

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 12 月 10 日(10.12.2015)

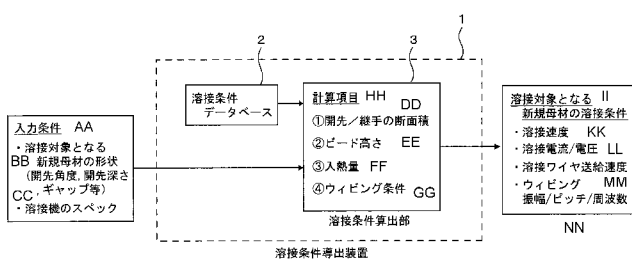


(10) 国際公開番号
WO 2015/186795 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 9/095 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/066219
- (22) 国際出願日: 2015 年 6 月 4 日(04.06.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-115700 2014 年 6 月 4 日(04.06.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社神戸製鋼所(KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBELCO STEEL, LTD.)) [JP/JP]; 〒6518585 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目 2 番 4 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 西村 利彦(NISHIMURA Toshihiko). 飛田 正俊(HIDA Masatoshi).
- (74) 代理人: 特許業務法人栄光特許事務所, 外(EIKOH PATENT FIRM, P.C. et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目 7 番 1 3 号 虎ノ門イーストビルディング 10 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: WELDING PARAMETER DERIVATION DEVICE

(54) 発明の名称: 溶接条件導出装置



- 1 Welding parameter derivation device
2 Welding parameter database
3 Welding parameter computation unit
AA Inputted parameters
BB Shape of new base material to be welded (groove angle, groove depth, gap, etc.)
CC Welding machine specs
DD (1) Groove/joint cross-sectional area
EE (2) Bead height
FF (3) Amount of heat inputted
GG (4) Weaving parameter
HH Calculated items
II Welding parameters of new base material to be welded
KK Welding speed
LL Welding current/voltage
MM Welding wire feed speed
NN Weaving amplitude/pitch/frequency

(57) Abstract: This welding parameter derivation device is provided to a welding machine that has a torch provided with a weaving mechanism, and is designed to derive welding parameters in accordance with the cross-sectional shape of a weld portion of a new base material. The device has a database in which welding parameter data is stored, and a welding parameter computation unit for computing welding parameters for the shape of a groove or joint of a new base material. On the basis of past welding parameter data for a shape similar to that of a groove or joint of a new base material, and input data pertaining to the specifications of the welding machine, the welding parameter computation unit derives welding parameter data for the new base material, taking into account at least one parameter from among a parameter of the cross-sectional area of the weld portion formed on the new base material, the bead height of the weld portion, the amount of heat inputted to the new base material, and a torch weaving parameter.

(57) 要約: 溶接条件導出装置は、ウィビング機構を備えたトーチを有する溶接機に備えられ、新規母材の溶着部の断面形状に応じた溶接条件を導出するものであり、溶接条件データが蓄積されたデータベースと、新規母材の開先や継手の形状に対する溶接条件を算出する溶接条件算出部とを有する。溶接条件算出部は、新規母材

の開先や継手の形状に類似した過去の溶接条件データと溶接機の仕様に関する入力データとを基に、新規母材に形成される溶着部の断面積のパラメータと、その溶着部のビード高さ、新規母材への入熱量、トーチのウィビング条件の少なくとも1つ以上のパラメータと、を考慮して、新規母材の溶接条件データを導出する。

WO 2015/186795 A1

明 細 書

発明の名称：溶接条件導出装置

技術分野

[0001] 本発明は、溶接を行う際の溶接条件を導出する溶接条件導出装置に関する。

背景技術

[0002] アーク溶接は、船舶、橋梁などの構造物や建築物、自動車等を製造する際に広く用いられている。特に、中厚板のアーク溶接においては、対象継手に複数の溶接ビードを重ねる「多層盛り溶接」が用いられている。「多層盛り溶接」とは、JIS規格（JIS Z 3001）で規定されているように、一つ又はそれ以上のパスからなる溶接金属の層を盛るように溶接することを指し、溶接継手に沿って行う1回の溶接操作のことをパスと呼ぶ。また、そのパスを複数回行ってできた溶接の層をビードと定義されている。

[0003] 上記した多層盛溶接を行うには、以下に示す項目を含む溶接条件をパス毎に予め求めておく必要がある。

（１）トーチの位置・姿勢：開先に対する狙い位置、狙い角、前進・後退角等

（２）溶接出力値：溶接電流、ワイヤ送給速度、溶接電圧等

（３）トーチ運棒方法：溶接速度とウィビングパターン等

そして、対象ワークにおける良好な溶接品質を得るためには、予めテストピースを用いて実溶接試験を繰り返し行い、適切な（１）～（３）の溶接条件を算出する必要がある。

[0004] 適切な施工条件は、溶接対象（例えば、継手種類（V型、レ型、T型・・・）と板厚、開先角度、対象ワークの材質等）、溶接関連機器（例えば、溶接電源の特性、シールドガスの種類、溶接ワイヤの材質・直径・トーチ先端からの突出し長さ等）毎に異なる。そのため、溶接対象、溶接機器毎に上記した実溶接実験を行う必要がある。

- [0005] また、近年、溶接工程のロボット化・自動化に伴い、上記の溶接条件は数値化されており、その数値化された溶接条件を別の溶接工程で再度利用できるように、データベースなどに記憶されている。
- [0006] しかしながら、溶接条件を適切に導出することは、現状では特定溶接技能者しか行えていない。また、溶接対象・溶接関連機器毎に適切な溶接条件を求めることは、膨大な数の実溶接実験を行う必要があり、現実的に不可能である。上記の問題を解決する技術が、特許文献１～特許文献３に開示されている。
- [0007] 特許文献１には、溶接トーチ部の溶接速度を制御して所定溶接長の開先部を溶接する自動溶接装置が開示されている。この自動溶接装置は、前記溶接長を複数の領域に区分して、溶接開始部と溶接終了部における前記開先部の開先底面幅、開先角度及び開先部の高さに基づいて、前記各領域における各溶接層の断面積を算出し、更にこの断面積に応じて前記各領域の各溶接層毎に前記溶接トーチ部の溶接速度を算出する算出手段と、この算出手段によって算出された情報を記憶する記憶手段と、この記憶手段から前記各領域の各溶接層毎に情報を読み出して前記溶接トーチ部の溶接速度を制御する速度制御手段と、が設けられている。
- [0008] つまり、特許文献１は、溶接対象が建築用の鉄骨部材であり、その鉄骨部材の開先部の高さ・底面幅・開先角度に基づいて、溶接断面をパス毎に分割し、パス毎の溶着断面積に応じて溶接速度を算出する技術である。また、特許文献１は、対象ワークである鉄骨部材の加工誤差により開先角度が異なっているとしても、既存条件を自動的に調整することで、溶接層の肉厚を一定にして溶接を行うようになっている。
- [0009] 特許文献２には、所定の教示データによって任意の継手形状のアーク溶接が可能な自動溶接装置を用いてすみ肉継手の多層盛溶接を行う方法が開示されている。この方法においては、前記自動溶接装置の制御および多層盛溶接パスプランの自動演算処理を行う演算処理装置を設ける。この演算処理装置による前記多層盛溶接パスプランの自動演算に当っては、少なくとも溶接の

継手形状、所定の溶着金属を満たすべき溶接脚長、継手部のギャップ、初層から最終層まで同一の溶接電流と溶接トーチのシフト量を初期条件として入力する。この入力値に基づいて、溶接電圧、ワイヤ溶融速度、溶接脚長を満たすのに必要な全溶着断面積と溶接の層数、初層から最終層までの溶接パス数、溶接速度とパス単位当りの溶着断面積、初層溶接のビード高さと幅、積層溶接に伴う累計ビード高さと幅などをそれぞれ演算する。この演算結果に基づいて初層から最終層まで各溶接パス毎のパス座標と溶接トーチの位置座標とを演算して、これら一連の演算結果を表示する。これとともに、前記自動演算によって、多層盛溶接に必要な初層から最終層まで各溶接パス毎の最適な溶接条件とパス座標および溶接トーチの位置座標とから構成したパスプランデータを作成する。また、多層盛溶接を行うべきすみ肉継手に対する必要な教示データとして、初層の溶接線および溶接トーチ位置を前記自動溶接装置に初期条件として入力したのちに前記演算処理装置に送信する。この教示データと前記作成したパスプランデータとにより、初層から最終層までパス毎の最適な溶接線および溶接トーチ位置座標と最適溶接条件とを決定して教示する教示パスプランデータを前記演算処理装置で自動作成したのち、前記自動溶接装置に送信する。この教示パスプランデータに基づいて初層から最終層までの各溶接パスを順次実行する。

[0010] つまり、特許文献2は、溶接対象であるすみ肉継手の形状・脚長・ギャップ長に対して、各パスにおいて「同一の溶接電流」を供給することを前提とし、この前提の基で、初層～最終層までのパス毎における溶接トーチの狙い位置座標、パス数、及び溶接電圧などの溶接条件を計算する技術である。

[0011] 特許文献3には、複数の溶接部を同時に溶接し得る複数の溶接ロボットが設けられた自動溶接装置における溶接方法が開示されている。この溶接方法は、各溶接部の断面形状に応じて溶接条件を決定する際に、溶接条件が溶接速度および溶接電流に関する場合で且つ各溶接部にコーナ部が含まれている場合であって、各溶接部におけるコーナ部での溶接具の回し半径位置に応じて溶接速度を決定するとともに、各溶接部のコーナ部における回し溶接の開

始動作が同期して行われるように、その各コーナ部手前における直線部での溶接速度を決定し、且つ溶接速度に応じて溶接電流を決定する。

[0012] つまり、特許文献3は、溶接部の全体断面積を予め設定された基準断面積にて除算し、溶接パス数を求める技術である。例えば、基準断面積を「1回のパスで溶接し得る断面積」とし、基準の開先より幅が広い開先を用いた場合には、自動的にパス数を増加させるようになっている。

[0013] 以上、特許文献1～特許文献3の技術は、パス毎に溶着断面積を事前に計算し、その各溶着断面積を基に、既存の溶接条件の一部を変更するようになり、溶接対象である継手などの形状が異なった場合でも、新たな溶接条件を自動計算することができる技術である。

先行技術文献

特許文献

[0014] 特許文献1：日本国特公平8－15665号公報

特許文献2：日本国特許2806733号公報

特許文献3：日本国特許4242111号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0015] しかしながら、上記した特許文献1～特許文献3の技術は、以下に示す（1）～（3）の項目が考慮されずに、溶接条件が導出されている。

（1）溶接品質に大きな影響を与える、母材への「入熱量」について、考慮されていない。

特許文献1～特許文献3の技術は、主に操作する溶接条件が「溶接速度」であり、パス毎の溶着断面積を所定の目標値にするために溶接速度 v を調整（増減）しているが、溶接品質で最も重要となる「溶け込み」の確保に必要とされる項目の一つである母材への入熱量 Q が考慮されていない。

[0016] 具体的には、入熱量 Q [J/cm] は、以下に示す式（1）から算出される。

[0017] [数1]

$$Q = 60 \cdot E \cdot \frac{I}{v} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (1)$$

ただし、 v :溶接速度 [cm/min]

E :溶接電圧 [V]

I :溶接電流 [A]

[0018] 溶接電圧 E 、溶接電流 I が一定で、且つ溶接速度 v が速い場合の入熱量 Q は、不足することとなり、「溶け込み」が不良となる虞がある。それ故、融合不良や割れ等の欠陥が発生し、母材の溶接品質が悪化する虞がある。

[0019] 一方で、溶接電圧 E 、溶接電流 I が一定で、且つ溶接速度 v が遅い場合の入熱量 Q は、過多となり、引張強度や耐衝撃性等の機械的特性が劣化する虞がある。

[0020] 以上より、本願発明者らは、製品として最も重要である溶接品質を保証するための「溶け込み」を確保するためには、溶接速度 v の算出及び変更時に、入熱量 Q を所定範囲内となるように考慮する必要があると知見した。

[0021] (2) トーチのウィビング条件について、考慮されていない。

特許文献1～特許文献3の技術には、中厚板を溶接する際の溶接条件として必要とされるトーチの「ウィビング条件」の算出方法、及び調整方法について、明確に開示されていない。

[0022] 溶接対象となる母材の開先形状が異なった場合には、ウィビング振幅 W を変更・調整するだけでなく、溶接速度 v に応じたウィビング周波数 F も変更・調整する必要がある。例えば、過去に溶接した母材の開先と比べて、より幅の狭い開先の場合、その幅狭の開先の両端におけるワイヤの狙い位置を正確に求めるために、幅狭の開先幅に合わせてウィビング振幅 W を減少させる必要がある。

[0023] さらに、溶着断面積を保つため溶接速度 v を増速させた場合には、ウィビング周波数 F も調整が必要である。一般的には、溶接速度 v が速いほど、ウィビング周波数 F を高周波にする必要がある。また、アングカット、溶込み

不足等の溶接欠陥防止および、良好なビード外観を得るためには、溶接速度 v とウィビング周波数 F で決定するウィビングピッチ dL (=ウィビング1周期で進む距離、すなわちウィビング波の波長)を適切な範囲に調整する必要がある。

[0024] また、溶け込みを確保するために、ウィビング振幅 W やワイヤ向き (アークの当たる方法)、特にウィビング時の狙い位置+トーチ角度 (=アーク方向) などのウィビング条件を考慮する必要がある。

[0025] 以上より、本願発明者らは、種々の開先形状ごとに溶接条件を導出するためには、ウィビング周波数 F を調整すると共に、ウィビング振幅 W を所定範囲内となるように、ウィビング条件を考慮する必要があると知見した。

[0026] (3) パス毎のビード高さ(ビード肉厚)について、考慮されていない。定性的には、パス毎の溶着断面の高さ(ビード高さ d) が所定値以上(ビード高さ大)となると、溶着部の溶融プールが過大となり、アークが不安定となるばかりでなく、アークが直接母材へ届かなくなる。その結果、入熱量が不足となる虞がある。つまり、溶融プール(溶着量)の過多は、「溶融プールの先行現象」を引き起こし、「溶け込み不足」となる。

[0027] 特許文献1～特許文献3の技術には、入熱量の不足を解消するため方法、つまりビード高さ d を所定値以下にする方法について、明確に開示されていない。特に、特許文献3においては、幅広の開先幅の場合、パス数を増加させることが開示されているが、パス数を増加させたとき、溶着断面高さ(ビード高さ d)が増加することとなり(特許文献3の図4参照)、溶接品質を劣化させる溶接条件を算出する虞がある。

[0028] 以上より、本願発明者らは、多数の実溶接実験において、熟練の溶接技能者が溶接品質として「良好」と判断した母材を検証し、その母材の大部分が「パス毎の溶着断面の高さ(=ビード高さ d)」が所定値以内となっていることを見出し、上記ビード肉厚 d が溶接品質上、重要なパラメータの一つであると知見した。

[0029] ビード肉厚 d が適切範囲になるよう考慮されず導出された溶接条件を用い

てアーク溶接を行うと、「溶け込み」が不良となったり、溶融プールが過大となったりして、融合不良や割れ等の欠陥が発生し、母材の溶接品質が悪化する問題が生じることとなる。

[0030] 本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、母材の開先や継手の形状に関する情報に加えて、入熱量、ウィビング動作パターン、ビード肉厚d等の溶接品質に影響をする条件を考慮してアーク溶接の溶接条件を自動で導出することができる溶接条件導出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

[0031] 上記の目的を達成するため、本発明においては以下の技術的手段を講じた。

本発明にかかる溶接条件導出装置は、ウィビング機構を有するトーチを用いて自動でアーク溶接を行う溶接機に備えられ、溶接対象となる新規母材の溶着部の断面形状に応じた溶接条件を自動で導出する溶接条件導出装置であって、

溶接条件データが蓄積されるデータベースと、

前記新規母材の開先や継手の形状に対する溶接条件を算出する溶接条件算出部と、

を有し、

前記溶接条件算出部は、

前記データベースから抽出された、前記新規母材の開先や継手の形状に類似した過去母材の溶接条件データと、前記溶接機の仕様に関する入力データとを基に、

前記新規母材に形成される溶着部の断面積のパラメータと、前記新規母材に形成される溶着部のビード高さ、前記新規母材への入熱量、前記トーチのウィビング条件の少なくとも1つ以上のパラメータと、を考慮して、前記新規母材の溶接条件データを導出することを特徴とする。

[0032] 好ましくは、前記溶接条件算出部は、前記新規母材のビード高さを、所定の上限値及び下限値の範囲内に設定するとよい。

好ましくは、前記溶接条件算出部は、前記新規母材への入熱量を、所定の上限値及び下限値の範囲内に設定するとよい。

- [0033] 好ましくは、前記溶接条件算出部は、前記ウィビング条件とされる、前記新規母材に対するウィビング振幅とウィビング波の波長であるウィビングピッチとを、所定の上限値及び下限値の範囲内にそれぞれ設定するとよい。

好ましくは、前記溶接条件算出部は、前記過去母材の溶接条件データから、前記過去母材のビード高さを抽出し、抽出した前記過去母材のビード高さを前記新規母材のビード高さとし、

その上で、前記過去母材の溶着部の断面積を算出し、算出された前記過去母材の溶着部の断面積を用いて、前記新規母材の溶接条件データの一つである溶接速度を導出するとよい。

- [0034] 好ましくは、前記溶接条件算出部は、導出された前記溶接速度を用いて前記新規母材への入熱量を算出し、

算出された前記過去母材への入熱量を用いて、前記新規母材の溶接条件データの一つである溶接電流を導出するとよい。

好ましくは、前記溶接条件算出部は、前記過去母材の溶接条件データから、前記過去母材に対するウィビング振幅、及び前記過去母材におけるビード幅を抽出し、

前記過去母材に対するウィビング振幅に、前記過去母材におけるビード幅と前記新規母材におけるビード幅との差分を加算して、前記新規母材の溶接条件データの一つであるウィビング振幅とするとよい。

- [0035] 好ましくは、前記溶接条件算出部は、前記新規母材の溶接条件データの一つであるウィビングピッチを、算出された前記溶接速度を基に、前記ウィビングピッチの所定の上限値及び下限値の範囲内になるようにウィビング周波数を調整することで導出するとよい。

好ましくは、前記溶接条件算出部は、前記溶接機の仕様に関する入力データを用いて、設定された前記新規母材の各溶接条件データの各上限値及び各下限値を再計算するとよい。

発明の効果

[0036] 本発明の溶接条件導出装置によれば、母材の開先や継手の形状に関する情報に加えて、入熱量、ウィピング動作パターン、ビード肉厚 d 等を考慮する事で、良好な溶接品質となるようなアーク溶接の溶接条件を自動で導出することができる。また、導出した溶接条件は、表示器等に表示可能であり、この溶接条件に基づいて、オペレータへの細かい指示・示唆をすることが可能である。

図面の簡単な説明

[0037] [図1A]本発明の溶接条件導出装置が備えられる溶接ロボットシステムを示した全体構成図である。

[図1B]トーチに備えられているウィピング機構の動作を模式的に示した説明図である。

[図2]本発明の溶接条件導出装置の構成を示すブロック図である。

[図3A]過去母材の開先を模式的に示した断面図である。

[図3B]新規母材の開先を模式的に示した断面図である。

[図4A]過去母材の開先に形成される溶着部の断面積を算出する方法を示した説明図である。

[図4B]新規母材の開先に形成される溶着部の断面積を算出する方法を示した説明図である。

発明を実施するための形態

[0038] 以下、本発明にかかる溶接条件導出装置について、図面に基づき詳しく説明する。なお、以下の説明では、同一の部品には同一の符号を付してある。それらの名称および機能も同じである。従って、それらについての詳細な説明は繰返さない。まず、本発明の溶接条件導出装置1を説明する前に、その溶接条件導出装置1が備えられた垂直多関節型の溶接ロボットシステム4の概要について、図1A、図1Bに基づき説明する。

[0039] 図1Aは、本発明の溶接条件導出装置1が備えられる溶接ロボットシステム4を示した全体構成図である。図1Bは、溶接トーチ7に備えられている

ウィビング機構の動作を模式的に示した説明図である。

図 1 A に示すように、この溶接ロボットシステム 4 は、溶接ロボット 5 と、教示ペンダント 9 を備えた制御装置 8 と、パソコン 10 とを有している。

[0040] 加えて、本実施形態の溶接ロボットシステム 4 には、溶接条件導出装置 1 (詳細は後述) が備えられている。

[0041] 溶接ロボット 5 は、垂直多関節型の複数軸 (例えば、6 軸) の産業用ロボットであり、その先端に溶接トーチ 7 (以降、単にトーチと呼ぶこともある) が備えられている溶接ヘッド 6 などから構成される溶接ツールが設けられている。加えて、溶接ロボット 5 は、図示はしないが、電源を供給する溶接電源装置と、トーチ 7 に溶接ワイヤ 11 (溶接電極) を送給するワイヤ送給装置と、を有している。なお、この溶接ロボット 5 は、それ自体を移動させるスライダ (図示せず) に搭載されていてもよい。

[0042] 図 1 B に示すように、この溶接ロボット 5 には、トーチ 7 の先端 (ノズル) を溶接方向に沿うように一定溶接速度にて動作させ、溶接方向に対してトーチ 7 をほぼ直角に揺動させるウィビング機構が備えられている。

[0043] 本実施形態の母材 W a の開先・継手の形状としては、様々なものが想定される。ここでは、図 3 A、図 3 B に例示するように、左右対称の V 型 (向き合う左右面が共に同じ角度で傾斜) の開先 Z a を例に挙げて説明する。

[0044] 母材 W a の開先 Z a の形状としては、左右非対称のレ型 (向き合う一方側が傾斜面で、他方側が垂直面: single bevel groove)、左右非対称の J 型 (向き合う一方側が湾曲面で、他方側が垂直面)、左右対称の I 型 (向き合う左右面が共に垂直面)、左右対称の U 型 (向き合う左右面が共に湾曲面)、2 つ以上の母材 W a を垂直に突き合わせた T 型 (すみ肉溶接) などが挙げられ、本実施形態はいずれの開先 Z a であっても適用可能である。

[0045] ウィビング動作をするトーチ 7 を用いて、母材 (対象ワーク) に対してアーク溶接を行うにあたっては、制御装置 8 にて、調整されたトーチ 7 の位置 (以降、トーチ 7 の狙い位置と呼ぶ) や母材 W a, W b の開先形状 Z a, Z b など、予め教示した溶接条件 (プログラム) に従って、溶接ロボット 5 の

制御が行われている。

[0046] この溶接条件は、制御装置 8 に接続された教示ペンダント 9 を使用して設定される場合や、パソコン 10 を利用して設定される場合などがある。いずれの場合であっても、この溶接条件は、実際に行われるアーク溶接の前に予め設定される。

[0047] 上記のようにして設定された溶接条件は、記憶媒体等を介して制御装置 8 に受渡しされたり、データ通信により制御装置 8 に転送されたりする。

[0048] ところで、溶接条件に基づいて、新たに溶接対象となる母材 W a に対して自動溶接を行う指令を出しているが、この新規母材 W a の開先形状 Z a が過去において溶接を行った実績がある過去母材 W b と同じ開先形状 Z b であれば、溶接ロボットシステム 4 に備えられたデータベース 2 などに予め蓄積されている溶接条件のデータから、同一の溶接条件を抽出して、その同一の溶接条件に基づいた自動溶接を行う指令を出せばよい。

[0049] しかしながら、実溶接では、新たにアーク溶接の対象となる母材 W a の開先形状 Z a が、過去に溶接履歴がある過去母材 W b と類似した開先形状 Z b (過去母材 W b の材質なども含む) であるとは限らない。

[0050] このような、前歴のない開先形状 Z a を有する新規母材 W a に対してアーク溶接を行う場合には、抽出した新規母材 W a の開先形状 Z a に類似した過去母材 W b の溶接条件を基に、新規母材 W a の溶接条件を計算して導出することが必要となる。

[0051] そこで、本願発明者らは、新規母材 W a の開先形状 Z a に類似した過去母材 W b の溶接条件と、新規母材 W a の開先形状 Z a に関する情報とに加えて、新規母材 W a に形成される溶着部に関する情報、トーチ 7 に関する情報を考慮して、新規母材 W a の溶接条件を自動で導出することができる溶接ロボットシステム 4 の溶接条件導出装置 1 を開発した。溶接条件導出装置 1 は、上記した溶接ロボットシステム 4 に備えられていて、溶接対象となる新規母材 W a の断面形状に応じた溶接条件を自動で導出するものである。

[0052] 図 2 は、本発明の溶接条件導出装置 1 の構成を示すブロック図である。図

2に示すように、溶接条件導出装置1は、「溶接条件データ」が蓄積されたデータベース2と、新規母材W aに対する溶接条件を算出する溶接条件算出部3と、を有している。

[0053] データベース2に蓄積された「溶接条件データ」は、過去に溶接履歴がある過去母材W bの溶接条件（過去母材W bの溶接条件）、その過去母材W bの溶接条件を基に物理モデル化し、その物理モデルから得られた溶接条件、これまでに導出した経験のある溶接条件（実際に採用された溶接条件、適した条件であるが、何らかの理由で不採用となった溶接条件）などが含まれている。

[0054] 本発明の特徴である溶接条件算出部3は、データベース2から抽出された、新規母材W aに類似した過去母材W bの「溶接条件データ」と、溶接ロボット5の仕様に関する「入力データ」とを基に、新規母材W aに形成される溶着部の断面積Sを考慮し、更には新規母材W aに形成される溶着部のビード高さd、新規母材W aへの入熱量Q、トーチ7のウィビング条件の少なくとも1つ以上を考慮した上で、新規母材W aの「溶接条件データ」を導出する。

[0055] なお、本実施形態の溶接条件算出部3は、データベース2から抽出された、新規母材W aに類似した過去母材W bの「溶接条件データ」と、溶接ロボット5の仕様に関する「入力データ」とを基に、新規母材W aへの溶着部の断面積 S_{pn} のパラメータと、新規母材W aに形成される溶着部のビード高さ d_{pn} を考慮し、その上で新規母材W aへの入熱量 Q_{pn} 、トーチ7のウィビング条件を考慮して、新規母材W aの「溶接条件データ」を導出するものである。

[0056] 「入力データ」とは、溶接ロボット5のスペックを基に設定されたデータであり、例えば、溶接電圧E、溶接電流I、溶接ワイヤ11の送給速度 V_w （l）、溶接ワイヤ11の半径R、ウィビング周波数Fなどである。

[0057] 詳しくは、この溶接条件算出部3は、新規母材W aのビード高さ d_{pn} を考慮すべく、過去母材W bの「溶接条件データ」から、過去母材W bのビード

高さ d_n を抽出し、抽出した過去母材 W_b のビード高さ d_n を新規母材 W_a のビード高さ d_{pn} とする。その上で、溶接条件算出部 3 は、過去母材 W_b の溶着部の断面積（開先断面積） S_n を算出し、算出された過去母材 W_b の溶着部の断面積 S_n を用いて、新規母材 W_a の「溶接条件データ」の一つである溶接速度 v_{p1} を導出する。

[0058] また、溶接条件算出部 3 は、新規母材 W_a への入熱量 Q_{p1} を考慮すべく、導出された溶接速度 v_{p1} を用いて新規母材 W_a への入熱量 Q_{p1} を算出する。そして、溶接条件算出部 3 は、算出された過去母材 W_b への入熱量 Q_1 を用いて、新規母材 W_a の「溶接条件データ」の一つである溶接電流 I_{p1} を導出する。

[0059] さらに、溶接条件算出部 3 は、新規母材 W_a に対するウィビング振幅 W_{p1} を考慮すべく、過去母材 W_b の「溶接条件データ」から、過去母材 W_b に対するウィビング振幅 W_1 、及び過去母材 W_b におけるビード幅（脚長） A_1 を抽出する。そして、溶接条件算出部 3 は、過去母材 W_b に対するウィビング振幅 W_1 に、過去母材 W_b におけるビード幅 A_1 と新規母材 W_a におけるビード幅 A_{p1} との差分（ビード幅 A_{p1} の増加分） ΔW を加算して、これを新規母材 W_a の「溶接条件データ」の一つであるウィビング振幅 W_{p1} とする（ $W_{p1} = W_1 + \Delta W$ ）。

[0060] また、溶接条件算出部 3 は、新規母材 W_a に対するウィビングピッチ（＝ウィビング端点間の距離） dL_{p1} を考慮すべく、算出された溶接速度 v_{p1} を基に、ウィビングピッチ dL_{p1} の上限値及び下限値の範囲 $[P_n \pm \Delta P \text{ (} n = 1 \text{)}]$ 内になるようにウィビング周波数 F_{p1} を調整して、新規母材 W_a の「溶接条件データ」の一つであるウィビングピッチ dL_{p1} を導出する。

[0061] 以上まとめると、溶接条件算出部 3 は、入力条件の溶接速度 v とワイヤ送給速度 V とから、溶着部の断面積 S_{pn} を算出し、算出された断面積 S_{pn} を用いて、ビード高さ d_{pn} 、入熱量 Q_{pn} を算出する。

[0062] そして、算出されたパス毎のビード高さ d_{pn} と入熱量 Q_{pn} とが、過去母材 W_b の溶接条件のビード高さ d_n 、入熱量 Q_n から大きく変化しないように、

つまり、ビード高さ d_{pn} を $(d_n \pm \Delta d)$ の範囲内に、且つ入熱量 Q_{pn} を $(Q_n \pm \Delta Q)$ の範囲内となるように調整する。

[0063] 続いて、その調整されたビード高さ d_{pn} を用いて、新たな溶接速度 v_{pn} を導出すると共に、調整された入熱量 Q_{pn} を用いて、新たなワイヤ送給速度 V_{pn} (=溶接電流 I_{pn}) を導出する。

[0064] 上記した溶接条件算出部 3 は、溶接ロボット 5 の仕様に関する「入力データ」を用いて、設定された新規母材 W_a の各「溶接条件データ」の上限値及び各下限値を再計算するように構成されていてもよい。

[0065] 次に、本発明の溶接条件導出装置 1 を用いて、新規母材 W_a の溶接条件を導出する方法、すなわち本発明の特徴である溶接条件算出部 3 の動作（溶接条件の導出過程）について、V 型開先 Z_a の「多層盛り溶接」を例に挙げて詳細に説明する。

[0066] 図 3 A は、過去母材 W_b の開先 Z_b を模式的に示した断面図であり、図 3 B は、新規母材 W_a の開先 Z_a を模式的に示した断面図である。また、図 4 A は、過去母材 W_b の開先 Z_b に形成される溶着部の断面積を算出する方法を示した説明図である。図 4 B は、新規母材 W_a の開先 Z_a に形成される溶着部の断面積を算出する方法を示した説明図である。

[0067] 図 3 A、図 3 B に示すように、本実施形態では、新たにアーク溶接を行う対象を V 型の開先 Z_a を有する新規母材 W_a とする。また、過去母材 W_b の開先角度を θ とし、ギャップ幅を g とする。一方、新規母材 W_a の開先角度を θ_p とし、ギャップ幅を g_p とする。なお、開先角度については、 $(\theta > \theta_p)$ とし、ギャップ幅については、 $(g > g_p)$ とする。つまり、新規母材 W_a の開先角度 θ_p 及びギャップ幅 g_p のほうが、過去母材 W_b のそれ (θ, g) より、狭いものであるとする。

[0068] また、図 3 A、図 3 B に示すように、本実施形態の「多層盛り溶接」では、アーク溶接のパス数を 5 パスとし、層数を 4 層としている。

[0069] まず、本実施形態の溶接条件導出装置 1（溶接ロボット 5）には、以下に示す溶接条件、

1) パス数: n ($n = 1, 2, \dots$)

2) パス毎に、

- ・溶接ロボット5への出力指令として、溶接電流 I 、溶接電圧 E
- ・トーチ7の先端の狙い位置 P 、狙い角度・前進角、溶接時の速度 v
- ・ウィビング動作(正弦波)パラメータ: ウィビング振幅 W ・ウィビング周波数 F が教示データとして、データベース2に記憶されているとする。

[0070] また、本実施形態の溶接条件導出装置1には、予め行った実溶接実験にて、良好な溶接品質となることが確認された溶接条件(過去母材 Wb の溶接条件)を、データベース2に記憶させてあるとする。表1に、過去母材 Wb の溶接条件の一例を示す。

[0071] [表1]

【過去母材の溶接条件データ】

- | | |
|----------------|---|
| ・ 開先種類: | V型開先 |
| ・ 開先角度: | θ [RAD] |
| ・ 底面ギャップ幅: | g [mm] |
| ・ 開先深さ: | L [mm] |
| ・ 層数: | 4 |
| ・ パス数: | 5 |
| ・ パス n 毎の条件: | 溶接電流 I_n
溶接電圧 E_n
溶接速度 v_n
狙い位置 P_n
ウィビング振幅 W_n
周波数 F_n [Hz] |

[0072] また、表2に示すように、溶接条件導出装置1には、本実施形態にて使用する溶接電源や、溶接ワイヤ11の種類(例えば、半径 R)や、溶接ロボット5の性能限界で決定する特性(例えば、溶接ワイヤ11の送給速度 V_w (1)、標準電圧値 E_s (1)、ウィビング周波数 F など)などがデータベース2に記憶されている。

[0073]

[表2]

【入力条件（溶接機のスペック）】	
・溶接ワイヤの半径	R [mm]
・溶接電流 I の上限値、下限値	I_{min}, I_{max} [A]
・溶接電流 I に応じたワイヤ送給速度	$V_w(I)$ [mm/s]
・溶接電流 I に応じた標準電圧値	$E_s(I)$ [V]
・ウィビング振幅 W に応じたウィビング周波数上限値	$F_{max}(W)$ [mm]

[0074] また、表3に示すように、本実施形態において溶接品質を確保するための溶接条件の制限値として、溶接条件導出装置1には、過去母材 W_b の入熱量 Q_n 、ビード高さ d_n 、トーチ7のウィビング条件（例えばウィビング振幅 W_n 、ウィビングピッチ dL_n ）などもデータベース2に記憶されている。

[0075] [表3]

【溶接条件の制限値】	
・入熱量 Q_n	下限値 Q_{min} [J/mm] , 上限値 Q_{max} [J/mm] 調整時の許容変化閾値 ΔQ [J/mm]
・ビード高さ(肉厚) d_n	下限値 d_{min} [mm] , 上限値 d_{max} [mm] 調整時の許容変化閾値 Δd [mm]
・ウィビング振幅 W_n	下限値 W_{min} [mm] , 上限値 W_{max} [mm]
・ウィビングピッチ dL	下限値 dL_{min} [mm] , 上限値 dL_{max} [mm] 調整時の許容変化閾値 ΔdL [mm]

[0076] なお、上記した溶接条件の各制限値は、所定の上限値及び下限値の範囲内に設定されている。例えば、溶接条件算出部3において、新規母材 W_a への入熱量 Q_{pn} を考慮するに際しては、過去母材 W_b への入熱量 Q_n より、新規母材 W_a への入熱量 Q_{pn} が所定の上限値 Q_{max} 及び下限値 Q_{min} の範囲内に設定されている。

[0077] また、溶接条件算出部3において、新規母材 W_a に形成される溶着部のビード高さ d_{pn} を考慮するに際しては、過去母材 W_b のビード高さ d_n に基づき、新規母材 W_a のビード高さ d_{pn} を所定の上限値 d_{max} 及び下限値 d_{min} の範囲内に設定する。

[0078] さらに、溶接条件算出部3において、ウィビング条件とされる、新規母

材 W_a に対するウィビング振幅 W_{pn} を考慮するに際しては、過去母材 W_b に対するウィビング振幅 W_n に基づき、新規母材 W_a に対するウィビング振幅 W_{pn} を所定の上限値 W_{max} 及び下限値 W_{min} の範囲内に設定する。また、ウィビングピッチ(=ウィビング波の波長) dL_{pn} を考慮するに際しては、過去母材 W_b に対するウィビングピッチ dL_n に基づき、ウィビングピッチ dL_{pn} を所定の上限値 dL_{max} 及び下限値 dL_{min} の範囲内に設定する。

[0079] 本実施形態では、オペレータは、溶接ロボット5に備えられた教示ペンダント9を用いて、データベース2に、上記した各種データの設定や教示データの記憶、並びに新規母材 W_a の溶接条件の設定(詳細は後述)などを行う。

[0080] 次に、図3Bに示すように、オペレータは、今回の溶接対象である「新規母材 W_a (新たな継手)」の開先形状 Z_a のパラメータ(開先角度 θ_p 、ギャップ幅 g_p)を入力して、溶接条件算出部3(溶接条件の自動算出機能)を起動させる。

[0081] 溶接条件算出部3は、溶接ロボット制御用CPUにより、以下に示す処理ステップ(ステップ1、ステップ2)を行う。

[0082] まず、ステップ1において、過去母材 W_b の溶接条件からビード形状と入熱量を求める。

具体的には、表1に示す[過去母材 W_b の溶接条件データ]、表2に示す[入力条件(溶接ロボット5のスペック)]から、過去母材 W_b の溶接条件で形成されるビードの積層図(図4A参照)におけるパス毎の溶着部の断面形状パラメータ、および、各パスの溶着部への入熱量 Q_n を算出する。

[0083] なお、本実施形態においては、パス毎のビード断面を「台形」状と見なし、例えば、 n パス目($n=1, 2, \dots$)のビード幅を A_n 、ビード(開先 Z_b)の断面積を S_n 、ビード高さを d_n 、入熱量を Q_n とする。

[0084] 図4Aに示すように、過去母材 W_b の溶接条件の n パス目(本実施形態では、 $n=1 \sim 5$)の条件、すなわち溶接電流 E_n [V]、溶接電圧 I_n [A]、速度 v_n [mm/s]、トーチ7の狙い位置 P_n 、ウィビング振幅 W_n [mm]

」、ウィビング周波数 F_n [Hz] などから、 n パス目における開先 Z_b の断面積 S_n [mm²]、溶着部のビード幅 A_n [mm]、ビード高さ d_n [mm]、 n パス目の入熱量 Q_n [J/mm] を算出する。

[0085] まず、1 パス目～3 パス目 ($n = 1 \sim 3$) の過去母材 W_b の溶接条件について、導出する。溶接ワイヤ 11 の溶着量を基に、1 パス目～3 パス目における各溶着部の断面積 (ビード断面積) S_n [mm²] を、以下に示す式 (2) より算出する。

[0086] [数2]

$$S_n = V_w(I) \cdot \frac{\pi R^2}{v_n} \quad \dots \quad (2)$$

ただし、 $n = 1 \sim 3$

[0087] そして、1 パス目～3 パス目におけるビード高さ d_n を、式 (3) を式 (4) に変形して算出する。

[0088] [数3]

$$S_n = [A_{n-1} + d_n \cdot \tan(\frac{\theta}{2})] \cdot d_n \quad \dots \quad (3)$$

ただし、 $n = 1 \sim 3$

[0089] [数4]

$$d_n = \frac{-A_{n-1} + \sqrt{A_{n-1}^2 + 4 \cdot S_n \cdot \tan(\frac{\theta}{2})}}{2 \cdot \tan(\frac{\theta}{2})} \quad \dots \quad (4)$$

ただし、 $A_0 = g$ (1 層目の底面長さ=ギャップ長 g [mm])
 $n = 1 \sim 3$

[0090] さらに、1 パス目～3 パス目におけるビード幅 A_n [mm] を、以下に示す式 (5) より算出する。

[0091]

[数5]

$$A_n = A_{n-1} + 2 \cdot d_n \cdot \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (5)$$

ただし、 $n=1 \sim 3$

[0092] 続いて、1パス目～3パス目における入熱量 Q_n [J/mm] を、以下に示す式(6)より算出する。

[0093] [数6]

$$Q_n = \frac{I_n \cdot E_n}{v_n} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (6)$$

ただし、 $n=1 \sim 3$

[0094] 次に、4パス目、5パス目 ($n=4, 5$) の過去母材 Wb の溶接条件について、導出する。4パス目、5パス目における各ビード断面積 S_n を、以下に示す式(7)より算出する。

[0095] [数7]

$$S_n = V_w(I) \cdot \frac{\pi R^2}{v_n} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (7)$$

ただし、 $n=4,5$

[0096] そして、4パス目、5パス目における各ビード高さ d_n を、式(8)を式(9)に変形して算出する。

[0097] [数8]

$$S_n = \left[A_3 + \frac{d_n \cdot \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)}{2} \right] \cdot d_n \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (8)$$

ただし、 $n=4,5$

[0098]

[数9]

$$d_n = \frac{-A_3 + \sqrt{A_3^2 + 2 \cdot S_n \cdot \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)}}{\tan\left(\frac{\theta}{2}\right)} \quad \dots \quad (9)$$

ただし、 $n = 4, 5$

[0099] さらに、4パス目、5パス目におけるビード幅 A_n [mm] を、以下に示す式 (10) より算出する。

[0100] [数10]

$$A_n = \frac{A_3}{2} + d_n \cdot \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad \dots \quad (10)$$

ただし、 $n = 4, 5$

[0101] 続いて、4パス目、5パス目における入熱量 Q_n [J/mm] を、以下に示す式 (11) より算出する。

[0102] [数11]

$$Q_n = \frac{I_n \cdot E_n}{v_n} \quad \dots \quad (11)$$

ただし、 $n = 4, 5$

[0103] なお、本実施形態では、計算によって、過去母材 Wb におけるビード断面積 S_n 、ビード幅 A_n 、ビード高さ d_n 、入熱量 Q_n を算出したが、実溶接実験時にパス毎にビード形状や実電流・電圧等を計測し、それら計測結果をアーク溶接の実データとして、データベース2に記憶しておいてもよい。

[0104] 次に、ステップ2において、過去母材 Wb の溶接条件から、新規母材 Wa (新たな溶接継手) のビード形状 (断面積 S_{pn} 及びビード高さ d_{pn} など) のパラメータと、新規母材 Wa への入熱量 Q_{pn} を算出し、算出された新規母材 Wa のビード形状のパラメータと、入熱量 Q_{pn} とを基に、新規母材 Wa の溶接条件を導出する。

[0105] なお、図4 A、図4 Bに示すように、新規母材W aの開先角度を θ_p とし、ギャップ幅を g_p とし、過去母材W bの開先角度を θ とし、ギャップ幅を g としている。また、開先角度を $(\theta > \theta_p)$ とし、ギャップ幅 g を $(g > g_p)$ としている。

[0106] まず、新規母材W aへの1層目（1パス目）のアーク溶接に対する溶接条件を導出する。

[0107] 本実施形態では、ビード高さ（厚み） d_{pn} が過去母材W bの溶接条件からできるだけ変化しない、すなわち、過去母材W bの溶接条件に略類似するように、新規母材W aの溶接条件を導出する。その理由としては、「発明が解決しようとする課題」で詳説したように、本願発明者らが、溶接品質にビード高さ d_{pn} が大きく影響するとの知見をしたからである。

[0108] 具体的には、1パス目のビード高さ d_{p1} が過去母材W bの溶接条件における1パス目のビード高さ d_1 と一致する $(d_{p1} = d_1)$ ように、溶接速度 v_{p1} を調整する。まず、1パス目におけるビード断面積 S_{p1} [mm²] を、以下に示す式（12）より算出する。

[0109] [数12]

$$S_{p1} = d_{p1}^2 \cdot \tan\left(\frac{\theta_p}{2}\right) + d_{p1} \cdot g_p \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (12)$$

[0110] そして、新たな溶接速度 v_{p1} を、以下に示す式（13）より算出する。

[0111] [数13]

$$v_{p1} = V_w(I) \cdot \frac{\pi R^2}{S_{p1}} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (13)$$

[0112] なお、本実施形態においては、新規母材W aの開先形状Z aが過去母材W bの開先形状Z bより狭くなった場合であるので、新規母材W aの溶接速度 v_{p1} は過去母材W bの溶接速度 v_1 より遅くなる $(v_{p1} < v_1)$ 。一方で、新規母材W aへの入熱量 Q_{p1} は、過去母材W bへの入熱量 Q_1 より増加することとなる $(Q_{p1} > Q_1)$ 。

[0113] そして、新規母材W a への入熱量 Q_{p1} を算出するに際し、その算出された新規母材W a への入熱量 Q_{p1} を所定範囲になるように調整を行う。

[0114] このときに用いる各閾値は、表3に示す「溶接条件の制限値」、

・入熱量 Q

下限値 Q_{min} [J/mm]、上限値 Q_{max} [J/mm]

調整時の許容変化閾値 ΔQ [J/mm]

・ビード高さ d

下限値 d_{min} [mm]、上限値 d_{max} [mm]

調整時の許容変化閾値 Δd [mm]

を用いる。なお、これら上限値及び下限値は、予め求められている設計値、あるいは、溶接施工時のノウハウとして算出されるものである。

[0115] 新規母材W a への入熱量 Q_{p1} が上限値 Q_{max} を上回った場合 ($Q_{p1} > Q_{max}$)、あるいは、新規母材W a への入熱量 Q_{p1} と過去母材W b への入熱量 Q_1 との差が、調整時の許容変化閾値 ΔQ より上回った場合 ($Q_{p1} - Q_1 > \Delta Q$) には、新規母材W a への入熱量 Q_{p1} が上限値 Q_{max} となる、あるいは、新規母材W a への入熱量 Q_{p1} が過去母材W b への入熱量 Q_1 に調整時の許容変化閾値 ΔQ を加算した値 ($Q_1 + \Delta Q$) となるように、以下に示す式(14)より算出し、溶接電流 I_{p1} を、以下に示す式(15)より算出する。

[0116] [数14]

$$Q_{p1} = \frac{(I_1 \cdot E_1)}{v_{p1}} \quad \dots \quad (14)$$

[0117] [数15]

$$I_{p1} = \frac{Q_{max} \cdot v_{p1}}{E_n} \quad \dots \quad (15)$$

[0118] 算出された新規母材W a への入熱量 Q_{p1} を基に、溶接電流 I_{p1} を調整した(本実施形態においては、溶接電流 I_{p1} を減少させることになった)結果、新規母材W a への溶着量が変化するので、新規母材W a のビード高さ d_{p1} も変化

するようになる。

[0119] 新規母材W aのビード高さ d_{p1} は、以下に示す式(16)、式(17)より算出する。

[0120] [数16]

$$S_{p1} = V_w(I) \cdot \frac{\pi R^2}{v_{p1}} \quad \dots \quad (16)$$

[0121] [数17]

$$d_{p1} = \frac{-A_{p0} + \sqrt{A_{p0}^2 + 4 \cdot S_{p1} \cdot \tan\left(\frac{\theta_p}{2}\right)}}{2 \cdot \tan\left(\frac{\theta_p}{2}\right)} \quad \dots \quad (17)$$

[0122] 本実施形態では、算出した新規母材W aのビード高さ d_{p1} と過去母材W bの溶接条件のビード高さ d_1 との差の絶対値が、調整時の許容変化閾値 Δd 以下、すなわち以下に示す式(18)を満たすか否かを確認する。

[0123] [数18]

$$|d_1 - d_{p1}| \leq \Delta d \quad \dots \quad (18)$$

[0124] 例えば、仮に、以下に示す式(19)のように、算出された新規母材W aのビード高さ d_{p1} と過去母材W bの溶接条件のビード高さ d_1 との差の絶対値が、調整時の許容変化閾値 Δd 以上、すなわち式(18)を満たさない場合、ビード高さ d_{p1} が大きく変化したこととなる。このように、ビード高さ d_{p1} が大きく変化した(閾値以上となった)場合、教示ペンダント9を介してオペレータに通達してもよい。

[0125] [数19]

$$|d_1 - d_{p1}| > \Delta d \quad \dots \quad (19)$$

[0126] 以上のようにして算出された溶接電流 I_{p1} を用いて、1層目のビード幅 A_{p1} を、以下に示す式(20)より算出する。

[0127] [数20]

$$A_{p1} = A_{p0} + 2 \cdot d_{p0} \cdot \tan\left(\frac{\theta_p}{2}\right) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (20)$$

[0128] 算出された1層目のビード幅 A_{p1} を、2パス目（2層目）の溶接条件の導出に用いる。

以降、上記した新規母材 $W a$ の溶接条件の導出を、最終層（4層目の5パス目）まで繰り返し行う。

[0129] 特に、4層目の4パス目、5パス目においては、最終ビードが開先 $Z a$ 全域を埋めるように、ビード高さ d_{p4} ($= d_{p5}$) を、以下に示す式（21）のようにする。

[0130] [数21]

$$d_{p4} = L - (d_{p1} + d_{p2} + d_{p3}) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (21)$$

[0131] ビード断面積 S_{p4} を、以下に示す式（22）より計算する。

[0132] [数22]

$$S_{p4} = (A_{p3} + \frac{d_{p4} \cdot \tan(\frac{\theta_p}{2})}{2}) \cdot d_{p4} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (22)$$

[0133] そして、算出されたビード断面積 S_{p4} を用いて、式（23）より溶接速度 v_{p4} を算出する。続いて、その算出された溶接速度 v_{p4} を用いて、式（24）より溶接電流 I_{p4} を計算する。

[0134] [数23]

$$v_{p4} = V_w(I) \cdot \frac{\pi R^2}{S_{p4}} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (23)$$

[0135] [数24]

$$I_{p4} = \frac{Q_{\max} \cdot v_{p4}}{E_4} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (24)$$

- [0136] そして、オペレータは、上記のように本発明の溶接条件導出装置 1 により導出され、教示ペンダント 9 に表示された新規母材 W a の溶接条件を参照して、新規母材 W a の溶接条件を設定する。
- [0137] 以上述べたように、新規母材 W a に類似した過去母材 W b の「溶接条件データ」と、溶接ロボット 5 の仕様に関する「入力データ」とを基に、新規母材 W a に形成される溶着部の断面積 S_{pn} を考慮し、且つ新規母材 W a に形成される溶着部のビード高さ d_{pn} 、新規母材 W a への入熱量 Q_{pn} 、トーチ 7 のウィビング条件（ウィビング振幅 W_{pn} 、ウィビングピッチ dL_{pn} など）の少なくとも 1 つ以上を考慮することで、アーク溶接に関する情報が十分に満足した状態で、これまで溶接実績のない新規母材 W a の溶接条件を導出することができる。また、本発明の溶接条件導出装置 1 は、過去実績のある溶接条件に対する入熱量 Q_n の変化が適正範囲になることを最優先に、新規母材 W a の溶接条件を自動的に調整することにより、入熱量 Q_{pn} の不足乃至は過多による融合不良や機械的特性の劣化等の溶接欠陥を防止することができる。
- [0138] また、本発明の溶接条件導出装置 1 は、上記した新規母材 W a の溶接条件の導出過程を経る、特にビード高さ d_{pn} が所定値の範囲（ $d_{max} \sim d_{min}$ ）内となる、すなわちビード高さ d_{pn} を d_n からできるだけ変化させないようにすることで、「溶け込み」不足を防止することができる。
- [0139] また、本発明の溶接条件導出装置 1 は、溶接速度 v_p に加えて、溶接ワイヤ 11 の送給速度 V_w (l)（＝溶接電流 l）なども調整対象とすることで、新規母材 W a の溶接条件を導出する際の調整可能範囲をより広範囲とすることができ、種々の開先形状 Z a, Z b の新規母材 W a に対応することができる。
- [0140] また、前述のように、新規母材 W a の溶接条件を導出する際の調整可能範囲を広範囲としているので、予めデータベース 2 に蓄積しておく過去母材 W b の溶接条件を必要最小限にすることができる。それ故、予めデータベース 2 に蓄積しておくための過去母材 W b の溶接条件を導出する実溶接実験の回数も少なくすることができる。

- [0141] また、アーク溶接に使用する溶接ロボット5の特性・性能限界（入熱量 Q_p ／ビード高さ d_p 等、溶接施工での「限界値」だけでなく、その溶接ロボット5の限界値（ワイヤ送給速度 V_w （l）の上限値、溶接ロボット5の溶接速度 v の限界、ウィビング周波数 F 毎のウィビング振幅 W の上限値など）を考慮して新規母材 W_a の溶接条件を導出していることから、算出された新規模材の溶接条件は確実に溶接ロボット5にて実行することができる。それ故、溶接条件変更後における溶接ロボット5の事前の確認運転が不要となる。
- [0142] なお、今回開示された実施形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。
- [0143] 例えば、本実施形態においては、溶接条件導出装置1により導出された新規母材 W_a の溶接条件を基に、オペレータが教示ペンダント9を用いて、新規母材 W_a の溶接条件の設定操作を行う説明を行った。しかし、これに限らず、溶接条件導出装置1により導出された新規母材 W_a の溶接条件をパソコン10などの表示器（モニタ）に表示し、キーボードまたはマウスなど入力装置を用いて、新規母材 W_a の溶接条件を設定してもよい。
- [0144] また、本実施形態では、自動でアーク溶接を行う溶接機として、トーチ7をウィビング動作させる多関節の溶接ロボット5を例に挙げて説明したが、この多関節の溶接ロボット5は一つの例であり、自動溶接が行えるウィビング動作が可能な溶接機であれば特に限定しない。例えば、ウィビング機能を有する直線移動型の簡易自動溶接機であってもよい。また、本実施形態は、アーク溶接を行う方法として、対象継手に複数の溶接ビードを重ねる「多層盛り溶接」を例に挙げて説明したが、「一層、1パスの溶接」でも適用可能である。また、本発明は、「すみ肉継手溶接」にも適用可能である。
- [0145] 特に、今回開示された実施形態において、明示的に開示されていない事項、例えば、運転条件や操業条件、各種パラメータ、構成物の寸法、重量、体積などは、当業者が通常実施する範囲を逸脱するものではなく、通常の当業者であれば、容易に想定することが可能な値を採用している。
- [0146] 本出願は2014年6月4日出願の日本国特許出願（特願2014-11

５７００）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。
。

符号の説明

- [0147] １ 溶接条件導出装置
 ２ データベース
 ３ 溶接条件算出部
 ７ トーチ
 １１ 溶接ワイヤ（溶接電極）
W a 新規母材（対象ワーク）
W b 過去母材
Z a 新規母材の開先（開先形状）
Z b 過去母材の開先（開先形状）

請求の範囲

- [請求項1] ウィピング機構を有するトーチを用いて自動でアーク溶接を行う溶接機に備えられ、溶接対象となる新規母材の溶着部の断面形状に応じた溶接条件を自動で導出する溶接条件導出装置であって、
- 溶接条件データが蓄積されるデータベースと、
- 前記新規母材の開先や継手の形状に対する溶接条件を算出する溶接条件算出部と、
- を有し、
- 前記溶接条件算出部は、
- 前記データベースから抽出された、前記新規母材の開先や継手の形状に類似した過去母材の溶接条件データと、前記溶接機の仕様に関する入力データとを基に、
- 前記新規母材に形成される溶着部の断面積のパラメータと、前記新規母材に形成される溶着部のビード高さ、前記新規母材への入熱量、前記トーチのウィピング条件の少なくとも1つ以上のパラメータと、を考慮して、前記新規母材の溶接条件データを導出することを特徴とする溶接条件導出装置。
- [請求項2] 前記溶接条件算出部は、前記新規母材のビード高さを、所定の上限値及び下限値の範囲内に設定することを特徴とする請求項1に記載の溶接条件導出装置。
- [請求項3] 前記溶接条件算出部は、前記新規母材への入熱量を、所定の上限値及び下限値の範囲内に設定することを特徴とする請求項1又は2に記載の溶接条件導出装置。
- [請求項4] 前記溶接条件算出部は、前記ウィピング条件とされる、前記新規母材に対するウィピング振幅とウィピング波の波長であるウィピングピッチとを、所定の上限値及び下限値の範囲内にそれぞれ設定することを特徴とする請求項1又は2に記載の溶接条件導出装置。
- [請求項5] 前記溶接条件算出部は、前記ウィピング条件とされる、前記新規母

材に対するウィビング振幅とウィビング波の波長であるウィビングピッチとを、所定の上限値及び下限値の範囲内にそれぞれ設定することを特徴とする請求項3に記載の溶接条件導出装置。

[請求項6] 前記溶接条件算出部は、前記過去母材の溶接条件データから、前記過去母材のビード高さを抽出し、抽出した前記過去母材のビード高さを前記新規母材のビード高さとし、

その上で、前記過去母材の溶着部の断面積を算出し、算出された前記過去母材の溶着部の断面積を用いて、前記新規母材の溶接条件データの一つである溶接速度を導出することを特徴とする請求項1又は2に記載の溶接条件導出装置。

[請求項7] 前記溶接条件算出部は、導出された前記溶接速度を用いて前記新規母材への入熱量を算出し、

算出された前記過去母材への入熱量を用いて、前記新規母材の溶接条件データの一つである溶接電流を導出することを特徴とする請求項6に記載の溶接条件導出装置。

[請求項8] 前記溶接条件算出部は、前記過去母材の溶接条件データから、前記過去母材に対するウィビング振幅、及び前記過去母材におけるビード幅を抽出し、

前記過去母材に対するウィビング振幅に、前記過去母材におけるビード幅と前記新規母材におけるビード幅との差分を加算して、前記新規母材の溶接条件データの一つであるウィビング振幅とすることを特徴とする請求項1に記載の溶接条件導出装置。

[請求項9] 前記溶接条件算出部は、前記過去母材の溶接条件データから、前記過去母材に対するウィビング振幅、及び前記過去母材におけるビード幅を抽出し、

前記過去母材に対するウィビング振幅に、前記過去母材におけるビード幅と前記新規母材におけるビード幅との差分を加算して、前記新規母材の溶接条件データの一つであるウィビング振幅とすることを特

徴とする請求項 4 に記載の溶接条件導出装置。

[請求項10] 前記溶接条件算出部は、前記新規母材の溶接条件データの一つであるウィビングピッチを、算出された前記溶接速度を基に、前記ウィビングピッチの所定の上限値及び下限値の範囲内になるようにウィビング周波数を調整することで導出することを特徴とする請求項 6 に記載の溶接条件導出装置。

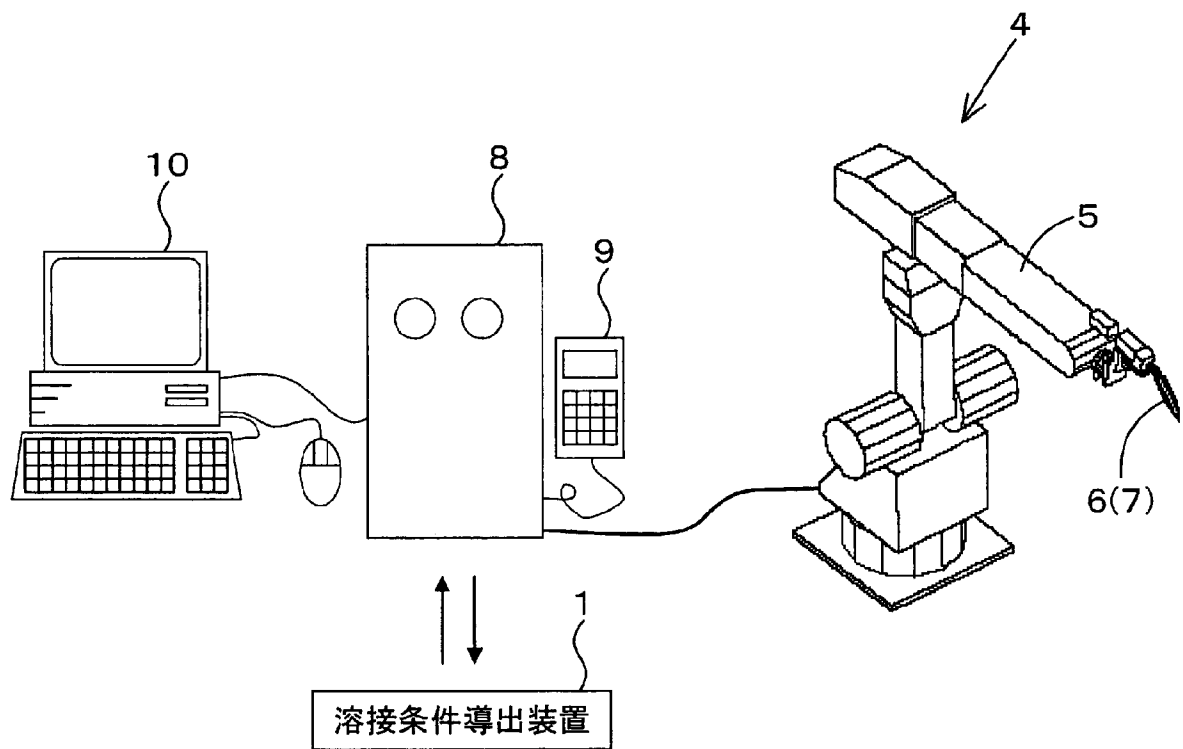
[請求項11] 前記溶接条件算出部は、前記溶接機の仕様に関する入力データを用いて、設定された前記新規母材の各溶接条件データの各上限値及び各下限値を再計算することを特徴とする請求項 1, 2, 5, 7～10 のいずれか一項に記載の溶接条件導出装置。

[請求項12] 前記溶接条件算出部は、前記溶接機の仕様に関する入力データを用いて、設定された前記新規母材の各溶接条件データの各上限値及び各下限値を再計算することを特徴とする請求項 3 に記載の溶接条件導出装置。

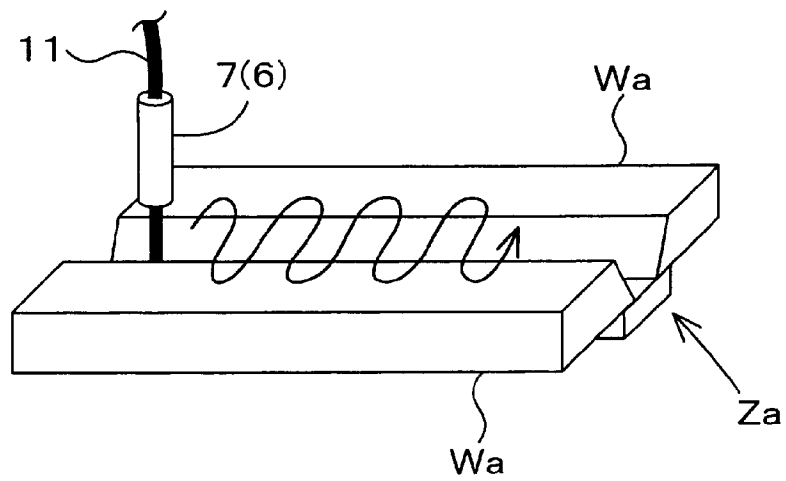
[請求項13] 前記溶接条件算出部は、前記溶接機の仕様に関する入力データを用いて、設定された前記新規母材の各溶接条件データの各上限値及び各下限値を再計算することを特徴とする請求項 4 に記載の溶接条件導出装置。

[請求項14] 前記溶接条件算出部は、前記溶接機の仕様に関する入力データを用いて、設定された前記新規母材の各溶接条件データの各上限値及び各下限値を再計算することを特徴とする請求項 6 に記載の溶接条件導出装置。

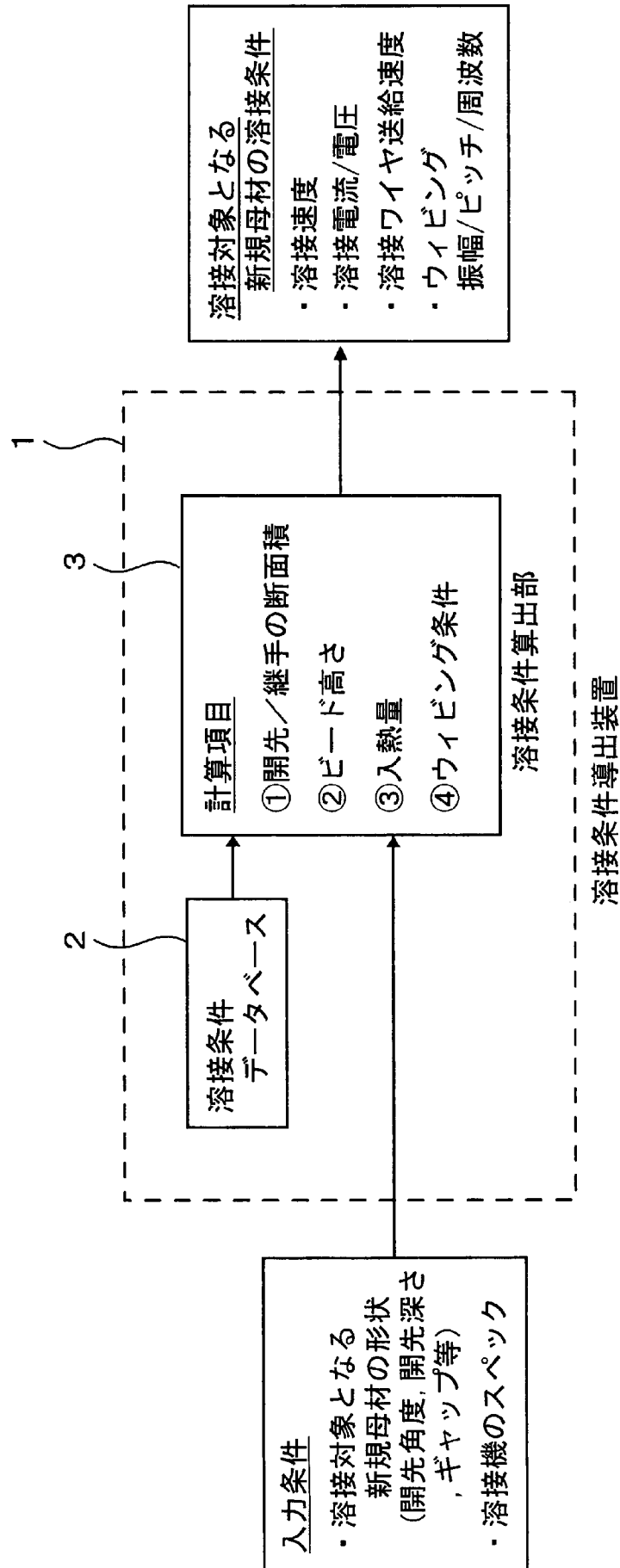
[図1A]



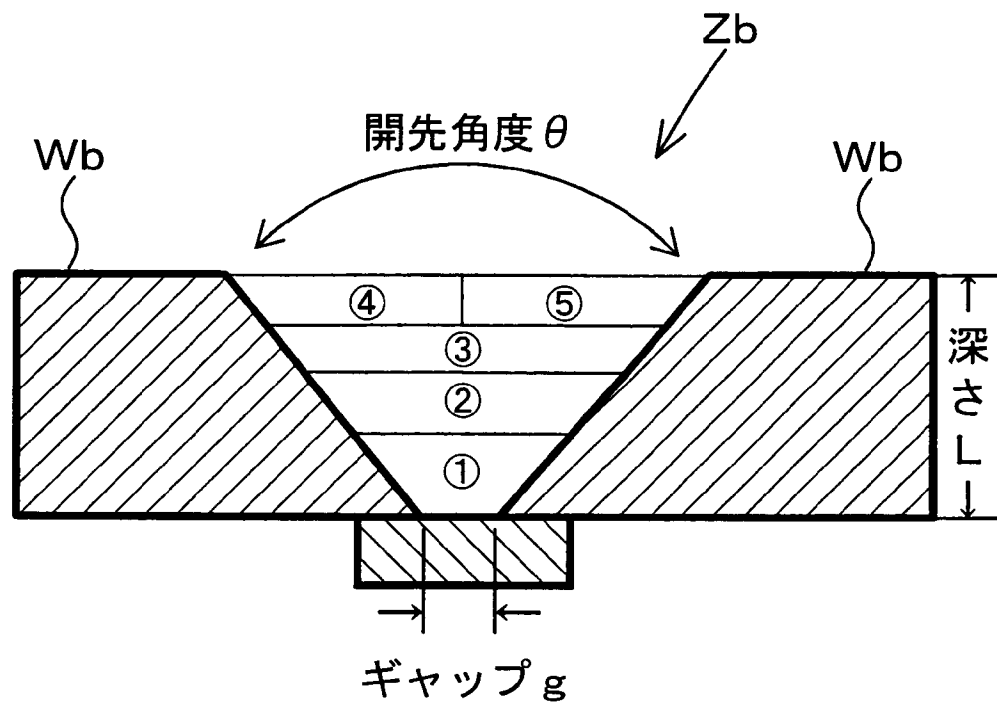
[図1B]



[図2]

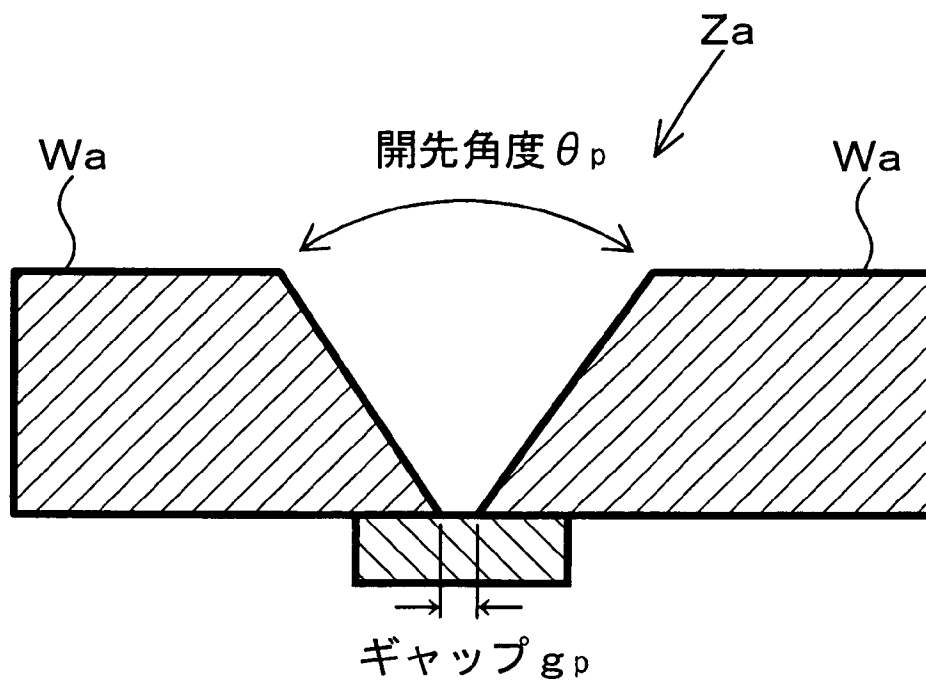


[図3A]



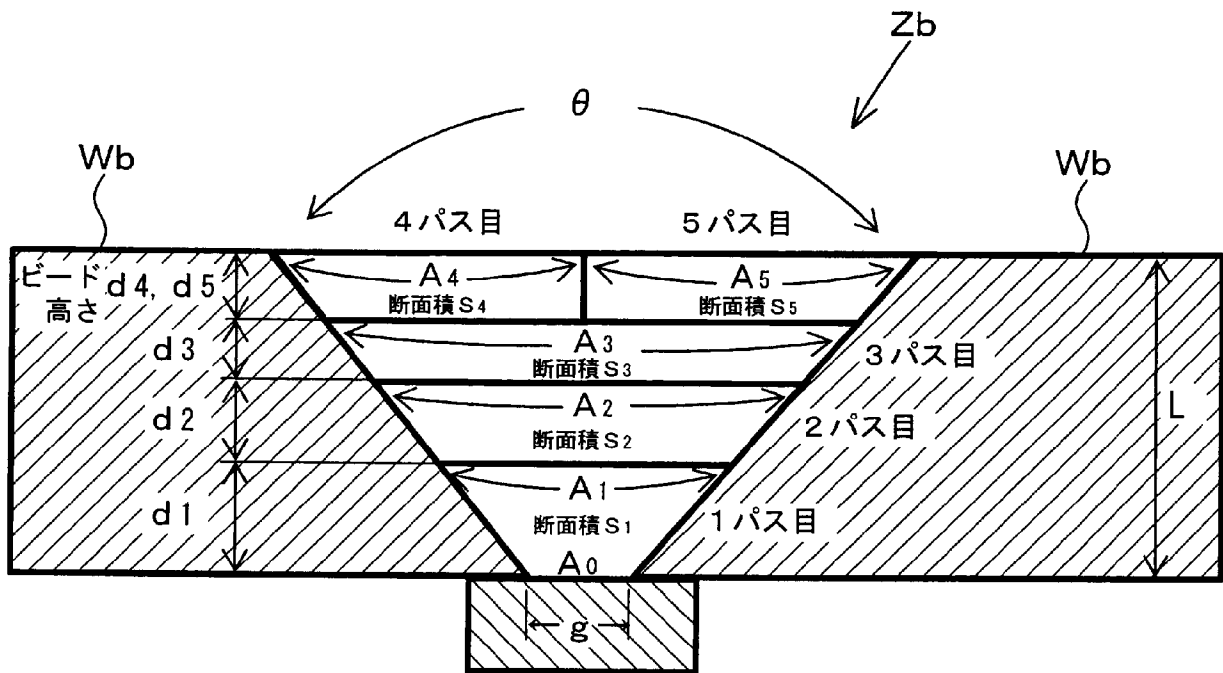
過去母材

[図3B]



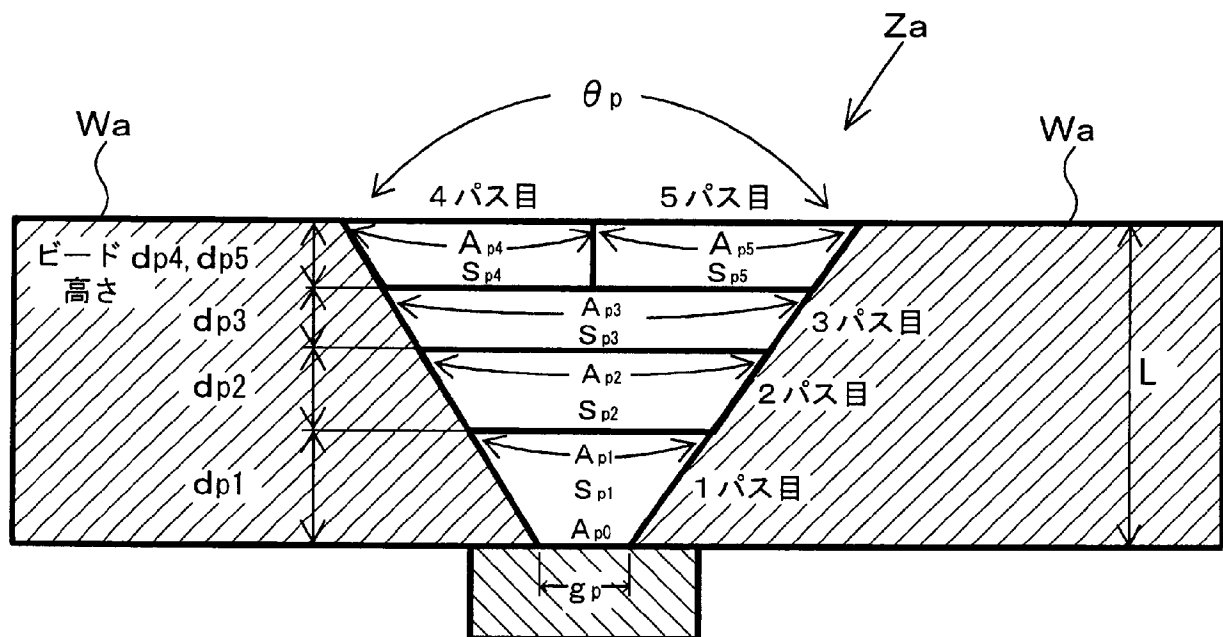
新規母材

[図4A]



過去母材に対する溶接条件

[図4B]



新規母材に対する溶接条件

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/066219

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B23K9/095(2006.01) i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B23K9/095		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2015 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-33477 A (Hitachi, Ltd.), 02 February 2000 (02.02.2000), paragraphs [0011] to [0079]; fig. 1 to 14 (Family: none)	1-14
Y	JP 8-197245 A (Nisshin Steel Co., Ltd.), 06 August 1996 (06.08.1996), paragraphs [0030] to [0036]; fig. 2 (Family: none)	1-14
Y	WO 2011/102142 A1 (Toshiba Corp.), 25 August 2011 (25.08.2011), paragraph [0106] & US 2013/0026148 A1 & CN 102762331 A	1-14
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 August 2015 (20.08.15)		Date of mailing of the international search report 01 September 2015 (01.09.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/066219

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-17088 A (Hitachi, Ltd.), 22 January 2004 (22.01.2004), paragraph [0047] (Family: none)	1-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. B23K9/095 (2006. 01) i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. B23K9/095			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 5 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 5 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 5 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
Y	JP 2000-33477 A（株式会社日立製作所）2000. 02. 02, 段落 [0011]-[0079], [図 1]-[図 14]（ファミリーなし）	1-14	
Y	JP 8-197245 A（日新製鋼株式会社）1996. 08. 06, 段落 [0030]-[0036], [図 2]（ファミリーなし）	1-14	
Y	WO 2011/102142 A1（株式会社東芝）2011. 08. 25, 段落 [0106] & US 2013/0026148 A1 & CN 102762331 A	1-14	
☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 2 0 . 0 8 . 2 0 1 5		国際調査報告の発送日 0 1 . 0 9 . 2 0 1 5	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号		特許庁審査官（権限のある職員） 豊島 唯 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 6 4	3 P 9 4 3 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2004-17088 A (株式会社日立製作所) 2004. 01. 22, 段落[0047] (ファミリーなし)	1-14