

(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2010-38669

(P2010-38669A)

(43) 公開日 平成22年2月18日(2010.2.18)

(51) Int.Cl.
G 0 1 B 17/00 (2006.01)F I
G 0 1 B 17/00B
テーマコード (参考)
2 F 0 6 8

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2008-200370 (P2008-200370)
(22) 出願日 平成20年8月4日 (2008.8.4)(71) 出願人 000005326
本田技研工業株式会社
東京都港区南青山二丁目1番1号
(74) 代理人 100077665
弁理士 千葉 剛宏
(74) 代理人 100116676
弁理士 宮寺 利幸
(74) 代理人 100142066
弁理士 鹿島 直樹
(74) 代理人 100126468
弁理士 田久保 泰夫
(74) 代理人 100149261
弁理士 大内 秀治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 溶融部界面位置検出方法及びその装置

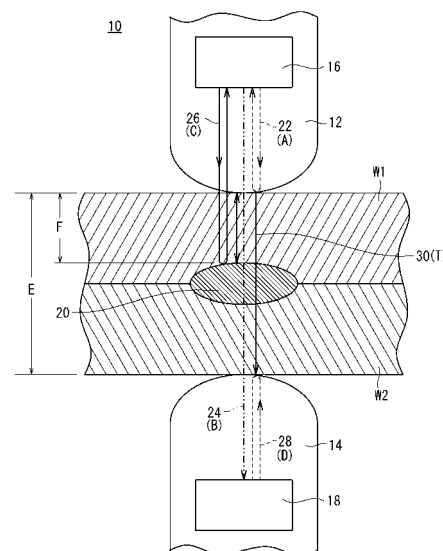
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】スポット溶接の最中にワークに生成する溶融部の界面の位置を精確に検出する。

【解決手段】ワークの上端面から溶融部20の界面までの距離Fは、第1超音波に含まれる横波が第1溶接チップ12で反射された第1反射波22が第1送受信器16から発信されて該第1送受信器16に戻るまでの時間A、第1超音波に含まれる縦波(透過波24)が第1送受信器16から発信されて第2送受信器18に到達するに至るまでの時間B、第1超音波に含まれる横波が溶融部20の界面で反射された第2反射波26が第1送受信器16から発信されて該第1送受信器16に戻るまでの時間C、第2超音波に含まれる横波が第2溶接チップ14で反射された第3反射波28が第2送受信器18から発信されて該第2送受信器18に戻るまでの時間D、第1溶接チップ12と第2溶接チップ14とのチップ間距離Eとから求まる。
$$F = \{ E / [B - (A / 2 + D / 2)] \} \times (C - A) / 2$$

【選択図】図1

FIG. 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

互いに当接してスポット溶接される最中のワークに生成する溶融部の瞬間界面の位置を検出する溶融部界面位置検出方法であって、

前記ワークの少なくとも一方の表面から超音波を入射し、該超音波が前記溶融部の瞬間界面に到達するまでの到達時間を求め、

前記超音波が前記溶融部を透過する透過時間と、前記ワークの一方の表面から他方の表面までに至る距離とから前記超音波の瞬間速度を求め、

前記到達時間に前記超音波の瞬間速度を乗することで前記溶融部の瞬間界面位置を検出することを特徴とする溶融部界面位置検出方法。

10

【請求項 2】

互いに当接してスポット溶接される最中のワークに生成する溶融部の界面の位置を検出する溶融部界面位置検出方法であって、

前記ワークの一方の表面に当接した第 1 溶接チップの第 1 送受信器から、前記ワークの他方の表面に当接した第 2 溶接チップの第 2 送受信器に向けて第 1 超音波を発信するとともに、前記第 2 溶接チップの送受信器から前記第 1 溶接チップの送受信器に向けて第 2 超音波を発信し、

前記第 1 超音波中の前記第 1 溶接チップの先端から反射された第 1 反射波が前記第 1 送受信器に戻るまでの時間を A、前記溶融部を透過した透過波が前記第 2 送受信器に到達するまでの時間を B、前記溶融部の界面から反射された第 2 反射波が前記第 1 送受信器に戻るまでの時間を C、前記第 2 超音波中の前記第 2 溶接チップの先端から反射された第 3 反射波が前記第 2 送受信器に戻るまでの時間を D とし、且つ前記第 1 溶接チップと前記第 2 溶接チップとのチップ間距離を E とするとき、第 1 溶接チップの先端と前記溶融部の界面との離間距離 F を下記の式 (1) によって求めることを特徴とする溶融部界面位置検出方法。

20

$$F = \{ E / [B - (A / 2 + D / 2)] \} \times (C - A) / 2 \quad \dots (1)$$

【請求項 3】

互いに当接してスポット溶接される最中のワークに生成する溶融部の界面の位置を検出する溶融部界面位置検出方法であって、

前記ワークの一方の表面に当接した第 1 溶接チップの第 1 送受信器から、前記ワークの他方の表面に当接した第 2 溶接チップの第 2 送受信器に向けて第 1 超音波を発信するとともに、前記第 2 溶接チップの送受信器から前記第 1 溶接チップの送受信器に向けて第 2 超音波を発信し、

30

前記第 1 超音波中の前記第 1 溶接チップの先端から反射された第 1 反射波が前記第 1 送受信器に戻るまでの時間を A、前記溶融部を透過した透過波が前記第 2 送受信器に到達するまでの時間を B、前記溶融部の界面から反射された第 2 反射波が前記第 1 送受信器に戻るまでの時間を C、前記第 1 溶接チップと前記第 2 溶接チップとのチップ間距離を E、前記第 1 送受信器から前記第 1 溶接チップの先端までの距離を a、前記第 2 送受信器から前記第 2 溶接チップの先端までの距離を b とし、且つ a と b との間に $a = \gamma b$ (γ は比例係数) の関係が成立するとき、

40

第 1 溶接チップの先端と前記溶融部の界面との離間距離 F を下記の式 (2) によって求めることを特徴とする溶融部界面位置検出方法。

$$F = [E / B - (1 + \gamma) A / 2] \times (C - A) / 2 \quad \dots (2)$$

【請求項 4】

互いに当接してスポット溶接される最中のワークに生成する溶融部の界面の位置を検出する溶融部界面位置検出方法であって、

前記ワークの一方の表面に当接した第 1 溶接チップの送受信器から、前記ワークの他方の表面に当接した第 2 溶接チップの受信器に向けて超音波を発信し、

前記第 1 超音波中の前記第 1 溶接チップの先端から反射された第 1 反射波が前記送受信器に戻るまでの時間を A、前記溶融部を透過した透過波が前記受信器に到達するまでの時

50

間をB、前記溶融部の界面から反射された第2反射波が前記送受信器に戻るまでの時間をCとし、且つ前記第1溶接チップと前記第2溶接チップとのチップ間距離をEとすると、第1溶接チップの先端と前記溶融部の界面との離間距離Fを下記の式(3)によって求めることを特徴とする溶融部界面位置検出方法。

$$F = [E / B - A] \times (C - A) / 2 \quad \dots (3)$$

【請求項5】

請求項1～4のいずれか1項に記載の検出方法において、全ての反射波を横波とし、且つ前記透過波を縦波として計測を行うことを特徴とする溶融部界面位置検出方法。

【請求項6】

互いに当接してスポット溶接される最中のワークに生成する溶融部の界面の位置を検出する溶融部界面位置検出装置であって、

スポット溶接装置を構成する第1溶接チップに組み込まれて超音波を発信及び受信可能な第1送受信器と、

前記第1溶接チップとともにスポット溶接を行うための第2溶接チップに組み込まれて超音波を発信及び受信可能な第2送受信器と、

前記第1溶接チップと前記第2溶接チップとのチップ間距離を測定するチップ間距離測定手段と、

を備え、

前記第1送受信器は、該第1送受信器が発信して前記第1溶接チップの先端から反射された第1反射波と、前記溶融部の界面から反射された第2反射波とを受信し、

且つ前記第2送受信器は、前記第1送受信器が発信して前記溶融部を透過した透過波と、前記第2溶接チップの先端から反射された第3反射波とを受信することを特徴とする溶融部界面位置検出装置。

【請求項7】

請求項6記載の装置において、前記第1送受信器から前記第1溶接チップの先端までの距離がa、前記第2送受信器から前記第2溶接チップの先端までの距離がbであり、且つaとbとの間に $a = \gamma b$ (γ は比例係数)の関係が成立することを特徴とする溶融部界面位置検出装置。

【請求項8】

互いに当接してスポット溶接される最中のワークに生成する溶融部の界面の位置を検出する溶融部界面位置検出装置であって、

スポット溶接装置を構成する第1溶接チップに組み込まれて超音波を発信及び受信可能な送受信器と、

前記第1溶接チップとともにスポット溶接を行うための第2溶接チップに組み込まれて超音波を受信可能な受信器と、

前記第1溶接チップと前記第2溶接チップとのチップ間距離を測定するチップ間距離測定手段と、

を備え、

前記送受信器は、該送受信器が発信して前記第1溶接チップの先端から反射された第1反射波と、前記溶融部の界面から反射された第2反射波とを受信し、

且つ前記受信器は、前記送受信器が発信して前記溶融部を透過した透過波を受信することを特徴とする溶融部界面位置検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、互いに当接してスポット溶接される最中のワークに生成する溶融部の界面の位置を検出する溶融部界面位置検出方法及びその装置に関する。

【背景技術】

【0002】

溶接の一手法であるスポット溶接は、周知の通り、互いに当接したワーク同士を1組の

10

20

30

40

50

溶接チップで挟持し、これら溶接チップ同士の間に通電を行うことで前記ワーク同士を点状に溶接するものである。この過程において、当接箇所内部に溶融部が生成し、さらに、この溶融部が成長した後に凝固する。

【0003】

スポット溶接においては、溶融部が如何なるタイミングで成長・凝固するのかを検査することがある。特許文献1には、この種の検査を行うべく、溶融部の界面の位置を検出する方法及び装置が提案されている。すなわち、特許文献1記載の検出方法及び検出装置では、溶接チップに組み込まれた送受信器から溶融部に向けて超音波を発信し、溶融部から反射された反射波、又は溶融部を透過した透過波を検出するようにしている。

【0004】

10

【特許文献1】特開2007-248457号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記した従来技術は、超音波の速度が一定であると仮定して溶融部を検出するようにしている。しかしながら、本発明者らの鋭意検討によれば、超音波の速度はワークの温度が上昇することに伴って遅くなる。従って、スポット溶接の進行に追従してワークの温度が変化すると、上記した従来技術では、若干ではあるものの、溶融部の位置の検出精度が低下する懸念がある。

【0006】

20

本発明は上記した技術に関連してなされたもので、溶融部の界面の位置を一層精確に検出することが可能な溶融部界面位置検出方法及びその装置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】

前記の目的を達成するために、本発明は、互いに当接してスポット溶接される最中のワークに生成する溶融部の瞬間界面の位置を検出する溶融部界面位置検出方法であって、

前記ワークの少なくとも一方の表面から超音波を入射し、該超音波が前記溶融部の瞬間界面に到達するまでの到達時間を求め、

前記超音波が前記溶融部を透過する透過時間と、前記ワークの一方の表面から他方の表面までに至る距離とから前記超音波の瞬間速度を求め、

30

前記到達時間に前記超音波の瞬間速度を乗することで前記溶融部の瞬間界面位置を検出することを特徴とする。

【0008】

すなわち、本発明においては、検出時における超音波の瞬間速度を求め、この瞬間速度に基づいて溶融部の界面位置を検出するようにしている。換言すれば、超音波の速度が変化したとしても、その変化後の速度に基づいて溶融部の界面位置が検出される。このため、溶融部の位置を精度良く検出することができる。

【0009】

また、本発明は、互いに当接してスポット溶接される最中のワークに生成する溶融部の界面の位置を検出する溶融部界面位置検出方法であって、

40

前記ワークの一方の表面に当接した第1溶接チップの第1送受信器から、前記ワークの他方の表面に当接した第2溶接チップの第2送受信器に向けて第1超音波を発信するとともに、前記第2溶接チップの送受信器から前記第1溶接チップの送受信器に向けて第2超音波を発信し、

前記第1超音波中の前記第1溶接チップの先端から反射された第1反射波が前記第1送受信器に戻るまでの時間をA、前記溶融部を透過した透過波が前記第2送受信器に到達するまでの時間をB、前記溶融部の界面から反射された第2反射波が前記第1送受信器に戻るまでの時間をC、前記第2超音波中の前記第2溶接チップの先端から反射された第3反射波が前記第2送受信器に戻るまでの時間をDとし、且つ前記第1溶接チップと前記第2溶接チップとのチップ間距離をEとすると、第1溶接チップの先端と前記溶融部の界面

50

との離間距離 F を下記の式 (1) によって求めることを特徴とする。

$$F = \{ E / [B - (A / 2 + D / 2)] \} \times (C - A) / 2 \quad \dots (1)$$

【 0 0 1 0 】

本発明においては、溶融部の界面位置を検出するとき、その時点での超音波の実速度ないしはそれに極めて近い値が求められる。すなわち、超音波の速度がワークの温度に応じて変化する場合であっても、本発明では、その時点での超音波の実速度ないしはそれに極めて近い値を用いて溶融部の界面位置を検出する。従って、溶融部の界面位置を精度よく検出することができ、結局、界面位置の検出精度が向上する。

【 0 0 1 1 】

第 1 送受信器から第 1 溶接チップの先端までの距離と、第 2 送受信器から第 2 溶接チップの先端までの距離とは、異なってもよい。この場合、双方の距離を求め、この距離を計算に組み入れるようにすればよい。

【 0 0 1 2 】

すなわち、本発明は、互いに当接してスポット溶接される最中のワークに生成する溶融部の界面の位置を検出する溶融部界面位置検出方法であって、

前記ワークの一方の表面に当接した第 1 溶接チップの第 1 送受信器から、前記ワークの他方の表面に当接した第 2 溶接チップの第 2 送受信器に向けて第 1 超音波を発信するとともに、前記第 2 溶接チップの送受信器から前記第 1 溶接チップの送受信器に向けて第 2 超音波を発信し、

前記第 1 超音波中の前記第 1 溶接チップの先端から反射された第 1 反射波が前記第 1 送受信器に戻るまでの時間を A 、前記溶融部を透過した透過波が前記第 2 送受信器に到達するまでの時間を B 、前記溶融部の界面から反射された第 2 反射波が前記第 1 送受信器に戻るまでの時間を C 、前記第 1 溶接チップと前記第 2 溶接チップとのチップ間距離を E 、前記第 1 送受信器から前記第 1 溶接チップの先端までの距離を a 、前記第 2 送受信器から前記第 2 溶接チップの先端までの距離を b とし、且つ a と b との間に $a = \gamma b$ (γ は比例係数) の関係が成立するとき、

第 1 溶接チップの先端と前記溶融部の界面との離間距離 F を下記の式 (2) によって求めることを特徴とする。

$$F = [E / B - (1 + \gamma) A / 2] \times (C - A) / 2 \quad \dots (2)$$

【 0 0 1 3 】

なお、第 1 送受信器又は第 2 送受信器の一方を受信器に代替することも可能である。すなわち、本発明は、互いに当接してスポット溶接される最中のワークに生成する溶融部の界面の位置を検出する溶融部界面位置検出方法であって、

前記ワークの一方の表面に当接した第 1 溶接チップの送受信器から、前記ワークの他方の表面に当接した第 2 溶接チップの受信器に向けて超音波を発信し、

前記第 1 超音波中の前記第 1 溶接チップの先端から反射された第 1 反射波が前記送受信器に戻るまでの時間を A 、前記溶融部を透過した透過波が前記受信器に到達するまでの時間を B 、前記溶融部の界面から反射された第 2 反射波が前記送受信器に戻るまでの時間を C とし、且つ前記第 1 溶接チップと前記第 2 溶接チップとのチップ間距離を E とするとき、第 1 溶接チップの先端と前記溶融部の界面との離間距離 F を下記の式 (3) によって求めることを特徴とする。

$$F = [E / B - A] \times (C - A) / 2 \quad \dots (3)$$

【 0 0 1 4 】

この場合においても、上記と同様に、溶融部の界面位置を検出する際、超音波の速度として実速度ないしはそれに極めて近い値を用いることができる。このため、溶融部の界面位置を一層精確に検出することができる。

【 0 0 1 5 】

この場合、例えば、第 1 溶接チップに送受信器を組み込むとともに第 2 溶接チップに受信器を組み込み、且つ第 1 溶接チップの先端から送受信器までの距離と、第 2 溶接チップの先端から受信器までの距離とを同一とすればよい。又は、上記と同様に、第 1 溶接チッ

10

20

30

40

50

ブの先端から送受信器までの距離と、第2溶接チップの先端から受信器までの距離とを求めてその比を算出し、この比を計算に組み入れるようにしてもよい。

【0016】

ここで、液相となった溶融部を透過することが可能な透過波は縦波であり、横波では溶融部を透過することはできず、該溶融部に反射される。すなわち、いずれの場合においても、全ての反射波を横波とし、且つ前記透過波を縦波として計測を行うようにすればよい。

【0017】

なお、縦波と横波は速度が互いに異なるため、上記の式(1)～(3)の計算を行うためには、いずれかの波の速度を残余の波の速度に換算することが必要である。

10

【0018】

また、本発明は、互いに当接してスポット溶接される最中のワークに生成する溶融部の界面の位置を検出する溶融部界面位置検出装置であって、

スポット溶接装置を構成する第1溶接チップに組み込まれて超音波を発信及び受信可能な第1送受信器と、

前記第1溶接チップとともにスポット溶接を行うための第2溶接チップに組み込まれて超音波を発信及び受信可能な第2送受信器と、

前記第1溶接チップと前記第2溶接チップとのチップ間距離を測定するチップ間距離測定手段と、

を備え、

20

前記第1送受信器は、該第1送受信器が発信して前記第1溶接チップの先端から反射された第1反射波と、前記溶融部の界面から反射された第2反射波とを受信し、

且つ前記第2送受信器は、前記第1送受信器が発信して前記溶融部を透過した透過波と、前記第2溶接チップの先端から反射された第3反射波とを受信することを特徴とする。

【0019】

このような構成とすることにより、時々刻々と変化する温度及び伝播距離を反映した透過波の瞬間速度を容易に求めることができる。この瞬間速度に基づき、界面の位置を一層精確に検出することができるようになる。

【0020】

なお、第1送受信器から第1溶接チップの先端までの距離が a 、第2送受信器から第2溶接チップの先端までの距離が b であり、且つ a と b との間に $a = \gamma b$ (γ は比例係数)の関係が成立する場合、上記の式(2)によって離間距離 F を求めるようにすればよい。

30

【0021】

上記したように、第1送受信器又は第2送受信器の一方を受信器に代替するようにしてもよい。すなわち、本発明は、互いに当接してスポット溶接される最中のワークに生成する溶融部の界面の位置を検出する溶融部界面位置検出装置であって、

スポット溶接装置を構成する第1溶接チップに組み込まれて超音波を発信及び受信可能な送受信器と、

前記第1溶接チップとともにスポット溶接を行うための第2溶接チップに組み込まれて超音波を受信可能な受信器と、

40

前記第1溶接チップと前記第2溶接チップとのチップ間距離を測定するチップ間距離測定手段と、

を備え、

前記送受信器は、該送受信器が発信して前記第1溶接チップの先端から反射された第1反射波と、前記溶融部の界面から反射された第2反射波とを受信し、

且つ前記受信器は、前記送受信器が発信して前記溶融部を透過した透過波を受信することを特徴とする。

【0022】

この構成においても、超音波の速度として実速度ないしはそれに極めて近い値を求めることができる。この速度に基づき、溶融部の界面位置を精確に検出することが可能となる

50

。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、ワーク及び溶接チップの温度が変化することによって超音波の速度が変化することを考慮し、超音波の速度として実速度ないしはそれに極めて近い値を求めた上で、この速度に基づいて溶融部の界面位置を求めるようにしている。このため、溶融部の界面位置を精確に検出することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、本発明に係る溶融部界面位置検出方法につき、それを実施する検出装置との関連で好適な実施の形態を挙げ、添付の図面を参照して詳細に説明する。

10

【0025】

図1は、本実施の形態に係る溶融部界面位置検出装置（以下、単に検出装置ということもある）10の要部概略構成図である。この検出装置は、スポット溶接装置に付設される。

。

【0026】

スポット溶接装置は、図示しないロボットのアーム部先端に配設された開閉可能な図示しない溶接ガンを有する。溶接ガンの先端には、第1溶接チップ12及び第2溶接チップ14が設けられる。図1に示すように、これら第1溶接チップ12及び第2溶接チップ14は、互いに積層された2枚のワークW1、W2を挟持する。従って、第1溶接チップ12の先端は上方のワークW1に当接し、第2溶接チップ14の先端は下方のワークW2に当接する。

20

【0027】

第1溶接チップ12及び第2溶接チップ14には、それぞれ、第1送受信器16、第2送受信器18が内蔵されている。これら第1送受信器16及び第2送受信器18は、超音波を発信及び受信することが可能である。なお、以下においては、第1送受信器16から発信された超音波を第1超音波と表記し、第2送受信器18から発信された超音波を第2超音波と表記する。

【0028】

溶接ガンには、第1溶接チップ12の先端と第2溶接チップ14の先端との離間距離、換言すれば、チップ間距離を測定するための図示しないエンコーダが設けられている。前記チップ間距離は、このエンコーダによって常時測定される。このエンコーダは、第1送受信器16及び第2送受信器18とともに検出装置10を構成する。

30

【0029】

なお、上記したように、第1溶接チップ12の先端は上方のワークW1に当接し、第2溶接チップ14の先端は下方のワークW2に当接する。従って、チップ間距離は、実質的にワークW1、W2の厚み方向寸法の和である。

【0030】

本実施の形態に係る溶融部界面位置検出方法は、このように構成された検出装置10を用い、以下のようにして実施される。

40

【0031】

はじめに、互いに積層されたワークW1、W2を前記溶接ガンの第1溶接チップ12及び第2溶接チップ14の間に挿入する。勿論、この時点では溶接ガンは開いており、従って、第1溶接チップ12と第2溶接チップ14は最大に離間している。

【0032】

次に、前記溶接ガンが閉じられ、第1溶接チップ12の先端が上方のワークW1に当接するとともに、第2溶接チップ14の先端が下方のワークW2に当接する。すなわち、ワークW1、W2が第1溶接チップ12及び第2溶接チップ14に挟持される。

【0033】

次に、第1溶接チップ12及び第2溶接チップ14に電圧が印加され、これら第1溶接

50

チップ 1 2 及び第 2 溶接チップ 1 4 の間に通電がなされる。勿論、これに伴ってワーク W 1、W 2 の内部を電流が通過し、その結果、ワーク W 1、W 2 の界面が溶融する。すなわち、溶融部 2 0 が生成する。後述するように、本実施の形態においては、上方のワーク W 1 の上端面から溶融部 2 0 の界面までの距離 F が求められる。

【 0 0 3 4 】

そして、前記溶接ガンの駆動と略同時に、第 1 送受信器 1 6 及び第 2 送受信器 1 8 の双方から第 1 超音波、第 2 超音波がそれぞれ発信される。

【 0 0 3 5 】

第 1 超音波には横波及び縦波が含まれる。この中、横波の一部は第 1 溶接チップ 1 2 の先端で反射され、第 1 反射波 2 2 となる。この第 1 反射波 2 2 が第 1 送受信器 1 6 から発信されて該第 1 送受信器 1 6 に戻るまでの時間を A とする。

10

【 0 0 3 6 】

また、透過波 2 4 は、液相である溶融部 2 0 を透過することが可能な縦波であり、最終的には第 2 送受信器 1 8 に到達する。この透過波 2 4 が第 1 送受信器 1 6 から発信されて第 2 送受信器 1 8 に到達するまでの時間を B とする。

【 0 0 3 7 】

一方、第 1 溶接チップ 1 2 の先端で反射されずにワーク W 1 の内部に進出した横波であっても、液相である溶融部 2 0 を透過することはできない。すなわち、この横波は、該溶融部 2 0 の界面で反射されて第 2 反射波 2 6 となる。この第 2 反射波 2 6 が第 1 送受信器 1 6 から発信され、前記溶融部 2 0 の界面で反射されて該第 1 送受信器 1 6 に戻るまでの全行程に要した時間を C とする。

20

【 0 0 3 8 】

残余の第 2 超音波も同様に、横波の一部が第 2 溶接チップ 1 4 の先端で反射され、これにより第 3 反射波 2 8 が生成する。この第 3 反射波 2 8 が第 2 送受信器 1 8 から発信されて該第 2 送受信器 1 8 に戻るまでの時間を D とする。

【 0 0 3 9 】

なお、図 1 中の参照符号 3 0 は、ワーク W 1、W 2 を透過するワーク内透過波を示す。このワーク内透過波 3 0 がワーク W 1 の上端面を起点としてワーク W 2 の下端面に到達するまでの時間を T とする。

【 0 0 4 0 】

ここで、ワーク W 1、W 2 の厚み方向寸法の和、換言すれば、チップ間距離を E、透過波 2 4 の瞬間的な透過波速度を α 、透過波 2 4 が第 1 溶接チップ 1 2 の先端から発信されて溶融部 2 0 の界面に到達するまでの時間を β とし、且つ上方のワーク W 1 の上端面から溶融部 2 0 の界面までの距離を F とする。この中、距離 F は、透過波 2 4 の瞬間速度 α に時間 β を乗じた積として求められる。すなわち、下記の式 (4) が成立する。

$$F = \alpha \times \beta \quad \dots (4)$$

【 0 0 4 1 】

次に、式 (4) における α 、 β を求める。

【 0 0 4 2 】

ワーク内透過波 3 0 の瞬間速度 α は、上記のように定義したチップ間距離 E と時間 T に基づき、下記の式 (5) によって算出される。

$$\alpha = E / T \quad \dots (5)$$

【 0 0 4 3 】

T は、第 1 送受信器 1 6 から発信された第 1 超音波に含まれる縦波 (透過波 2 4) がワーク W 1、W 2 を透過して第 2 送受信器 1 8 に到達するまでの時間 B から、第 1 超音波が第 1 溶接チップ 1 2 の先端に到達するまでの時間と、透過波 2 4 が第 2 溶接チップ 1 4 の先端から第 2 送受信器 1 8 に到達するまでの時間を差し引くことによって求められる。

【 0 0 4 4 】

第 1 超音波が第 1 溶接チップ 1 2 の先端に到達するまでの時間は、第 1 反射波 2 2 が第 1 送受信器 1 6 から発信されて該第 1 送受信器 1 6 に戻るに至るまでの時間の半分、すな

30

40

50

わち、 $A/2$ である。また、透過波24が第2溶接チップ14の先端から第2送受信器18に到達するまでの時間は、第2超音波が第2溶接チップ14の先端に到達するまでの時間、換言すれば、第3反射波28が第2送受信器18から発信されて該第2送受信器18に戻るまでの時間の半分($D/2$)に等しい。すなわち、下記の式(6)が成立する。

$$T = B - (A/2 + D/2) \quad \dots (6)$$

【0045】

上記式(3)に上記式(4)を代入すれば、下記の式(7)が得られる。

$$\alpha = E / [B - (A/2 + D/2)] \quad \dots (7)$$

【0046】

また、 β は、第2反射波26が第1送受信器16から発信された後に溶融部20に反射されて第1送受信器16に戻るまでの時間から、第1反射波22が第1送受信器16から発信されて該第1送受信器16に戻るまでの時間を差し引き、さらに、その差を1/2にすることで求められる。すなわち、下記の式(8)が成り立つ。

$$\beta = (C - A) / 2 \quad \dots (8)$$

【0047】

式(6)、(7)を式(3)に代入すれば、下記の式(9)が得られる。

$$F = \{ E / [B - (A/2 + D/2)] \} \times (C - A) / 2 \quad \dots (9)$$

【0048】

なお、縦波(透過波24)と横波(反射波)とでは速度が異なるので、上記の各計算を行う際には、いずれか一方の速度を換算する必要がある。

【0049】

スポット溶接の進行に伴い、溶融部20が成長する。成長した溶融部20の界面の位置を再度検出する必要がある場合、上記の計算が再び実施される。すなわち、式(4)～(9)までの計算は、溶融部20の界面の位置を検出する毎に繰り返し実施される。溶融部20が成長することに伴ってワークW1、W2の温度が上昇すると、超音波の瞬間速度が変化するからである。

【0050】

このようにして溶融部20の界面の位置を検出する毎に上記の計算を行うことにより、溶接部位の温度変化に伴って透過波24の速度が変化するような状況下であっても、当該温度に応じた瞬間速度 α に基づいて溶融部20の界面位置(上方のワークW1の上端面から溶融部20の界面までの距離F)を検出することができる。

【0051】

すなわち、本実施の形態によれば、溶融部20の界面位置の検出を行う時点で透過波24の瞬間速度 α として実速度ないしはそれに極めて近い値を求め、この瞬間速度 α に基づいて溶融部20の界面位置を検出するようにしている。これにより、界面位置を一層精確に検出することが可能となる。

【0052】

なお、上記に準拠してワークW2の下端面から溶融部20の界面までの距離を求めるようにしてもよいことは勿論である。

【0053】

また、第1送受信器16から第1溶接チップ12の先端までの距離と、第2送受信器18から第2溶接チップ14の先端までの距離とは互いに異なってもよい。第1送受信器16から第1溶接チップ12の先端までの距離をa、第2送受信器18から第2溶接チップ14の先端までの距離をbとすれば、aとbはともに直線であるから、比例関係が成り立つ。すなわち、比例係数を γ とすれば、下記の式(10)が成立する。

$$a = \gamma b \quad \dots (10)$$

【0054】

従って、上記式(9)を変形すれば、以下の式(11)が導出される。

$$F = [E / B - (1 + \gamma) A / 2] \times (C - A) / 2 \quad \dots (11)$$

【0055】

10

20

30

40

50

このように、比例係数を計算に組み入れることにより、溶融部 20 の位置を容易に検出することが可能となる。

【0056】

さらに、上記した実施の形態においては、第 1 溶接チップ 12 及び第 2 溶接チップ 14 の双方に送受信器を内蔵するようにしているが、例えば、第 2 溶接チップ 14 の第 2 送受信器 18 に代替し、受信器を内蔵するようにしてもよい。この場合、例えば、第 1 溶接チップ 12 の先端と第 1 送受信器 16 との間の距離と、第 2 溶接チップ 14 の先端と前記受信器との間の距離とを同一に設定すれば、透過波 24 が第 2 溶接チップ 14 の先端から前記受信機に到達するまでの時間は、第 1 反射波 22 が第 1 溶接チップ 12 の先端から第 1 送受信器 16 に到達するまでの時間に等しくなる。従って、この場合の距離 F は、上記式 (9) を変形した以下の式 (12) によって求められる。

$$F = [E / B - A] \times (C - A) / 2 \quad \dots (12)$$

【0057】

勿論、第 1 送受信器 16 から第 1 溶接チップ 12 の先端までの距離と、第 2 送受信器 18 から第 2 溶接チップ 14 の先端までの距離とが互いに異なってもよい。この場合、上記式 (10)、(11) に準じて両距離の比を求め、この比を計算に組み入れるようにすればよい。

【0058】

いずれの場合においても、溶融部 20 の界面位置の検出を行う時点での透過波 24 の瞬間的な透過波速度 α に基づいて溶融部 20 の界面位置を検出するので、界面位置を精確に検出することができる。

【0059】

さらに、第 1 送受信器 16 に代替して受信器を内蔵する一方、第 2 溶接チップ 14 に第 2 送受信器 18 を内蔵して検出装置を構成するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図 1】本実施の形態に係る溶融部界面位置検出装置の要部概略構成図である。

【符号の説明】

【0061】

10 ... 溶融部界面位置検出装置	12 ... 第 1 溶接チップ
14 ... 第 2 溶接チップ	16 ... 第 1 送受信器
18 ... 第 2 送受信器	20 ... 溶融部
22 ... 第 1 反射波	24 ... 透過波
26 ... 第 2 反射波	28 ... 第 3 反射波
30 ... ワーク内透過波	W1、W2 ... ワーク

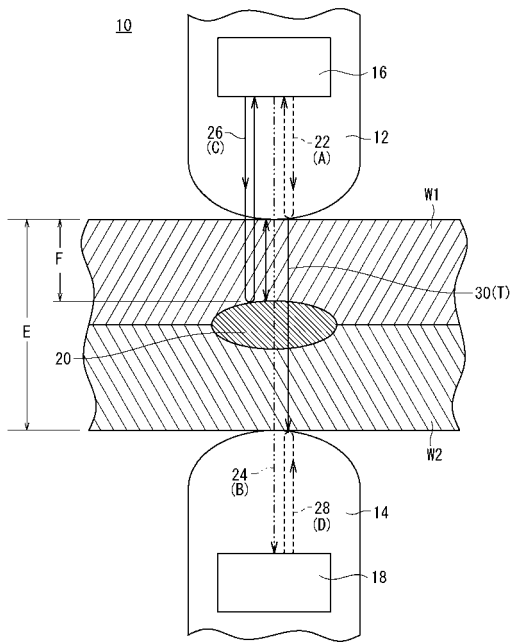
10

20

30

【 図 1 】

FIG. 1



フロントページの続き

- (72)発明者 柴田 薫
栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台 6 番地 1 ホンダエンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 伊賀上 光隆
栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台 6 番地 1 ホンダエンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 重松 徳昭
栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台 6 番地 1 ホンダエンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 青木 裕志
栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台 6 番地 1 ホンダエンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 栗本 典子
栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台 6 番地 1 ホンダエンジニアリング株式会社内
- F ターム(参考) 2F068 AA06 BB05 BB19 BB22 DD12 FF20 HH01 HH02 LL03