

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5793495号  
(P5793495)

(45) 発行日 平成27年10月14日(2015.10.14)

(24) 登録日 平成27年8月14日(2015.8.14)

(51) Int.Cl.

F 1

B23K 11/11 (2006.01)

B23K 11/11 540

B23K 11/24 (2006.01)

B23K 11/24 394

B23K 11/24 315

請求項の数 20 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2012-524709 (P2012-524709)  
 (86) (22) 出願日 平成22年5月25日 (2010.5.25)  
 (65) 公表番号 特表2013-501628 (P2013-501628A)  
 (43) 公表日 平成25年1月17日 (2013.1.17)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2010/036034  
 (87) 國際公開番号 WO2011/019430  
 (87) 國際公開日 平成23年2月17日 (2011.2.17)  
 審査請求日 平成25年5月2日 (2013.5.2)  
 (31) 優先権主張番号 61/234,019  
 (32) 優先日 平成21年8月14日 (2009.8.14)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

前置審査

(73) 特許権者 512037288  
 アルセロルミタル・インペスティガシオン  
 ・イ・デサロジョ・エセ・エレ  
 スペイン国、セスタオ、カジエ チヤバリ  
 6  
 (74) 代理人 100095267  
 弁理士 小島 高城郎  
 (72) 発明者 オウ、ウェンカオ  
 アメリカ合衆国、46375 インディア  
 ナ州、シェアアービル、ウエスト76アヴ  
 ェニュー 14

審査官 青木 正博

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】直流マイクロパルスを用いた抵抗スポット溶接方法及びシステム

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

直流マイクロパルスを用いて鋼シートを抵抗スポット溶接する方法であって、第1の電極及び第2の電極を通して複数の直流マイクロパルスを少なくとも2枚の鋼シートに対して印加することにより前記少なくとも2枚の鋼シートを局所的に溶融させ、それにより前記少なくとも2枚の鋼シートの溶接接合である溶接ナゲットを形成することを含み、

前記複数の直流マイクロパルスの、1msと10msの間の持続時間をそれぞれ有する各々が、複数の溶接電流オフタイムの、1msと10msの間の持続時間をそれぞれ有する各々と交互になるように印加され、かつ、前記溶接電流オフタイムの間は前記少なくとも2枚の鋼シートに対して電流が印加されないか、又は、前記直流マイクロパルスに比べて小さい電流が印加される、抵抗スポット溶接方法。

## 【請求項 2】

前記溶接電流オフタイムの間は、前記第1の電極及び第2の電極を通して前記少なくとも2枚の鋼シートに対して電流が印加されない、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記溶接電流オフタイムの間は、前記第1の電極及び第2の電極を通して前記少なくとも2枚の鋼シートに対して前記直流マイクロパルスに比べて小さい電流が印加される、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 4】

10

20

前記溶接ナゲットがミクロ組織を有する、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 5】**

前記溶接ナゲットが 5 mm ~ 7 mm である、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 6】**

交互の前記複数の直流マイクロパルスと前記複数の溶接電流オフタイムを繰り返すこと  
をさらに含み、それにより複数の前記溶接ナゲットを 2 枚の鋼シート間の継ぎ目に沿って  
生成する、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 7】**

前記鋼シートが、ホットディップメッキコーティングをもつ鋼シートである、請求項 1  
に記載の方法。

10

**【請求項 8】**

前記直流マイクロパルスを印加する間、前記少なくとも 2 枚の鋼シートをともに所定の  
加圧力により固定することを含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 9】**

前記所定の加圧力が 1 kN と 10 kN の間である、請求項 8 に記載の方法。

**【請求項 10】**

前記複数の直流マイクロパルスの各々の大きさが、1 kA と 20 kA の間である、請求項 9  
に記載の方法。

**【請求項 11】**

前記複数の直流マイクロパルスの各々の大きさが、1 kA と 20 kA の間である、請求項 1  
に記載の方法。

20

**【請求項 12】**

抵抗スポット溶接を行うべく直流マイクロパルスを印加するためのシステムであって、  
複数の直流マイクロパルスを少なくとも 2 枚の鋼シートに対して印加することにより前  
記少なくとも 2 枚の鋼シートを局所的に溶融させ、それにより前記少なくとも 2 枚の鋼シ  
ートを接合する溶接接合である接合ナゲットを形成するべく構成された第 1 の電極及び第  
2 の電極と、

前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極により前記少なくとも 2 枚の鋼シートに 1 又は複数  
の直流マイクロパルスを印加するべく前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極と接続された溶  
接コントローラであって、複数の直流マイクロパルスの、1 ms と 10 ms の間の持続時間を  
それぞれ有する各々が、複数の溶接電流オフタイムの、1 ms と 10 ms の間の持続時間をそ  
れぞれ有する各々と交互になるように印加されるべく構成され、かつ、前記溶接電流オフ  
タイムの間は前記少なくとも 2 枚の鋼シートに対して電流が印加されないか、又は、前記  
直流マイクロパルスに比べて小さい電流が印加されるべく構成されている、前記溶接コン  
トローラと、を有する、抵抗スポット溶接システム。

30

**【請求項 13】**

前記溶接コントローラが、前記溶接電流オフタイムの間は、前記第 1 の電極及び第 2 の  
電極を通して前記少なくとも 2 枚の鋼シートに対して電流を印加しないように構成されて  
いる、請求項 12 に記載のシステム。

40

**【請求項 14】**

前記溶接コントローラが、前記溶接電流オフタイムの間は、前記第 1 の電極及び第 2 の  
電極を通して前記少なくとも 2 枚の鋼シートに対して前記直流マイクロパルスに比べて小  
さい電流が印加されるべく構成されている、請求項 12 に記載のシステム。

**【請求項 15】**

前記溶接コントローラが、前記溶接ナゲットがミクロ組織を有して形成されるべく構成  
されている、請求項 12 に記載のシステム。

**【請求項 16】**

前記溶接コントローラが、前記溶接ナゲットが 5 mm ~ 7 mm となるべく構成されている、  
請求項 12 に記載のシステム。

**【請求項 17】**

50

前記第1の電極及び前記第2の電極が、所定の加圧力により前記少なくとも2枚の鋼シートをともに固定するために構成されている、請求項1\_2に記載のシステム。

【請求項18】

前記所定の加圧力が1kNと10kNの間である、請求項1\_7に記載のシステム。

【請求項19】

前記溶接コントローラが、前記複数の直流マイクロパルスの各々の大きさが1kAと20kAの間であるように構成されている、請求項1\_8に記載のシステム。

【請求項20】

前記溶接コントローラが、前記複数の直流マイクロパルスの各々の大きさが1kAと20kAの間であるように構成されている、請求項1\_2に記載のシステム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、2009年8月14日に出願された米国暫定特許出願第61/234,019「金属シート接合のためのマイクロパルス抵抗スポット及びシーム溶接方法」の利益を主張するものであり、ここに参照することによりその全ての開示を包含するものとする。

【0002】

本発明は溶接に関し、特に、直流マイクロパルスを用いた抵抗スポット溶接のための方法及びシステムに関し、抵抗スポット溶接することを含み、同種又は異種のシート材料を溶接するために使用可能な抵抗スポット溶接方法を含むとともに、電極寿命を延ばし、溶接電流範囲を拡げ、溶接サイズ（高溶接接合強度）を拡大し、かつ溶接ナゲット中にミクロ組織を形成するものである。この方法は、USIBOR（登録商標）等のホットディップメッキシート鋼など、異なる（重く、酸化された）コーティングをもつシートメタルを接合するために特に（但し限定しないが）適している。

20

【背景技術】

【0003】

抵抗スポット溶接の典型例においては、一対の電極が、所定の力により2又はそれ以上の材料片をともに挟持し、材料片を通して電極のチップ間に溶接電流を流す。材料片を通して溶接電流が流れると、電流に対する材料の抵抗が、材料を本来の融点まで昇温させる。得られた溶融材料が所定の力の下で固化することにより、溶接接合すなわちナゲットを形成する。

30

【0004】

2又はそれ以上のシート材料片を互いに溶接するために用いられる汎用的な抵抗スポット溶接プロセスは、交流（AC）又は直流（DC）を適用できる。動作電流範囲は、設計された最小溶接サイズのための溶接電流（最小溶接電流）と散り溶接電流（最大溶接電流）の間の溶接電流値として規定される。溶接電流入力は、1又は複数のパルスでもよい。各溶接電流パルスの時間は、毎秒1サイクルから毎秒6サイクル又はそれ以上までの範囲でもよい。

【0005】

溶接電流範囲は、最小溶接ナゲットサイズを形成するために必要な小さい側の限界（すなわち最小）と、溶融メタル散りを生じる大きい側の限界（すなわち最大）の間の差として定義される。抵抗スポット溶接（RSW：resistance spot welding）の溶接性能試験では、DC溶接電流モードを用いたとき、薄い寸法（0.91mm）のUSIBOR（登録商標）1500Pについては安定な溶接電流範囲が無く、1.52mmのUSIBOR（登録商標）1500Pについては非常に狭い溶接電流範囲があることが明らかとなった。抵抗スポット溶接試験はさらに、AC溶接電流を用いたときは、安定な溶接電流範囲があることを示した。これらの試験結果は、DCにおける電極チップ面の劣化率が、ACにおけるそれよりも遙かに高いことを示している。より高い加圧力、より長い溶接時間及びより大きい電極を用いることにより、DC溶接における溶接電流範囲を拡げることは可能である。しかしながら、試験結果はまた、溶接パラメータの最適化による電極寿命の改善は非常に限定期であることを見い

40

50

出した。

【0006】

低周波直流（DC）抵抗溶接機及び中周波直流（MFDC）抵抗溶接機は、溶接用の一定の二次DC電流出力を生成する。中周波直流（MFDC）抵抗溶接機は、一次電流を二次電流に変換するために、基本交流の周波数（50又は60Hz）の替わりに400~2,500Hzの周波数パルスを利用する。よって、MFDC溶接機のサイズは、AC及び低周波DC溶接機に比べて格段に小さくなる。MFDC抵抗溶接機の出力溶接電流は、一定を維持する。さらに、MFDC溶接機は、低周波DC及びAC溶接機のように電源ラインの障害の原因となることがない。

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

MFDC抵抗スポット溶接機は、その小サイズ、軽量及び可制御性故に自動車、電機、航空機の製造業において広く用いられ、特にロボット的な用途に適している。一方、AC抵抗スポット溶接機のサイズ、重量、及び／又は制御は、同様の用途には適していない。従って、拡大された溶接電流範囲、延長された電極寿命、溶接ナゲットの微細なミクロ組織、良好な溶接接合強度、又はこれらの特徴の組合せを有する、堅牢な抵抗スポット溶接プロセスを得るための革新的な抵抗スポット溶接方法を開発することが有益である。

【課題を解決するための手段】

【0008】

20

ここに開示された実施例は、直流マイクロパルスを用いた、抵抗スポット溶接のための方法及びシステムを提供する。

【0009】

例えば、直流マイクロパルスを用いた、抵抗スポット溶接のための方法及びシステムの一実施例は、第1の電極及び第2の電極を通して少なくとも2つの材料片に対して複数の直流マイクロパルスを印加することにより溶接接合を形成するステップを含む方法を有する。直流マイクロパルスを用いた、抵抗スポット溶接のための方法及びシステムの別の実施例は、少なくとも2つの材料片に対して複数の直流マイクロパルスを印加することにより少なくとも2つの材料片を接合する溶接接合を形成するべく構築された第1の電極及び第2の電極を具備するシステムを有する。

30

【0010】

本発明の種々の態様に関する他の実施例及びさらなる詳細は、本発明の一部を構成する装置、システム、方法、キット、物品、組立品等を含み、以下の実施例の詳細な説明を読みかつ図面を参照することによりさらに明らかとなるであろう。本発明は、以下の説明、図面及び請求の範囲に記載された詳細にその適用が限定されるものではないが、他の実施例も可能であり、種々の方法により実施され実行される。

【0011】

これら並びに本発明の他の特徴、態様及び利点は、添付の図面を参照した以下の詳細な説明によりさらによく理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

40

【0012】

【図1】図1は、本発明の実施例による直流マイクロパルスを用いた抵抗スポット溶接の方法のフローチャートである。

【図2】図2は、本発明の実施例による直流マイクロパルスを用いた抵抗スポット溶接の第2の方法のフローチャートである。

【図3】図3は、本発明の実施例による直流マイクロパルスを用いた抵抗スポット溶接のシステムの構成図である。

【図4】図4は、本発明の実施例による直流マイクロパルス（MPDC）プロセス、汎用的なMFDCプロセス、及び汎用的なACプロセスにおいて測定された溶接電流波形の例を示すグラフである。

50

【図5】図5は、本発明の実施例によるMPDCプロセスと汎用的なMFDCプロセスにおいて測定された溶接電流範囲の比較の例を示すグラフである。

【図6】図6は、本発明の実施例によるMPDCプロセスと汎用的なMFDCプロセスにおいて測定された溶接サイズ及び溶接電流の比較の例を示すグラフである。

【図7】図7Aは及び図7Bは、本発明の実施例によるMPDCプロセスと汎用的なDCプロセスによりそれぞれ形成された溶接ナゲットのミクロ組織を示したものである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

添付の図面を参照しつつ本発明の実施例及び方法を詳細に説明する。図面全体において類似する参照符号は、類似する又は対応する部分を示す。しかしながら、広い態様における本発明は、特定の具体例、代表的な装置及び方法、並びに実施例及び方法に関連して示され説明された図示の例に限定されない。

10

【0014】

直流マイクロパルスを用いた抵抗スポット溶接方法の一実施例においては、一対の電極が、所定の加圧力すなわち把持力により2つの材料片（すなわち作業片）を共に固定する。一対の電極は、銅ベースの合金でもよく、例えば約5kN程度に設定された加圧力により2つの材料片を共に固定する。溶接コントローラが電極と接続されており、加圧力、溶接電流量、溶接持続時間、溶接の全数、及びオフタイム持続時間を含む1又は複数の溶接パラメータを制御するよう構成されている。

20

【0015】

一対の電極は、一対の電極間の少なくとも2つの材料片に対して複数の直流マイクロパルスを印加する。複数の直流マイクロパルスは、一連の短いオフタイムにより分離された一連の短い（例えば、1ms～10ms）直流パルスを含むことができる。各直流マイクロパルスの大きさは、1kA～20kA以上（例えば、5kA）とすることができます。一連の直流マイクロパルスを用いることにより、2つの材料片は局所的に溶融し、それにより2つの材料片が互いに接合する溶接接合を形成する。

30

【0016】

ここで図面を参照する。図中、類似の符号は、幾つかの図を通して類似の構成要素を示している。図1は、本発明の実施例による直流マイクロパルスを用いた抵抗スポット溶接の第1の方法のフローチャートである。この方法は、ステップ102にて、一対の電極が少なくとも2つの材料片に対して複数の直流マイクロパルスを印加することにより開始される。材料片は、抵抗スポット溶接に適した種々の物質を含んでもよく、例えば、銅等の1又は複数のタイプの金属である。溶接材料の標準寸法は、溶接される接合の設計に基づいて変更可能である。例えば、一実施例においては、少なくとも2つの材料片が、2枚の0.91mmのUSIBOR（登録商標）1500P鋼である。

30

【0017】

各直流マイクロパルスは、1～20キロアンペア（kA）以上のパルスが1～10ミリ秒（ms）持続する。他の実施例では、1つの直流マイクロパルスが、約1～10ms続き、1～20kA（すなわち1,000アンペア～20,000アンペア）の大きさを有する。各直流マイクロパルスは、溶接電流オフタイムにより分離されている。各溶接電流オフタイムは、約1～10ms持続してもよい。溶接電流オフタイム中は、少なくとも2つの材料片に印加される電流は全くないか、非常に小さい電流が印加される。

40

【0018】

幾つかの実施例においては、溶接電流オフタイムは、溶接電流のオンタイム（すなわちマイクロパルスの持続時間）と実質的に同じ持続時間である。他の実施例においては、溶接電流オフタイムは、溶接電流のオンタイムとは異なる。

50

【0019】

複数の直流マイクロパルスを印加することにより、ステップ104にて、少なくとも2つの材料片が互いに接合する溶接接合が形成される。1又は複数の溶接接合、すなわち溶接ナゲットが形成されすなわち生成される。一実施例においては、複数の溶接接合が2つの

材料間に沿って生成される。

【0020】

図2は、本発明の実施例による直流マイクロパルスを用いた抵抗スポット溶接の第2の方法のフローチャートである。ステップ202において、少なくとも2つの材料片が一緒に固定される。一对の電極が、所定の加圧力にてこれらの材料を一緒に固定してもよい。所定の力は、約1～10キロニュートン(kN)でよい。一実施例として、電極が約5kNの力で材料片を固定してもよい。幾つかの実施例では、2つ以上の材料片を一緒に固定してもよい。

【0021】

次に、ステップ204にて少なくとも2つの材料片に対して直流マイクロパルスを印加する。各直流マイクロパルスの大きさは、1kA～20kAの間でよい。各直流マイクロパルスの持続時間は、1ms～10msでよい。

10

【0022】

ステップ204で直流マイクロパルスを印加した後、ステップ206においてオフタイムの期間、溶接電流を遮断する。ステップ206のオフタイムの間、電流は印加されないか、非常に小さい電流が印加されてもよい。オフタイムの持続時間は、1ms～10msでよい。

【0023】

ステップ204及び206は、溶接接合を形成するために必要なだけ繰り返してもよい。溶接強度は、ステップ204の各直流マイクロパルス及びステップ206のオフタイムの全数及び持続時間により決定される。図2に示された方法の間、ステップ204の直流マイクロパルスは、2つの電極間を溶融温度まで局所的に加熱し、それにより溶接接合、すなわち溶接ナゲットを形成する。

20

【0024】

図3は、本発明の実施例による直流マイクロパルスを用いた抵抗スポット溶接システムの構成図である。図3に示すように、この装置は、第1の電極302と第2の電極304を有する。第1の電極302と第2の電極304はともに、溶接コントローラ310と接続されている。

【0025】

第1の電極302と第2の電極304は、第1の材料片306と第2の材料片308を挟持する、すなわちともに保持する。電極302、304は、材料片306、308を所定の力によりともに保持する。第1の電極302と第2の電極304は、直流マイクロパルス等の電気パルスを作業片に対して印加するべく構成されている。

30

【0026】

溶接コントローラ310は、溶接プロセスにおける種々の溶接パラメータを制御可能である。溶接パラメータには、加圧力、溶接周波数(すなわち溶接パルス及びオフタイムの持続時間)、全溶接時間(すなわち溶接パルスの全数)、及び溶接電流が含まれる。溶接コントローラ310は、少なくとも部分的には、溶接プロジェクトの特定の性質に基づいて種々の溶接パラメータを操作することができる。例えば、溶接コントローラ310は、少なくとも部分的に、少なくとも2つの材料片が互いに接合する溶接接合の接合設計、少なくとも2つの材料片のうち少なくとも1つの寸法、少なくとも2つの材料片のうち少なくとも1つのコーティング、少なくとも2つの材料のうち少なくとも1つの材料化学組成、少なくとも2つの材料片のうち少なくとも1つの1又は複数の力学的特性、一对の電極のサイズ、又は、加圧力の大きさに基づいて、1又は複数の溶接パラメータを制御可能である。

40

【0027】

幾つかの実施例では、市販されているM F D C 抵抗スポット溶接コントローラを、溶接コントローラ310として使用できる。一実施例として、溶接コントローラ310が、ウェルディング・テクノロジー・コーポレーション(Welding Technology Corporation)の3000シリーズ溶接コントロール(3000Series Welding Control)を具備してもよい。

50

## 【0028】

図4は、本発明の実施例によるM P D Cプロセス、M F D Cプロセス、及び汎用的なA Cプロセスについて測定された溶接電流波形を示すグラフである。左側に示すy軸は、1000アンペア(kA)単位で測定された電流を表す。x軸は、ミリ秒(ms)単位で測定された溶接時間を表す。図4に示された実施例では、波形、すなわち時間に亘る電流の測定は、マイクロパルスの直流402、M F D C溶接機の直流404、そして交流406である。

## 【0029】

図4に示されるように、抵抗スポット溶接の汎用的方法の1つは、作業片に対して一定の直流404を印加する。一定の直流404は、約5kA(この電流は接合される材料及び寸法に応じて1kAから20kA以上まで可変である)でよく、溶接プロセスの持続時間の間ずっと続く。抵抗スポット溶接方法の別の汎用的方法は、作業片に対して交流406を印加する。図4に示されるように、交流406は、約マイナス7(-7)kAとプラス7(+7)kAの間で約15msの周期で周期的に変化する(この電流は接合される材料及び寸法に応じて1kAから20kA以上まで可変である)。

## 【0030】

汎用的な抵抗スポット溶接方法と比較して、直流マイクロパルス402を用いた抵抗スポット溶接は、一連の短い直流パルスすなわちマイクロパルスを用いる。このような短い直流パルス(すなわちマイクロパルス)は、通常パルススパイク幅が40msを超える汎用的な電流パルスサイクルとは対照的である。図4に示すように、各マイクロパルスは約4ms持続し、その後に約4ms持続するオフタイムがある。パルス電流及びその後のオフタイムの持続時間は、数msだけ持続し、例えば約1~10msである。一実施例では、直流マイクロパルスとオフタイムは各々1ms続く。他の実施例では、直流マイクロパルスとオフタイムが各々、2ms、3ms、3.5ms、4ms、4.5ms、5ms又は10msである。

## 【0031】

直流マイクロパルスの間のオフタイムは、同程度の長さでよく、例えば約1~10msである。幾つかの実施例では、直流マイクロパルスの長さは実質的にオフタイムの長さと等しい。他の実施例では、直流マイクロパルスの長さが、オフタイムの長さと異なる。一例として、100個の直流マイクロパルスを用いる溶接が、5ms続く各直流マイクロパルスと3ms続くオフタイムからなり、全体で約800msの溶接時間を有してもよい。複数の直流マイクロパルスは、いずれの場合も3個又はそれ以上の数でもよく、例えば、5個、10個、80個、100個又はそれ以上のマイクロパルスである。

## 【0032】

各マイクロパルスの溶接電流の大きさ、溶接電流のオン持続時間及びオフ持続時間、並びにマイクロパルスの全数(すなわち全溶接時間)は、抵抗スポット溶接の溶接電流コントローラにより溶接接合設計に基づいて調整可能である。直流マイクロパルスの大きさは、少なくとも部分的には、互いに溶接される材料の特性及び寸法による。例えば、直流マイクロパルスの大きさは、作業片の寸法、作業片のコーティング、作業片の材料化学組成、作業片の力学的特性、電極のサイズ、印加される加圧力、及び全溶接時間に基づく場合がある。

## 【0033】

マイクロパルス抵抗スポット溶接は、汎用的なスポット溶接プロセスを超える幾つかの利点をもたらす。マイクロパルス抵抗スポット溶接の利点の1つは、電極チップの有効寿命がより長くなることである。汎用的なスポット溶接プロセスにおいては、電極が劣化し、有効寿命は200回よりも短い。しかしながら、マイクロパルス抵抗スポット溶接を用いると、電極寿命は溶接500回又はそれ以上に延長される。

## 【0034】

図5は、汎用的なM F D Cプロセス及び本発明の実施例によるM P D Cプロセスについて測定された溶接電流範囲の比較を例示したグラフである。汎用的なM F D C抵抗スポット溶接プロセスは、D C曲線502、504により表されている。本発明の実施例によるマ

10

20

30

40

50

イクロパルス直流スポット溶接プロセスは、M P D C 曲線 5 0 6、5 0 8 により表されている。汎用的及びマイクロパルスの直流溶接は双方とも、0.91 mmのUSIBOR（登録商標）1500Pを用いた溶接プロセス中に測定された。溶接プロセス中、一対のドーム電極の各々は直径 6.0 mm であり、5.0 kN の力で 0.91 mm のUSIBOR（登録商標）1500P を挟持した。溶接時間は、20 サイクルとした。

#### 【 0 0 3 5 】

第 1 の対の曲線である、DC 押圧直径 5 0 2 及び M P D C 押圧直径 5 0 6 は、試験された溶接プロセスにおける電極先端の押圧部分の直径を示している。これらの押圧直径曲線について、グラフの左側の y 軸が押圧部分の直径をミリメータ (mm) で表しており、x 軸が溶接回数を表している。第 2 の対の曲線である、DC 電流 5 0 4 及び M P D C 電流 5 0 8 は、試験された溶接プロセスにおいて測定された電流範囲を示している。これらの電流範囲曲線については、グラフの右側の y 軸が電流を kA で表しており、x 軸が溶接回数を表している。

#### 【 0 0 3 6 】

M P D C 押圧直径 5 0 6 によれば、マイクロパルス直流溶接による電流範囲約 2.11 kA ~ 1.72 kA にて 500 回の溶接後、相対的に安定な電極チップ押圧サイズ（元のチップ先端面直径 5.0 mm と比較して約 4.5 mm）を維持した。一方、DC 押圧直径 5 0 2 によれば、汎用プロセスによるわずか 200 回の溶接後、電極先端の押圧直径が 4.0 mm に低下した。なお、DC プロセスの溶接電流範囲は、わずか 0.29 kA であった。このように、M P D C プロセスは、汎用的抵抗スポット溶接プロセスと比較して、より長い有効電極寿命とより広い溶接電流範囲を実現する。

#### 【 0 0 3 7 】

マイクロパルス抵抗溶接の別の利点は、溶接電流範囲がより広いことである。図 6 は、汎用的な M F D C プロセス及び本発明の実施例による M P D C プロセスの溶接サイズと溶接電流の比較を示したグラフである。汎用的な直流抵抗スポット溶接プロセスは、DC 曲線 6 0 4 により表されている。本発明の実施例によるマイクロパルス直流スポット溶接プロセスは、M P D C 曲線 6 0 2 により表されている。左側の y 軸は、溶接サイズ（すなわち溶接ナゲット又は溶接接合の大きさ）をミリメータ (mm) で表している。x 軸は、溶接電流を kA で表している。汎用的な及びマイクロパルスによる直流溶接は双方とも、0.91 mm のUSIBOR（登録商標）1500P を用いた溶接プロセス中に測定された。溶接プロセス中、一対のドーム電極の各々は直径 5.0 mm であり、3.0 kN の力で 0.91 mm のUSIBOR（登録商標）1500P を挟持した。溶接時間は、14 サイクルとした。

#### 【 0 0 3 8 】

図 6 に示すように、汎用的直流抵抗スポット溶接プロセス 6 0 4 は、信頼性のある溶接サイズ + 4 mm において相対的に狭い溶接電流範囲（約 4.6 kA ~ 5.75 kA）をもつ。一方、直流マイクロパルスを用いた抵抗スポット溶接の溶接電流範囲は、ほとんど 2 倍であり、約 4.75 kA ~ 6.75 kA である。

#### 【 0 0 3 9 】

直流マイクロパルスを用いた抵抗スポット溶接の方法及びシステムは、溶接電流範囲が広いので、汎用的な抵抗スポット溶接方法よりも大きなサイズの溶接接合を形成することができる。M F D C 等の汎用的な溶接プロセスに比べて、M P D C の溶接電流範囲は遙かに広い。従って、遙かに大きな溶接電流を用いて溶接接合を形成することができる。直流マイクロパルスを用いた抵抗スポット溶接により形成された溶接ナゲットの大きさは、汎用的な溶接プロセスを用いて形成された溶接ナゲットの大きさよりも遙かに大きい。図 6 に示すように、同じ条件下で、汎用的な溶接技術は 5 mm より大きいサイズの溶接を生成することはできないが、M P D C プロセスは、5 mm ~ 7 mm のサイズの溶接を生成できる。従って、直流マイクロパルスを用いて得られたより大きな溶接接合は、汎用的な溶接方法よりも強い溶接強度をもたらすこととなる。一例では、M P D C 法における剥離試料の破壊モードは、界面破壊モードが観られないものである。

#### 【 0 0 4 0 】

10

20

30

40

50

汎用的な溶接方法に比べて、M P D C 法は、溶接ナゲット中に微細なミクロ組織を形成する。図 7 A 及び 7 B は、汎用的 D C プロセスと本発明の実施例による M P D C プロセスによりそれぞれ形成された溶接ナゲットのミクロ組織を示している。図 7 A は、汎用的な D C 溶接により形成された溶接ナゲットのミクロ組織を示している。図 7 B は、0.91 mm USIBOR (登録商標) 1500P について M P D C プロセスにより形成された溶接ナゲットを示している。図 7 A 及び 7 B に示されるように、M P D C 法は、"清浄な"溶接ナゲットミクロ組織を形成し、溶接接合の一貫性を向上させる。幾つかの実施例では、M P D C 法が、より強い溶接接合を生成できる酸化 A 1 / S i 含有物無しで溶接ナゲットを形成する。

#### 【 0 0 4 1 】

M P D C 法は、細い溶接電流スパイクにより、接合面における高抵抗の界面接触を破ることができる。これによりこの方法は、特に、異なるコーティング (例えば、酸化アルミニウムコーティング、ホットディップメッキコーティング) をもつ金属シート材料や酸化された鋼表面同士を接合するのに適している。

10

#### 【 0 0 4 2 】

M P D C を用いた抵抗スポット溶接は、自動車工業、電機製造業、航空機製造業、農業機械製造業、及び他の製造業及び / 又は組立業を含む広範な種々の産業に亘って広く適用可能である。直流マイクロパルスを用いた抵抗スポット溶接の方法及びシステムの利点の 1 つは、幅広い材料を溶接可能なことである。汎用的な D C 溶接プロセスを用いて溶接できない幾つかの材料も、M P D C 抵抗スポット溶接を用いることにより効果的に溶接可能である。

20

#### 【 0 0 4 3 】

上述した本発明の所与の実施例の詳細な説明は、本発明の原理及びその実用的な応用を説明する目的で行ったものであり、それにより当業者であれば、種々の実施例が種々の改変と共に特定の予期された利用に適していることは理解できるであろう。この説明は、本発明を排除したり開示された実施例そのものに限定したりする意図ではない。上記では、幾つかの実施例のみが詳細に開示されたが、他の実施例が可能であり、発明者らはそれらについてもこの明細書及び添付の請求の範囲に包含されることを意図している。明細書はより一般的な目的を実現するために特定の実施例を説明しているが、別の方法でも実現可能である。改変及び均等物は、当業者には自明でありかつ添付の請求の範囲の主旨及びその適切な均等物の範囲内に包含される。この開示は例示のためであり、請求の範囲は、当業者に予測可能いかなる改変又は代替物もカバーすることを意図している。

30

#### 【 0 0 4 4 】

"～のための手段"の語を用いた請求項のみが、米国特許法 112 条第 6 項の下で解釈される。さらに、請求項に限定が明示的に含まれるのでない限り、いかなる請求項も明細書からの限定無く解釈されるべきである。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 4 5 】

302、304 電極

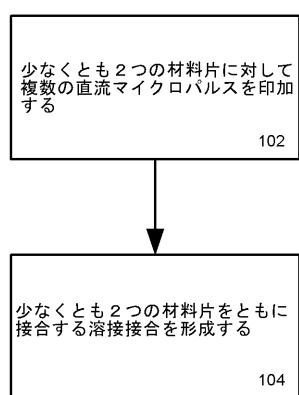
306、308 材料片

310 溶接コントローラ

40

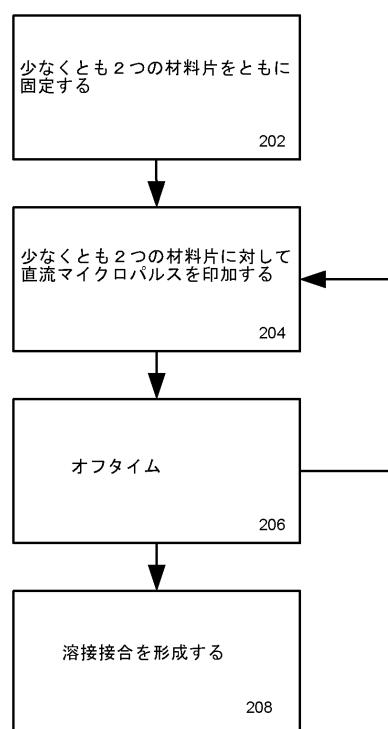
【図1】

FIG. 1



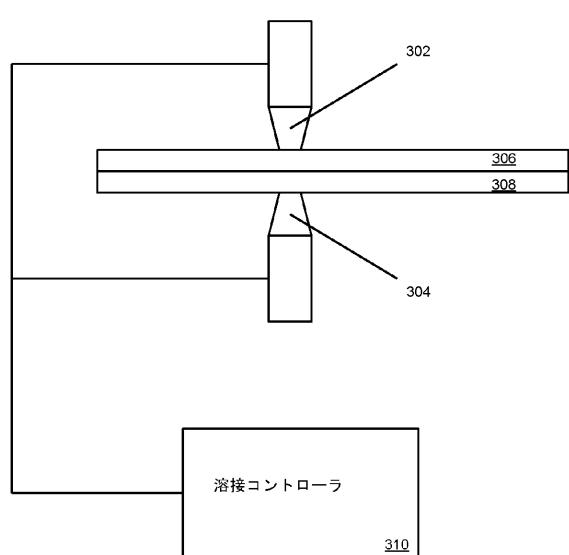
【図2】

FIG. 2



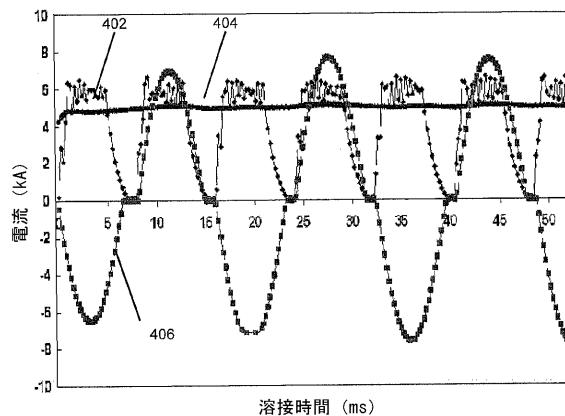
【図3】

FIG. 3



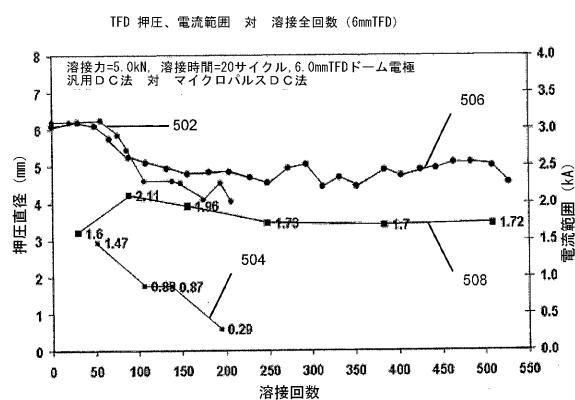
【図4】

FIG. 4



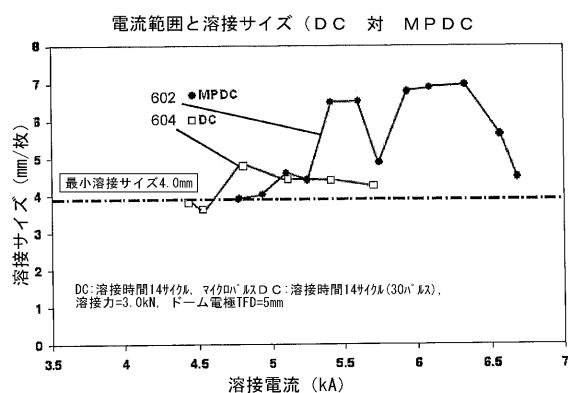
【図5】

FIG. 5



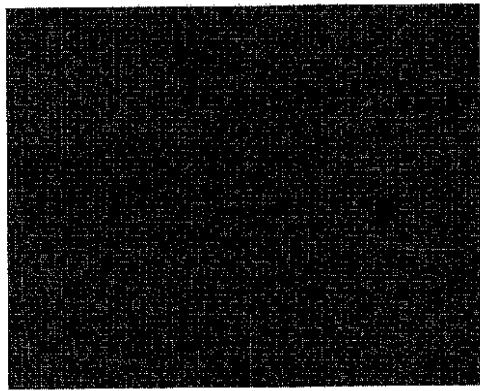
【図6】

FIG. 6



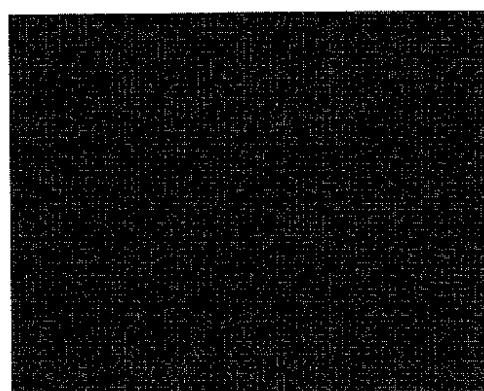
【図7A】

FIG. 7A



【図7B】

FIG. 7B



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-260690(JP, A)  
特開2007-268567(JP, A)  
特開2002-134246(JP, A)  
特開平07-178563(JP, A)  
特開2008-055437(JP, A)  
特開2001-025880(JP, A)  
特開平04-356374(JP, A)  
特開2008-302425(JP, A)  
特開2008-296226(JP, A)  
特開2007-260771(JP, A)  
特開平04-309473(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23K 11/11  
B23K 11/24