流を１０～３０分間流して仮接合した。その後仮接合された丸棒を不活性雰囲気の下で温度１０００～１１００℃で３０～９０分間相互拡散熱処理を行った。熱処理完了後の丸棒の中央部を平均直径１５．０５ｍｍとなるように切削し、標点距離４０ｍｍとして引っ張り試験を行った。その結果、引っ張り後長さが５２．０ｍｍ、伸びが３０．０％、引っ張り強さが５５１Ｎ／ｍｍ２となった。この値は同じ材質、寸法で単一の部材の引っ張り強さに比較してほぼ同等である。

【００１４】

実施例２

図３［Ｂ］に示されるように、直径２０ｍｍ、長さ９０ｍｍの円形断面形状を有し、ＳＫＤ６１（合金工具鋼鋼材）でできた２本の丸棒１ｂ及び３ｂを用意し、その各接合面２ｂ及び４ｂを鏡面に加工した後、上記のようにパルス通電接合装置１０にセットした。その後電源装置から通電電極を介して丸棒に電圧３～５Ｖ、電流１０００～２０００Ａの直流パルス電流を１０～３０分間流して仮接合した。その後仮接合された丸棒を不活性雰囲気の下で温度１０００～１１００℃で３０～９０分間相互拡散熱処理を行った後、完全なましを行った。熱処理完了後の丸棒の中央部を平均直径１５．０５ｍｍとなるように切削し、標点距離４０ｍｍとして引っ張り試験を行った。その結果、引っ張り後長さが４６．７ｍｍ、伸びが１６．８％、引っ張り強さが６９５Ｎ／ｍｍ２となった。この値は同じ材質、寸法で単一の部材の引っ張り強さに比較してほぼ同等である。

【００１５】

［削除］

【００１６】

実施例４

実施例２と同様に、図３［Ｂ］に示される直径２０ｍｍ、長さ９０ｍｍの円形断面形状を有し、ＳＫＤ６１（合金工具鋼鋼材）でできた２本の丸棒１ｂ及び３ｂを用意し、その各接合面２ｂ及び４ｂを鏡面に加工した後、上記のようにパルス通電接合装置１０にセットした。その後電源装置から通電電極を介して丸棒に電圧５～１０Ｖ、電流８００～２０００Ａの直流電流と、電流５００～１０００Ａのパルス電流とを１０～２５分間流して仮接合した。その後仮接合された丸棒を不活性雰囲気の下で温度１０００～１１００℃で３０～９０分間相互拡散熱処理を行った後、完全なましを行った。熱処理完了後の丸棒の中央部を平均直径１５．０５ｍｍとなるように切削し、標点距離４０ｍｍとして引っ張り試験

を行った。その結果、引っ張り後長さが４５．８ｍｍ、伸びが１４．５％、引っ張り強さが６９０Ｎ／ｍｍ２となった。この値は同じ材質、寸法で単一の部材の引っ張り強さに比較してほぼ同等である。

【００１７】

パルス電流のみ或いはパルス電流と直流電流の両者の電流を流して行う上記パルス通電接合方法によれば、上記実施例のように同じ断面積、同じ材質を有する棒状の部材の接合だけでなく、異なる材質を有する金属部材、例えば、ＳＫＤ６１製部材とアルミニュウム合金製部材、ＳＵＳ３０４製部材とＳＵＳ４２０Ｊ２製部材、銅合金製部材とＳＵＳ４２０Ｊ２製部材、ＳＫＨ５１（高速度工具鋼鋼材）製部材とＳＫＤ６１製部材と間の接合のみならず、金属部材と非金属部材との間の接合或いは非金属部材同士の接合を、溶接補助材、蝋材を使用することなく行うことが可能である。更に、図４［Ａ］に示されるように、同じ平面形状の二つの部材１ｃ及び３ｃを位置をずらして、或いは、図４［Ｂ］に示されるように、異なる平面形状の二つの部材１ｄ及び３ｄを接合することが可能である。更に、図４［Ｃ］に示されるように、同じ平面形状の三つ以上の部材１ｅ、３ｅ及び５ｅを位置をずらして、したがって複数対の接合面２ｅと６ｅとの間及び７ｅと４ｅとの間で同時に接合することが可能である。更にまた、図４［Ｄ］に示されるように、部材１ｆの接合面２ｆ上に任意の形状の複数の部材（この例では円形の部材１ｆを四分割したもの）３ｆ及び５ｆを接合することができる。この場合、部材の材質を同じにすれば、このようにすることによって困難な機械加工を施すことなく、複雑な形状の部品を製造できる。特に、部材１ｆと３ｆ及び５ｆとの接合部周辺には丸みが形成されないが、機械加工により図４［Ｄ］に示されるような形状に加工した場合には工具の性質上その部分に丸みが形成されてしまう。もちろん直流電流のみを流して行う場合でも、上記部材の接合を同じように行うことができる。

【００１８】

図５及び図６において、本発明による接合方法により具体的な製品としてプラスチックギヤ成形型を製造する例が示されている。この例は、成形型内に冷却液を流すための冷却液通路を形成するために予め分割された複数（この実施例では４個）の部材を用意し、その部材に冷却液通路を形成した後それらの部材を本発明の接合方法により接合して成形型用母材として一体化し、その後にその母材に機械工等を施して成形型にするものである。このプラスチック成形型用母材１００は、ＳＫＤ６１製円筒形或いは円板形の四つの部材１１０、１２０、１３０及び１４０を備えている。最下側（図５において）の部材１１０の一方の面（図６において上面）１１１は平坦面（好ましくは鏡面）に加工され、そこには部材の軸心を中心とする円形の溝１１３が形成されている。また、中間の部材１２０及び１３０の一方の面（図６において上面）１２１及び１３１もそれぞれ平坦面（好ましくは鏡面）に加工され、それらの面には部材の軸心を中心とする円形の溝１２３及び１３３がそれぞれ形成されている。更に、最上側（図５において）の部材１４０の下面（図６において）１４２並びに中間の部材１２０、１３０の他方の面（図６で下面）も平坦面（好ましくは鏡面）に加工されている。これらの溝１１３、１２３及び１３３は部材の中心軸線を中心とする同一の円周上に形成されていている。

【００１９】

各部材１１０、１２０、１３０及び１４０には一対の位置決め穴１１６、１２６、１３６及び１４６がそれぞれ直径方向に隔てて形成されている。これらの位置決め穴は互いに整合されるように配置され、そのうち各対の位置決め穴１２６及び１３６はそれぞれ貫通穴になっている。部材１１０の位置決め穴１１６は上面１１１から下方に所定の深さまで伸びている。また、部材１４０の位置決め穴１４６は下面１４２から上方に所定の深さまで伸びている。位置決め穴内には位置決めピン（図示せず）が挿入され、四つの部材を位置決めするようになっている。上二つ（図５において）の部材１３０及び１４０には円周方向に等間隔に隔てて配置された四つの貫通穴１３７及び１４７がそれぞれ貫通して形成されている。部材１３０の上面１３１には、四つの貫通穴１３７のうち直径方向（図６において左右方向）に隔てられた二つの貫通穴１３７と円形の溝１３３とを連通する連通溝１

３８が、円形の溝１３３から半径方向に伸張させて形成されている。部材１２０には直径方向（図６では左右方向）に隔てられた一対の貫通穴１２７が貫通して形成されている。部材１２０の上面１２１には、部材１３０に形成された四つの貫通穴１３７のうち残りの二つの直径方向（図６において上下方向）に隔てられた貫通穴１３７の下面１３２側の開口端と、上面１２１に形成された円形の溝１２３とを連通する連通溝１２８が、円形の溝１２３から半径方向に伸張させて形成されている。部材１１０の上面１１１には円形の溝１１３から半径方向に伸びていて部材１２０の下面１２２に開口する二つの貫通穴（図６で左右方向に隔てられた二つの貫通穴）１２７と連通する連通溝１１８が形成されている。

【００２０】

上記のように予め機械加工された部材１１０、１２０、１３０及び１４０は、図５に示されるように重ね合わされかつ図示しない位置決めピン及び位置決め穴１１６、１２６、１３６及び１４６により位置決めされて、前述のパルス電流又はパルス電流と直流電流の組み合わせ電流を流すパルス通電接合法によりそれらの部材を一体的に接合させることにより成形型用母材１００が作られる。そして、成形型用母材には複数の円形の溝１１３、１２３及び１３３、貫通穴１２７、１３７及び１４７並びに連通溝１１８、１２８及び１３８によって形成される冷却液通路が形成される。成形型用母材１００には中心部（円形の溝より半径方向内側でその溝と干渉しない位置）に貫通穴が形成され、その貫通穴内に、プラスチックの成形に必要なキャビティ（プラスチック材を流し込む空洞）を形成するコア部材を嵌合して成形型につくり上げられる。なお、上記成形型母材を成形型にする工程は本願発明の要旨と直接関係ないので、説明は省略する。成形型として使用時に成形型の冷却液通路内に外部から矢印のように冷却液を流してプラスチックギヤ成形型の冷却を行う。矢印→で示される冷却液の流れは円形の溝１２３内を流れてその近傍を冷却し、矢印⇒で示される冷却液の流れは円形の溝１１３及び１３３内を流れてその近傍を冷却する。なお、上記例では部材の互いに合わされる二つの面の一方にのみ円形の溝及び連通溝を形成しているが、両面に面対称に形成して二つ合わせて一つの通路としてもよい。また、溝の平面形状は上記実施例のような円形に限られず、任意の形状にすることができる。

【００２１】

図１及び図２に示されたパルス通電接合装置１０では、パルス通電接合部１１により複数の部材をパルス電流及び直流電流の少なくとも一つの電流を流すことにより仮接合して単一の仮接合体をつくり、この単一の仮接合体を熱処理部２１により熱処理して完全な接合体としているが、複数の仮接合体をまとめてバッチ式に熱処理してもよい。また、接合体が比較的小型で量産品である場合には、図７及び図８に示されるように、通電電極１３ｇ及び１６ｇを表面積の大きな円板状にして、それらの通電電極の間に複数対の部材１及び３を配置し、一度に複数組の部材を仮接合させるようにしてもよい。

【００２２】

上記からも明らかなように、本発明の接合方法によれば、ＩＣ基板と冷却金属体との接合、超硬金属と通常の金属との接合、アルミニュウム等でできた部材への耐食性、耐摩耗性部材の接合、複数段のカムの接合、ギヤとピニオンとの接合、軸とギヤとの接合、等様々に応用が可能である。

【００２３】

【効果】

本発明によれば次の様な効果を奏することができる。

（イ）溶接補助材を全く使用せずに接合が可能である。

（ロ）接合面を全面を、かつ全面に亘って均一に接合できる。

（ハ）接合面を平面にするだけで容易に接合できる。

（ニ）接合面の平面精度を上げることによって接合強度を高くできる。

（ホ）接合強度を接合される金属部材の材質の強度と同一にできる。

（ヘ）接合部の変形を微少にして接合できる。

（ト）接合部周辺における溶接補助材、蝋の削除のような後加工が不要である。

（チ）正確な接合位置で接合が可能である。
（リ）微細部分の接合も簡単に行うことができる。
（ヌ）被接合部材を部品として完成してから接合できるので複雑な形状のものを接合により組立可能である。
（ル）被接合部材の性質を損なうことなく接合することが可能である。
（オ）異なる材質の金属部材を容易に接合可能である。
（ワ）接合部以外の部分温度を適正に制御して接合可能である。
（カ）異なる形状の複数の部材を同時に接合可能である。

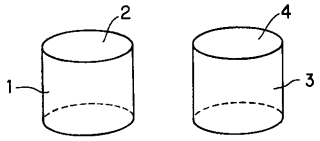
【図面の簡単な説明】

【図１】本発明のパルス通電接合方法で接合する二つの部材を示す斜視図である。
【図２】本発明のパルス通電接合装置の原理構成を示す側面図である。
【図３】実施例１及び実施例２で接合する丸棒の斜視図である。
【図４】本発明の接合方法の応用例を示す斜視図である。
【図５】本発明のパルス通電接合方法によりつくったプラスチックギヤ成形型の斜視図である。
【図６】図５の成形型の各部材を分解した状態で示す斜視図であって、各部材に形成された溝、貫通穴、連通溝等の配置関係を示す図である
【図７】本発明のパルス通電接合装置の変形例を示す側面図である。
【図８】図７の線Ａ－Ａに沿って見た図であって、通電電極上での部材の配列状態を示す図である。

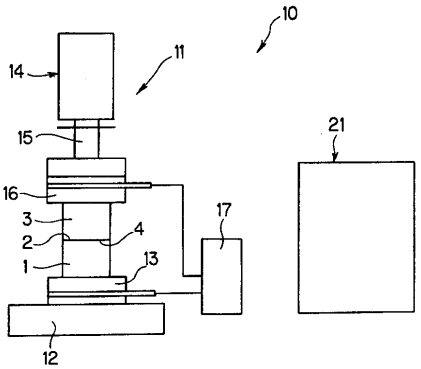
【符号の説明】

１０　パルス通電接合装置
１１　パルス通電接合部
１３、１６　通電電極
１４　加圧装置
１７　電源装置
２１　熱処理部

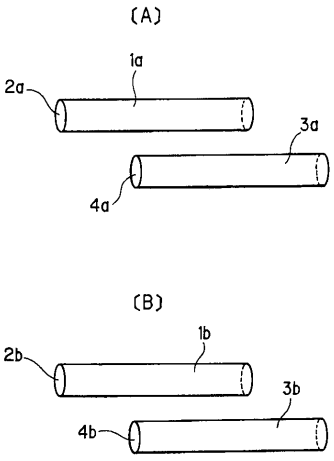
【図１】



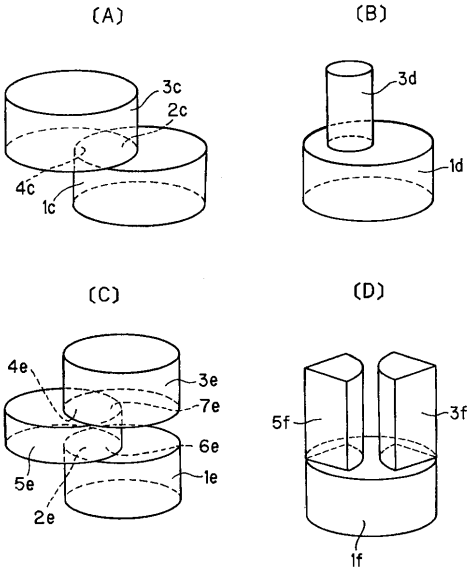
【図２】



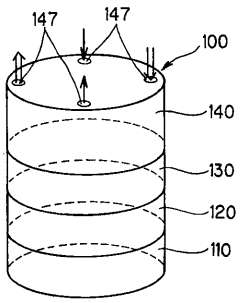
【図３】



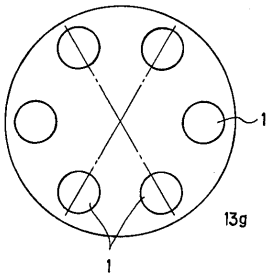
【図４】


(A)
(B)
(C)
(D)
3c
2c
4c
1c
3d
1d
4e
3e
7e
6e
5e
1e
2e
5f
3f
1f

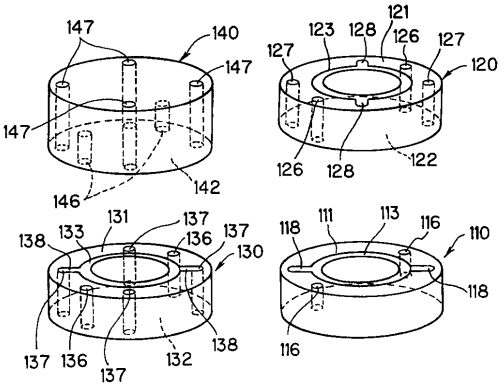
【図５】


147
147
100
140
130
120
110

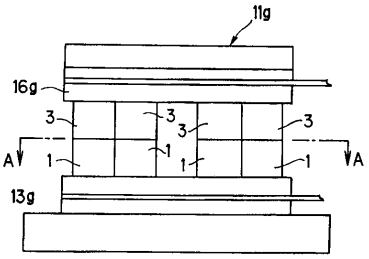
【図８】


1
13g
1

【図６】


147
140
147
147
146
142
121
123
128
126
127
127
120
126
128
122
131
137
138
133
136
137
130
137
136
132
138
111
113
116
110
118
118
116

【図７】


11g
16g
3
3
3
3
A
1
1
1
1
A
13g

フロントページの続き

(74)代理人 100096013
弁理士 富田 博行
(74)代理人 100093805
弁理士 内田 博
(72)発明者 宮坂 好人
長野県諏訪市大字中洲４７５０番地１１ 諏訪熱工業株式会社内
(72)発明者 鴇田 正雄
東京都港区西新橋三丁目２０番４号 住友石炭鉱業株式会社内
(72)発明者 唐沢 均
長野県諏訪市大字中洲４７５０番地１１ 諏訪熱工業株式会社内
(72)発明者 西山 文毅
長野県諏訪市大字中洲４７５０番地１１ 諏訪熱工業株式会社内

審査官 紀本 孝

(56)参考文献 特開平１１－１２３５６７（ＪＰ，Ａ）
石山 孝（外２名），低放射化フェライト鋼Ｆ－８２Ｈの放電プラズマ焼結（ＳＰＳ）接合技術の開発，ＪＡＥＲＩ－ＴＥＣＨ，日本，日本原子力研究所，１９９８年 1月 6日，９７－６１

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
B23K 20/00 Z
B23K 11/24 345