(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
2017 年 9 月 21 日(21.09.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/159532 A1

(51) 国際特許分類:
B23K 26/21 (2014.01) *B23K 26/08* (2014.01)
B23K 26/00 (2014.01) *F02M 59/44* (2006.01)
B23K 26/03 (2006.01) *F02M 61/16* (2006.01)
B23K 26/046 (2014.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/009468

(22) 国際出願日: 2017 年 3 月 9 日(09.03.2017)

(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 2016-054909 2016 年 3 月 18 日(18.03.2016) JP

(71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 Ibaraki (JP).

(72) 発明者: 一戸　誠之 (ICHINOHE, Masayuki); 〒2438510 神奈川県厚木市恩名４丁目７番１号 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 宮城　雅徳 (MIYAGI, Masanori); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 黒木　達郎 (KUROKI, Tatsuro); 〒2438510 神奈川県厚木市恩名４丁目７番１号　日立オートモティブシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 張　旭東 (ZHANG, Xudong); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号　株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 井上　亮 (INOUE, Ryo); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号　株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 小野　新次郎, 外 (ONO, Shinjiro et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目２番１号 新大手町ビル２０６区　ユアサハラ法律特許事務所 Tokyo (JP).

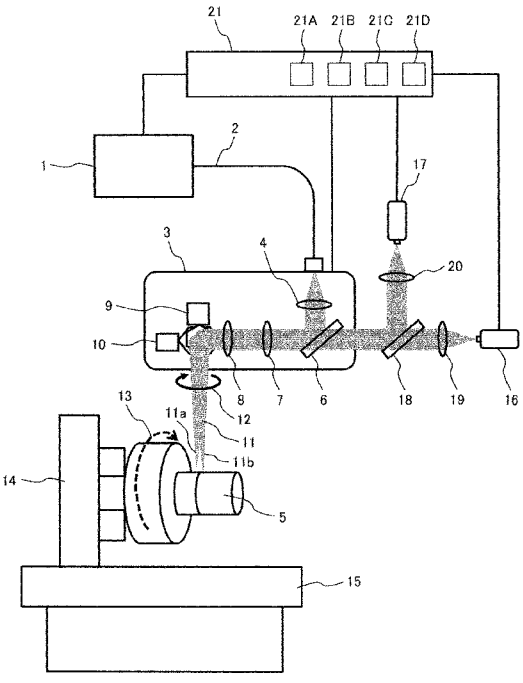
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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

[続葉有]

(54) Title: HIGH ENERGY BEAM WELDING QUALITY DETERMINING METHOD, QUALITY DETERMINING DEVICE USING DETERMINING METHOD, AND WELDING MANAGEMENT SYSTEM USING DETERMINING METHOD

(54) 発明の名称 : 高エネルギービーム溶接品質判定方法、その判定方法を利用した品質判定装置、その判定方法を利用した溶接管理システム



(57) Abstract: The present invention can improve accuracy of determining a welding quality or accuracy of maintaining, through feedback, a fixed welding quality in high energy beam welding, and thereby, improves the manufacturing efficiency, that is, the yield of welded articles. The present invention is characterized in that: an image of a molten pool is acquired by a camera; the width, length, and area of the molten pool are acquired by image processing; reflected light, plasma, and thermal radiation light are further acquired by an optical sensor; a weld penetration depth is predicted with high accuracy by multiple regression analysis using signals and using certain signals having interaction therebetween among the signals, and thus, a welding quality is determined with high accuracy; and beam output and a focal position are also predicted, the beam output and the focal point are maintained at appropriate values by feedback control of the beam output and the focal position, and thus, the welding quality is maintained at a fixed level.

(57) 要約: 高エネルギービーム溶接において、溶接品質の判定精度、あるいはフィードバックにより一定の溶接品質に保つ精度を向上することができ、溶接品の製造効率、すなわち歩留まりを向上する。　カメラで溶融池の画像を取得し、画像処理により溶融池の幅と長さ、面積を取得し、さらに、光センサで反射光、プラズマ、熱放射光を取得し、上記信号とその中の交互作用を持つ信号を活用して重回帰分析を行うことにより溶け込み深さを高精度に予測し、溶接品質を高精度に判定するとともに、ビーム出力、焦点位置の予測も行い、ビーム出力、焦点位置のフィードバック制御を行って、ビーム出力、焦点位置を適正な値に維持することにより、溶接品質を一定に保つことを特徴とする。

WO 2017/159532 A1

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)）

明　細　書

発明の名称 ：

高エネルギービーム溶接品質判定方法、その判定方法を利用した品質判定装置、その判定方法を利用した溶接管理システム

技術分野

[0001] 本発明は高エネルギービーム溶接に関し、特に自動車部品の高エネルギービーム溶接方法に関するものである。

背景技術

[0002] 高エネルギービーム溶接は、溶け込みが深い溶接が可能であり、従来のアーク溶接と比較して、精密にかつ高速に溶接が可能であるため、近年、利用が拡大している。溶け込みが深い溶接ができる理由として、高エネルギービームがアーク溶接などと比べて、高いパワー密度を有していることが挙げられる。高いパワー密度を有する高エネルギービームが照射された金属は瞬時に、溶融、蒸発する。その蒸発による高い反力によって、溶融部は押し下げられ、キーホールと呼ばれる空間が形成される。高エネルギービームはキーホールを通じて、材料内部まで到達できるため、溶け込みが深い溶接が達成される。高エネルギービーム溶接においては、従来、製品全数の溶接条件の管理、あるいは抜き取り検査での溶接品質の評価にとどまり、製品全数において実際の溶接状態を監視することは困難であった。そのため、現状では、レンズの定期的清掃、溶接条件の定期的確認により、溶接品質を向上する対策が行われていた。しかし、高エネルギービーム溶接の信頼性を向上する根本対策としては、実際の溶接状態を監視することによって製品全数の品質を保証すること、または不良になりそうな場合に溶接条件にフィードバック制御することにより不良の発生を抑制することが望まれていた。

[0003] このような課題に対する対策として、特開２００６－４３７４１号公報（特許文献１）に記載されているように、カメラで溶融部を撮像し、撮像した画像に画像処理を行うことにより不良を判定する方法が提案されている。或

いはその他の方法として、特開２００５－１４０２７（特許文献２）に記載されているように、イメージセンサの画像を処理、解析して溶接加工機の出力と送り速度にフィードバックする方法が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００６－４３７４１号公報

特許文献2：特開２００５－１４０２７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献１に記載の方法は、溶融池近傍の撮像を行い、画像処理により溶融池の幅と長さを演算し、その値が予め記憶したしきい値よりも大きい場合に不良と判定している。また、特許文献２に記載の方法は、画像処理により溶融池の大きさや形状を認識し、これを直ちに解析して溶接加工機の出力と送り速度にフィードバックしている。これらの手法をレーザ溶接に適用することで溶接不良を判定、および溶接品質を均一化することにより溶接欠陥を防止することが可能と推定される。しかしながら上記手法では、例えば突合せ継手において最も重要な溶け込み深さを高精度に予測することについて十分な配慮が成されていないため、品質判定の精度、あるいはフィードバックにより一定の品質に保つ精度を向上することに課題があった。この課題は、製造効率の向上、すなわち歩留まりの向上を阻害する要因となっている。

[0006] 本発明の目的は、高エネルギービーム溶接において、溶接品質の判定精度、あるいはフィードバックにより一定の溶接品質に保つ精度を向上することができ、溶接品の製造効率、すなわち歩留まりを向上することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するために、本発明の高エネルギービーム溶接の品質判定方法は、

被溶接物に高エネルギービームを照射して溶接を行う高エネルギービーム

溶接の品質判定方法であって、

カメラで撮像した溶融池の画像を画像処理することにより検出した溶融池の形状情報と、

溶接光センサで検出したプラズマ光を含む溶接光センサ情報と、

溶融池の溶け込み深さを目的変数とし前記形状情報及び前記溶接光センサ情報を説明変数とする重回帰分析を行うことにより求められる偏回帰分析係数と、

に基づいて、溶融池の溶け込み深さの予測値を求め、

前記予測値を基準値と比較することにより溶接の品質を判定する。

[0008] また上記目的を達成するために、本発明の高エネルギービーム溶接の品質判定装置は、

被溶接物に高エネルギービームを照射して溶接を行う高エネルギービーム溶接の品質判定装置であって、

カメラで撮像した溶融池の画像を画像処理することにより溶融池の形状情報を検出する溶融池形状情報検出部と、

プラズマ光を含む溶接光センサ情報を検出する溶接光センサと、

溶融池の溶け込み深さを目的変数とし前記形状情報及び前記溶接光センサ情報を説明変数とする重回帰分析を行うことにより求められる偏回帰分析係数を記憶する偏回帰分析係数記憶部と、

前記溶融池形状情報、前記溶接光センサ情報及び前記偏回帰分析係数に基づいて、溶融池の溶け込み深さの予測値を求める予測値算出部と、 前記予測値を基準値と比較することにより溶接の品質を判定する品質判定部と、を備える。

[0009] また上記目的を達成するために、本発明の高エネルギービーム溶接の溶接管理システムは、 高エネルギービーム溶接の溶接管理システムであって、

被溶接物に高エネルギービームを照射して溶接を行う高エネルギービーム照射装置と、

溶融池の画像を撮像するカメラと、

前記カメラで撮像した溶融池の画像を画像処理することにより溶融池の形状情報を検出する溶融池形状情報検出部と、

プラズマ光を含む溶接光センサ情報を検出する溶接光センサと、

溶融池の溶け込み深さを目的変数とし前記形状情報及び前記溶接光センサ情報を説明変数とする重回帰分析を行うことにより求められる偏回帰分析係数を記憶する偏回帰分析係数記憶部と、

前記溶融池形状情報、前記溶接光センサ情報及び前記偏回帰分析係数に基づいて、溶融池の溶け込み深さの予測値を求める予測値算出部と、

前記予測値を基準値と比較することにより溶接の品質を判定する品質判定部と、

前記予測値と前記基準値との比較結果に基づいて高エネルギービームの照射条件を修正する修正値を出力し、前記高エネルギービーム照射装置が出力する高エネルギービームをフィードバック制御するフィードバック制御部と、

を備える。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、溶接品質の判定精度、あるいはフィードバックにより一定の溶接品質に保つ精度を向上することができ、溶接品の製造効率、すなわち歩留まりを向上することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施例１におけるレーザ溶接装置の模式図である。

[図2]実施例１における溶接部（溶融池）をレーザ照射方向から見た画像の模式図である。

[図3]実施例１におけるガルバノスキャナを通して見た溶融池の画像の模式図である。

[図4]実施例１における溶融池の画像と輝度分布、画像処理方法を示す図である。

[図5]実施例１における交互作用の改善効果を示す図である。

[図6]実施例１における交互作用の数と予測誤差の関係を示す図である。

[図7]実施例１における溶け込み深さの予測値と実測値とを示す図である。

[図8]実施例１における溶接品質判定結果を示す図である。

[図9]実施例１におけるフィードバック制御区間を示す図である。

[図10]実施例１におけるフィードバック制御のフローチャートである。

[図11]実施例１におけるフィードバック制御時の溶け込み深さの遷移例を示す図である。

[図12]実施例２におけるフィードバック制御のフローチャートである。

[図13]実施例３におけるレーザ溶接装置の模式図である。

[図14]本発明に係る燃料ポンプの一実施例を示す断面図である。

[図15]本発明に係る燃料噴射弁の一実施例を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明に係る実施例について、図面を用いて説明する。

実施例 1

[0013] 図１は、実施例１におけるレーザ溶接装置の模式図である。

[0014] １１はレーザ、１６はカメラ、１７は溶接光センサを示す。１はレーザ発振器、２はレーザ用の光ファイバ、３はガルバノスキャナ（加工ヘッド）、４はガルバノスキャナ内でビーム幅を広げるコリメータレンズ、５は溶接対象物、６は溶接対象物５から発せられた光をカメラ１６や溶接光センサ１７に送る一部波長透過ミラー、７はレーザ１１のＺ軸位置を制御するＺ軸制御レンズ、８は広いビーム幅のレーザ１１を溶接対象物５に集光させる対物レンズ、９はレーザ１１のＸ軸位置を制御するＸ軸制御ガルバノミラー、１０はレーザ１１のＹ軸位置を制御するＹ軸制御ガルバノミラー、１２はレーザの回転方向、１３は溶接対象物５の回転方向、１４はロータリースピンドル、１５は加工ステージ、１８は溶接対象物５から発せられた光をカメラ１６と溶接光センサ１７に分光する半透過ミラー、１９はカメラ１６用の対物レンズ、２０は溶接光センサ１７用の対物レンズ、２１は制御装置を示している。なお制御装置は、カメラ１６で得た画像を処理し、溶接光センサ１７か

らの情報と合わせて溶け込み深さを予測し、予測した溶け込み深さに基づいてレーザ発振器１、ガルバノスキャナ３の制御を行う。

[0015] 本実施例では、溶接対象物５は燃料ポンプ部品とし、素材は３０４ステンレス鋼とした。またレーザ１１は波長が約1030nmのディスクレーザとした。レーザ１１の走査軌道は円とした。図１では、レーザ１１の走査軌道が円であることを示すため、溶接進行方向（溶接対象物５の回転方向とは反対方向）に垂直な方向に振られた２つのレーザビーム１１ａ，１１ｂの状態を示している。

[0016] レーザ発振器１で生成されたレーザ１１はレーザ用の光ファイバ２を通じて、ガルバノスキャナ３に送られる。レーザ１１はコリメータレンズ４でビーム幅が広げられ、一部波長透過ミラー６で反射され、Ｚ軸制御レンズ７でＺ軸位置を制御され、対物レンズ８で集光されつつ、Ｘ軸ガルバノミラー９、Ｙ軸ガルバノミラー１０でＸ、Ｙ軸位置を制御されて、溶接対象物５に照射される。溶接対象物５はロータリースピンドル１４に固定され、所定の速度で回転させる。溶接対象物５の溶融池から発せられた光は、Ｙ軸ガルバノミラー１０、Ｘ軸ガルバノミラー９、対物レンズ８、Ｚ軸制御レンズ７、半透過ミラー１８を通過し、さらにカメラ用対物レンズ１９を通過してカメラ１６に入る。同様に半透過ミラーで反射された光は溶接光センサ用対物レンズ２０を通過して溶接光センサ１７に入る。

[0017] 本実施例では、溶接継ぎ手構造の一例として、突合せ継ぎ手の場合について説明する。

[0018] 図２は、実施例１における溶接部（溶融池）をレーザ照射方向から見た画像の模式図である。図２では、溶接進行方向に移動する溶融池の状態（画像）が示されている。

[0019] ２７は溶接進行方向を示している。２２は溶融池、２３はレーザ照射点、２４はレーザ照射点２３の溶融池２２内における移動軌跡、２５はレーザ照射方向に垂直な平面（画像）上で溶接進行方向２７に一致する画像のＸ軸、２６はレーザ照射方向に垂直な平面（画像）上で溶接進行方向２７に垂直な

方向に一致する画像のＹ軸を示している。図２に示す画像（以下、「溶接進行方向２７に移動する視点から見た画像」という）では、Ｘ，Ｙ軸の原点位置を中心にレーザ照射点が円軌道を描いており、溶融池２２の輪郭もＸＹ座標の同じ位置にある。

[0020] なお、本実施例では、レーザ（高エネルギービーム）を回転させながら被溶接物に照射することにより、安定した溶け込み深さを得ることができる。

[0021] これに対し、図１に示すガルバノスキャナ３を通してカメラ１６で撮像される画像は、レーザ照射点を原点とした画像になる。

[0022] 図３は、実施例１におけるガルバノスキャナを通して見た溶融池の画像の模式図である。すなわち図３では、レーザ照射点を原点とした溶融池の画像を示す。

[0023] ２３はレーザ照射点、２８はレーザ照射点を原点とした画像のＸ軸、２９はレーザ照射点を原点とした画像のＹ軸である。Ｘ軸は、レーザ照射方向に垂直な平面（画像）上で溶接進行方向２７に平行である。Ｙ軸は、レーザ照射方向に垂直な平面（画像）上で溶接進行方向２７に垂直である。

[0024] レーザ照射点を原点とした画像では、Ｘ，Ｙ軸の原点の周りを溶融池が回転する画像が得られ、溶融池の輪郭は、ＸＹ座標の異なる位置にいることがわかる。そのため、ガルバノスキャナ３を通して見た画像では、ＸＹ座標を固定した領域で画像処理をするのでは、溶融池２２の輪郭を正確に得ることができない。そこで、位置ではなく、輝度の変化のみの画像処理による溶融池形状検出を行う必要がある。

[0025] 図４は、実施例１における溶融池の画像と輝度分布、画像処理方法を示す図である。図４では、輝度の変化のみの画像処理により溶融池形状検出を行う方法も示す。

[0026] ３０はスパッタ、３１は輝度を計測する画像上の水平線、３２は水平線３１上の輝度分布、３３はＹ軸２９上の輝度を合計した値（足し合わせた値）の分布（投影値）、３４は投影値で溶融池２２の始点、終点を検知するためのしきい値の線、３５はこのしきい値を元に得た溶融池のＸ軸方向の始点及

び終点と、Ｙ軸方向の始点及び終点とを元に描画した溶融池２２の外接四角形を示している。なお水平線３１は、Ｘ軸２８及び溶接進行方向２７に平行である。

[0027] カメラ１６で得られる画像には、溶融池２２だけでなく、溶接の際に発生するスパッタ３０も撮像される。この画像を単純に２値化するとスパッタと溶融池の分離ができず、スパッタ３０も溶融池２２の一部と判断され、溶融池２２の長さにスパッタ３０も含まれてしまう。そのため、正確な溶融池２２の長さを得ることができない。

[0028] 溶融池２２の輪郭が常に同じＸＹ座標にいるのであれば、溶融池２２の存在する領域を設定してそれより外にあるものをスパッタ３０と判断してスパッタ３０を排除することが可能である。しかし、ガルバノスキャナ３を通して見た画像では、溶融池２２の輪郭のＸＹ座標が変化するため、この方法は採用できない。

[0029] そこで、例えば水平線３１上の輝度分布３２に対して、しきい値を設定して溶融池２２の始点及び終点を求める方法が考えられる。しかし、輝度分布３２を見ると分かるように、溶融池２２とスパッタ３０の輝度レベルが同じぐらいであるため、スパッタ３０を分離することができない。

[0030] そこで、まず、Ｙ軸２９上の輝度を合計した値の分布３３を求める。スパッタ３０は幅が細いため値が小さくなるが、溶融池２２は幅が太いため値が大きくなる。そのため、閾値３４を設定することで、スパッタ３０の影響を排除して溶融池２２の始点及び終点を求めることができる。このようにして、溶融池２２に外接する四角形３５のＸ軸２８方向の位置を求める。Ｙ軸２９上の輝度分布３３と同様に、Ｘ軸２８上の輝度を合計した値の分布３８を求め、しきい値３９を設定することで溶融池２２に外接する四角形３５のＹ軸２９方向の位置を求める。

[0031] 求められた溶融池２２に外接する四角形３５のＸ軸２８方向の長さを溶融池２２の長さ、Ｙ軸２９方向の長さを溶融池２２の幅とする。面積は、この四角形３５内の画像を２値化し、２値化により白となった領域により求める

。

[0032] このように画像上の位置を特定せずに、輝度の変化のみを画像処理することによって、溶融池形状の検出を行うことができる。これにより、図３に示したガルバノスキャナ３を通して見た画像でも溶融池２２の形状を検出することが可能となる。さらに、投影値を使うことにより、スパッタ３０を分離した溶融池形状（溶融池の形状情報、溶融池の形状データ）を検出することが可能となる。これにより本実施例では、溶融池の長さ、溶融池の幅、溶融池の長さ/幅、溶融池の面積を得ることができる。

[0033] 一方、溶接光センサ１７では、プラズマ光、温度(熱放射光)及び反射光等の情報（溶接光センサ情報）の検出が可能である。

[0034] 次に、溶接対象物５に集光させる対物レンズ８の焦点位置から焦点をわざとＺ軸方向にはずした距離である焦点はずし距離や、レーザ出力を振って溶接実験を行った際に得られる溶融池２２の形状と、溶接光センサ１７の情報とを用いて、その時の溶け込み深さのデータの重回帰分析を行い、これらの情報と溶け込み深さの偏回帰分析係数を求める。重回帰分析とは、１つの目的変数を複数の説明変数で予測する分析方法であり、式１で表される。

Ｙ＝b1×X1＋b2×X2＋・・・＋C （式１）

ここで、

Ｙ：目的変数

X1、X2、…：説明変数

b1、b2、…：偏回帰係数

C：定数項

である。

本実施例の場合、目的変数Ｙは溶け込み深さであり、説明変数X1、X2、…は溶融池の長さなどの溶融池２２の形状と溶接光センサ１７の情報である。

[0035] 従来の方法では、溶接光センサ信号としてプラズマ光のみを使用しているが、その場合の溶け込み深さの予測精度は、最大誤差0.34㎜であった。本実施例では、溶接光センサ１７の信号として温度(熱放射光)及び反射光等を追

加しており、これによって最大誤差は0.23㎜まで改善した。また、説明変数として二つの項目の掛け算である交互作用を追加することにより、最大誤差を0.13㎜まで改善した。

[0036] 本実施例では、制御装置２１が、カメラ１６で撮像した溶融池の画像を画像処理することにより溶融池２２の形状情報を検出する溶融池形状情報検出部を構成する。また制御装置２１は、重回帰分析を行って溶融池２２の溶け込み深さの予測値を求める予測値算出部２１Ａを構成する。或いは制御装置２１は、重回帰分析を行って溶融池２２の溶け込み深さの予測値を求める予測値算出部２１Ａを有する。

[0037] このように本実施例では、溶接の品質判定制度が向上し、歩留まりが改善される効果が得られる。

[0038] 図５は、実施例１における交互作用の改善効果を示す図である。

[0039] 交互作用は掛け算する２項目の組み合わせにより、改善効果が異なる。図５では、幅×面積、長さ×面積、反射（反射光）×面積、温度×反射、温度×面積及び温度×幅の各交互作用における改善効果を示している。図５の場合、長さ×面積が最も改善効果が大きく、温度×反射は改善効果がマイナスとなり改悪することになる。

[0040] 図６は、実施例１における交互作用の数と予測誤差の関係を示す図である。

[0041] 交互作用の効果が大きいものが左側に来るように選んだ場合、交互作用の数が多くなると予測誤差が小さくなるが、その変化は直線的ではなく、初め急に減少するが、徐々に傾きが緩やかになる。一方、交互作用の数が増えると計算負荷が増加する。そのため、破線の丸で示すように、予測誤差が飽和し、かつ計算負荷が小さい点が存在する。この点が、計算負荷はそれほど大きくなく、予測誤差は小さい実用性の高い点となる。

[0042] そこで本実施例では、上述した説明変数として予測誤差が小さくなりかつ計算負荷が小さくなるものを選択して利用する。これにより、予測誤差を小さくできると共に、計算負荷を小さくすることができる。そして後述するフ

ィードバック制御に当たっては、制御量の高速なフィードバックにより、溶接品質を高めることができる。

[0043] 図７は、実施例１における溶け込み深さの予測値と実測値とを示す図である。

[0044] 図７では、説明変数として、温度、プラズマ、反射光、溶融池の長さ、溶融池の幅、溶融池の長さ/幅、溶融池の面積、温度×プラズマ、温度×幅、プラズマ×幅、幅×面積を使用した場合のさまざまなレーザ出力、焦点はずし距離での溶け込み深さの実測値と上記方法により予測した値とを示している。１～２０の２０ケース（溶接数）について、溶け込み深さの実測及び予測を行った。その結果、本実施例では、最大誤差0.13㎜で高精度に溶け込み深さを予測可能である。

[0045] ３６は実測値に対する溶接品質判定のしきい値で、本溶接部位では0.8㎜に設定されている。３７は最大誤差0.13㎜を考慮した予測値での溶接判定のしきい値で、0.8＋0.13＝0.93㎜である。このしきい値を用いて溶接品質判定を行う。しきい値以上であれば良品(OK品)、しきい値未満であれば不良品(ＮＧ品)と判定する。この判定は、制御装置２１で実行される。すなわち制御装置２１は、溶接品質判定を行う品質判定部２１Ｂを構成する。或いは制御装置２１は、溶接品質判定を行う品質判定部２１Ｂを有する。また制御装置２１は、上述した偏回帰分析係数を記憶する偏回帰分析係数記憶部２１Ｃを有する。

[0046] 図８は、実施例１における溶接品質判定結果を示す図である。

[0047] 実測値では、しきい値0.8㎜以上のＯＫ品が18ケース、0.8㎜未満のＮＧ品が2ケースである。誤差0.13㎜を考慮した予測値では、しきい値0.93㎜以上のＯＫ品が18ケース、0.93㎜未満のＮＧ品が2ケースである。またこの予測値では、良品を不良品と判定する虚報及び不良品を良品と判定する悪報は、ともに0ケースで、虚報率は0％である。

[0048] 次に、予測した溶け込み深さが設定した上下限値からはずれようとする場合に、レーザ出力をフィードバック制御することにより、上下限値からはず

れないようにする溶接方法について説明する。

[0049] 図９は、実施例１におけるフィードバック制御区間を示す図である。

[0050] レーザ出力は、ほぼ０から本溶接のレーザ出力まで上げるスロープアップ区間９１、本溶接区間９２、１周回った後オーバーラップさせるラップ部９３、ほぼ０まで下げるスロープダウン区間９４からなる。この内、スロープアップ区間９１とスロープダウン区間９４では、信号強度の変化が大きく安定しないため、フィードバック制御は行わない。レーザ出力が一定となる本溶接区間９２とラップ部９３をフィードバック制御区間９０とする。

[0051] 図１０は、実施例１におけるフィードバック制御のフローチャートである。

[0052] ステップ５１で溶接時間がフィードバック制御区間９０の開始時刻Ｔｓ９０を超過するとフィードバック制御のフローチャートを開始する。ステップ５２で溶け込み深さ予測値が上下限内か判定する。YESの場合はステップ５３で溶接条件を維持し、ステップ５４で溶接時間がフィードバック制御区間終了時刻を超過したかを判定する。NOの場合は、ステップ５２に戻り続ける。ステップ５２でNOの場合はステップ５５で予測値がしきい値以上か判定する。NOの場合は、ステップ５６でNGアラームを出し、不良品と判定する。ステップ５５でYESの場合は、フィードバック制御を行う。レーザ出力の調整をPID制御(比例積分微分制御)で行うが、修正出力値は、次式により求める。

[0053] 修正出力値＝前回の出力値＋Kp×偏差＋Ki×偏差の累積値＋Kd×今回偏差と前回偏差との差

ただし、Kp：比例制御係数、

Ki：積分制御係数、

Kd：微分制御係数

である。

[0054] この時、予め求めておいたレーザ出力値と溶け込み深さの関係式により、溶け込み深さをレーザ出力値に変換して計算する。これにより、予測値が目標値より小さい場合はレーザ出力を増加させ、予測値が目標値より大きい場

合は、レーザ出力を減少させる。その後ステップ５４で溶接時間がフィードバック制御区間９０の終了時刻Ｔｅ９０を超過したかを判定する。NOの場合は、ステップ５２に戻り続ける。ステップ５４での判定がYESの場合は、ステップ５８でフィードバック制御を終了し、良品と判定する。

[0055] 図１１は、実施例１におけるフィードバック制御時の溶け込み深さの遷移例を示す図である。図１１はフィードバック制御の具体例を示している。

[0056] 図１１において、ＳＨ０は溶接品がOK品かNG品かを判定するしきい値であり、上述した0.8mmに相当する。本実施例では、ステップ５５における予測値のしきい値をＳＨ０よりも大きな値を有するしきい値ＳＨ１に設定する。この場合、上述した誤差0.13mmを考慮し、予測値のしきい値ＳＨ１は0.93mm以上にすることが望ましい。

[0057] フィードバック制御開始の下限の値（下限値）ＳＨ２は、しきい値ＳＨ１よりも大きな値に設定される。しきい値ＳＨ１と下限値ＳＨ２との差は、溶け込み深さの予測値が下限を下回ってからフィードバック制御による効果が表れるまでの時間遅れを考慮して決めるとよい。

[0058] しきい値ＳＨ０、下限値ＳＨ２及び上限値ＳＨ３は、いずれも溶け込み深さの許容範囲内に設定される。また、上限の値（上限値）ＳＨ３よりも大きな数値範囲に、溶接品がOK品かNG品かを判定するしきい値を設けてもよい。

[0059] フィードバック制御区間９０内で溶け込み深さの予測値が上下限内か判定し、上下限内の場合は溶接条件を維持する。溶け込み深さ予測値が下限を下回るとフィードバック制御を開始する。この場合、溶け込み深さ予測値が目標値より小さいので、レーザ出力を増加させることによって、溶け込み深さが増加するようにする。溶け込み深さ予測値が目標値より大きい場合は、レーザ出力を減少させることによって、溶け込み深さが減少するようにする。

[0060] なお、本実施例では、突合せ溶接に適用したが、溶接部継ぎ手構造はこれに限らない。また本実施例で、使用されたレーザの種類、溶接対象物の素材、レーザ溶接条件もこれに限らない。特に突合せ溶接では、溶け込み深さが溶接品質に大きく影響する重要なファクタとなっており、突合せ溶接におい

ては溶接品質を向上し、歩留まりを向上することができる。

実施例 2

[0061] 図１２は、実施例２におけるフィードバック制御のフローチャートである。なお、実施例１と同じ或いは実施例１と同様な構成要素には、実施例１と同じ符号を付して説明する。

[0062] 本実施例２は、実施例１と同じレーザ溶接装置を用いて実施することができる。また、溶け込み深さの予測値は、実施例１で説明した方法により求める。すなわち、フィードバック制御のフローに実施例１と異なる構成を有する。

[0063] ステップ６１で溶接時間がフィードバック制御区間９０の開始時刻Ｔｓ９０を超過するとフィードバック制御のフローチャートを開始する。ステップ６２で溶け込み深さの予測値が上下限（ＳＨ３，ＳＨ２）内か判定する。ＹＥＳの場合はステップ６３で溶接条件を維持し、ステップ６４で溶接時間がフィードバック制御区間９０の終了時刻Ｔｅ９０を超過したかを判定する。ＮＯの場合は、ステップ６２に戻り続ける。ステップ６２でＮＯの場合はステップ６５で予測値がしきい値ＳＨ１以上か判定する。ＮＯの場合は、ステップ６６でＮＧアラームを出し、不良品と判定する。ステップ６５でＹＥＳの場合は、フィードバック制御を行う。レーザ出力と焦点はずし距離とを、実施例１の溶け込み深さと同じく、実験結果を元に重回帰分析により予測する。予測したレーザ出力及び焦点はずし距離と目標とするレーザ出力及び焦点はずし距離とを比較し、異なる場合は、目標の値となるようＰＩＤ制御(比例積分微分制御)を行う。その後ステップ６４で溶接時間がフィードバック制御区間９０の終了時刻Ｔｅ９０を超過したかを判定する。ＮＯの場合は、ステップ６２に戻り、処理を続ける。ステップ６４の判定でＹＥＳの場合は、ステップ６８で処理を終了し、良品と判定する。

[0064] 実施例１では、ステップ５７において、溶け込み深さの予測値をその目標値と比較し、フィードバック制御を行った。本実施例では、レーザ出力及び焦点はずし距離を予測し、これらの予測値を目標値と比較して、フィードバ

ック制御を行う。このようなフィードバック制御によっても、実施例１と同様の効果が得られる。

[0065] なお、本実施例２のステップ６１～６６，６８は実施例１のステップ５１～５６，５８と同じように実施することができる。

[0066] 実施例１では、フィードバック制御によりレーザ１１の出力（レーザ１１の強度）を変化させる。また実施例２では、フィードバック制御によりレーザ出力及び焦点はずし距離（焦点距離）を変化させる。レーザ出力及び焦点はずし距離のほかに、レーザビーム１１の溶接対象物（被溶接物）５，５Ａに対する移動速度（レーザビーム１１と被溶接物５，５Ａとの相対速度）を変化させることにより、レーザ照射条件を変化させてもよい。レーザビーム１１の被溶接物５，５Ａに対する移動速度は、溶接対象物５，５Ａの回転速度を変えることで変化させることができる。或いは、レーザビーム１１の被溶接物５，５Ａに対する移動速度は、レーザ１１の円形を成す走査速度を変えることで変化させることができる。或いは、レーザビーム１１の被溶接物５，５Ａに対する移動速度は、溶接対象物５，５Ａの回転速度とレーザ１１の走査速度との両方を変えることで変化させることができる。

[0067] このように、本発明に係る各実施例１，２では、レーザ出力や焦点はずし距離、或いは被溶接物の移動速度等のレーザ照射条件（高エネルギービームの照射条件）を、フィードバック制御により変化させている。なおレーザ照射条件、又はその修正量（制御量）は制御装置２１で演算される。すなわち制御装置２１は、修正量を出力して高エネルギービーム照射装置を制御するフィードバック制御部２１Ｄを構成する。或いは制御装置２１は、修正量を出力して高エネルギービーム照射装置を制御するフィードバック制御部２１Ｄを有する。

[0068] 前記フィードバック制御部は、上記レーザ照射条件の中で、レーザ出力値（高エネルギービームの出力値）を優先的に制御するようにするとよい。レーザ出力値、すなわちレーザ強度は、他のレーザ照射条件の中で、簡単にかつ高速に制御することができる。フィードバック制御を容易にかつ高速に実

施することができる。

実施例 3

[0069] 図１３は、実施例３におけるレーザ溶接装置の模式図である。

[0070] 実施例１と同じ構成要素には実施例１と同じ符号を付している。実施例１と同じ構成要素については、説明を省略する。

[0071] 本実施例３では、溶接対象物５Ａが実施例１と異なる。その他については、実施例１と同じである。溶接対象物５Ａは燃料噴射部品とした。溶接対象物５Ａの溶接継ぎ手は重ね溶接構造となっている。

[0072] 本実施例３では、重ね溶接に適用したが、溶接部継ぎ手構造はこれに限らない。また本実施例３で、使用されたレーザの種類、溶接対象物の素材、レーザ溶接条件もこれに限らない。

[0073] また本実施例３に、実施例２で説明したフィードバック制御を適用してもよい。

実施例 4

[0074] 本実施例４は、本発明に係る溶接方法を高圧燃料供給ポンプに適用した例である。図１４は、本発明に係る燃料ポンプの一実施例を示す断面図である。

[0075] 高圧燃料供給ポンプ１００は、燃料タンクからフィードポンプ(図示せず)によって汲み上げられた燃料を高圧にして燃料噴射弁に供給するポンプである。高圧燃料供給ポンプ１００は、車両の搭載される内燃機関(エンジン)に用いられる。以下、高圧燃料供給ポンプ１００をポンプ１００と呼んで説明する。 ポンプ本体１０１には、加圧室１０７が形成され、加圧室１０７の内部にプランジャ１０４の上端部(先端部)が挿入される。プランジャ１０４は、加圧室１０７内で往復運動し、燃料を加圧する。

[0076] ポンプ本体(ポンプハウジング)１０１は、エンジンに固定するための取付フランジ１０２を有する。取付フランジ１０２は、ポンプ本体１０１にレーザ溶接により全周を溶接結合されている。取付フランジ１０２とポンプ本体１０１との溶接箇所３０１を第一溶接部という。

[0077] ポンプ本体１０１には、吸入弁機構１１４と吐出弁機構１１５が設けられる。吸入弁機構１１４のボディ１１４cは、ポンプ本体１０１にレーザ溶接により固定される。この溶接箇所３０２を第二溶接部という。第二溶接部３０２では、吸入弁機構１１４のボディ１１４ｃの外周が全周に亘って溶接されている。

[0078] 吐出弁機構１１５の下流側には吐出ジョイント１１６が設けられる。吐出ジョイント１１６は、ポンプ本体１０１にレーザ溶接により固定される。この溶接箇所３０３を第三溶接部という。第三溶接部３０３では、吐出ジョイント１１６の外周が全周に亘って溶接されている。

[0079] ポンプ本体１０１の上部には、ダンパカバー１１１が取り付けられる。ダンパカバー１１１は、ポンプ本体１０１にレーザ溶接により固定されている。この溶接箇所３０４を第四溶接部という。第四溶接部３０４は全周に亘って溶接されている。

[0080] ダンパカバー１１１には、吸入ジョイント１１２がレーザ溶接により固定されている。この溶接箇所３０５を第五溶接部という。第五溶接部３０５は、吸入ジョイント１１２の外周が全周に亘って溶接されている。

[0081] 第一溶接部３０１、第二溶接部３０２及び第三溶接部３０３の溶接継ぎ手は、突合せ溶接構造であり、第一溶接３０１、第二溶接部３０２及び第三溶接３０３は、実施例１の溶接プロセスで溶接される。第一溶接部３０１では、レーザ１１を溶接対象物表面に垂直に照射する。第二溶接３０２及び第三溶接３０３では、溶接対象物表面に垂直な方向からθ°傾斜させて、レーザ１１を照射する。

[0082] 第四溶接部３０４及び第五溶接部３０５の溶接継ぎ手は重ね溶接構造であり、第四溶接３０４及び第五溶接部３０５は実施例３の溶接プロセスで溶接される。第四溶接部３０４及び第五溶接部３０５では、レーザ１１を溶接対象物表面に垂直に照射する。

[0083] ポンプ１００では燃料漏れは許されない。ポンプ本体１０１、吸入弁機構１１４のボディ１１４ｃ、吐出ジョイント１１６、ダンパカバー１１１及び

吸入ジョイント１１２は、燃料が流れる燃料通路を構成する部品である。そして第二溶接３０２～第五溶接部３０５は燃料のシールを兼ねる。このため、燃料流路が形成される部品の溶接には、溶け込み深さを十分に確保することが望ましい。また、ポンプ１００は、厳しい環境下で使用されることが想定される。ロバスト性に優れた溶接プロセスを用いることにより、ポンプ１００の信頼性を高めることができる。

実施例 5

[0084] 図１５に、本発明を燃料噴射弁２００に適用した実施例５を示す。図１５は、本発明に係る燃料噴射弁の一実施例を示す断面図である。

[0085] 燃料噴射弁２００には、上端部から下端部まで延設された金属材料製の筒状体２０１が設けられている。筒状体２０１の先端部には、弁座部材２０４が設けられている。弁座部材２０４には、円錐面が形成されており、この円錐面に弁座２０４ｂが構成される。

[0086] 弁座部材２０４は、筒状体２０１の先端型内側に挿入され、レーザ溶接により筒状体２０１に固定されている。この溶接箇所３０６を第六溶接部３０６という。第六溶接部３０６は、筒状体２０１の外周側から全周に亘って溶接されている。

[0087] 弁座部材２０４の下端面(先端面)には、ノズルプレート２０６が取り付けられている。ノズルプレート２０６には、複数の燃料噴射孔２０７が設けられている。ノズルプレート２０６は、弁座部材２０４に対してレーザ溶接により、固定されている。この溶接箇所３０７を第七溶接部３０７という。第七溶接部３０７は、燃料噴射孔２０７が形成された噴射孔形成領域の周囲を一周して取り囲むように形成されている。

[0088] 筒状体２０１には可動子２０８が収容されている。可動子２０８の先端には弁体２０５が固定されている。弁体２０５は、球状を成すボール弁で構成される。弁体２０５は、可動子２０８にレーザ溶接により固定されている。この溶接箇所３０８を第八溶接部３０８という。第八溶接部３０８では、可動子２０８の先端部外周の全周に亘って溶接されている。

[0089] 弁体２０５と弁座２０４ｂとは協働して、燃料通路の開閉を行う。弁体２０５が弁座２０４ｂに当接することにより、燃料通路は閉じられる。また、弁体２０５が弁座２０４ｂから離間することにより燃料通路は開かれる。弁体２０５と弁座２０４ｂとの間の燃料通路を通過した燃料は、燃料噴射孔２０７から噴射される。

[0090] 第六溶接部３０６及び第七溶接部３０７の溶接継ぎ手は、重ね溶接構造であり、第六溶接部３０６及び第七溶接３０７は実施例３の溶接プロセスで溶接される。第六溶接部３０６及び第七溶接部３０７では、レーザ１１を溶接対象物表面に垂直に照射する。第七溶接部３０７では、レーザ１１を溶接対象物表面に垂直な方向から傾斜させて照射しても良い。

[0091] 第八溶接部３０８の溶接継ぎ手は、突合せ構造であり、第八溶接部３０８は実勢例１の溶接プロセスで溶接される。第八溶接部３０８では、レーザ１１を溶接対象物表面に垂直に照射する。あるいは、レーザ１１を溶接対象物表面に垂直な方向から傾斜させて照射しても良い。

[0092] 燃料噴射弁２００では燃料漏れは許されない。筒状体２０１、弁座部材２０４及びノズルプレート２０６は、燃料が流れる燃料通路を構成する部材である。そして第六溶接部３０６及び第七溶接部３０７は燃料のシールを兼ねる。このため、溶け込み深さを十分に確保することが望ましい。また、燃料噴射弁２００は、厳しい環境下で使用されることが想定される。ロバスト性に優れた溶接プロセスを用いることにより、燃料噴射弁２００の信頼性を高めることができる。

[0093] また、弁体２０５は弁座２０４ｂに長期間にわたって繰返し衝突する。このため、第八溶接部３０８における弁体２０５と可動子２０８との溶接は、長期間にわたって溶接部が安定した状態を維持することができる信頼性が必要とされる。本発明にかかる溶接プロセスを適用することにより、溶接部の信頼性が確保される。

[0094] なお、本発明は上記した各実施例に限定されるものではなく、さまざまな変形例が含まれる。たとえば、上記した実施例は本発明をわかりやすく説明

するために詳細に説明したものであり、必ずしも全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

[0095] 以上、本発明の幾つかの実施例のみを説明したが、本発明の新規の教示や利点から実質的に外れることなく例示の実施形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者には容易に理解できるであろう。従って、その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含むことを意図する。

[0096] 本願は、２０１６年３月１８日出願の日本特許出願番号第２０１６－０５４９０９号に基づく優先権を主張する。２０１６年３月１８日出願の日本特許出願番号第２０１６－０５４９０９号の明細書、特許請求の範囲、図面及び要約書を含む全ての開示内容は、参照により全体として本願に組み込まれる。

[0097] 日本特許公開公報特開２００６－４３７４１号公報（特許文献１）および特開２００５－１４０２７号公報（特許文献２）の明細書、特許請求の範囲、図面及び要約書を含む全ての開示は、参照により全体として本願に組み込まれる。

符号の説明

[0098] １…レーザ発振器、

２…レーザ用の光ファイバ、

３…ガルバノスキャナ、

４…コリメーションレンズ、

５…溶接対象物、

５Ａ…溶接対象物、

６…一部波長透過ミラー、

７…Ｚ軸制御レンズ、

８…対物レンズ、

９…Ｘ軸制御ガルバノミラー、

１０…Ｙ軸制御ガルバノミラー、

１１…レーザ、

１２…レーザの回転方向、

１３…溶接対象物の回転方向、

１４…ロータリースピンドル、

１５…加工ステージ、

１６…カメラ、

１７…溶接光センサ、

１８…半透過ミラー、

１９…カメラ用対物レンズ、

２０…溶接光センサ用対物レンズ、

２１…制御装置、

２２…溶融池、

２３…レーザ照射点、

２４…レーザ照射点の溶融池内の移動軌跡、

２５…溶接進行方向に移動する視点から見た画像のＸ軸、

２６…溶接進行方向に移動する視点から見た画像のＹ軸、

２７…溶接進行方向、

２８…レーザ照射点を原点とした画像のＸ軸、

２９…レーザ照射点を原点とした画像のＹ軸、

３０…スパッタ、

３１…輝度を計測する画像上の水平線、

３２…水平線３１上の輝度分布、

３３…Ｙ軸上の輝度を合計した値の分布（投影値）、

３４…投影値で溶融池の始点及び終点を検知するためのしきい値の線、

３５…溶融池の外接四角形、

３６…実測値に対する溶接品質判定のしきい値、

３７…誤差を考慮した予測値に対する溶接品質判定のしきい値、

３８…Ｘ軸上の輝度を合計した値の分布（投影値）、

３９…投影値で溶融池のＹ軸方向の位置を検知するためのしきい値の線、

９０…溶接のフィードバック制御区間、

９１…レーザ出力のスロープアップ区間、

９２…本溶接区間、

９３…溶接のラップ部、

９４…レーザ出力のスロープダウン区間、

１００…高圧燃料供給ポンプ、

１０１…ポンプ本体、

１０２…取付フランジ、

１１１…ダンパカバー、

１１２…吸入ジョイント、

１１４…吸入弁機構、

１１４ｃ…吸入弁機構１１４のボディ、

１１６…吐出ジョイント、

２００…燃料噴射弁、

２０１…筒状体、

２０４…弁座部材、

２０６…ノズルプレート、

３０１…第一溶接部、

３０２…第二溶接部、

３０３…第三溶接部、

３０４…第四溶接部、

３０５…第五溶接部、

３０６…第六溶接部、

３０７…第七溶接部、

３０８…第八溶接部。

請求の範囲

[請求項1] 被溶接物に高エネルギービームを照射して溶接を行う高エネルギービーム溶接の品質判定方法であって、

カメラで撮像した溶融池の画像を画像処理することにより検出した溶融池の形状情報と、

溶接光センサで検出したプラズマ光を含む溶接光センサ情報と、

溶融池の溶け込み深さを目的変数とし前記形状情報及び前記溶接光センサ情報を説明変数とする重回帰分析を行うことにより求められる偏回帰分析係数と、

に基づいて、溶融池の溶け込み深さの予測値を求め、

前記予測値を基準値と比較することにより溶接の品質を判定する高エネルギービーム溶接の品質判定方法。

[請求項2] 請求項１に記載の高エネルギービーム溶接の品質判定方法において、

前記溶接光センサ情報は、反射光と熱放射光とを含むことを特徴とする高エネルギービーム溶接の品質判定方法。

[請求項3] 請求項２に記載の高エネルギービーム溶接の品質判定方法において、

前記形状情報に含まれる一つの情報と前記溶接光センサ情報に含まれる一つの情報との掛け算により得られる交互作用を、前記説明変数に加えたことを特徴とする高エネルギービーム溶接の品質判定方法。

[請求項4] 請求項１に記載の高エネルギービーム溶接の品質判定方法において、

前記偏回帰分析係数は、予め実験を行うことにより求めることを特徴とする高エネルギービーム溶接の品質判定方法。

[請求項5] 請求項１に記載の高エネルギービーム溶接の品質判定方法において、

溶接継ぎ手が突合せ構造の被溶接物を対象とすることを特徴とする

高エネルギービーム溶接の品質判定方法。

[請求項6] 請求項１に記載の高エネルギービーム溶接の品質判定方法において、

高エネルギービームを回転させながら被溶接物に照射することを特徴とする高エネルギービーム溶接の品質判定方法。

[請求項7] 被溶接物に高エネルギービームを照射して溶接を行う高エネルギービーム溶接の品質判定装置であって、

カメラで撮像した溶融池の画像を画像処理することにより溶融池の形状情報を検出する溶融池形状情報検出部と、

プラズマ光を含む溶接光センサ情報を検出する溶接光センサと、

溶融池の溶け込み深さを目的変数とし前記形状情報及び前記溶接光センサ情報を説明変数とする重回帰分析を行うことにより求められる偏回帰分析係数を記憶する偏回帰分析係数記憶部と、

前記溶融池形状情報、前記溶接光センサ情報及び前記偏回帰分析係数に基づいて、溶融池の溶け込み深さの予測値を求める予測値算出部と、

前記予測値を基準値と比較することにより溶接の品質を判定する品質判定部と、

を備えた高エネルギービーム溶接の品質判定装置。

[請求項8] 請求項７に記載の高エネルギービーム溶接の品質判定装置において、

前記溶接光センサ情報は、反射光と熱放射光とを含むことを特徴とする高エネルギービーム溶接の品質判定装置。

[請求項9] 請求項８に記載の高エネルギービーム溶接の品質判定装置において、

前記予測値算出部は、前記溶融池形状情報及び前記溶接光センサ情報と、溶融池の溶け込み深さを目的変数とし前記形状情報及び前記溶接光センサ情報を説明変数とする重回帰分析を行うことにより前記偏

回帰分析係数を求める重回帰分析部を備え、

前記形状情報に含まれる一つの情報と前記溶接光センサ情報に含まれる一つの情報との掛け算により得られる交互作用を、前記説明変数に加えたことを特徴とする高エネルギービーム溶接の品質判定装置。

[請求項10] 請求項９に記載の高エネルギービーム溶接の品質判定装置において、

溶接継ぎ手が突合せ構造の被溶接物を対象とすることを特徴とする高エネルギービーム溶接の品質判定装置。

[請求項11] 請求項７に記載の高エネルギービーム溶接の品質判定装置において、

前記溶融池は、高エネルギービームを回転させながら被溶接物に照射されることにより形成されることを特徴とする高エネルギービーム溶接の品質判定装置。

[請求項12] 高エネルギービーム溶接の溶接管理システムであって、

被溶接物に高エネルギービームを照射して溶接を行う高エネルギービーム照射装置と、 溶融池の画像を撮像するカメラと、 前記カメラで撮像した溶融池の画像を画像処理することにより溶融池の形状情報を検出する溶融池形状情報検出部と、

プラズマ光を含む溶接光センサ情報を検出する溶接光センサと、

溶融池の溶け込み深さを目的変数とし前記形状情報及び前記溶接光センサ情報を説明変数とする重回帰分析を行うことにより求められる偏回帰分析係数を記憶する偏回帰分析係数記憶部と、

前記溶融池形状情報、前記溶接光センサ情報及び前記偏回帰分析係数に基づいて、溶融池の溶け込み深さの予測値を求める予測値算出部と、

前記予測値を基準値と比較することにより溶接の品質を判定する品質判定部と、

前記予測値と前記基準値との比較結果に基づいて高エネルギービー

ムの照射条件を修正する修正値を出力し、前記高エネルギービーム照射装置が出力する高エネルギービームをフィードバック制御するフィードバック制御部と、

を備えた高エネルギービーム溶接の溶接管理システム。

[請求項13] 請求項１２に記載の高エネルギービーム溶接の溶接管理システムにおいて、

前記修正値は、比例制御係数をＫｐ、積分制御係数をＫｉ、微分制御係数をＫｄとする場合、以下の関係式

(修正値)＝(前回の出力値)＋Kp×(偏差)＋Ki×(偏差の累積値)

＋Kd×(今回偏差と前回偏差との差)

から求められることを特徴とする高エネルギービーム溶接の溶接管理システム。

[請求項14] 請求項１３に記載の高エネルギービーム溶接の溶接管理システムにおいて、

前記フィードバック制御部は、前記高エネルギービームの出力値を優先的に制御することを特徴とする高エネルギービーム溶接の溶接管理システム。

[請求項15] 請求項１２に記載の高エネルギービーム溶接の溶接管理システムにおいて、

前記フィードバック制御部は、前記高エネルギービームの強度を制御することを特徴とする高エネルギービーム溶接の溶接管理システム。

[請求項16] 請求項１２に記載の高エネルギービーム溶接の溶接管理システムにおいて、

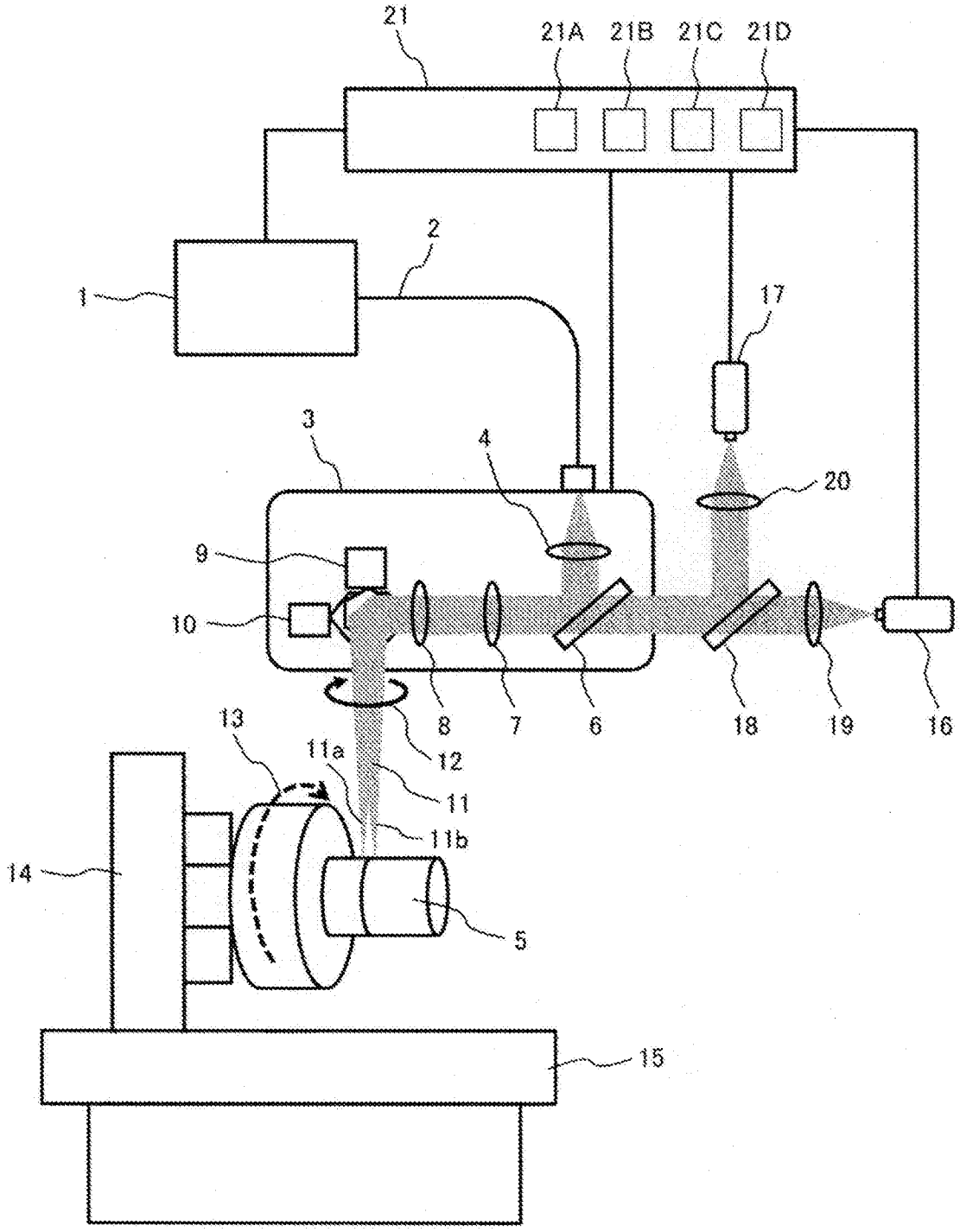
前記フィードバック制御部は、前記高エネルギービームの焦点距離を制御することを特徴とする高エネルギービーム溶接の溶接管理システム。

[請求項17] 請求項１２に記載の高エネルギービーム溶接の溶接管理システムに

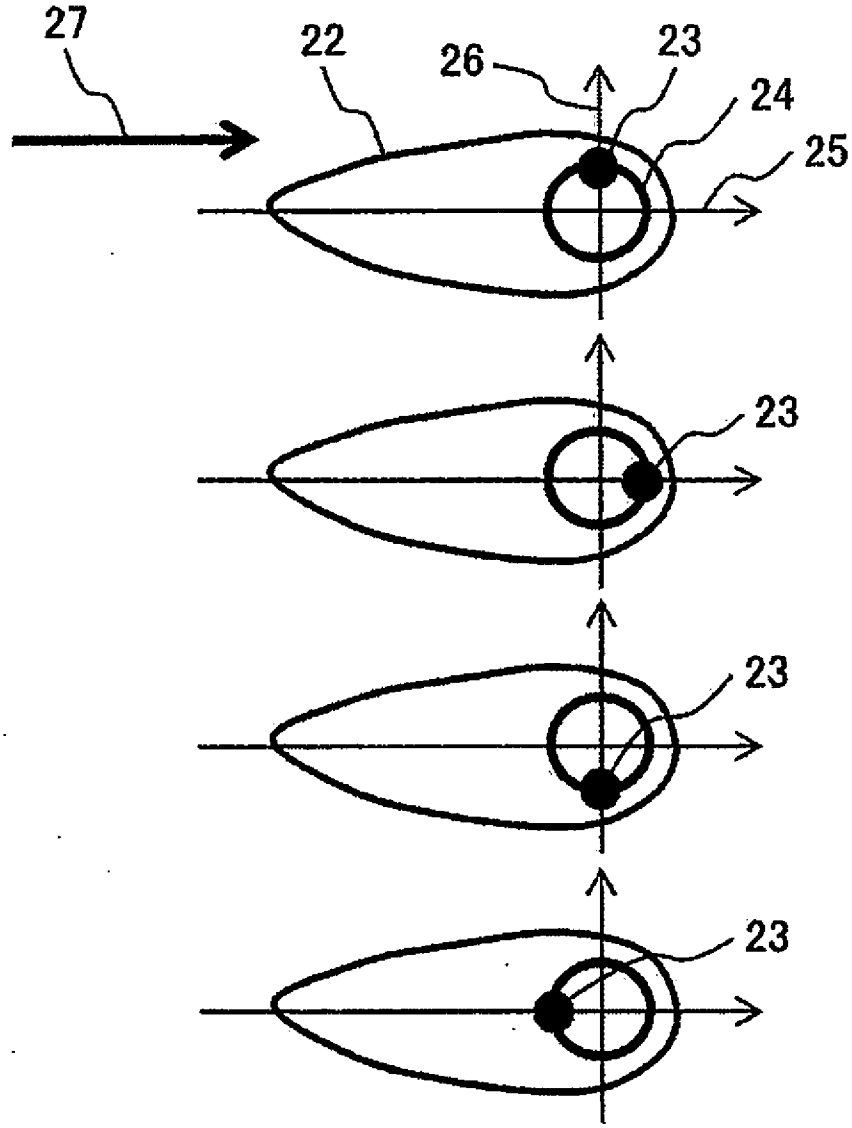
おいて、

前記フィードバック制御部は、前記高エネルギービームの被溶接部に対する移動速度を制御することを特徴とする高エネルギービーム溶接の溶接管理システム。

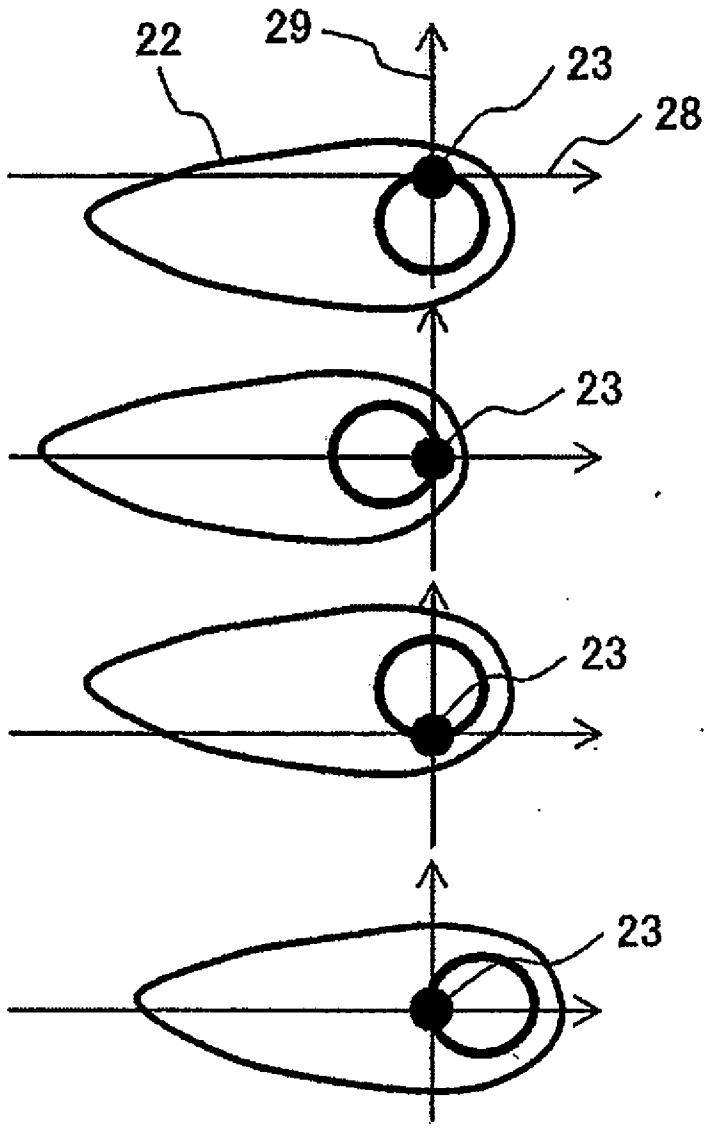
[図1]


21
21A
21B
21C
21D
2
1
17
3
4
20
9
10
8
7
6
18
19
16
12
13
11a
11
11b
14
5
15

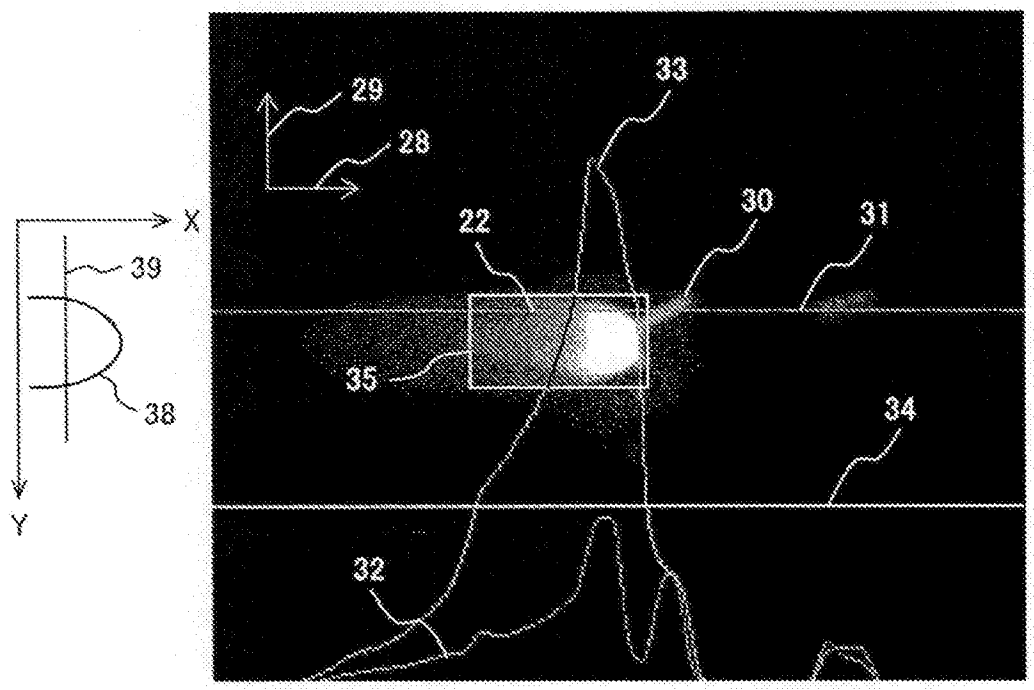
[図2]



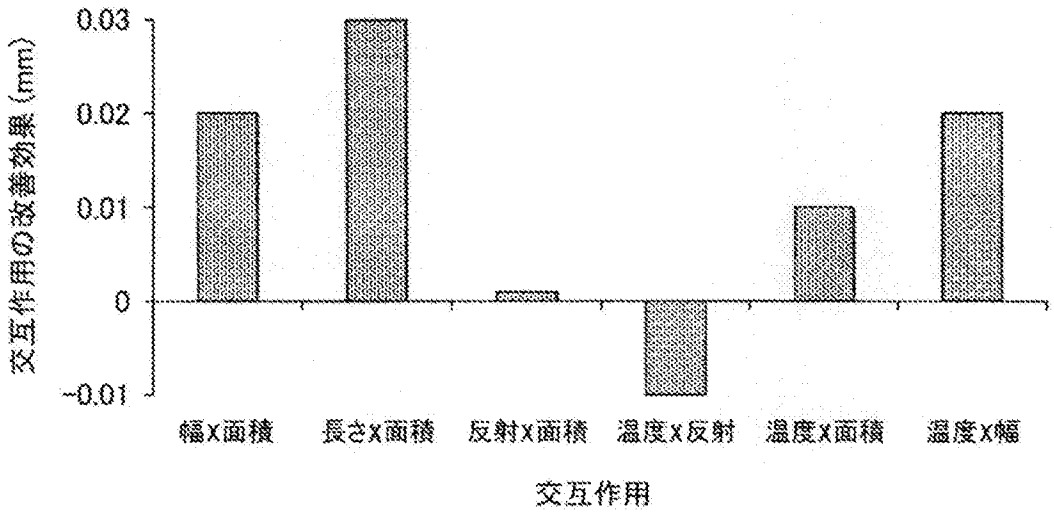
[図3]



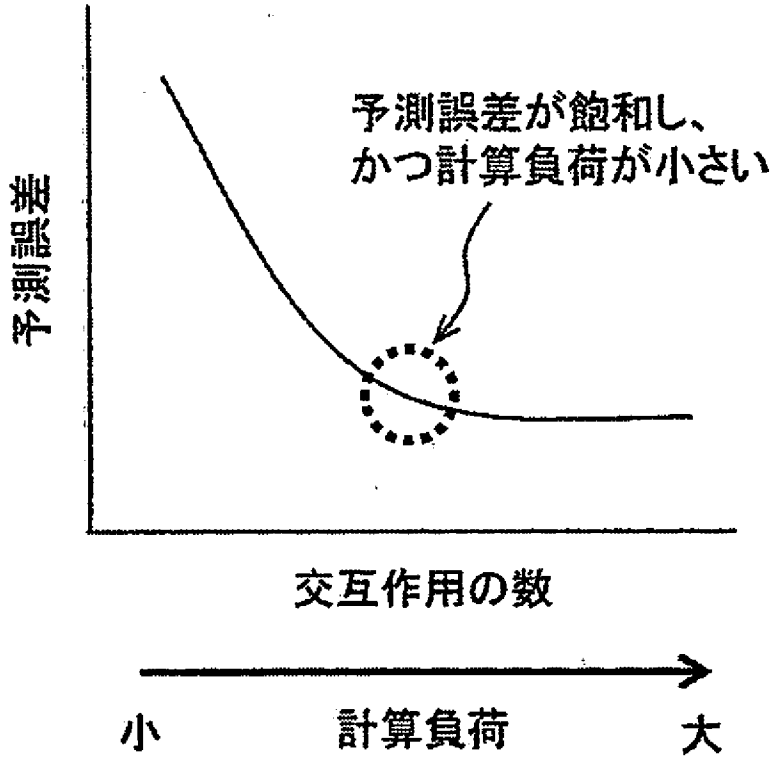
[図4]


29
28
33
X
22
30
31
39
35
38
34
Y
32

[図5]

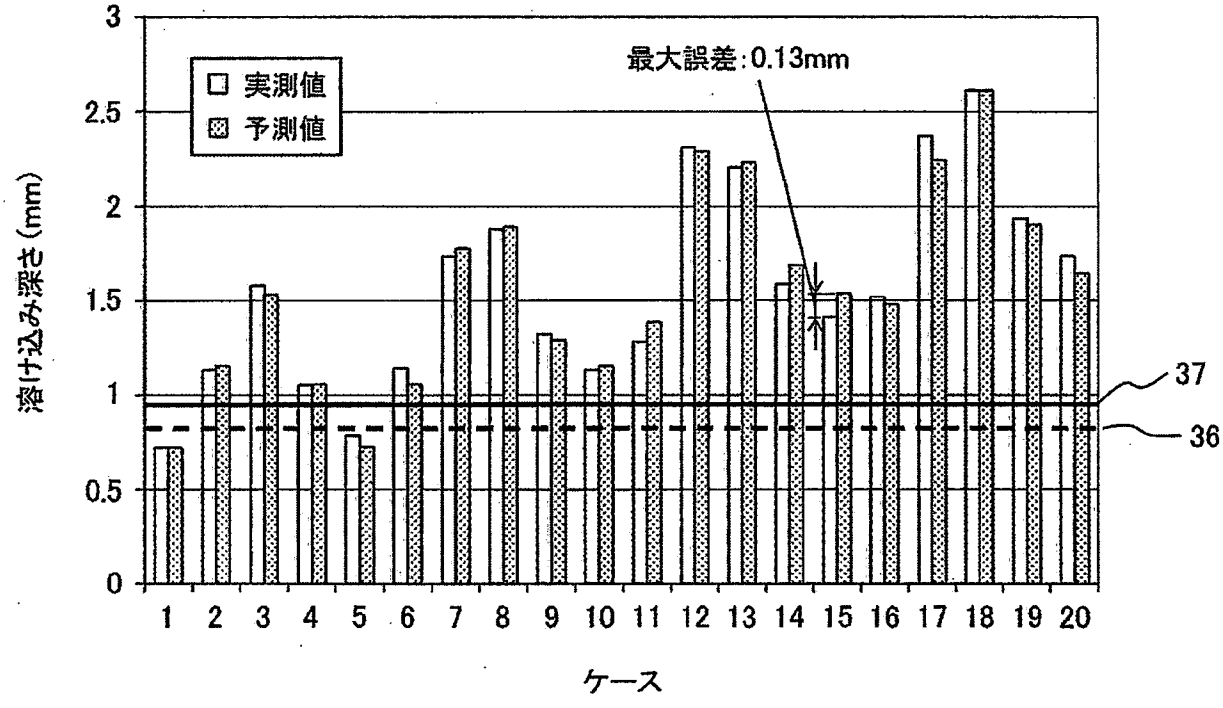

0.03
0.02
0.01
0
-0.01
交互作用の改善効果 (mm)
幅x面積
長さx面積
反射x面積
温度x反射
温度x面積
温度x幅
交互作用

[図6]



※交互作用の効果が大きい順に選んだ場合

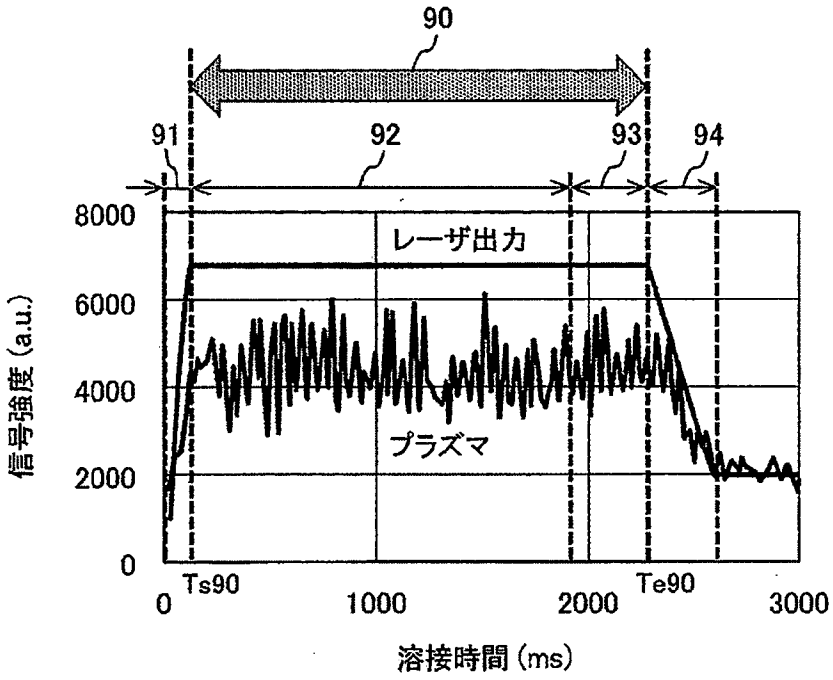
[図7]



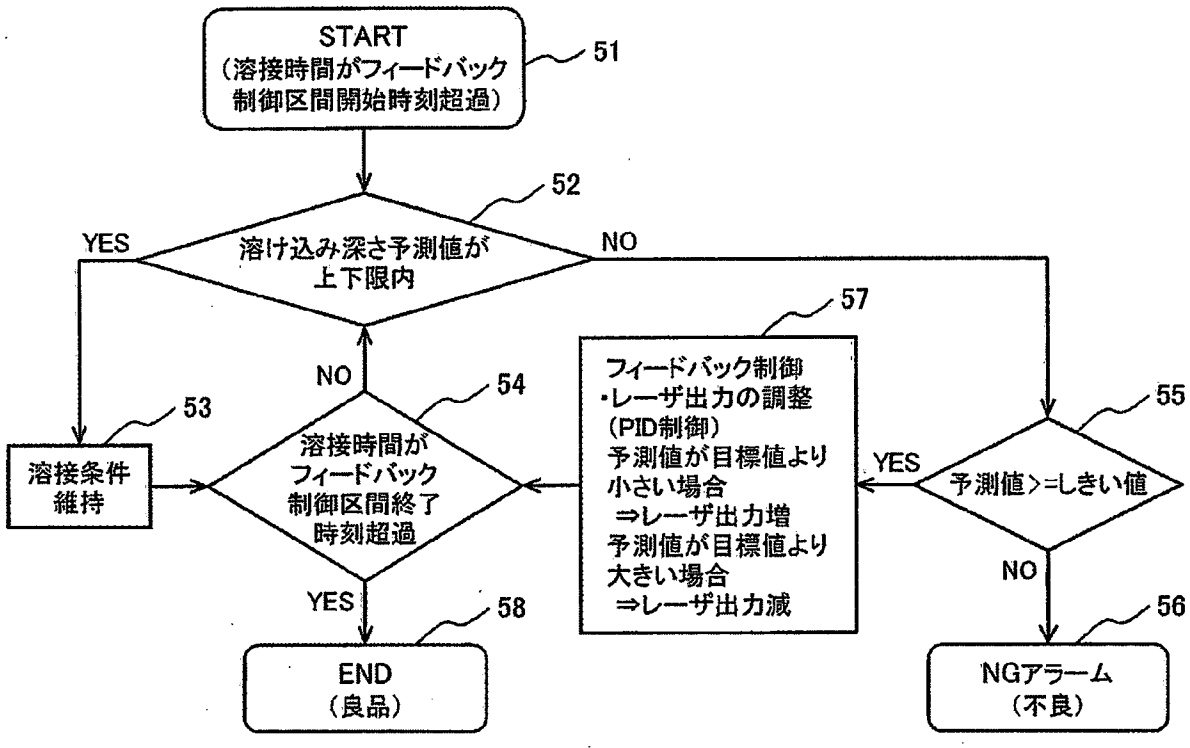
[図8]

	しきい値(mm)	OK	虚報	悪報	NG	虚報率
実測	0.8	18	-	-	2	
予測(誤差考慮)	0.93	18	0	0	2	0%

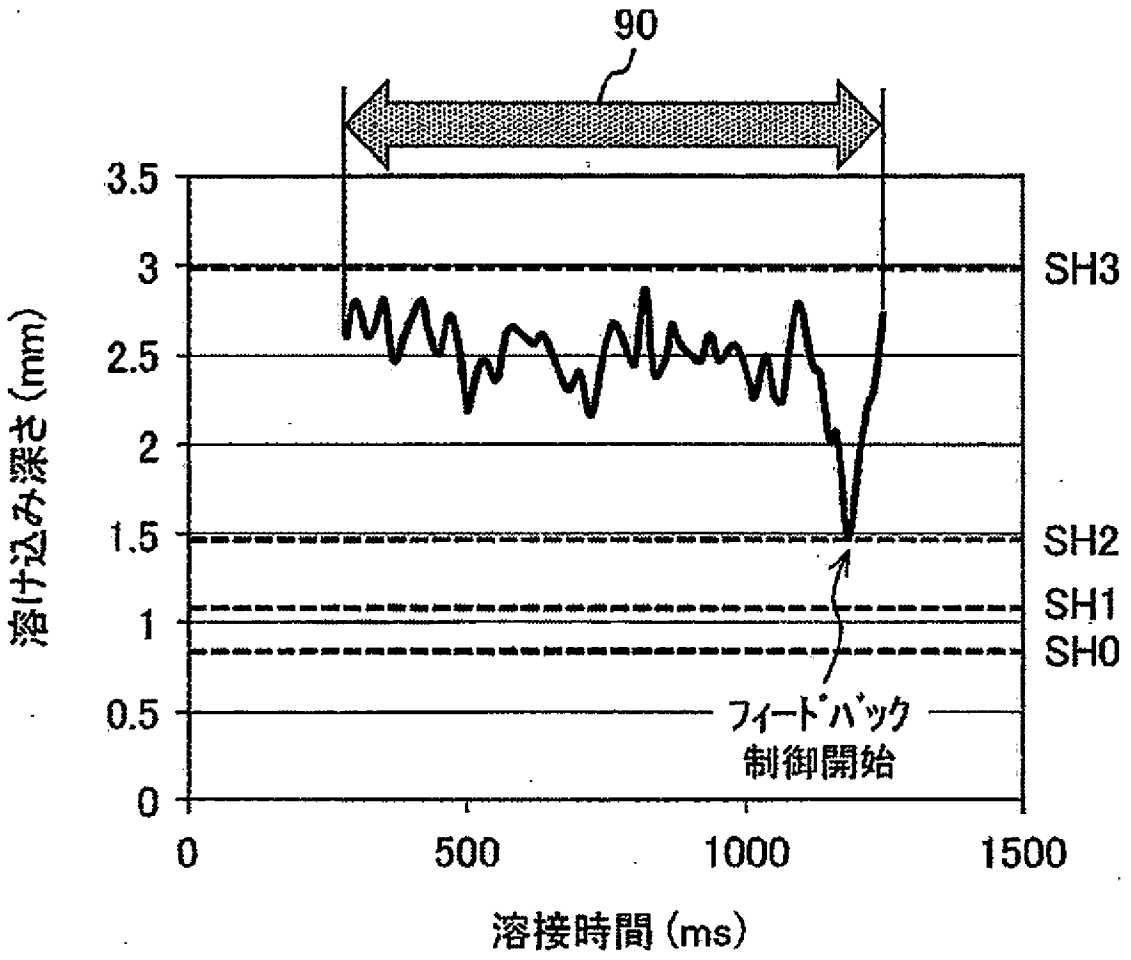
[図9]



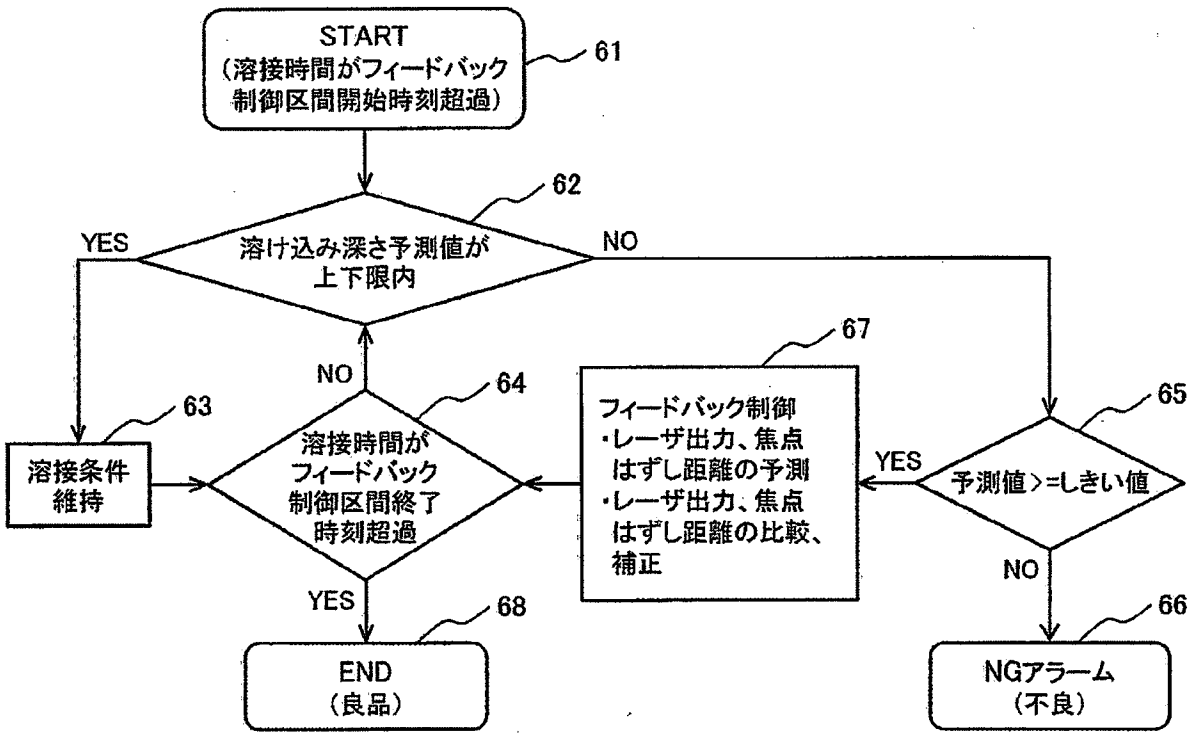
[図10]



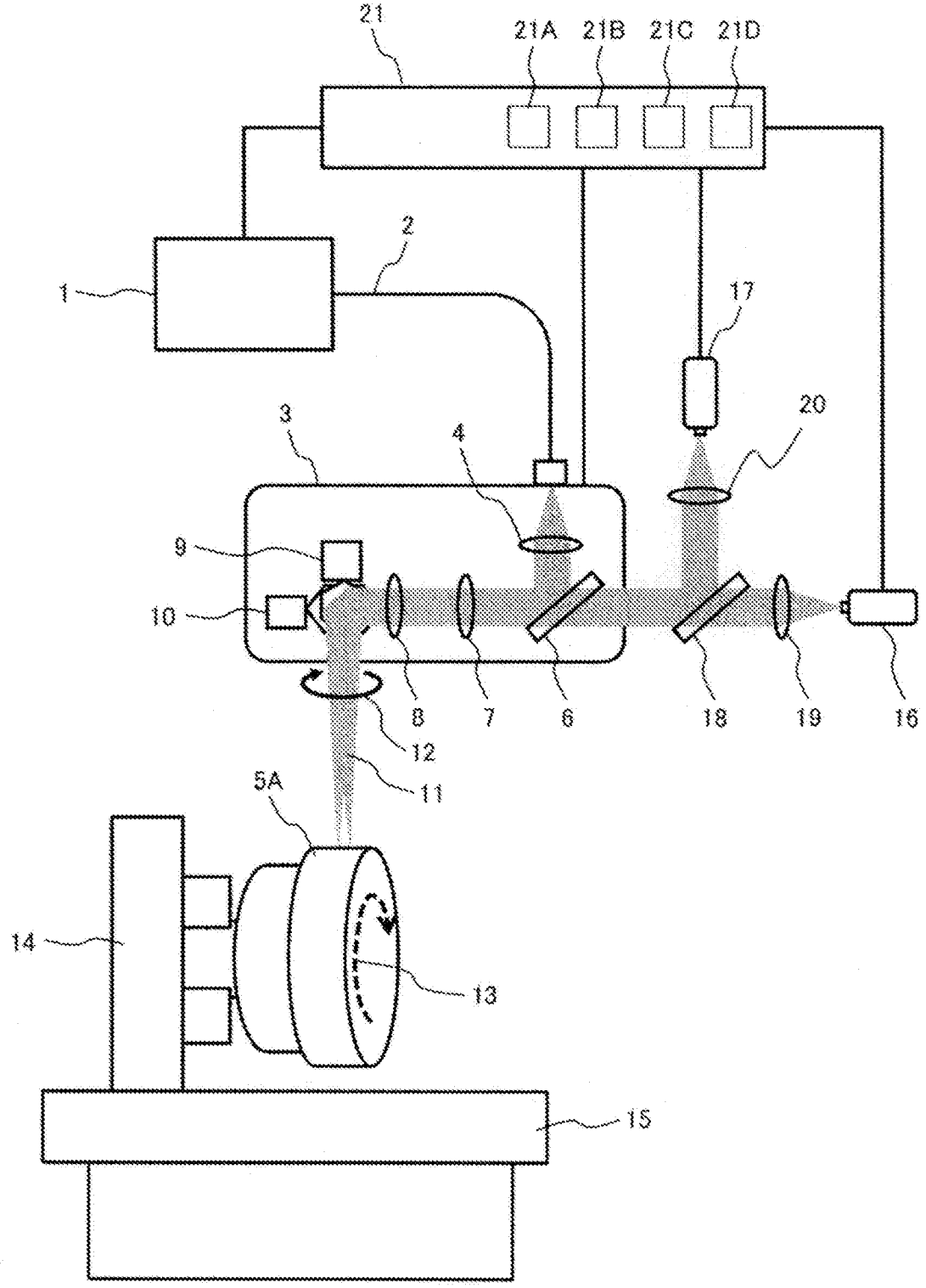
[図11]


90
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
溶け込み深さ(mm)
SH3
SH2
SH1
SH0
フィードバック
制御開始
0
500
1000
1500
溶接時間(ms)

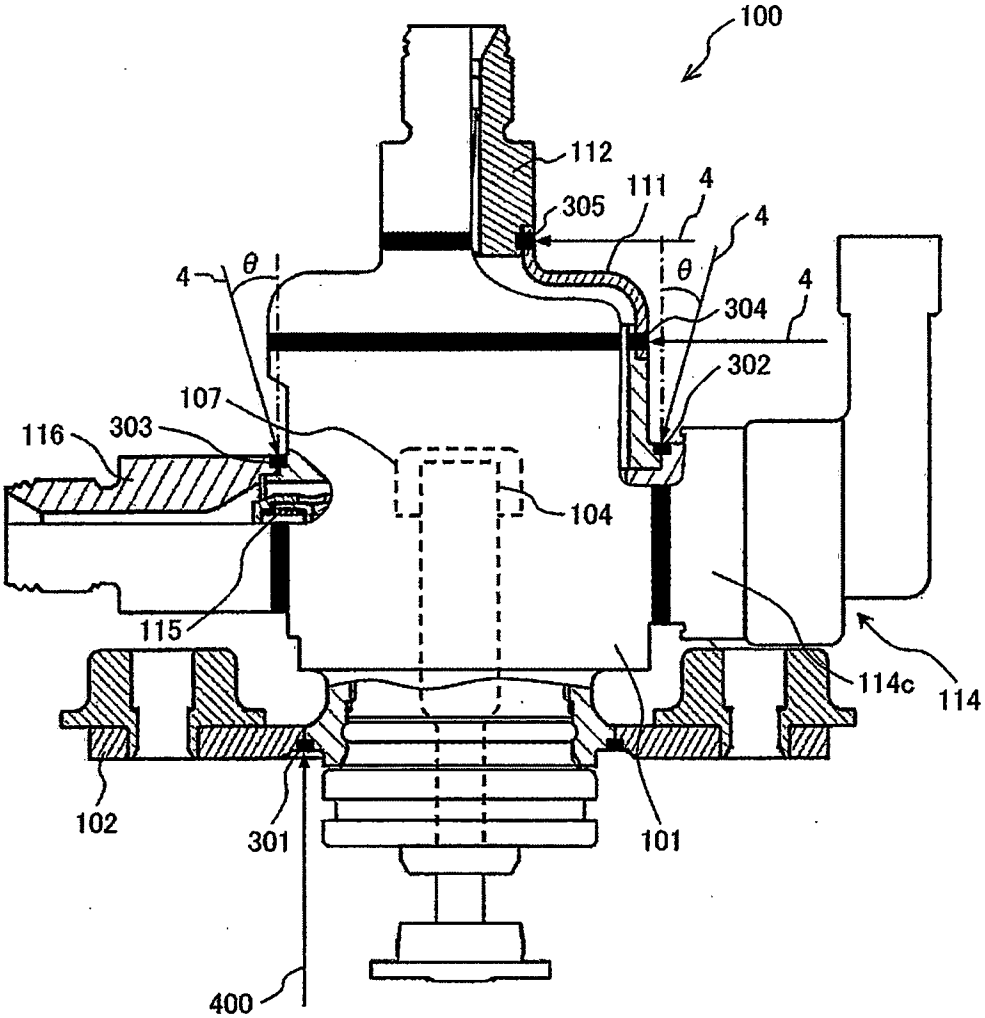
[図12]


START
(溶接時間がフィードバック
制御区間開始時刻超過)
61
62
溶け込み深さ予測値が
上下限内
YES
NO
63
溶接条件
維持
64
溶接時間が
フィードバック
制御区間終了
時刻超過
NO
YES
67
フィードバック制御
・レーザ出力、焦点
はずし距離の予測
・レーザ出力、焦点
はずし距離の比較、
補正
65
予測値>=しきい値
YES
NO
66
NGアラーム
(不良)
68
END
(良品)

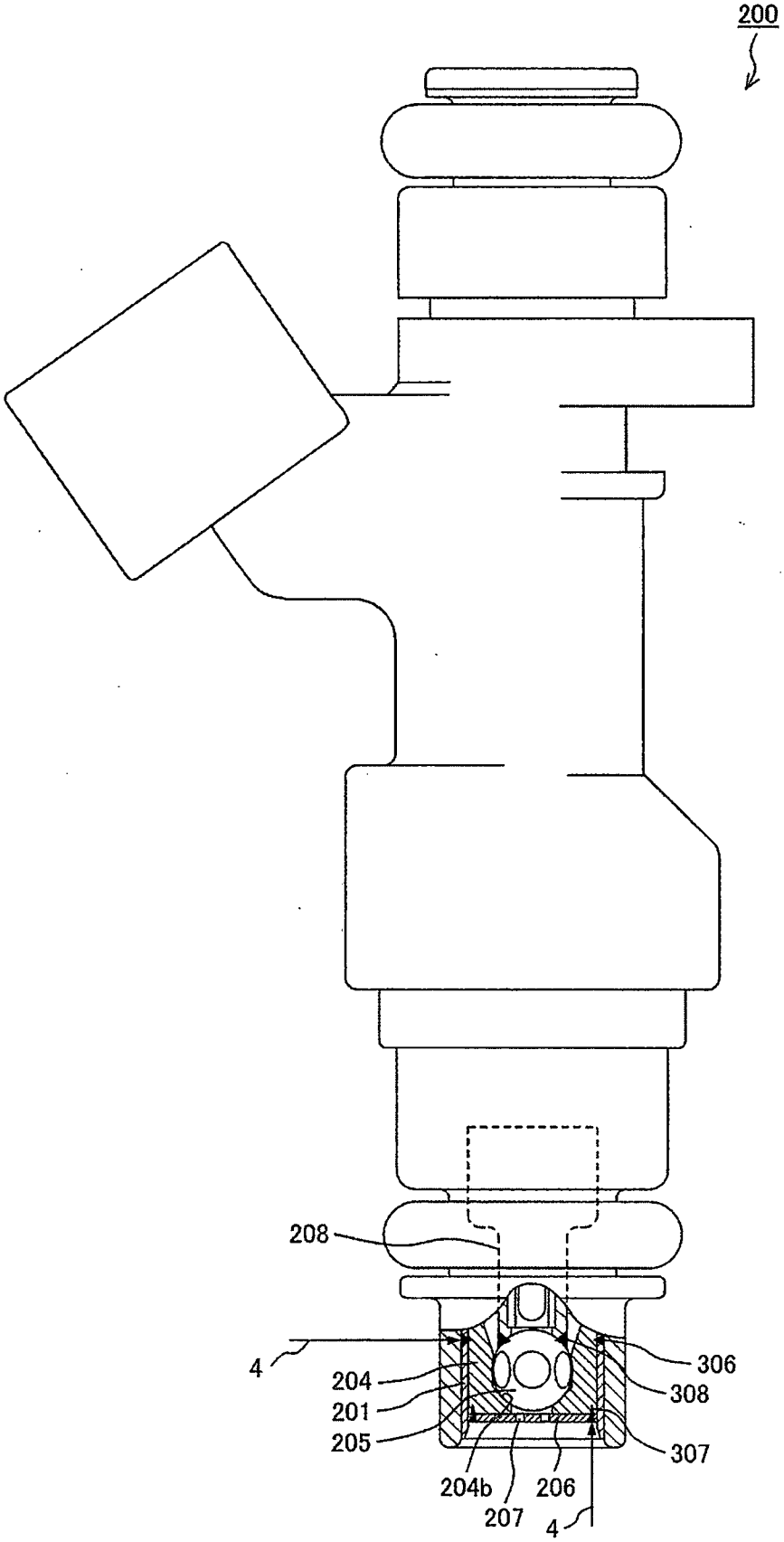
[図13]



[図14]


100
112
111
4
305
4
4
θ
θ
4
304
4
302
107
303
116
104
115
114c
114
102
301
101
400

[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/009468

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B23K26/21(2014.01)i, *B23K26/00*(2014.01)i, *B23K26/03*(2006.01)i, *B23K26/046*(2014.01)i, *B23K26/08*(2014.01)i, *F02M59/44*(2006.01)n, *F02M61/16*(2006.01)n

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)
B23K26/21, B23K26/00, B23K26/03, B23K26/046, B23K26/08, F02M59/44, F02M61/16

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 A	JP 2003-170282 A (Komatsu Ltd.), 17 June 2003 (17.06.2003), paragraphs [0018] to [0030]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-2,4-8, 11-12,15-17 3,9-10,13-14
Y A	JP 2011-161452 A (Mazda Motor Corp.), 25 August 2011 (25.08.2011), paragraph [0020] (Family: none)	1-2,4-8, 11-12,15-17 3,9-10,13-14
Y A	JP 2007-326134 A (Osaka Industrial Promotion Organization), 20 December 2007 (20.12.2007), paragraph [0021] (Family: none)	2,8 3,9-10,13-14

☒ 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	Date of mailing of the international search report
30 March 2017 (30.03.17)	11 April 2017 (11.04.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/009468

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2015-188912 A (Japan Transport Engineering Co.), 02 November 2015 (02.11.2015), paragraphs [0022] to [0023] (Family: none)	5 3,9-10,13-14
Y A	JP 2015-47638 A (Advanced Laser Technology Research Center Co., Ltd.), 16 March 2015 (16.03.2015), paragraph [0024] (Family: none)	5 3,9-10,13-14
Y A	JP 2012-122388 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 28 June 2012 (28.06.2012), paragraph [0021] & WO 2012/077405 A1	6,11 3,9-10,13-14
Y A	JP 2011-73674 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 14 April 2011 (14.04.2011), paragraph [0112] (Family: none)	6,11 3,9-10,13-14
Y A	JP 2013-240801 A (Miyachi Technos Corp.), 05 December 2013 (05.12.2013), paragraph [0027] (Family: none)	12,15-17 3,9-10,13-14
Y A	JP 2004-358529 A (Keylex Corp.), 24 December 2004 (24.12.2004), paragraph [0014] (Family: none)	12,15-17 3,9-10,13-14

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／００９４６８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B23K26/21(2014.01)i, B23K26/00(2014.01)i, B23K26/03(2006.01)i, B23K26/046(2014.01)i, B23K26/08(2014.01)i, F02M59/44(2006.01)n, F02M61/16(2006.01)n

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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B23K26/21, B23K26/00, B23K26/03, B23K26/046, B23K26/08, F02M59/44, F02M61/16

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７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 2003-170282 A（株式会社小松製作所）2003.06.17, 段落［００１８］－［００３０］, ［図１］－［図２］（ファミリーなし）	1-2, 4-8, 11-12, 15-17
A		3, 9-10, 13-14
Y	JP 2011-161452 A（マツダ株式会社）2011.08.25, 段落［００２０］（ファミリーなし）	1-2, 4-8, 11-12, 15-17
A		3, 9-10, 13-14

☑　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	国際調査報告の発送日
３０．０３．２０１７	１１．０４．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
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）　３Ｐ　３９３５
青木　正博
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６３

Ｃ（続き）．　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 2007-326134 A（財団法人大阪産業振興機構）2007.12.20，段落［００２１］（ファミリーなし）	2,8
A		3,9-10,13-14
Y	JP 2015-188912 A（株式会社総合車両製作所）2015.11.02，段落［００２２］－［００２３］（ファミリーなし）	5
A		3,9-10,13-14
Y	JP 2015-47638 A（株式会社最新レーザ技術研究センター）2015.03.16，段落［００２４］（ファミリーなし）	5
A		3,9-10,13-14
Y	JP 2012-122388 A（三菱重工業株式会社）2012.06.28，段落［００２１］ & WO 2012/077405 A1	6,11
A		3,9-10,13-14
Y	JP 2011-73674 A（川崎重工業株式会社）2011.04.14，段落［０１１２］（ファミリーなし）	6,11
A		3,9-10,13-14
Y	JP 2013-240801 A（ミヤチテクノス株式会社）2013.12.05，段落［００２７］（ファミリーなし）	12,15-17
A		3,9-10,13-14
Y	JP 2004-358529 A（株式会社キーレックス）2004.12.24，段落［００１４］（ファミリーなし）	12,15-17
A		3,9-10,13-14