

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7201570号
(P7201570)

(45)発行日 令和5年1月10日(2023.1.10)

(24)登録日 令和4年12月26日(2022.12.26)

(51)国際特許分類 F I
B 2 3 K 11/11 (2006.01) B 2 3 K 11/11 5 4 0

請求項の数 1 (全14頁)

(21)出願番号	特願2019-209877(P2019-209877)	(73)特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22)出願日	令和1年11月20日(2019.11.20)	(73)特許権者	000003609 株式会社豊田中央研究所 愛知県長久手市横道41番地の1
(65)公開番号	特開2021-79416(P2021-79416A)	(74)代理人	110000947 弁理士法人あーく事務所
(43)公開日	令和3年5月27日(2021.5.27)	(72)発明者	泉野 亨輔 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
審査請求日	令和3年11月11日(2021.11.11)	(72)発明者	吉野 亜希子 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72)発明者	松岡 秀明

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 抵抗スポット溶接方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

他の鋼板に対して電気抵抗値が異なる少なくとも1枚の鋼板を含む3枚以上の鋼板を互いに重ね合わせ、これら鋼板を電極によって挟持し、該電極間に、徐々に溶接電流値を高くしていく初期通電を行った後、該初期通電の通電期間における最大電流値よりも高い電流値で本通電を行うことで前記鋼板同士を溶融して接合する抵抗スポット溶接方法において、

前記初期通電により、前記各鋼板の基材を構成している鉄が溶融した後に冷却されることで成形され且つ前記初期通電の継続に伴って前記各鋼板の延在方向に平行な方向での外形寸法が拡大していく溶接ナゲットにおける当該外形寸法、および、該溶接ナゲットの外側に成形され且つ前記各鋼板の表面に存在するめっき層の構成材料を前記鉄に拡散させて両成分から決定される固相線温度を上昇させることにより生成され前記初期通電の継続に伴って前記方向での外形寸法が拡大していく合金層における当該外形寸法の関係が、以下の式(1)

$$1.2 \text{ 合金層の外形寸法 / 溶接ナゲットの外形寸法 } = 1.5 \dots (1)$$

となっている状態で、前記電極間の通電を停止することにより、前記初期通電と前記本通電との間に通電の停止期間であるインターバルを設けることを特徴とする抵抗スポット溶接方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は抵抗スポット溶接方法に係る。特に、本発明は、他の鋼板に対して電気抵抗値が異なる少なくとも1枚の鋼板を含む3枚以上の鋼板を互いに重ね合わせて接合する抵抗スポット溶接方法の改良に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

従来、自動車の車体等を製造するに当たり、複数の金属板を互いに接合する手段として抵抗スポット溶接が利用されている。この抵抗スポット溶接は、一对の電極で複数の金属板（被溶接材）を挟持しながら通電を行い、金属板自身の電気抵抗等により発生するジュール熱を利用して金属板同士を溶融させて接合するものである。

10

【 0 0 0 3 】

抵抗スポット溶接において溶接品質を良好に得るためにはスパッタ（溶融金属が飛散する散り）の発生を抑制する必要がある。

【 0 0 0 4 】

特許文献1には、スパッタの発生を抑制することを目的とした亜鉛めっき高張力鋼板の抵抗スポット溶接方法が開示されている。この特許文献1では、抵抗スポット溶接時におけるスパッタの発生を抑制することを目的として、電極間の本通電に先立って行われる初期通電に際し、重ね合わせた各金属板（鋼板）の合計厚みと電極対の中心間距離との関係を定めることが開示されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【文献】特開2016-41441号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、他の鋼板に対して電気抵抗値（以下、単に抵抗という場合もある）が異なる少なくとも1枚の鋼板を含む3枚以上の鋼板を互いに重ね合わせて抵抗スポット溶接を行う場合、初期通電を開始した際、材料抵抗差が大きくなっている鋼板同士の間の界面にあっては、他の鋼板同士の間の界面よりも抵抗が大きくなることに伴って発熱量が大きくなる。その結果、この界面の周辺では他の界面の周辺よりも早期に溶接ナゲットの成形が開始されることになる。そして、材料抵抗は温度が高いほど大きくなるため、この早期に溶接ナゲットが成形される部分（発熱量が大きくなっている部分）では、その後の本通電の開始に伴って溶接ナゲットが更に拡大し、スパッタが発生してしまう可能性がある。

30

【 0 0 0 7 】

図9は、従来の抵抗スポット溶接における溶接電流値の推移（図9における上側の図）、および、それに伴う電気抵抗値および温度の変化の一例（図9における下側の図）を示す図である。下側の図における太い実線は電気抵抗値の変化を示し、細い実線は温度の変化を示している。この図9に示すように、抵抗スポット溶接では、初期通電が所定期間行われた後（図中のタイミング $t_1 \sim t_2$ ）、連続して本通電（図中のタイミング $t_2 \sim t_4$ ）が行われる。初期通電では、徐々に溶接電流値を高くしていく。また、本通電は、初期通電の通電期間における最大電流値よりも高い電流値で行われる。このような従来の溶接電流値の推移にあっては、前述したように材料抵抗差が大きくなっている鋼板同士の間の界面の周辺において早期に溶接ナゲットの成形が開始され、本通電の開始に伴って当該溶接ナゲットが更に拡大し、抵抗が大きくなることに伴う発熱量の増大に起因して本通電の実施期間中にスパッタが発生してしまう可能性がある。図9にあっては、本通電の実施期間中におけるタイミング t_3 でスパッタが発生している。

40

【 0 0 0 8 】

このため、スパッタの発生を抑制するためには、本通電における溶接電流値を低く抑える必要がある。つまり、本通電での溶接電流値におけるスパッタ発生限界（スパッタの発

50

生を抑制するための本通電での溶接電流値の上限)が低くなってしまい、抵抗スポット溶接に要する時間が長くなってしまふ。

【0009】

このため、従来技術にあつては、スパッタの発生を抑制しながらも効率良く溶接ナゲットを成形することが困難であつた。

【0010】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、スパッタの発生を抑制しながらも効率良く溶接ナゲットを成形することが可能な抵抗スポット溶接方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

前記の目的を達成するための本発明の解決手段は、他の鋼板に対して電気抵抗値が異なる少なくとも1枚の鋼板を含む3枚以上の鋼板を互いに重ね合わせ、これら鋼板を電極によって挟持し、該電極間に、徐々に溶接電流値を高くしていく初期通電を行った後、該初期通電の通電期間における最大電流値よりも高い電流値で本通電を行うことで前記鋼板同士を溶融して接合する抵抗スポット溶接方法を前提とする。そして、この抵抗スポット溶接方法は、前記初期通電により、前記各鋼板の基材を構成している鉄が溶融した後に冷却されることで成形され且つ前記初期通電の継続に伴って前記各鋼板の延在方向に平行な方向での外形寸法が拡大していく溶接ナゲットにおける当該外形寸法、および、該溶接ナゲットの外側に成形され且つ前記各鋼板の表面に存在するめっき層の構成材料を前記鉄に拡散させて両成分から決定される固相線温度を上昇させることにより生成され前記初期通電の継続に伴って前記方向での外形寸法が拡大していく合金層における当該外形寸法の関係が、以下の式(1)

$$1.2 \text{ 合金層の外形寸法} / \text{溶接ナゲットの外形寸法} = 1.5 \dots (1)$$

となつている状態で、前記電極間の通電を停止することにより、前記初期通電と前記本通電との間に通電の停止期間であるインターバルを設けることを特徴とする。

【0012】

他の鋼板に対して電気抵抗値が異なる少なくとも1枚の鋼板を含んでいることに伴って材料抵抗差が大きくなつている鋼板同士の間界面にあつては、他の鋼板同士の間界面よりも抵抗が大きくなる。これに伴って、初期通電を開始した際には、この界面(材料抵抗差が大きくなつている鋼板同士の間界面)の周辺での発熱量が大きくなる。その結果、この界面の周辺では他の界面の周辺よりも早期に溶接ナゲットの成形が開始されることになる。このような状況において、前記式(1)が成立した状態にあつては、合金層の外形寸法と溶接ナゲットの外形寸法との比が適正に維持される(鋼板同士の接合強度を十分に確保しながらも溶接ナゲットが大きくなり過ぎる状態にはない)ことによってスパッタは発生し難くなつている。また、この状態で電極間の通電を停止し、この通電の停止期間である所定のインターバルが経過するまで本通電の開始を遅延させているため、前記成形された溶接ナゲットが、このインターバルの間に冷却されることになる。つまり、この溶接ナゲットが成形されている領域での電気抵抗値が低くなる。このため、その後本通電を開始しても、電気抵抗値が高いことに起因して局部的に溶接ナゲットが拡大してしまうといったことは抑制されて、スパッタの発生を抑制することができる。つまり、本通電での溶接電流値におけるスパッタ発生限界を高くすることができ(従来技術に比べてスパッタ発生限界を高くすることができ)、スパッタの発生を抑制しながらも効率良く溶接ナゲットを成形することが可能になる。

【発明の効果】

【0013】

本発明では、初期通電において、以下の式(1)

$$1.2 \text{ 合金層の外形寸法} / \text{溶接ナゲットの外形寸法} = 1.5 \dots (1)$$

となつている状態で、電極間の通電を停止することにより、初期通電と本通電との間に通電の停止期間であるインターバルを設けるようにしている。これにより、前記インター

10

20

30

40

50

バルの間に溶接ナゲットが冷却されることになり、この溶接ナゲットが成形されている領域での電気抵抗値を低くすることができる。このため、その後には本通電を開始しても局部的な溶接ナゲットの拡大は抑制されて、スパッタの発生を抑制することができる。従って、本通電での溶接電流値におけるスパッタ発生限界を高くすることができ、スパッタの発生を抑制しながらも効率良く溶接ナゲットを成形することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】実施形態に係る抵抗スポット溶接装置の溶接ガンを示す概略構成図である。

【図2】溶接ガンの制御装置の概略構成を示す図である。

【図3】各鋼板が上部電極および下部電極によって挟持された状態を示す断面図である。

10

【図4】抵抗スポット溶接によって接合された各鋼板の断面図である。

【図5】実施形態における溶接電流値の推移、および、それに伴う電気抵抗値および温度の変化の一例を示す図である。

【図6】比較例として初期通電と本通電との間にインターバルを設けない場合における、溶接電流値の推移、合金層および溶接ナゲットの形状の一例を示す各鋼板の断面図である。

【図7】初期通電と本通電との間にインターバルを設けた場合であって、そのインターバルを比較的短くした場合における、溶接電流値の推移、合金層および溶接ナゲットの形状の一例を示す各鋼板の断面図である。

【図8】初期通電と本通電との間にインターバルを設けた場合であって、そのインターバルを比較的長くした場合における、溶接電流値の推移、合金層および溶接ナゲットの形状の一例を示す各鋼板の断面図である。

20

【図9】従来技術における溶接電流値の推移、および、それに伴う電気抵抗値および温度の変化の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。本実施形態は、亜鉛を主成分とするめっき層（より具体的には、溶融亜鉛めっき層）を有する3枚の鋼板を重ね合わせて抵抗スポット溶接（以下、単に溶接という場合もある）する場合を例に挙げて説明する。一例として、自動車の車体の製造において3枚の鋼板同士を抵抗スポット溶接する場合が挙げられる。

30

【0016】

- 抵抗スポット溶接装置の構成 -

抵抗スポット溶接方法について説明する前に、この抵抗スポット溶接方法を実施するための抵抗スポット溶接装置の概略について説明する。

【0017】

図1は本実施形態に係る抵抗スポット溶接装置の溶接ガンGを示す概略構成図である。また、図2は、溶接ガンGの制御に用いる制御装置10の概略構成を示す図である。

【0018】

溶接ガンGは、ロボットアームRAに保持されたガン本体1と、上部電極2と、ガン本体1の下部1aに立設された下部電極3と、上部電極2を保持して昇降させる電動式の上部電極昇降装置（以下、単に電極昇降装置という）4と、電極位置検出装置5と、上部電極2と下部電極3との間に流す溶接電流値（以下、単に電流値という場合もある）を調整する電流調整装置6とを主要構成要素として構成されている。

40

【0019】

なお、図1において、溶接される3枚の鋼板W1, W2, W3は、例えば最も上側に位置する鋼板W1が溶融亜鉛めっき層を有するホットスタンプ材（超高張力鋼板）であり、下側に位置する2枚の鋼板W2, W3が合金化溶融亜鉛めっき層を有する所謂GA材である。また、本実施形態では、各鋼板W1, W2, W3の板厚寸法は共に同一である（例えば1.2mm）。なお、本発明にあつては、各鋼板W1, W2, W3それぞれの種類は前述したものには限定されず、適宜選択が可能である。また、各鋼板W1, W2, W3の板

50

厚寸法は必ずしも同一である必要はない。例えば、特定の 1 枚の鋼板 W 1 の板厚寸法に対する他の鋼板 W 2 , W 3 の板厚寸法の比がそれぞれ 0 . 7 ~ 1 . 5 の範囲となっている鋼板 W 1 , W 2 , W 3 が適用可能である。

【 0 0 2 0 】

また、各亜鉛めっき層は、熔融めっきによって成形されたものに限らず、電気めっきによって成形されたものであってもよい。つまり、各鋼板 W 1 , W 2 , W 3 としては、熔融亜鉛めっき鋼板、合金化熔融亜鉛めっき鋼板、電気亜鉛めっき鋼板、電気合金亜鉛めっき鋼板の何れであっても本発明に係る抵抗スポット溶接方法を適用することが可能である。なお、本発明にあつては、各鋼板 W 1 , W 2 , W 3 の種類や枚数はこれに限定されるものではない。また、前記めっき層を構成する材料（本実施形態にあつては亜鉛）は、各鋼板 W 1 , W 2 , W 3 の基材を構成している鉄（ F e ）よりも融点の低い材料が採用される。

10

【 0 0 2 1 】

ガン本体 1 は、図 1 に示すように、概略コ字状の部材とされ、その下部 1 a の上面に下部電極 3 が着脱自在に立設されている。また、ガン本体 1 の上部 1 b の先端には、電極昇降装置 4 が装着されている。

【 0 0 2 2 】

電極昇降装置 4 は、ガン本体 1 の上部 1 b の先端に装着されているサーボモータ 4 1 と、このサーボモータ 4 1 の駆動軸（図示省略）と結合している昇降部材 4 2 とを備えており、この昇降部材 4 2 の下端部 4 2 a に上部電極 2 が着脱自在に装着されている。

20

【 0 0 2 3 】

電極位置検出装置 5 は、例えばエンコーダによって構成され、前記サーボモータ 4 1 の上端部 4 1 a に装着されている。そして、その検出値は制御装置 1 0 へ送信される。

【 0 0 2 4 】

電流調整装置 6 は、制御装置 1 0 から送信される電流指令値に応じて上部電極 2 と下部電極 3 との間に流す電流値を調整するものである。この電流調整装置 6 としては、例えば可変抵抗器を備えたものやコンバータを備えたもの等の周知の装置が適用される。

【 0 0 2 5 】

制御装置 1 0 は、各鋼板 W 1 , W 2 , W 3 の板厚等を入力する入力装置 7（図 2 を参照）からの情報を取得する入力部 1 1 と、電極位置検出装置 5 の検出値により電極位置を算出する電極位置算出部 1 2 と、上部電極 2 と下部電極 3 との間に通電を行う際の電流値を算出する電流値算出部 1 3 と、溶接に必要な加圧力（上部電極 2 と下部電極 3 とによる鋼板 W 1 , W 2 , W 3 への加圧力）を設定する加圧力設定部 1 4 と、前記電流値算出部 1 3 で算出された電流値の情報および加圧力設定部 1 4 で設定された加圧力の情報を出力する出力部 1 5 とを主要部として備えている。

30

【 0 0 2 6 】

この制御装置 1 0 は、CPU を中心として ROM、RAM、入出力インターフェース等を備えて成るものに、前記機能に対応したプログラムを ROM に格納することにより実現される。また、RAM には電極位置検出装置 5 からの検出値や板厚等の情報が一時的に格納される。なお、制御装置 1 0 のその他の構成は、従来より溶接ガン G について用いられているものと同様であるので、その詳細な説明は省略する。

40

【 0 0 2 7 】

- 抵抗スポット溶接方法 -

次に、本実施形態の特徴である抵抗スポット溶接方法について説明する。

【 0 0 2 8 】

この抵抗スポット溶接方法では、電極昇降装置 4 の作動によって上部電極 2 と下部電極 3 との間で鋼板 W 1 , W 2 , W 3 を所定の加圧力（加圧力設定部 1 4 によって設定された加圧力）で挟持することにより、各鋼板 W 1 , W 2 , W 3 同士が隙間無く密着（各電極 2 , 3 の先端径以内の範囲で密着）された状態で、電流値算出部 1 3 で算出された電流値による通電を行う。

【 0 0 2 9 】

50

図3は、各鋼板W1, W2, W3が上部電極2および下部電極3によって挟持された状態を示す断面図である。この状態で、上部電極2と下部電極3との間の通電として、初期通電（プレ通電とも呼ばれる）と本通電とが行われる。

【0030】

初期通電は、例えば鋼板W1, W2, W3の表面に酸化膜（電気抵抗が高い膜）が存在する場合に、この酸化膜を除去または小さくして本通電での鋼板W1, W2, W3の溶融を容易にすること等を目的として実施される。また、この初期通電は、各鋼板W1, W2, W3同士の当接部分に、後述する合金層の成形を開始させると共に、溶接ナゲットの成形を開始させるために実施される。

【0031】

また、本通電は、鋼板W1, W2, W3を溶融させて接合させるための通電であって、前記合金層および溶接ナゲットを成長させるために実施される。また、この本通電における溶接電流値は、前記初期通電での溶接電流値よりも高く設定される。これら初期通電および本通電それぞれの形態（電流値および移行タイミング）については後述する。

【0032】

図4は、これら初期通電と本通電とが行われたことで、各鋼板W1, W2, W3が互いに接合された状態を示す断面図である。この図4に示すように、各鋼板W1, W2, W3の接合部分（溶接部分）にあっては、溶接ナゲットNと、該溶接ナゲットNの外周側に成形された（溶接ナゲットNの外周囲を囲むように成形された）合金層Aとが存在している。溶接ナゲットNは、各鋼板W1, W2, W3の基材を構成している鉄（Fe）が溶融した後に冷却されることで成形される。合金層Aは、各鋼板W1, W2, W3の表面のめっき層を構成している亜鉛と各鋼板W1, W2, W3の基材を構成している鉄とが高温反応することによって成形される（これら溶接ナゲットNおよび合金層Aの成形過程およびその成長については後述する）。なお、図4における寸法T1は合金層の外形寸法であり、寸法T2は溶接ナゲットの外形寸法である。

【0033】

以下、初期通電と本通電とが順に行われることに伴う合金層Aおよび溶接ナゲットNの成形過程の概略について説明する。図5は、溶接電流値（初期通電での電流値および本通電での電流値）の推移（図5における上側の図）、および、それに伴う溶接ナゲットNの成形領域での電気抵抗値および温度の変化の一例（図5における下側の図）を示す図である。下側の図では、本実施形態における電気抵抗値を太い実線で示し、温度を細い実線で示している。また、従来技術との比較を容易にするために、上側の図では、従来技術における溶接電流値の推移を破線で示し、下側の図では、従来技術における電気抵抗値を太い破線で示し、温度を細い破線で示している。

【0034】

まず、初期通電が開始され（図5におけるタイミングt10）、各鋼板W1, W2, W3が加熱されて、上部電極2と下部電極3との間の領域において各鋼板W1, W2, W3同士の境界部分の温度が上昇していく。この初期通電にあっては溶接電流値が予め設定された勾配によって次第に上昇（漸増）される（図5におけるタイミングt10～t11）。この際、実際には、材料抵抗差が大きくなっている鋼板W1, W2同士の間の界面において抵抗が大きくなることに伴って発熱量が大きくなっている。

【0035】

この初期通電の具体的な一例としては、1～50cyc（サイクル）、好ましくは2～40cycの時間で、1.5～10kA、好ましくは2～8kAの範囲の所定の電流値から通電が開始され、この初期通電の開始時の電流値に対して1.05～2.5倍程度の電流値まで次第に上昇されるものとなっている。これらの値はこれに限定されるものではなく、初期通電の通電期間において要求される合金層Aおよび溶接ナゲットNそれぞれの大きさや成長速度が達成できるように実験やシミュレーションによって適宜設定される。

【0036】

そして、この初期通電による各鋼板W1, W2, W3同士の境界部分の温度上昇に伴い

10

20

30

40

50

、各鋼板 W 1 , W 2 , W 3 の表面のめっき層を構成している亜鉛と各鋼板 W 1 , W 2 , W 3 の基材を構成している鉄とが高温反応することで合金が生成される。具体的には表面層（めっき層）の主成分である亜鉛を各鋼板 W 1 , W 2 , W 3 の基材（鉄）に拡散させ、両成分から決定される固相線温度を上昇させることにより行われる。

【 0 0 3 7 】

この初期通電が継続されることで、この合金によって成形される合金層 A が成長していき、該合金層 A の外形寸法が大きくなっていく。

【 0 0 3 8 】

更に初期通電が継続されると、合金層 A の中央部において鉄が溶融することによる溶接ナゲット N の生成が開始される。つまり、溶融金属の中心部分には鉄による溶接ナゲット N（溶融状態の鉄）が、該溶接ナゲット N の外周側には合金層 A がそれぞれ生成され、これら溶接ナゲット N および合金層 A が拡大していくことになる。なお、この溶接ナゲット N（溶融状態の鉄）の領域では温度が約 1 4 0 0 程度になっている。

10

【 0 0 3 9 】

そして、図 5 におけるタイミング t 1 1 において初期通電が終了し、この時点から電極間の通電を停止する。この電極間の通電を停止する目的は、前記成形された溶接ナゲット N の冷却期間を設け、これによって、この溶接ナゲット N が成形されている領域での電気抵抗値を低くすることである。図 5 の下側の図からも解るように、初期通電が終了し電極間の通電を停止した時点から温度が低下し始め、それに伴って電気抵抗も低下している。

【 0 0 4 0 】

この初期通電を終了させるタイミング（図 5 におけるタイミング t 1 1）としては、各鋼板 W 1 , W 2 , W 3 の延在方向に平行な方向での溶接ナゲット N の外形寸法および合金層 A の外形寸法の関係が、以下の式（ 1 ）

20

$$1 . 2 \quad \text{合金層の外形寸法} / \text{溶接ナゲットの外形寸法} = 1 . 5 \quad \dots (1)$$

となっている状態で、初期通電を終了させるように設定されている。

【 0 0 4 1 】

具体的には、前述したように溶接ナゲット N の成形が開始されると、合金層 A の成長と共に溶接ナゲット N も成長していく。溶接ナゲット N の成形が開始された初期時においては、溶接ナゲット N の外形寸法に対して合金層 A の外形寸法が大幅に大きくなっている。そして、溶接ナゲット N の成形が開始された後、所定期間を経過すると、合金層 A の外形寸法の拡大速度に対して、溶接ナゲット N の外形寸法の拡大速度が大きくなっていき、溶接ナゲット N の外形寸法に対する合金層 A の外形寸法の比率が 1 . 5 以下の値となる。本実施形態では、この溶接ナゲット N の外形寸法に対する合金層 A の外形寸法の比率が 1 . 2 以上で且つ 1 . 5 以下の範囲にある状態で初期通電を終了させるようにしている。例えば前記比率が 1 . 3 となったタイミングで初期通電を終了させるようにしている。この初期通電を終了させるタイミングは前記比率が 1 . 3 となったタイミングに限定されるものではなく、前述したように 1 . 2 以上で且つ 1 . 5 以下の範囲における任意の値に設定可能である。

30

【 0 0 4 2 】

初期通電を終了させるタイミングにおける溶接ナゲット N の外形寸法に対する合金層 A の外形寸法の比率を式（ 1 ）のように規定した理由について説明すると、この比率が 1 . 2 未満であった場合には、本通電の開始に伴って溶接ナゲット N が更に拡大することに起因してスパッタが発生してしまう可能性があるためであり、この値は実験やシミュレーションによって求められた値である。また、この比率が 1 . 5 を超えている場合には、本通電によって十分な大きさの溶接ナゲット N を成形することが困難になり、鋼板 W 1 , W 2 , W 3 同士の接合強度を十分に確保することができないためであり、この値も実験やシミュレーションによって求められた値である。

40

【 0 0 4 3 】

また、この初期通電の終了時点において要求される溶接ナゲット N の外形寸法は、各鋼板 W 1 , W 2 , W 3 の材質、板厚、要求される接合強度等に応じて予め実験的に設定され

50

ている。例えば、最終的に得ようとする溶接ナゲットNの外形寸法（本通電終了時の外形寸法）に対して約1/2程度の外形寸法に達するまで初期通電は継続されることになる。この値はこれに限定されるものではなく、適宜設定される。

【0044】

このようにして前記比率が1.2以上で且つ1.5以下の範囲となっている状態で初期通電を終了させ、この時点から電極間の通電を停止する。つまり、初期通電と本通電との間に通電の停止期間であるインターバルを設ける。このインターバル（通電の停止期間；図5におけるタイミングt11～t12）は、例えば5～20cyc、好ましくは8～15cycの時間に設定される。これら値はこれに限定されるものではない。

【0045】

そして、所定のインターバルが経過した後、本通電が開始される（タイミングt12）。この本通電での電流値は、初期通電の通電期間における最大電流値よりも高い電流値に設定されている。つまり、前述の如く所定の勾配で上昇されていく初期通電の電流値の最終電流値に対し、更に電流値が上昇されることで本通電に移行されることになる。この本通電での電流値として具体的には、初期通電の最終電流値に対して0.1～8.0kAの範囲、好ましくは1.0～5.0kAの範囲から設定される所定値だけ高い値に設定される。この最終電流値の具体的な一例としては、表面抵抗の高い材料の場合は、小さい値を用いるのが好適である。この値はこれに限定されるものではなく、所定期間内に所定の大きさの合金層Aおよび溶接ナゲットNが成形されるように実験やシミュレーションによって適宜設定される。

【0046】

この本通電が開始されることにより、更に溶接ナゲットNおよび合金層Aが拡大していく。また、この本通電に先立って前述したインターバルが設けられて、温度の低下および電気抵抗の低下がなされていることにより、当該本通電の実施期間中においても温度や電気抵抗の過上昇は抑えられることになる。

【0047】

そして、この本通電が所定期間継続（図5におけるタイミングt12～t13）されることで、所定の外形寸法を有する溶接ナゲットNおよび合金層Aが成形されることになる。例えば、各鋼板W1, W2, W3全体の板厚寸法をtとした場合に、溶接ナゲットNの外形寸法が3t以上に達するまで本通電が継続されることになる。その後、本通電が終了され、溶接ナゲットNおよび合金層Aが凝固し、所定の溶接部分が成形されることになる。

【0048】

前記インターバルが経過した後には実施される本通電では、前述したように初期通電の通電期間における最大電流値よりも僅かに高い電流値であって、一定の溶接電流が通電され、これによって、前述したように、溶接ナゲットNおよび合金層Aが更に拡大していく。この際の本通電での溶接電流値の値は、前記式(1)が成立し続けるように、つまり、溶接ナゲットNの外形寸法に対する合金層Aの外形寸法の比率が1.2を下回ることがないように、予め実験またはシミュレーションによって設定されている。

【0049】

従来技術にあっては、他の鋼板に対して電気抵抗値が異なる少なくとも1枚の鋼板を含む3枚以上の鋼板を互いに重ね合わせて抵抗スポット溶接を行う場合、初期通電を開始した際、材料抵抗差が大きくなっている鋼板同士の間の界面にあっては、他の鋼板同士の間の界面よりも抵抗が大きくなることに伴って発熱量が大きくなる。その結果、この界面の周辺では他の界面の周辺よりも早期に溶接ナゲットの成形が開始されることになる。そして、材料抵抗は温度が高いほど大きくなるため、この早期に溶接ナゲットが成形される部分（発熱量が大きくなっている部分）では、その後の本通電の開始に伴って溶接ナゲットが更に拡大し、スパッタが発生してしまう可能性があった。このため、スパッタの発生を抑制するためには、本通電における溶接電流値を低く抑える必要があった。つまり、本通電での溶接電流値におけるスパッタ発生限界が低くなってしまい、効率良く溶接ナゲット

10

20

30

40

50

を成形することが困難であった。

【 0 0 5 0 】

これに対し、本実施形態にあつては、前述したように、前記式(1)が成立した状態にあつては、合金層Aの外形寸法T1と溶接ナゲットNの外形寸法T2との比が適正に維持される(鋼板W1, W2, W3同士の接合強度を十分に確保しながらも、溶接ナゲットNが大きくなり過ぎる状態にはない)ことによってスパッタは発生し難くなっている。また、この状態で電極間の通電を停止し、この通電の停止期間である所定のインターバルが経過するまで本通電の開始を遅延させているため、前記成形された溶接ナゲットNが、このインターバルの間に冷却されることになる。つまり、この溶接ナゲットNが成形されている領域での電気抵抗値が低くなる。このため、その後本通電を開始しても、電気抵抗値

10

【 0 0 5 1 】

- 実験例 -

次に、前述した効果を確認するために行った実験例について説明する。この実験例では、前記インターバルを設けない場合とインターバルを設けた場合とのそれぞれについて合金層Aおよび溶接ナゲットNの形状を比較するものとした。

20

【 0 0 5 2 】

図6は、比較例として初期通電と本通電との間にインターバルを設けない場合における、溶接電流値の推移(図6(a))、合金層Aおよび溶接ナゲットNの形状の一例を示す各鋼板W1, W2, W3の断面図(図6(b))である。また、図7は、初期通電と本通電との間にインターバルを設けた場合であつて、そのインターバルを比較的短くした場合における、溶接電流値の推移(図7(a))、合金層Aおよび溶接ナゲットNの形状の一例を示す各鋼板W1, W2, W3の断面図(図7(b))である。また、図8は、初期通電と本通電との間にインターバルを設けた場合であつて、そのインターバルを比較的長くした場合における、溶接電流値の推移(図8(a))、合金層Aおよび溶接ナゲットNの形状の一例を示す各鋼板W1, W2, W3の断面図(図8(b))である。また、これら

30

【 0 0 5 3 】

また、溶接電流値として具体的には、図6の比較例にあつては、初期通電の開始電流値を2.0kA、最終電流値を5.0kAとし、本通電の電流値を5.5kAとした。図7の実施形態にあつては、初期通電の開始電流値を2.0kA、最終電流値を5.0kAとし、本通電の電流値を6.0kAとした。また、インターバルを9cycとした。図8の実施形態にあつては、初期通電の開始電流値を2.0kA、最終電流値を5.0kAとし、本通電の電流値を7.0kAとした。また、インターバルを10cycとした。比較例および各実施形態それぞれにおける本通電の電流値は、スパッタ発生限界に相当する値としてそれぞれ規定されたものである。

40

【 0 0 5 4 】

各図における溶接ナゲットNの形状を比較すると、図6の比較例のものに比べて図7の実施形態のものの方が大型の溶接ナゲットNが成形されている。具体的に、図6の比較例にあつては溶接ナゲットNの外形寸法が約4.0mmであり、図7の実施形態にあつては溶接ナゲットNの外形寸法が約5.2mmであつた。つまり、図6の比較例のものでは、スパッタを発生させないために初期通電の最終電流値に対して本通電での電流値を0.5kAしか高めることができず、図7の実施形態のものでは、初期通電の最終電流値に対して本通電での電流値を1.0kA高めることができ、これによって、大型の(外形寸法が大きい)溶接ナゲットNを成形することができている。

50

【 0 0 5 5 】

また、図 7 の実施形態のものに比べて図 8 の実施形態のものの方が大型の溶接ナゲット N が成形されている。具体的に、図 8 の実施形態にあつては溶接ナゲット N の外形寸法が約 5 . 8 mm であつた。つまり、図 8 の実施形態のものでは、初期通電の最終電流値に対して本通電での電流値を 2 . 0 k A 高めることができ、これによって、より大型の（外形寸法が大きい）溶接ナゲット N を成形することができている。

【 0 0 5 6 】

このように、インターバルを設けないものに比べてインターバルを設けた方がスパッタ発生限界の電流値が高くなることで溶接ナゲット N の大型化を図ることができ、また、インターバルを長く設けるほどスパッタ発生限界の電流値が高くなることで溶接ナゲット N の更なる大型化を図ることができることが確認できた。これにより、本実施形態の効果を確認することができた。

10

【 0 0 5 7 】

- 他の実施形態 -

なお、本発明は、前記実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲および該範囲と均等の範囲で包含される全ての变形や応用が可能である。

【 0 0 5 8 】

例えば、前記実施形態では、自動車の車体の製造に利用される抵抗スポット溶接に本発明を適用した場合について説明した。本発明はこれに限らず、その他の製品の製造に利用される抵抗スポット溶接に対しても適用が可能である。

20

【 0 0 5 9 】

また、前記実施形態では、亜鉛を主成分とするめっき層を有する鋼板 W 1 , W 2 , W 3 同士を抵抗スポット溶接する場合について説明した。本発明はこれに限らず、A l - S i めっき層を有する鋼板同士を抵抗スポット溶接する場合にも適用することが可能である。また、亜鉛酸化膜を表面層として有する鋼板同士を抵抗スポット溶接する場合にも適用することが可能である。

【 0 0 6 0 】

また、前記実施形態では、全ての鋼板 W 1 , W 2 , W 3 が、その表面にめっき層を有するものであつた。本発明はこれに限らず、一部の鋼板のみが、その表面にめっき層を有するものであつてもよい。

30

【産業上の利用可能性】

【 0 0 6 1 】

本発明は、他の鋼板に対して電気抵抗値が異なる少なくとも 1 枚の鋼板を含む 3 枚以上の鋼板を互いに重ね合わせて接合する抵抗スポット溶接方法に適用可能である。

【符号の説明】

【 0 0 6 2 】

2 上部電極

3 下部電極

6 電流調整装置

1 0 制御装置

1 3 電流値算出部

W 1 , W 2 , W 3 鋼板

N 溶接ナゲット

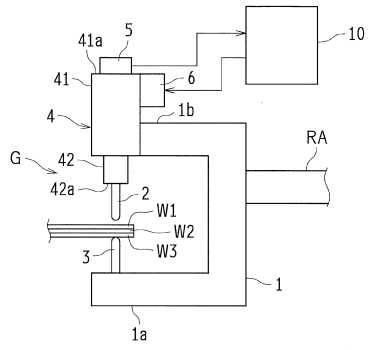
A 合金層

40

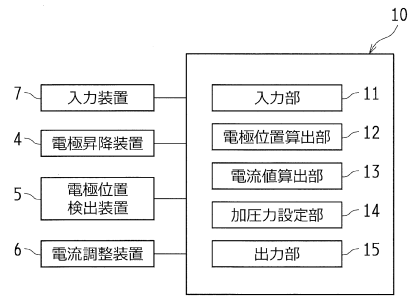
50

【図面】

【図 1】

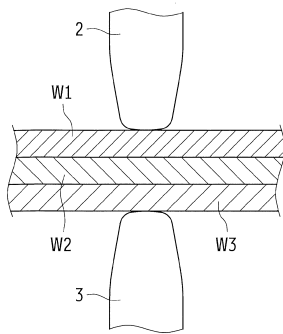


【図 2】

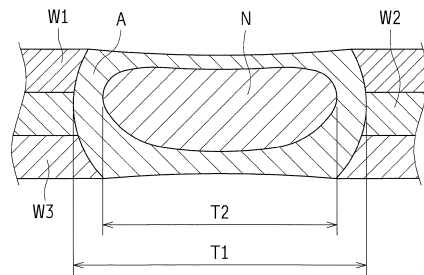


10

【図 3】



【図 4】



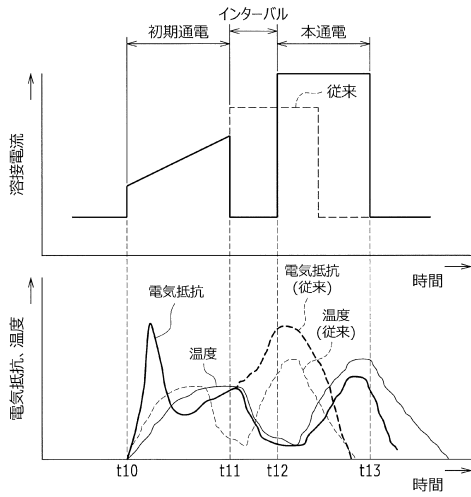
20

30

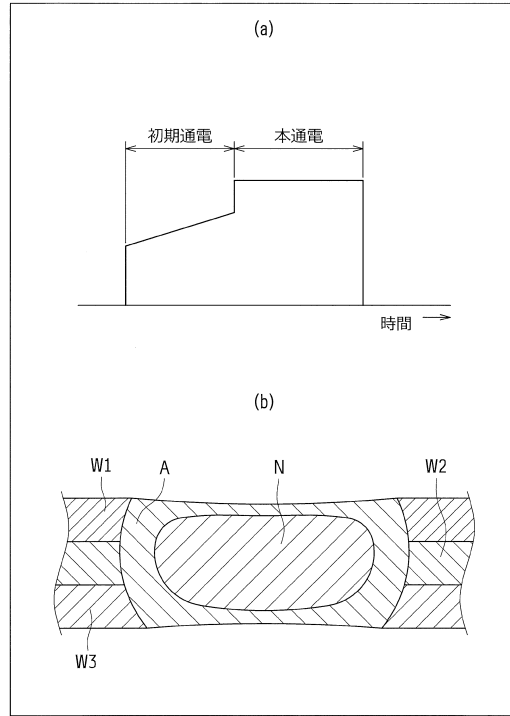
40

50

【 図 5 】



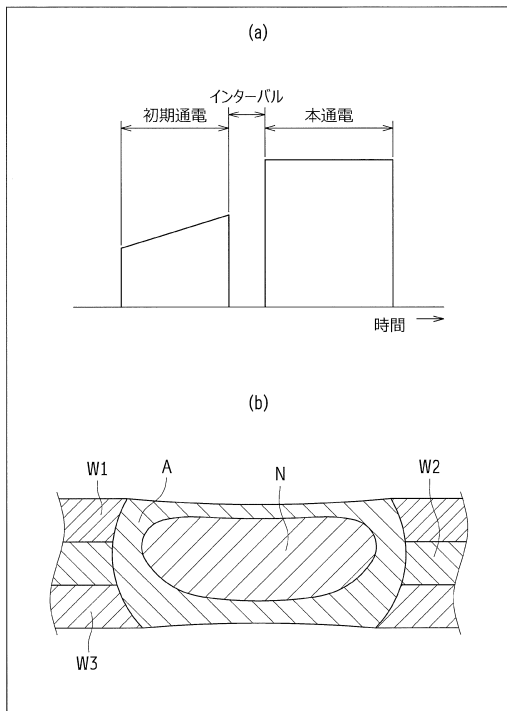
【 図 6 】



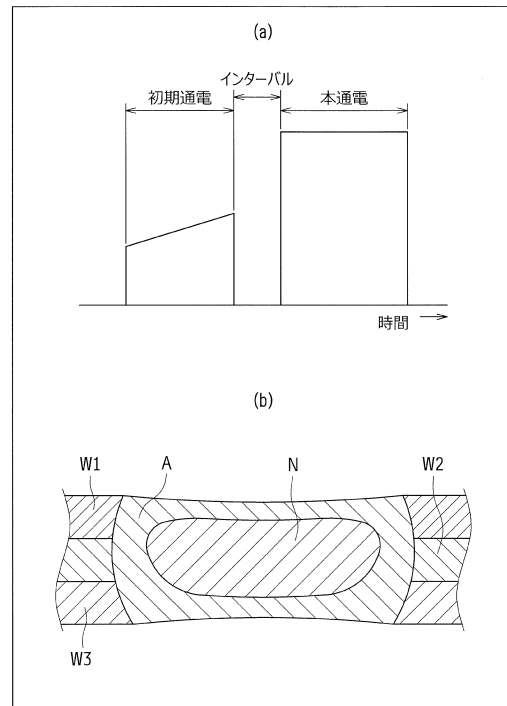
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

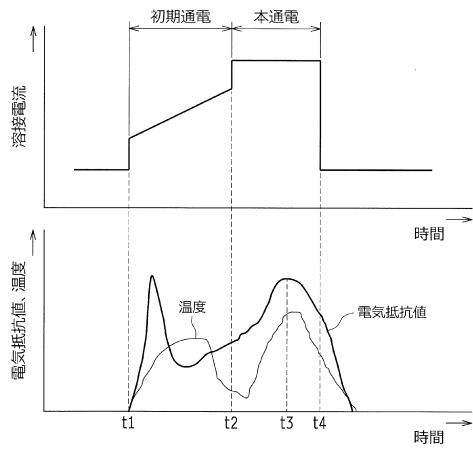


30

40

50

【 図 9 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 愛知県長久手市横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内
(72)発明者 尼子 龍幸
愛知県長久手市横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内
審査官 後藤 泰輔
- (56)参考文献 特開 2 0 1 8 - 1 7 1 6 4 9 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 5 / 0 4 9 9 9 8 (W O , A 1)
特開 2 0 0 3 - 2 3 6 6 7 4 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 4 / 0 4 5 4 3 1 (W O , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 0 1 6 2 5 2 (U S , A 1)
特開 2 0 1 0 - 2 4 7 2 1 5 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
B 2 3 K 1 1 / 0 0 - 1 1 / 3 6