

(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
2022年2月24日(24.02.2022)



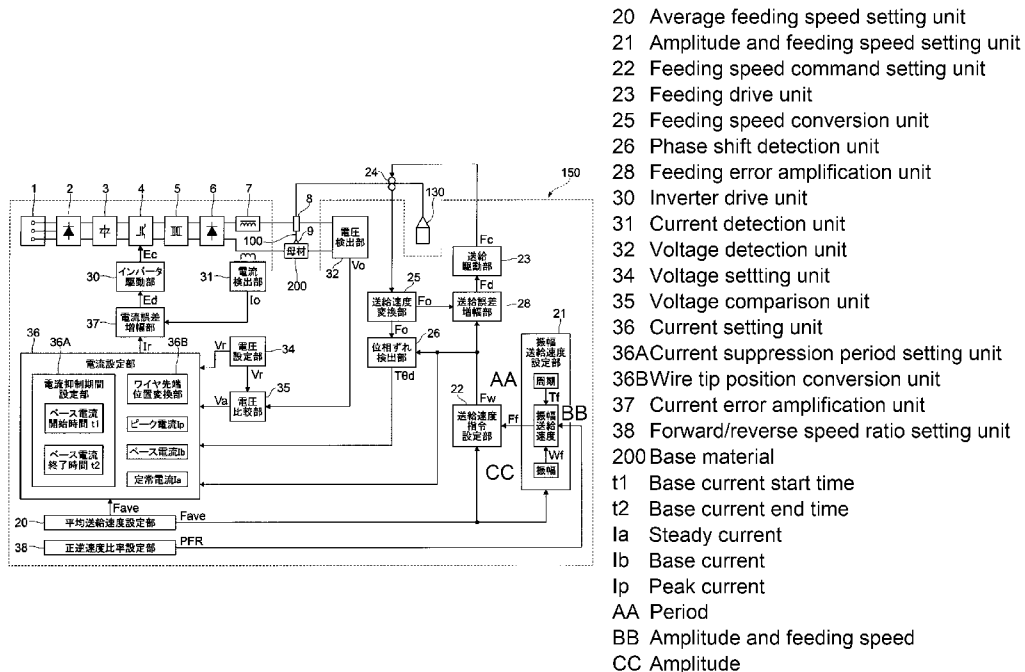
(10) 国際公開番号

WO 2022/038947 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 9/12 (2006.01) *B23K 9/095* (2006.01) 県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目
2番4号 Hyogo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/027044 (72) 発明者: 橋本 裕志(HASHIMOTO Hiroshi). 中
司 昇吾(NAKATSUKASA Shogo).
- (22) 国際出願日: 2021年7月19日(19.07.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (74) 代理人: 特許業務法人栄光特許事務所(EIKOH
PATENT FIRM, P.C.); 〒1050003 東京都港区
西新橋一丁目7番13号 虎ノ門イースト
ビルディング10階 Tokyo (JP).
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願 2020-137245 2020年8月17日(17.08.2020) 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, IT, JO, KE, KG, KH,
- (71) 出願人: 株式会社神戸製鋼所 (KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO
(KOBE STEEL, LTD.)) [JP/JP]; 〒6518585 兵庫

(54) Title: WELDING POWER SUPPLY, WELDING SYSTEM, CONTROL METHOD FOR WELDING POWER SUPPLY, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 溶接電源、溶接システム、溶接電源の制御方法及びプログラム



(57) Abstract: A welding power supply that comprises: a feeding control means that controls the feeding of a wire such that the tip of the wire is periodically switched between being fed forward and being fed in reverse; and a current control means that changes a welding current in accordance with the position of the tip of the wire. The feeding control means performs control such that the time it takes the tip of the wire to go from a closest point at which the tip of the wire is closest to a base material to a furthest point at which the tip of the wire is furthest from the base material is shorter than

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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

the time it takes the tip of the wire to go from the furthest point to the closest point. The current control means performs control such that time periods in which the tip of the wire is being fed in reverse include a low-current time period in which the welding current is lowered below a predetermined current value.

(57) 要約: 溶接電源は、ワイヤの先端が、正送給と逆送給とで周期的な切り替えを伴いながら送給されるようにワイヤの送給を制御する送給制御手段と、ワイヤの先端位置に応じて溶接電流を変化させる電流制御手段とを備える。送給制御手段は、ワイヤの先端が母材に最も近付いた最近点から母材から最も遠ざかった最遠点へ至るまで時間を、ワイヤの先端が最遠点から最近点へ至るまでの時間よりも短くするように制御する。電流制御手段は、ワイヤの先端が逆送給される期間内に、溶接電流を予め定めた電流値よりも低下させる低電流期間を設けるように制御する。

明 細 書

発明の名称：

溶接電源、溶接システム、溶接電源の制御方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、溶接電源、溶接システム、溶接電源の制御方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 消耗電極としてのワイヤに溶接電流を供給する溶接電源において、ワイヤの先端が、正送給される期間と逆送給される期間の周期的な切り替えを伴いながら母材に向けて送給される場合に、母材の表面との距離が周期的に変動するワイヤの先端位置に応じて溶接電流を変化させる制御手段を有し、制御手段は、ワイヤの先端が逆送給される期間内に、溶接電流を予め定めた電流値よりも低下させる低電流期間を設けるように制御する溶接電源は、知られている（例えば、特許文献1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開2020-49506号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ワイヤの先端が正送給される期間と逆送給される期間の周期的な切り替えを伴いながら母材に向けて送給される際におけるワイヤの先端が逆送給される期間内に低電流期間を設けて、溶滴離脱によるスパッタの飛散を低減させる技術がある。このような技術において、正弦波形状で変化するワイヤの送給速度に従ってワイヤを送給する構成を採用したのでは、ワイヤの先端が逆送給される期間、つまり低電流期間に溶滴が離脱する可能性を高くすることには限界がある。すなわち、スパッタを飛散しにくくすることには限界がある。

[0005] 本発明の目的は、ワイヤの先端が正送給される期間と逆送給される期間の周期的な切り替えを伴いながら母材に向けて送給される際におけるワイヤの先端が逆送給される期間内に低電流期間を設ける技術において、正弦波形状で変化するワイヤの送給速度に従ってワイヤを送給する構成を採用した場合に比較して、スパッタを飛散しにくくすることにある。

課題を解決するための手段

[0006] かかる目的のもと、本発明は、消耗電極としてのワイヤに溶接電流を供給し、ワイヤを溶融池に短絡させることなくオープンアーク状態で溶滴を離脱させる溶接電源であって、ワイヤの先端が、正送給される期間と逆送給される期間の周期的な切り替えを伴いながら母材に向けて送給されるようにワイヤの送給を制御する送給制御手段と、母材の表面との距離が周期的に変動するワイヤの先端位置に応じて溶接電流を変化させる電流制御手段とを備え、送給制御手段は、ワイヤの先端が母材に最も近付いた位置である最近点から母材から最も遠ざかった位置である最遠点へ至るまで時間を、ワイヤの先端が最遠点から最近点へ至るまでの時間よりも短くするように制御し、電流制御手段は、ワイヤの先端が逆送給される期間内に、溶接電流を予め定めた電流値よりも低下させる低電流期間を設けるように制御する溶接電源を提供する。

[0007] 送給制御手段は、ワイヤの先端が逆送給される期間におけるワイヤの送給速度振幅を、ワイヤの先端が正送給される期間におけるワイヤの送給速度振幅よりも大きくするように制御する、ものであってよい。

[0008] 電流制御手段は、周期的に変動するワイヤの先端位置が、最近点及び最遠点で規定される波高の $1/2$ の位置よりも母材側に位置する場合に、低電流期間を開始するように制御する、ものであってよい。その場合、電流制御手段は、低電流期間が、ワイヤの先端が正送給される期間から逆送給される期間に切り替わる時点におけるワイヤの先端位置から、逆送給に切り替わったワイヤの送給速度の指令値が最大になる時点におけるワイヤの先端位置までの範囲内で開始されるように制御する、ものであってよい。また、電流制御

手段は、低電流期間が、逆送給に切り替わったワイヤの送給速度の指令値が最大になった時点におけるワイヤの先端位置から、ワイヤの先端が逆送給される期間から正送給される期間に切り替わる時点におけるワイヤの先端位置までの範囲内で終了されるように制御する、ものであってよい。

[0009] また、本発明は、消耗電極としてのワイヤに溶接電流を供給してアーク溶接し、ワイヤを熔融池に短絡させることなくオープンアーク状態で溶滴を離脱させる溶接システムであって、ワイヤの先端が、正送給される期間と逆送給される期間の周期的な切り替えを伴いながら母材に向けて送給されるようにワイヤの送給を制御する送給制御手段と、母材の表面との距離が周期的に変動するワイヤの先端位置に応じて溶接電流を変化させる電流制御手段とを備え、送給制御手段は、ワイヤの先端が母材に最も近付いた位置である最近点から母材から最も遠ざかった位置である最遠点へ至るまで時間を、ワイヤの先端が最遠点から最近点へ至るまでの時間よりも短くするように制御し、電流制御手段は、ワイヤの先端が逆送給される期間内に、溶接電流を予め定めた電流値よりも低下させる低電流期間を設けるように制御する溶接システムも提供する。

[0010] さらに、本発明は、消耗電極としてのワイヤに溶接電流を供給し、ワイヤを熔融池に短絡させることなくオープンアーク状態で溶滴を離脱させる溶接電源の制御方法であって、ワイヤの先端が、正送給される期間と逆送給される期間の周期的な切り替えを伴いながら母材に向けて送給されるようにワイヤの送給を制御するステップと、母材の表面との距離が周期的に変動するワイヤの先端位置に応じて溶接電流を変化させるステップとを含み、送給を制御するステップでは、ワイヤの先端が母材に最も近付いた位置である最近点から母材から最も遠ざかった位置である最遠点へ至るまで時間を、ワイヤの先端が最遠点から最近点へ至るまでの時間よりも短くするように制御し、溶接電流を変化させるステップでは、ワイヤの先端が逆送給される期間内に、溶接電流を予め定めた電流値よりも低下させる低電流期間を設けるように制御する溶接電源の制御方法も提供する。

[0011] さらにまた、本発明は、消耗電極としてのワイヤに溶接電流を供給してアーク溶接し、ワイヤを溶融池に短絡させることなくオープンアーク状態で溶滴を離脱させる溶接システムのコンピュータに、ワイヤの先端が、正送給される期間と逆送給される期間の周期的な切り替えを伴いながら母材に向けて送給されるようにワイヤの送給を制御する機能と、母材の表面との距離が周期的に変動するワイヤの先端位置に応じて溶接電流を変化させる機能とを実現させ、送給を制御する機能は、ワイヤの先端が母材に最も近付いた位置である最近点から母材から最も遠ざかった位置である最遠点へ至るまで時間を、ワイヤの先端が最遠点から最近点へ至るまでの時間よりも短くするように制御し、溶接電流を変化させる機能は、ワイヤの先端が逆送給される期間内に、溶接電流を予め定めた電流値よりも低下させる低電流期間を設けるように制御するプログラムも提供する。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、ワイヤの先端が正送給される期間と逆送給される期間の周期的な切り替えを伴いながら母材に向けて送給される際におけるワイヤの先端が逆送給される期間内に低電流期間を設ける技術において、正弦波形状で変化するワイヤの送給速度に従ってワイヤを送給する構成を採用した場合に比較して、スパッタが飛散しにくくなる。

図面の簡単な説明

- [0013] [図1]本実施の形態に係るアーク溶接システムの例を示す構成図である。
- [図2]溶接電源の制御系部分の構成例を説明するブロック図である。
- [図3]ワイヤ送給速度の時間変化を説明する波形図である。
- [図4]溶接ワイヤの先端位置の時間変化を説明する波形図である。
- [図5]本実施の形態における溶接電流の制御例を説明するフローチャートである。
- [図6]溶接電流の電流値を指定する電流設定信号の制御例を示すタイミングチャートである。
- [図7]特許文献1によるワイヤ送給速度、溶接電流及び溶接電圧の波形、並び

に溶滴離脱タイミングを示したグラフである。

[図8]本実施の形態によるワイヤ送給速度、溶接電流及び溶接電圧の波形、並びに溶滴離脱タイミングを示したグラフである。

[図9]特許文献1による溶滴離脱タイミングの計測結果を示したグラフである。

[図10]本実施の形態による溶滴離脱タイミングの計測結果を示したグラフである。

[図11]特許文献1における電流抑制期間開始から離脱までの時間を計測した結果を示したグラフである。

[図12]本実施の形態における電流抑制期間開始から離脱までの時間を計測した結果を示したグラフである。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

[0015] <本実施の形態が解決しようとする課題>

本実施の形態が解決しようとする課題は2つある。

[0016] 1つ目の課題は、スパッタが飛散しやすいという点である。

特許文献1の技術は、短絡を伴わない炭酸ガス溶接（オープンアーク溶接）において、ワイヤ送給速度及び溶接電流を適切に制御し、低電流期間にて溶滴（溶融金属）を離脱させて溶接母材に移行させるものである。

ここで重要なのは、溶滴が離脱しやすい状態で溶接ワイヤを引き戻すことで、積極的に溶滴を離脱させることである。溶滴の離脱のしやすさは、溶滴のサイズ（重量）、表面張力、アーク反力等の影響を受ける。例えば、溶滴サイズが大きいほど離脱しやすくなり、溶滴サイズが小さいほど離脱しにくくなる。

ロボットを使った自動溶接機では、安定した溶接結果を得るためにアーク長を一定に保つ「アーク長の自己保持機能」を利用している。「アーク長の自己保持機能」とは、溶接電源に「定電圧特性」を持たせ、アーク長が長く

なると溶接電流を少し下げて（溶接ワイヤの溶融を遅らせて）アーク長を短くする方向に動作させ、アーク長が短くなると逆に溶接電流を上げて（溶接ワイヤの溶融を早めて）アーク長を長くする方向に動作させる機能のことである。特許文献１では、溶接中に何らかの外的要因でアーク長が長くなり溶接電流が下がった場合、溶滴成長期間での溶滴成長が遅れて溶滴サイズが小さくなり、溶滴が離脱させたい電流抑制期間に離脱しないことがある。溶滴が電流非抑制期間に離脱すると、スパッタが飛散しやすいという問題がある。

[0017] ２つ目の課題は、コンタクトチップが摩耗しやすいという点である。

アーク溶接では、溶接トーチ先端に取り付けた「コンタクトチップ」と呼ばれる銅合金製の給電部品にて、溶接電流を溶接ワイヤに供給する。コンタクトチップと溶接ワイヤとの接触部では大電流の通過によるジュール熱が発生し、コンタクトチップが軟化しやすい。軟化したコンタクトチップは、溶接ワイヤがその表面に接触しながら動くと、溶接ワイヤによって徐々に削り取られて摩耗していく。コンタクトチップのワイヤ給電部が摩耗すると溶接ワイヤへの給電が不安定となり、所定の溶接電流が流せなくなって溶着量が変化するとともに、コンタクトチップと溶接ワイヤとが溶着するなどの問題が生じる。コンタクトチップは、溶接電流が大きいほど摩耗しやすく、またワイヤ送給速度が大きいほど摩耗しやすい。

特許文献１では、溶接電流のピーク期間とワイヤ送給速度のピーク期間とが重なっており、大電流で軟化したコンタクトチップに高速に溶接ワイヤを通すことになるため、コンタクトチップが摩耗しやすいという問題がある。

[0018] そこで、本実施の形態では、ワイヤを溶融池に短絡させることなくオープンアーク状態で溶滴を離脱させる際に、スパッタを飛散しにくくし、かつ、コンタクトチップを摩耗しにくくする。以下、このような実施の形態について詳細に説明する。

[0019] ＜システムの全体構成＞

図１は、本実施の形態に係るアーク溶接システム１０の例を示す構成図で

ある。

アーク溶接システム 10 は、溶接ロボット 120 と、ロボットコントローラ 160 と、溶接電源 150 と、送給装置 130 と、シールドガス供給装置 140 とを備えている。

溶接電源 150 は、プラスのパワーケーブルを介して溶接電極に接続され、マイナスのパワーケーブルを介して被溶接物（以下「母材」又は「ワーク」ともいう）200 と接続されている。この接続は、逆極性で溶接を行う場合であり、正極性で溶接を行う場合、溶接電源 150 は、プラスのパワーケーブルを介して母材 200 に接続され、マイナスのパワーケーブルを介して溶接電極に接続される。

また、溶接電源 150 と消耗式電極（以下「溶接ワイヤ」ともいう）100 の送給装置 130 とも信号線によって接続され、溶接ワイヤの送り速度を制御することができる。

[0020] 溶接ロボット 120 は、エンドエフェクタとして、溶接トーチ 110 を備えている。溶接トーチ 110 は、溶接ワイヤ 100 に通電させる通電機構（コンタクトチップ）を有している。溶接ワイヤ 100 は、コンタクトチップからの通電により、先端からアークを発生し、その熱で溶接の対象である母材 200 を溶接する。

さらに、溶接トーチ 110 は、シールドガスノズル（シールドガスを噴出する機構）を備える。シールドガスは、炭酸ガス、アルゴン+炭酸ガス（ CO_2 ）等の混合ガスのどちらでもよい。なお、炭酸ガスがより好ましく、混合ガスの場合は Ar に 10～30% の炭酸ガスを混合した系が好ましい。シールドガスは、シールドガス供給装置 140 から供給される。

本実施の形態で使用する溶接ワイヤ 100 は、フラックスを含まないソリッドワイヤとフラックスを含むフラックス入りワイヤのどちらでもよい。溶接ワイヤ 100 の材質も問わない。例えば材質は、軟鋼でも良いし、ステンレス、アルミニウム、チタンでも良い。さらに、溶接ワイヤ 100 の径も特に問わない。本実施の形態の場合、好ましくは、径の上限を 1.6 mm、下

限を0.8mmとする。

[0021] ロボットコントローラ160は、溶接ロボット120の動作を制御する。ロボットコントローラ160は、予め溶接ロボット120の動作パターン、溶接開始位置、溶接終了位置、溶接条件、ウィービング動作等を定めたティーチングデータを保持し、溶接ロボット120に対してこれらを指示して溶接ロボット120の動作を制御する。また、ロボットコントローラ160は、ティーチングデータに従い、溶接作業中の電源を制御する指令を溶接電源150に与える。

ここでのアーク溶接システム10は、溶接システムの一例である。また、溶接電源150は、溶接電流を変化させる制御手段の一例でもある。

[0022] <溶接電源の構成>

図2は、溶接電源150の制御系部分の構成例を説明するブロック図である。

溶接電源150の制御系部分は、例えばコンピュータによるプログラムの実行を通じて実行される。

溶接電源150の制御系部分には、電流設定部36が含まれる。本実施の形態における電流設定部36は、溶接ワイヤ100に流れる溶接電流を規定する各種の電流値を設定する機能と、溶接電流の電流値が抑制される期間が開始される時間と終了する時間を設定する機能（電流抑制期間設定部36A）と、溶接ワイヤ100の先端位置の情報を求めるワイヤ先端位置変換部36Bとを有する。

本実施の形態の場合、パルス電流であって、電流設定部36は、ピーク電流 I_p 、ベース電流 I_b 、溶滴離脱用の定常電流 I_a を設定する。本実施の形態の場合、溶接電流は、基本的に、ピーク電流 I_p とベース電流 I_b の2値で制御される。このため、電流値が抑制される期間が開始される時間 t_1 は、ベース電流 I_b が開始する時間（ベース電流開始時間）を表し、電流値が抑制される期間が終了する時間 t_2 はベース電流 I_b が終了する時間（ベース電流終了時間）を表す（図6参照）。

[0023] 溶接電源 150 の電源主回路は、交流電源（ここでは三相交流電源）1 と、1 次側整流器 2 と、平滑コンデンサ 3 と、スイッチング素子 4 と、トランス 5 と、2 次側整流器 6 と、リアクトル 7 とで構成される。

交流電源 1 から入力された交流電力は、1 次側整流器 2 により全波整流され、さらに平滑コンデンサ 3 により平滑されて直流電力に変換される。次に、直流電力は、スイッチング素子 4 によるインバータ制御により高周波の交流電力に変換された後、トランス 5 を介して 2 次側電力に変換される。トランス 5 の交流出力は、2 次側整流器 6 によって全波整流され、さらにリアクトル 7 により平滑される。リアクトル 7 の出力電流は、電源主回路からの出力として溶接チップ 8 に与えられ、消耗電極としての溶接ワイヤ 100 に通電される。

[0024] 溶接ワイヤ 100 は、送給モータ 24 によって送給され、母材 200 との間にアーク 9 を発生させる。本実施の形態の場合、送給モータ 24 は、溶接ワイヤ 100 の先端を平均速度よりも速い速度で母材 200 に送り出す正送給期間と、溶接ワイヤ 100 の先端を平均速度よりも遅い速度で母材 200 に送り出す逆送給期間とが周期的に切り替わるように、溶接ワイヤ 100 を送給する。逆送給期間における溶接ワイヤ 100 の先端は、母材 200 から遠ざかる方向に移動する。

送給モータ 24 による溶接ワイヤ 100 の送給は、送給駆動部 23 からの制御信号 F_c によって制御される。送給速度の平均値は、ほぼ溶融速度と同じである。本実施の形態の場合、送給モータ 24 による溶接ワイヤ 100 の送給も溶接電源 150 により制御される。

[0025] 電流設定部 36 には、溶接チップ 8 と母材 200 との間に加える電圧の目標値（電圧設定信号 V_r ）が電圧設定部 34 から与えられる。

ここでの電圧設定信号 V_r は、電圧比較部 35 にも与えられ、電圧検出部 32 によって検出された電圧検出信号 V_o と比較される。電圧検出信号 V_o は、実測値である。

電圧比較部 35 は、電圧設定信号 V_r と電圧検出信号 V_o との差分を増幅

し、電圧誤差増幅信号 V_a として電流設定部 36 に出力する。

電流設定部 36 は、アーク 9 の長さ（すなわちアーク長）が一定になるように溶接電流を制御する。換言すると、電流設定部 36 は、溶接電流の制御を通じて定電圧制御を実行する。

[0026] 電流設定部 36 は、電圧設定信号 V_r と電圧誤差増幅信号 V_a とに基づいて、ピーク電流 I_p の値、ベース電流 I_b の値、ピーク電流 I_p を与える期間、又は、ピーク電流 I_p の値、ベース電流 I_b の値の大きさを再設定し、再設定された期間又は値の大きさに応じた電流設定信号 I_r を電流誤差増幅部 37 に出力する。

本実施の形態の場合、ピーク電流 I_p を与える期間は、ベース電流 I_b を与えられる期間以外の期間である。換言すると、ピーク電流 I_p を与える期間は、電流が抑制されていない期間（電流非抑制期間）である。このピーク電流 I_p を与える期間は、第 1 の期間の一例である。

一方、ベース電流 I_b を与える期間を電流抑制期間ともいう。電流抑制期間は低電流期間の一例であるとともに、第 2 の期間の一例でもある。

電流誤差増幅部 37 は、目標値として与えられた電流設定信号 I_r と電流検出部 31 で検出された電流検出信号 I_o との差分を増幅し、電流誤差増幅信号 E_d としてインバータ駆動部 30 に出力する。

インバータ駆動部 30 は、電流誤差増幅信号 E_d によってスイッチング素子 4 の駆動信号 E_c を補正する。

[0027] 電流設定部 36 には、送給される溶接ワイヤ 100 の平均送給速度 F_{ave} も与えられる。平均送給速度 F_{ave} は、平均送給速度設定部 20 が不図示の記憶部に記憶されているティーチングデータに基づいて出力する。

電流設定部 36 は、与えられた平均送給速度 F_{ave} に基づいて、ピーク電流 I_p 、ベース電流 I_b 、定常電流 I_a 、ベース電流 I_b が開始する時間 t_1 、ベース電流 I_b が終了する時間 t_2 の値を決定する。

本実施の形態では、図 2 の通り、平均送給速度 F_{ave} を電流設定部 36 に入力しているが、電流設定部 36 に入力される信号は平均送給速度 F_{av}

eに関連する値を設定値として、平均送給速度 F_{ave} に置き換えて用いても良い。例えば、不図示の記憶部に平均送給速度と、その平均送給速度に対して最適な溶接が可能となる平均電流値のデータベースが記憶されている場合、平均電流値を設定値として、平均送給速度 F_{ave} に置き換えて用いても良い。

平均送給速度 F_{ave} は、振幅送給速度設定部 21 と送給速度指令設定部 22 にも与えられる。

ここでの振幅送給速度設定部 21 は、入力された平均送給速度 F_{ave} に基づいて、基本的送給条件としての振幅 W_f 及び周期 T_f の値を決定する。振幅 W_f は平均送給速度 F_{ave} に対する変化幅であり、周期 T_f は繰り返し単位である振幅変化の時間である。

[0028] 特許文献 1 におけるワイヤ送給は、平均送給速度 F_{ave} よりも送給速度が速い期間（正送給期間）と平均送給速度 F_{ave} よりも送給速度が遅い期間（逆送給期間）とが交互に現れ、かつ正送給期間の時間幅と逆送給期間の時間幅とが同じ送給方式であった。

これに対して本実施の形態では、正逆速度比率設定部 38 が、周期 T_f に対する逆送給期間の割合である PFR (%) を設定し、振幅送給速度設定部 21 に与える。

ここで、振幅送給速度設定部 21 では、振幅 W_f と周期 T_f と正逆送給比率 PFR とに基づいて、正送給期間の振幅送給速度 F_f と逆送給期間の振幅送給速度 F_f とが計算される。逆送給期間の振幅送給速度 F_f は次式で与えられる。ここで t は時刻を表す。

[0029] [数1]

$$F_f = -\frac{100 - PFR}{50} W_f \sin \left\{ \frac{100\pi t}{PFR \times T_f} \right\} \quad \dots \text{式 1}$$

[0030] また、正送給期間の振幅送給速度 F_f は次式で与えられる。

[0031]

[数2]

$$F_f = \frac{PFR}{50} W_f \sin \left\{ \frac{100\pi t}{(100 - PFR) \times T_f} \right\} \quad \dots \text{式 2}$$

[0032] 振幅送給速度設定部 2 1 は、上記の様に正送給期間と逆送給期間とで異なる振幅送給速度 F_f を生成して出力する。

[0033] 送給速度指令設定部 2 2 は、振幅送給速度 F_f と平均送給速度 F_{ave} とに基づいて、送給速度指令信号 F_w を出力する。

本実施の形態の場合、送給速度指令信号 F_w は、次式で表される。

$$F_w = F_f + F_{ave} \quad \dots \text{式 3}$$

[0034] 送給速度指令信号 F_w は、位相ずれ検出部 2 6 と、送給誤差増幅部 2 8 と、電流設定部 3 6 とに出力される。

送給誤差増幅部 2 8 は、目標速度である送給速度指令信号 F_w と送給モータ 2 4 による溶接ワイヤ 1 0 0 の送給速度を実測した送給速度検出信号 F_o との差分を増幅し、誤差分を補正した速度誤差増幅信号 F_d を送給駆動部 2 3 に出力する。

送給駆動部 2 3 は、速度誤差増幅信号 F_d に基づいて制御信号 F_c を生成し、送給モータ 2 4 に与える。

ここでの送給速度変換部 2 5 は、送給モータ 2 4 の回転量などを溶接ワイヤ 1 0 0 の送給速度検出信号 F_o に変換する。

本実施の形態における位相ずれ検出部 2 6 は、送給速度指令信号 F_w と測定値である送給速度検出信号 F_o とを比較し、位相ずれ時間 $T_{\theta d}$ を出力する。なお、位相ずれ検出部 2 6 は、振幅送給を規定するパラメータ（周期 T_f 、振幅 W_f 、平均送給速度 F_{ave} ）を可変した場合における送給モータ 2 4 の送給動作を測定して位相ずれ時間 $T_{\theta d}$ を求めても良い。

[0035] 位相ずれ時間 $T_{\theta d}$ は、電流設定部 3 6 のワイヤ先端位置変換部 3 6 B に与えられる。ワイヤ先端位置変換部 3 6 B は、送給速度指令信号 F_w と位相

ずれ時間 $T_{\theta d}$ とに基づいて、母材 200 を基準面とした溶接ワイヤ 100 の先端位置を算出し、算出された先端位置の情報を電流抑制期間設定部 36 A に与える。

ここで、電流抑制期間設定部 36 A は、溶接ワイヤ 100 の先端位置の情報に基づいて、又は、溶接ワイヤ 100 の先端位置の情報と送給速度指令信号 F_w とに基づいて溶接電流を抑制する期間（すなわち、電流設定信号 I_r をベース電流 I_b に制御する期間）を設定する。

ここでの電流設定部 36 は、溶接ワイヤ 100 の送給を制御する送給制御手段、及び、溶接ワイヤ 100 の先端位置に応じて溶接電流を変化させる電流制御手段の一例である。

[0036] <溶接電流の制御例>

以下では、溶接電源 150 による溶接電流の制御例について説明する。

溶接電流の制御は、溶接電源 150 を構成する電流設定部 36 によって実現される。前述したように、本実施の形態における電流設定部 36 は、プログラムの実行を通じて制御を実現する。

本実施の形態における電流設定部 36 は、溶接ワイヤ 100 の送給速度指令信号 F_w と溶接ワイヤ 100 の先端位置の情報とに基づいて溶接電流の電流値の切り替えを制御する。このため、溶接電流の制御の説明に先立って、送給速度指令信号 F_w の時間変化と溶接ワイヤ 100 の先端位置の時間変化について説明する。

[0037] 図 3 は、送給速度指令信号 F_w の時間変化を説明する波形図である。横軸は時間（位相）であり、縦軸は速度である。縦軸の単位はメートル毎分または回転数である。ただし、数値は一例である。例えば溶接ワイヤ 100（図 1 参照）の直径を 1.2 mm とする場合、平均送給速度 F_{ave} は 12～25 メートル毎分である。もっとも、後述するグロービュール移行または、スプレー移行を維持するためには、溶接ワイヤ 100 の突出し長さにもよるが、送給速度を 8 メートル毎分以上にすることが望ましい。例えば溶接ワイヤ 100 の突出し長さを 25 mm とする場合、溶接電流は 225 A 程度となる。

短絡移行とグロービュール移行の臨界領域は、およそ250Aである。

[0038] 図3では、平均送給速度 F_{ave} よりも速い速度を正值で表し、平均送給速度 F_{ave} よりも遅い速度を負値で表している。送給速度が平均送給速度 F_{ave} よりも速い期間を正送給期間といい、反対に送給速度が平均送給速度 F_{ave} よりも遅い期間を逆送給期間という。なお、溶接ワイヤ100（図1参照）は母材200（図1参照）に近づくように送出される。

特許文献1では、正送給期間の時間幅と逆送給期間の時間幅とは等しく、また正送給期間の速度振幅と逆送給期間の速度振幅とは等しいため、速度波形は周期 T_f 、振幅 W_f の正弦波であった。

本実施の形態の場合、送給速度指令信号 F_w は、正送給期間の時間幅と逆送給期間の時間幅とが異なり、かつ正送給期間の速度振幅 W_{f_f} と逆送給期間の速度振幅 W_{f_r} とが異なる。

すなわち、送給1周期における逆送給時間の割合を PFR （％）と定義すると、正送給期間の周期及び速度振幅と、逆送給期間の周期及び速度振幅とは、次のように定義できる。

正送給期間：周期が $((100 - PFR) \times T_f) / 50$ であり、速度振幅 W_{f_f} が $PFR \times W_f / 50$ である正弦波の半波。

逆送給期間：周期が $PFR \times T_f / 50$ であり、速度振幅 W_{f_r} が $((100 - PFR) \times W_f / 50)$ である正弦波の半波。

ここで W_f は、 PFR が50のとき、すなわち特許文献1のように速度波形が正弦波のときの速度振幅である。

また、本実施の形態では、 $PFR < 50$ であるとする。これにより、速度振幅 W_{f_f} は速度振幅 W_f よりも小さくなり、速度振幅 W_{f_r} は振幅 W_f よりも大きくなる。平均送給速度 F_{ave} は、ワイヤ溶融速度 F_m とみなすことができる。

換言すれば、ワイヤの先端が逆送給される期間における当該ワイヤの送給速度振幅 W_{f_r} を、当該ワイヤの先端が正送給される期間における当該ワイヤの送給速度振幅 W_{f_f} よりも大きくするように制御することが好まし

い。

[0039] 図4は、溶接ワイヤ100（図1参照）の先端位置（ワイヤ先端位置）の時間変化を説明する波形図である。横軸は時間（位相）であり、縦軸は母材200の表面（母材表面）から法線方向上方への距離（高さ）を表している。

ただし、図4では、溶接ワイヤ100が平均送給速度 F_{ave} で送給される場合における距離（高さ）を基準距離とし、基準距離よりも大きい距離を正值、基準距離よりも小さい距離を負値で表している。

図4に示すように、溶接ワイヤ100の先端位置が時間の経過とともに母材表面に近づく期間が正送給期間であり、溶接ワイヤ100の先端位置が時間の経過とともに母材表面から遠ざかる期間が逆送給期間である。

図4は、溶接ワイヤ100の先端位置が母材表面に最も近づいた位置（最下点）に対応する時点を T_0 、 T_4 で表し、溶接ワイヤ100の先端位置が母材表面から最も遠ざかった位置（最上点）に対応する時点を T_2 で表している。ここでの最下点は、最近点の一例であり、最上点は、最遠点の一例である。

[0040] また、基準距離に対応する時点を T_1 、 T_3 とする。 T_1 は、溶接ワイヤ100の先端位置が母材表面に最も近づいた位置（最下点）から最も遠ざかる位置（最上点）に向かう中間の時点である。 T_3 は、溶接ワイヤ100の先端位置が母材表面に最も遠ざかった位置から最も近づく位置に向かう中間の時点である。図4に示すように、溶接ワイヤ100の先端位置と基準点 T_1 、 T_3 における位置との差分が振幅である。

[0041] 図5は、本実施の形態における溶接電流の制御例を説明するフローチャートである。図5に示す制御は、電流設定部36（図2参照）において実行される。図中の記号Sはステップである。

図5に示す制御は、溶接ワイヤ100の先端位置の変化（1周期）に対応する。このため、図5においては、時間 T が時点 T_0 の状態をステップ1とする。

本実施の形態における電流設定部36は、電流設定信号 I_r の制御のために、溶接ワイヤ100の先端位置を算出する。

平均送給速度 F_{ave} は、ワイヤ溶融速度 F_m と同等である。従って、送給速度指令信号 F_w とワイヤ溶融速度 F_m （ $\div F_{ave}$ ）の差分を積分すれば、溶接ワイヤ100の先端位置を求めることができる。

そこで、電流設定部36は、次式に基づいて、溶接ワイヤ100の先端位置を設定する。

$$\text{ワイヤ先端位置} = \int (F_w - F_{ave}) \cdot dt \quad \cdots \text{式4}$$

式4で計算される先端位置の変化は、図4に対応する。

[0042] ただし、溶接ワイヤ100の送給に送給モータ24（図2参照）を用いる場合、指令と実際の送給速度（すなわち送給速度検出信号 F_o ）との間に位相ずれが生じる場合がある。そこで、電流設定部36は、位相ずれ検出部26から与えられる位相ずれ時間 $T_{\theta d}$ により、平均送給速度 F_{ave} 及び送給速度指令信号 F_w から計算される溶接ワイヤ100の先端位置に応じて計算されるベース電流開始時間 t_1 を補正する。具体的には、次式に示すように、ベース電流開始時間 t_1 の値を再設定する。

$$t_1 = t_1 + T_{\theta d} \quad \cdots \text{式5}$$

同じく、電流設定部36は、位相ずれ時間 $T_{\theta d}$ により、平均送給速度 F_{ave} 及び送給速度指令信号 F_w から計算されるベース電流終了時間 t_2 を補正する。

$$t_2 = t_2 + T_{\theta d} \quad \cdots \text{式6}$$

ここでは、送給速度の観点からベース電流開始時間 t_1 とベース電流終了時間 t_2 を制御する場合について説明しているが、位置制御の観点でも同様である。

[0043] 図6は、溶接電流の電流値を指定する電流設定信号 I_r の制御例を示すタイミングチャートである。横軸は時間であり、縦軸は電流検出信号 I_o である。図中の時点 T_0 、 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 は、それぞれ図4の時点 T_0 、 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 に対応する。ここでの時点 T_0 、 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 に対応する。

3、 T_4 は、平均送給速度 F_{ave} 及び送給速度指令信号 F_w から計算された溶接ワイヤ 100 の先端位置から決定される。

図 6 に示すようにベース電流開始時間 t_1 は、溶接ワイヤ 100 の先端が最下点に位置する時点 T_0 （すなわち、正送給期間から逆送給期間に切り替わる時点）から遅れた位相を表現する。なお、図 6 には、ベース電流開始時間 t_1 の最大値を t_1' で表している。

図 5 の説明に戻る。

溶接ワイヤ 100 の先端位置が最下点（すなわち時点 T_0 ）になると、電流設定部 36 は、時点 T_0 から計測を開始した時間 T がベース電流開始時間 t_1 以上であるか否かを判定する（ステップ 2）。

ステップ 2 の判定結果が否定（False）の間、電流設定部 36 は、電流設定信号 I_r としてピーク電流 I_p を出力する（ステップ 3）。この期間は、図 6 における電流非抑制期間に対応する。

[0044] ところで、ベース電流 I_b に切り替わる直前のピーク電流 I_p の供給期間は、ピーク電流 I_p による溶接ワイヤ 100 の溶融が進み、その先端に形成される溶滴が大きく成長している期間である。また、溶接ワイヤ 100 の先端位置は、母材表面に近づいていく期間でもある。この期間は、短絡が発生しやすく、短絡に伴うスパッタが発生しやすい期間でもある。

そこで、本実施の形態では、時間 t_1 が経過するまではピーク電流 I_p を与え、短絡の発生を防止又は抑制する。換言すると、短絡が生じないように、溶接電流の供給を制御する。

本実施の形態の場合、ピーク電流 I_p の好ましい範囲は、300A～650A である。また、ベース電流 I_b の好ましい範囲は、10A～250A である。

[0045] なお、短絡の発生の可能性がある間は、逆送給期間が開始した後も、ピーク電流 I_p の供給が望まれる。この期間は、おおよそ時点 $T_0 \sim T_1$ の間である。このため、ピーク電流 I_p が供給される期間（電流非抑制期間）の終了は、時点 $T_0 \sim T_1$ の間で実行されることが望ましい。すなわち、時点 T

0とその近傍は、アークの力で押しのけられた溶融池の中に、囲われるようにワイヤ先端の溶滴が位置する、いわゆる「埋もれアーク」の状態になり、短絡しやすい状況になるため、ピーク電流 I_p が供給される期間の終了を時点 $T_0 \sim T_1$ の間で実行することによって、アークによる溶融池表面の押し下げ作用や溶滴の持ち上げ作用を維持することができ、「埋もれアーク」時における短絡の発生を防止できる。

従って、望ましくは、溶接ワイヤ 100 の先端が最下点に位置する時点 T_0 よりも少し経過した時点（例えば時点 T_0 を起点として時点 T_1 までの9分の1から3分の2の時点）で、ベース電流 I_b への切り替えが実行されるように時間 t_1 を設定することが望ましい。

換言すれば、周期的に変動するワイヤの先端位置が、最近点及び最遠点で規定される波高の $1/2$ の位置よりも母材側に位置する場合に、低電流期間を開始するように制御することが好ましい。

[0046] 図5の説明に戻る。

ステップ2の判定結果が肯定 (True) になると、電流設定部36は、電流設定信号 I_r としてベース電流 I_b の出力を開始する（ステップ4）。前述したように、ベース電流 I_b への切り替えが開始した時点では、溶接ワイヤ100の送給は、既に逆送給期間に切り替わっており、溶接ワイヤ100の先端は、母材表面から遠ざかる方向への移動を始めている。

ピーク電流 I_p が大きい場合、溶接ワイヤ100の先端から離脱する溶滴は、適用したシールドガスや電流域によって変化する移行形態によって異なるが、例えば、グロービュール移行となる場合には溶接ワイヤ100の直径よりも大きい大粒の形状となり、スプレー移行となる場合には小粒の形状となる。

なお、シールドガスに炭酸ガスを用いた場合には、アークが緊縮して溶滴の底部（溶融池表面と対向する部分）にアーク反力が集中することから、溶滴を持ち上げる力が大きくなり、グロービュール移行となる。また、シールドガスがアルゴンガスまたはアルゴンの混合率が高いガスを用いた場合には、

スプレー移行になる。

[0047] 溶接ワイヤ100の先端が最下点に位置する時点T0近傍における溶滴は、溶融池近傍に位置しているのでアーク長が短くなる。また、時点T0以降は、逆送給期間に切り替わる。すなわち、溶接ワイヤ100の先端は、引き上げられるように移動する。成長した溶滴全体には、正送給方向（母材200（図1参照）に近づく方向）への慣性力が作用しているのに対し、溶接ワイヤ100には逆方向（母材200から遠ざかる方向）に移動するため、溶滴はより懸垂形状へと変化し、更に離脱が促進される。

しかも、離脱が予測される期間で溶接電流の電流値をベース電流I_bに切り替えておくことで、ピーク電流I_pが供給される期間よりも、アーク反力を低下させることができる。この結果、溶滴を持ち上げる力が更に弱くなり、溶滴は、一段と懸垂形状になり易い状況になる。

なお、T0～T1の期間は、前述の通り、ワイヤ先端の溶滴が溶融池に埋もれた「埋もれアーク」の状態になるため、溶滴に対し、ピンチ力等を起因としたせん断力が大きく働き、離脱がより促進される。

このように、溶接電流を抑制している期間（電流抑制期間）中に、溶滴を溶接ワイヤ100の先端から離脱させることで、スパッタの低減が期待できる。

[0048] 図5の説明に戻る。

電流設定信号I_rをベース電流I_bに切り替えた電流設定部36（図2参照）は、時間Tがベース電流終了時間t₂以上であるか否かを判定する（ステップ5）。図6では、ベース電流終了時間t₂の最大値をt₂'で示している。

ステップ5の判定結果が否定（False）の間、電流設定部36は、電流設定信号I_rとしてベース電流I_bを出力する（ステップ4）。

ベース電流I_bの供給が開始された後、溶接ワイヤ100の先端は、溶滴の離脱を伴いながら最上点（先端が母材200から最も遠ざかった位置）まで引き上げられるように移動される。

溶滴の離脱後は、溶接ワイヤ１００を溶融させて溶滴を形成するために、ベース電流Ｉｂの供給期間（電流抑制期間）を終了し、ピーク電流Ｉｐを供給する期間（電流非抑制期間）に切り替える必要がある。

[0049] 従って、ベース電流Ｉｂの供給は、時点Ｔ１～Ｔ２の間に終了することが望ましい。

一方で、ベース電流Ｉｂからピーク電流Ｉｐへの切り替えが早すぎると、溶滴の成長が過多になり、溶接ワイヤ１００が最下点に位置した時点で短絡が発生し易くなる、肥大化した溶滴が持ち上がりすぎる、肥大化した溶滴が離脱しにくくなる等の問題が発生する。

このため、更に望ましくは、ベース電流Ｉｂの供給期間の終了（ベース電流終了時間ｔ２）は、例えば時点Ｔ１を起点として時点Ｔ２までの３分の１から時点Ｔ２の間とする。

ステップ５の判定結果が肯定（Ｔｒｕｅ）になると、電流設定部３６は、電流設定信号Ｉｒとしてピーク電流Ｉｐの出力を開始する（ステップ６）。

続いて、電流設定部３６は、時点Ｔ０から計測を開始した時間Ｔが時点Ｔ４になったか否かを判定する（ステップ７）。

ステップ７の判定結果が否定（Ｆａｌｓｅ）の間、電流設定部３６は、電流設定信号Ｉｒとしてピーク電流Ｉｐを出力する（ステップ６）。

一方、ステップ７の判定結果が肯定（Ｔｒｕｅ）になると、電流設定部３６は、ステップ１に戻る。

以上の制御により、電流設定信号Ｉｒは、ピーク電流Ｉｐとベース電流Ｉｂを周期的に繰り返すパルス波形となる。

[0050] ＜本実施の形態の効果＞

以下、本実施の形態による効果について、特許文献１と比較しながら説明する。

以下の効果は、ラボ実験結果に基づいている。

溶接条件は、正逆送給周波数を１００Ｈｚとし、正逆振幅を４．８ｍｍとし、溶接ワイヤ１００としてΦ１．２ｍｍのソリッドワイヤ（神戸製鋼所製

MG-50R)を用い、溶接ワイヤ100の送給速度(ワイヤ送給速度)を平均16m/minとし、溶接手法としてはビードオンプレートを用いた。

[0051] 図7は、特許文献1によるワイヤ送給速度、溶接電流及び溶接電圧の波形、並びに溶滴離脱タイミングを示したグラフである。ワイヤ送給速度は、細い実線で示すように、平均ワイヤ送給速度(細い破線)を中心とした正弦波として与えられる。ここでワイヤ送給速度は指令値であり、平均ワイヤ送給速度は検出値である。また、太い実線は溶接電流を示し、太い破線は溶接電圧を示す。ここで溶接電流は指令値であり、溶接電圧は検出値である。さらに、溶滴離脱タイミングは↓で示している。

図8は、本実施の形態によるワイヤ送給速度、溶接電流及び溶接電圧の波形、並びに溶滴離脱タイミングを示したグラフである。ワイヤ送給速度は、細い実線で示すように、平均ワイヤ送給速度(細い破線)を中心とし、上側(正送給側)で速度振幅が小さくなっており、下側(逆送給側)で速度振幅が大きくなっている。また正送給している時間幅の方が逆送給している時間幅よりも長い。ここでも同様にワイヤ送給速度は指令値であり、平均ワイヤ送給速度は検出値である。また、太い実線は溶接電流を示し、太い破線は溶接電圧を示す。ここでも同様に溶接電流は指令値であり、溶接電圧は検出値である。さらに、溶滴離脱タイミングは↓で示している。

[0052] この図7及び図8において、ワイヤ送給速度が正送給から逆送給に切り替わる(つまりワイヤ送給速度が平均ワイヤ送給速度と交わるタイミングである)時点T0から、溶滴離脱タイミングまでの時間を計測した。計測対象期間は10秒間の溶接のうち、溶接開始3秒後からの5秒間である。

図9は、特許文献1による溶滴離脱タイミングの計測結果を示したグラフである。すなわち、PFR=50の場合のグラフである。このグラフにおいて、離脱タイミングの分布は3.2msecから4.8msecまでほぼ一様に広がっている。

図10は、本実施の形態による溶滴離脱タイミングの計測結果を示したグラフである。ここではPFR=45の場合のグラフを示している。このグラ

フにおいて、離脱タイミングの分布は概ね3.0 msecから4.0 msecまでに偏り、4.0 msec以降に離脱するものは特許文献1に比べて減少している。

[0053] 次に図11及び図12は、電流抑制期間開始から離脱までの時間を計測した結果を示したグラフである。図11は特許文献1におけるグラフであり、図12は本実施の形態におけるグラフである。

図11から、特許文献1では、電流抑制期間よりも離脱が遅れて、電流非抑制期間に離脱しているものが多いことが分かる。

一方、図12から、本実施の形態では、溶滴の多くが電流抑制期間に離脱しており、電流非抑制期間に離脱する割合が減少していることが分かる。

[0054] このように、本実施の形態では、特許文献1の技術よりも引き戻し時のワイヤ送給速度が大きくなるので、特許文献1の技術よりも電流抑制期間で溶滴離脱する確率が高くなることが実証できた。スパッタ低減効果については、高速カメラによる観察で電流非抑制期間に溶滴が離脱するとスパッタが飛散する様子が確認できているので、本実施の形態によってスパッタは低減するものと推察される。

[0055] また、本実施の形態では、特許文献1の技術よりも送り出し時のワイヤ送給速度の最大速度が小さくなる。一般的にワイヤ送給速度が大きくなるとコンタクトチップの摩耗が増えることは知られているため、コンタクトチップの摩耗が低減するという効果も期待できる。

[0056] さらに、本実施の形態では、図12によると、溶滴の離脱タイミングが特許文献1の技術よりも早くなっており、かつ、分布も集中している。このことから、電流抑制期間は不必要に長く確保する必要はなく、離脱タイミングの分布をみて設定すれば良いことが分かる。従って、電流抑制期間は特許文献1の技術よりも短く設定できる。

ここでワイヤ送給の周期 T_f は一定であるため、電流非抑制期間を長くすることが可能となる。電流非抑制期間は溶滴成長させる期間であるが、これを長くとることができるということは、電流非抑制期間の電流値を下げて

、狙った溶滴成長が可能ということになる。溶接電流が大きいほどコンタクトチップの摩耗が進むことは一般的に知られているため、電流非抑制期間の電流を下げられることは、コンタクトチップの摩耗低減につながると期待できる。

[0057] <他の実施の形態>

以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明の技術的範囲は上述の実施の形態に記載の範囲に限定されない。上述の実施の形態に、種々の変更又は改良を加えたものも、本発明の技術的範囲に含まれることは、特許請求の範囲の記載から明らかである。

例えば前述の実施の形態の説明では、振幅送給速度設定部 2 1（図 2 参照）、送給速度指令設定部 2 2（図 2 参照）、電流設定部 3 6（図 2 参照）、正逆速度比率設定部 3 8（図 2 参照）等を溶接電源 1 5 0（図 2 参照）に内蔵する場合について説明したが、これらをロボットコントローラ 1 6 0 に内蔵してもよい。その場合、ロボットコントローラ 1 6 0 では、例えば、図示しない CPU（Central Processing Unit）が、図示しない ROM（Read Only Memory）に記憶されたプログラムを、図示しない RAM（Random Access Memory）に読み込んで実行することにより、これらの機能部が実現される。

[0058] このように、本発明は上記の実施形態に限定されるものではなく、実施形態の各構成を相互に組み合わせること、及び明細書の記載、並びに周知の技術に基づいて、当業者が変更、応用することも本発明の予定するところであり、保護を求める範囲に含まれる。

[0059] 本出願は、2020年8月17日出願の日本特許出願（特願2020-137245）に基づくものであり、その内容は本出願の中に参照として援用される。

符号の説明

[0060] 1 0…アーク溶接システム、2 3…送給駆動部、3 6…電流設定部、3 6 A…電流抑制期間設定部、3 6 B…ワイヤ先端位置変換部、1 0 0…消耗式電極（溶接ワイヤ）、1 1 0…溶接トーチ、1 2 0…溶接ロボット、1 3 0…

送給装置、１４０…シールドガス供給装置、１５０…溶接電源、１６０…ロボットコントローラ、２００…母材

請求の範囲

- [請求項1] 消耗電極としてのワイヤに溶接電流を供給し、当該ワイヤを溶融池に短絡させることなくオープンアーク状態で溶滴を離脱させる溶接電源であって、
- 前記ワイヤの先端が、正送給される期間と逆送給される期間の周期的な切り替えを伴いながら母材に向けて送給されるように当該ワイヤの送給を制御する送給制御手段と、
- 前記母材の表面との距離が周期的に変動する前記ワイヤの先端位置に応じて前記溶接電流を変化させる電流制御手段とを備え、
- 前記送給制御手段は、前記ワイヤの先端が前記母材に最も近付いた位置である最近点から前記母材から最も遠ざかった位置である最遠点へ至るまで時間を、前記ワイヤの先端が前記最遠点から前記最近点へ至るまでの時間よりも短くするように制御し、
- 前記電流制御手段は、前記ワイヤの先端が逆送給される期間内に、前記溶接電流を予め定めた電流値よりも低下させる低電流期間を設けるように制御することを特徴とする溶接電源。
- [請求項2] 前記送給制御手段は、前記ワイヤの先端が逆送給される期間における当該ワイヤの送給速度振幅を、当該ワイヤの先端が正送給される期間における当該ワイヤの送給速度振幅よりも大きくするように制御することを特徴とする請求項1に記載の溶接電源。
- [請求項3] 前記電流制御手段は、周期的に変動する前記ワイヤの先端位置が、前記最近点及び前記最遠点で規定される波高の $1/2$ の位置よりも前記母材側に位置する場合に、前記低電流期間を開始するように制御することを特徴とする請求項1に記載の溶接電源。
- [請求項4] 前記電流制御手段は、前記低電流期間が、前記ワイヤの先端が正送給される期間から逆送給される期間に切り替わる時点における当該ワイヤの先端位置から、逆送給に切り替わった当該ワイヤの送給速度の

指令値が最大になる時点における当該ワイヤの先端位置までの範囲内で開始されるように制御することを特徴とする請求項3に記載の溶接電源。

[請求項5] 前記電流制御手段は、前記低電流期間が、逆送給に切り替わった前記ワイヤの送給速度の指令値が最大になった時点における当該ワイヤの先端位置から、当該ワイヤの先端が逆送給される期間から正送給される期間に切り替わる時点における当該ワイヤの先端位置までの範囲内で終了されるように制御することを特徴とする請求項3に記載の溶接電源。

[請求項6] 消耗電極としてのワイヤに溶接電流を供給してアーク溶接し、当該ワイヤを熔融池に短絡させることなくオープンアーク状態で溶滴を離脱させる溶接システムであって、

前記ワイヤの先端が、正送給される期間と逆送給される期間の周期的な切り替えを伴いながら母材に向けて送給されるように当該ワイヤの送給を制御する送給制御手段と、

前記母材の表面との距離が周期的に変動する前記ワイヤの先端位置に応じて前記溶接電流を変化させる電流制御手段とを備え、

前記送給制御手段は、前記ワイヤの先端が前記母材に最も近付いた位置である最近点から前記母材から最も遠ざかった位置である最遠点へ至るまで時間を、前記ワイヤの先端が前記最遠点から前記最近点へ至るまでの時間よりも短くするように制御し、

前記電流制御手段は、前記ワイヤの先端が逆送給される期間内に、前記溶接電流を予め定めた電流値よりも低下させる低電流期間を設けるように制御することを特徴とする溶接システム。

[請求項7] 消耗電極としてのワイヤに溶接電流を供給し、当該ワイヤを熔融池に短絡させることなくオープンアーク状態で溶滴を離脱させる溶接電源の制御方法であって、

前記ワイヤの先端が、正送給される期間と逆送給される期間の周期的な切り替えを伴いながら母材に向けて送給されるように当該ワイヤの送給を制御するステップと、

前記母材の表面との距離が周期的に変動する前記ワイヤの先端位置に応じて前記溶接電流を変化させるステップとを含み、

前記送給を制御するステップでは、前記ワイヤの先端が前記母材に最も近付いた位置である最近点から前記母材から最も遠ざかった位置である最遠点へ至るまで時間を、前記ワイヤの先端が前記最遠点から前記最近点へ至るまでの時間よりも短くするように制御し、

前記溶接電流を変化させるステップでは、前記ワイヤの先端が逆送給される期間内に、前記溶接電流を予め定めた電流値よりも低下させる低電流期間を設けるように制御することを特徴とする溶接電源の制御方法。

[請求項8]

消耗電極としてのワイヤに溶接電流を供給してアーク溶接し、当該ワイヤを溶融池に短絡させることなくオープンアーク状態で溶滴を離脱させる溶接システムのコンピュータに、

前記ワイヤの先端が、正送給される期間と逆送給される期間の周期的な切り替えを伴いながら母材に向けて送給されるように当該ワイヤの送給を制御する機能と、

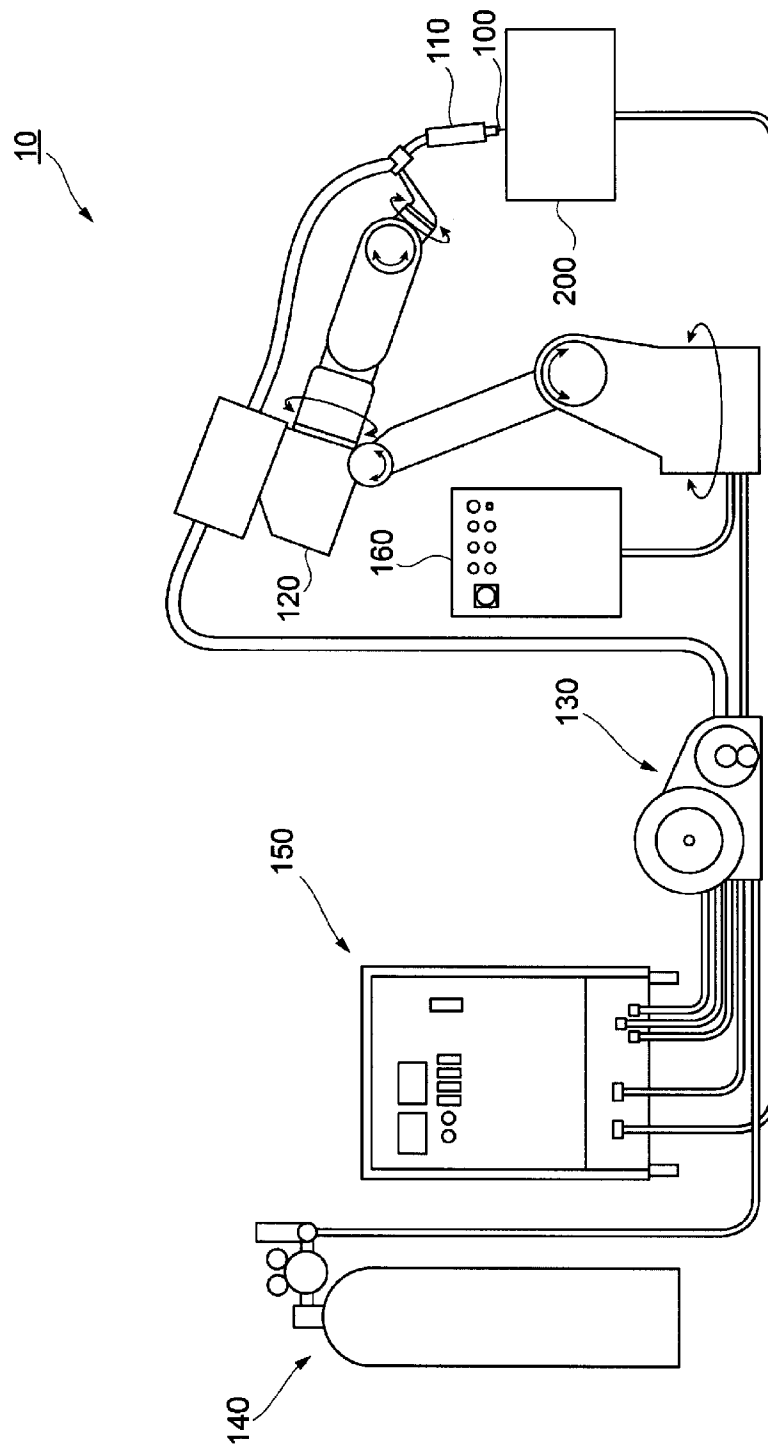
前記母材の表面との距離が周期的に変動する前記ワイヤの先端位置に応じて前記溶接電流を変化させる機能と
を実現させ、

前記送給を制御する機能は、前記ワイヤの先端が前記母材に最も近付いた位置である最近点から前記母材から最も遠ざかった位置である最遠点へ至るまで時間を、前記ワイヤの先端が前記最遠点から前記最近点へ至るまでの時間よりも短くするように制御し、

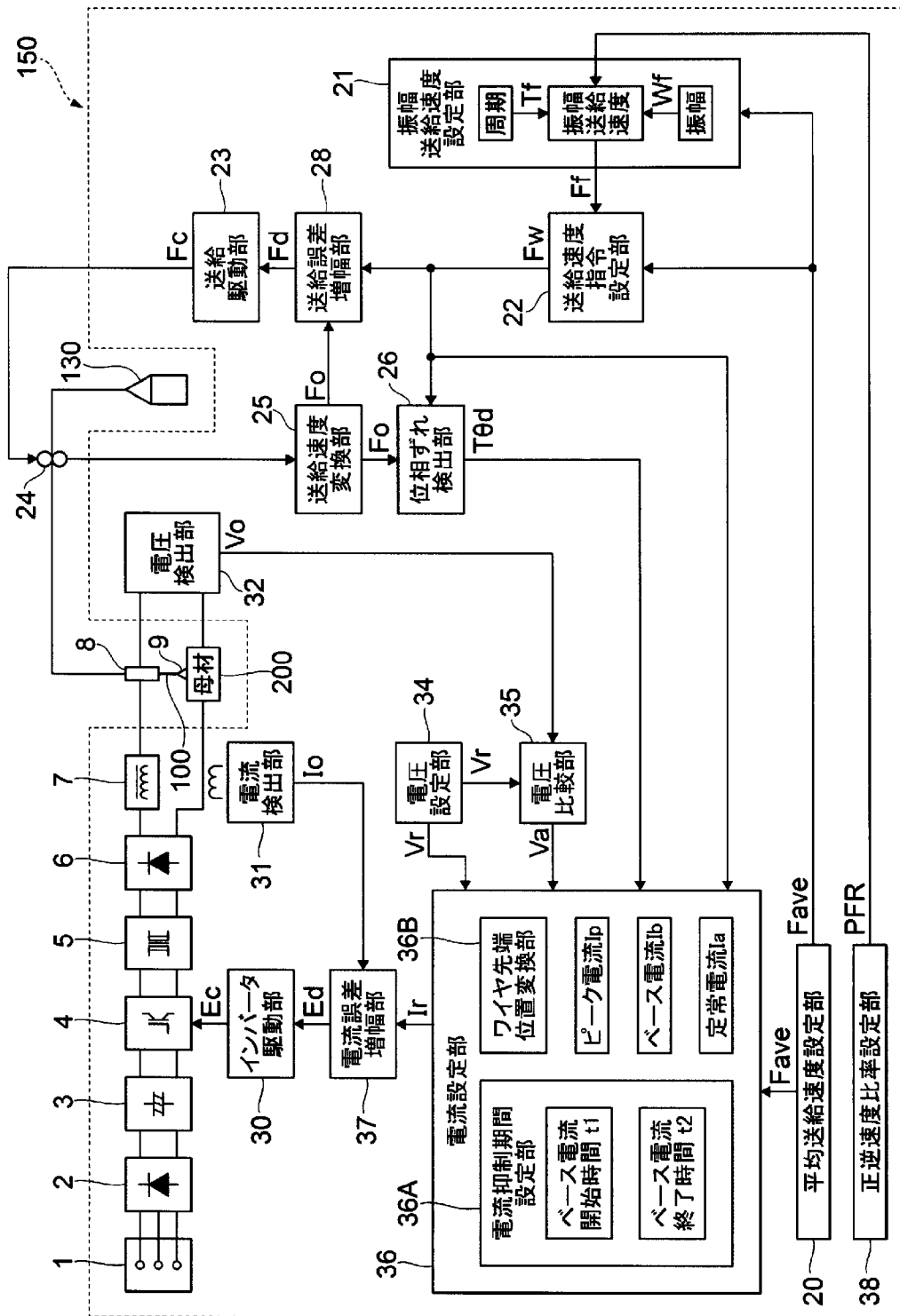
前記溶接電流を変化させる機能は、前記ワイヤの先端が逆送給される期間内に、前記溶接電流を予め定めた電流値よりも低下させる低電

流期間を設けるように制御することを特徴とするプログラム。

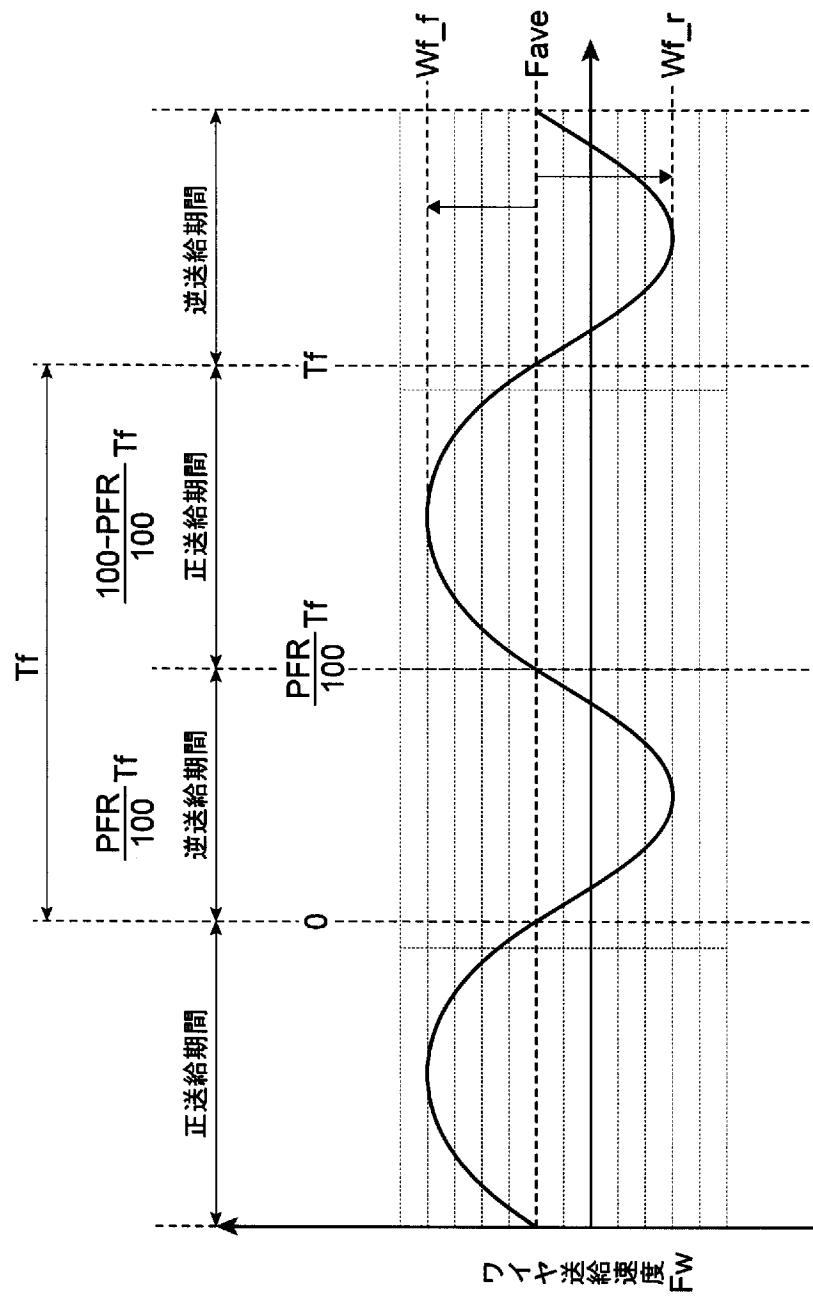
[図1]



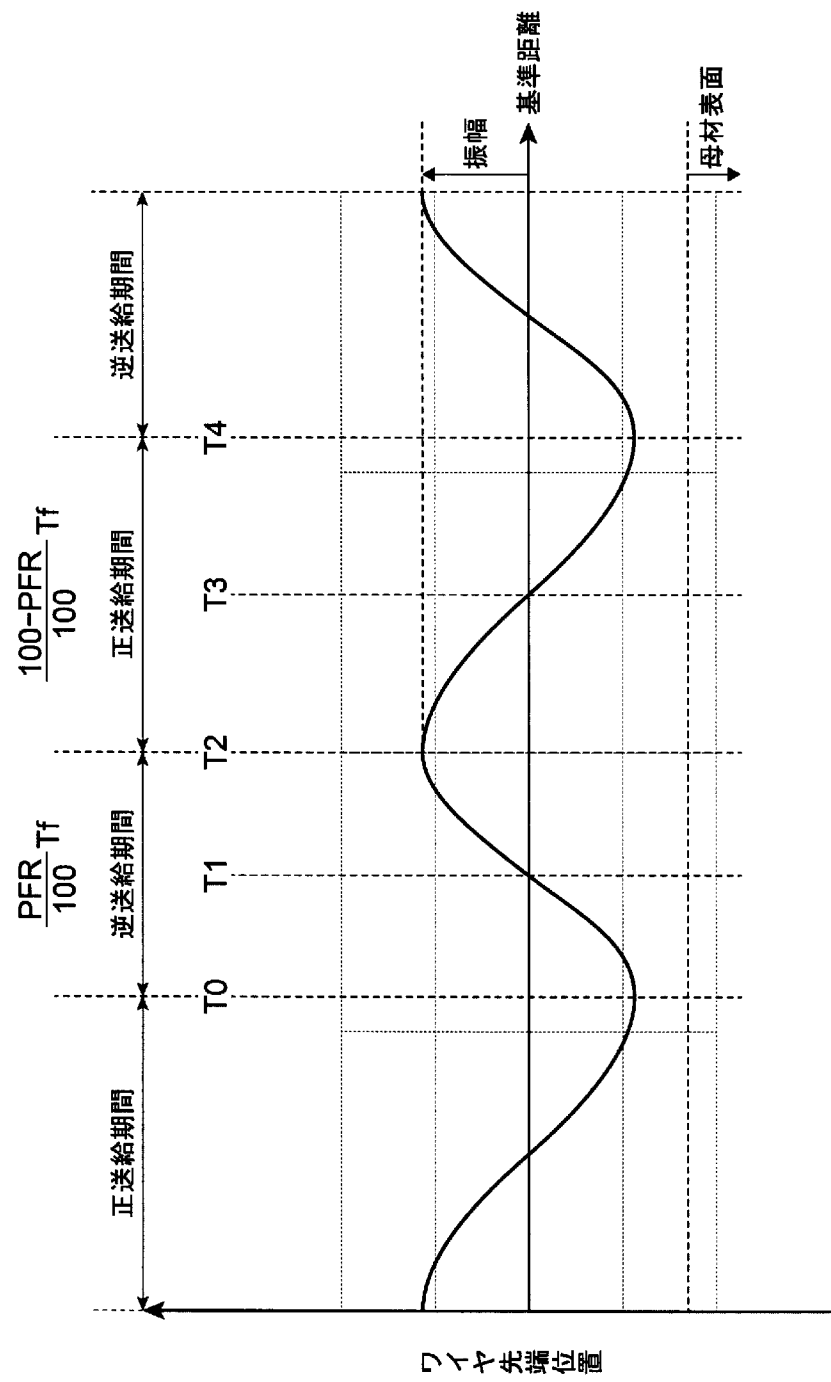
[図2]



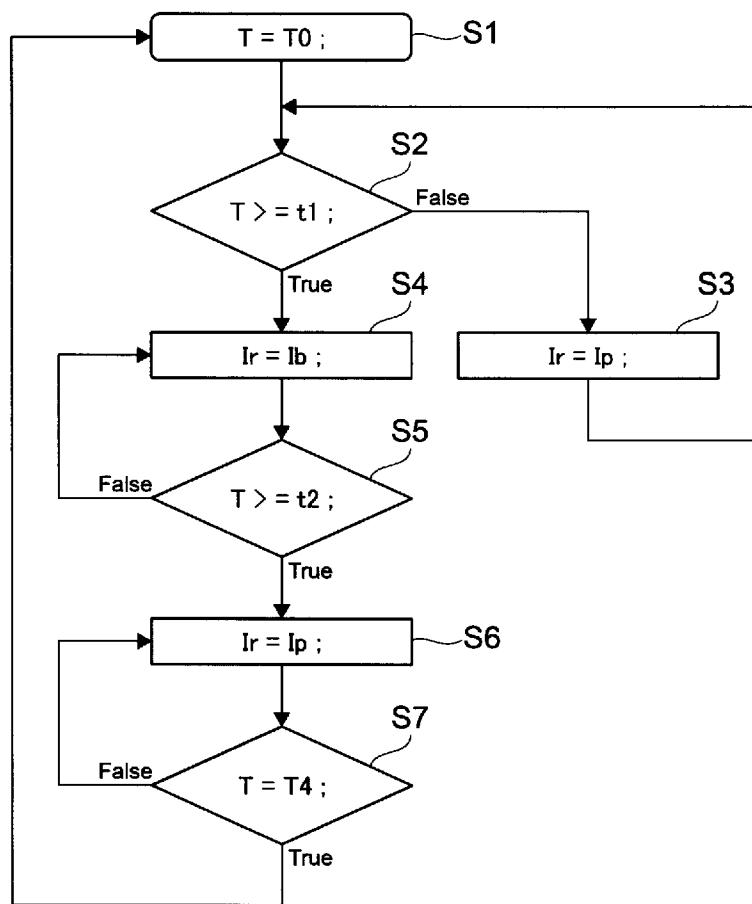
[図3]



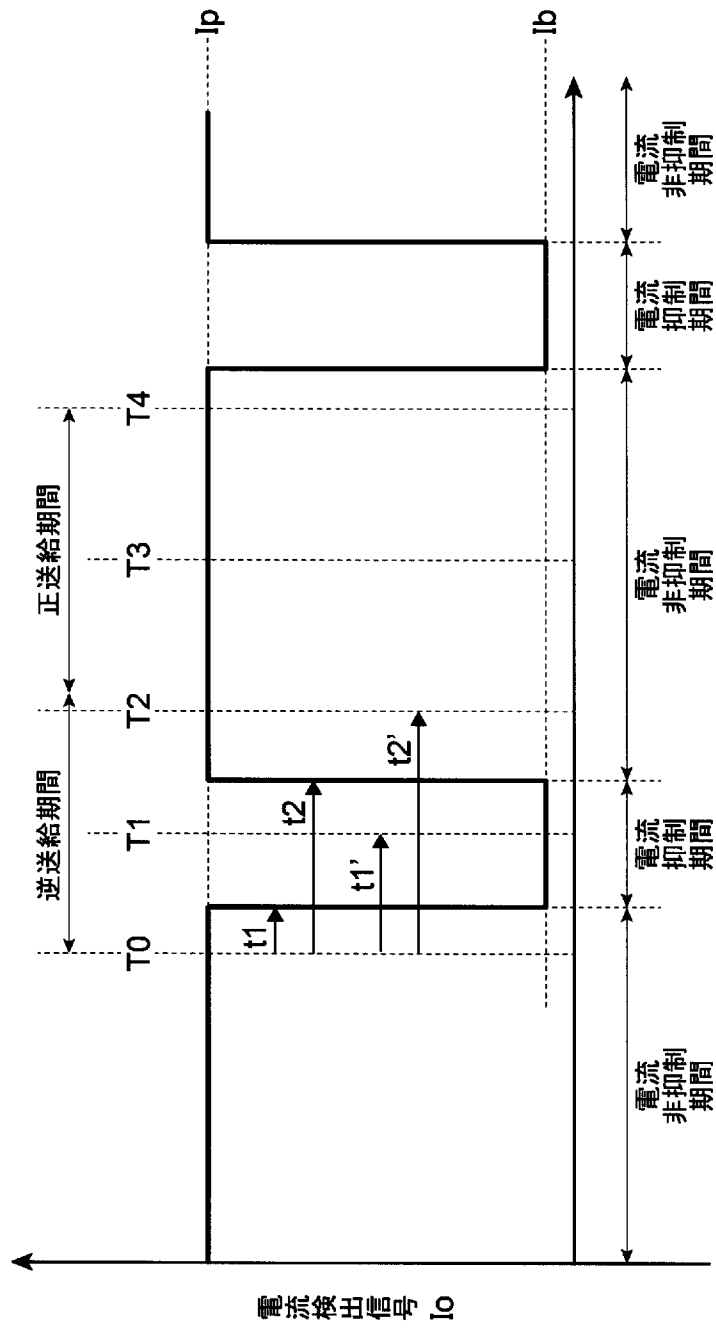
[図4]



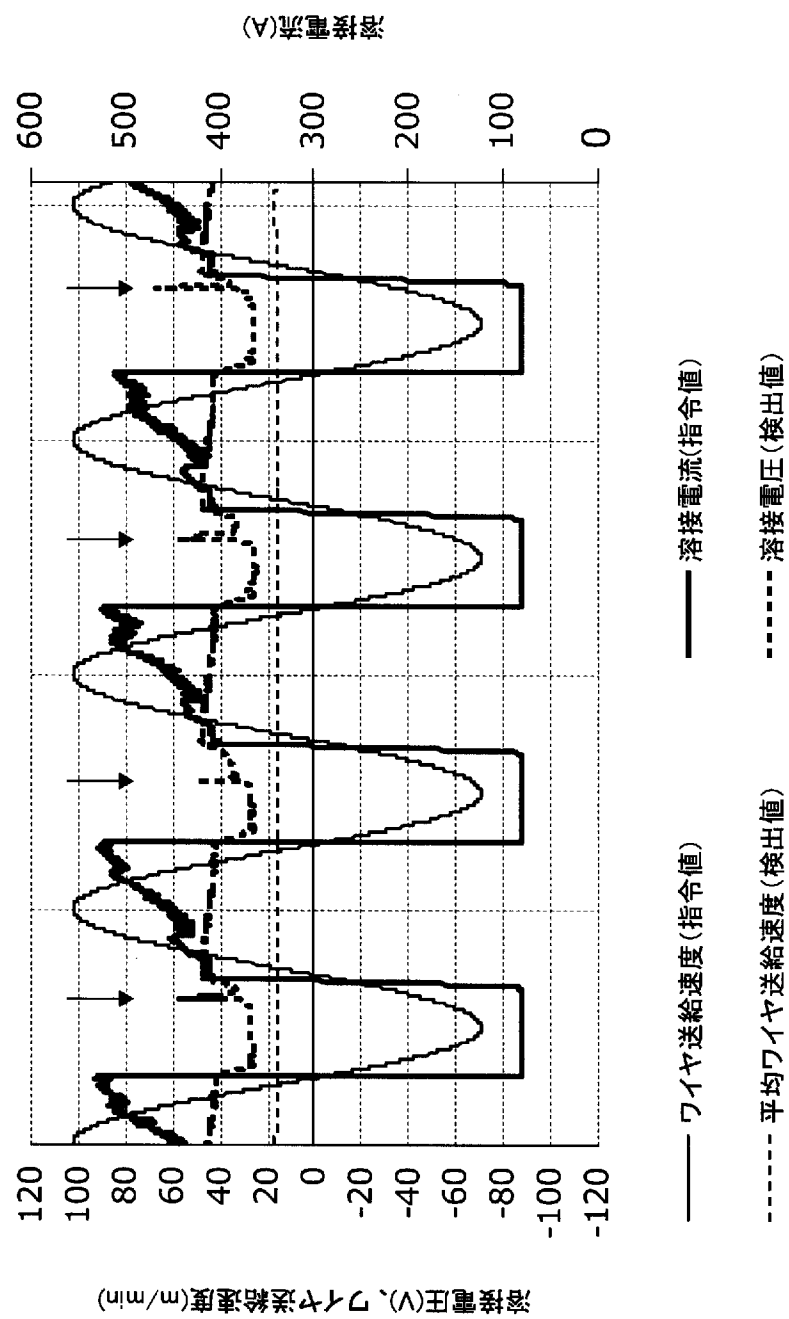
[図5]



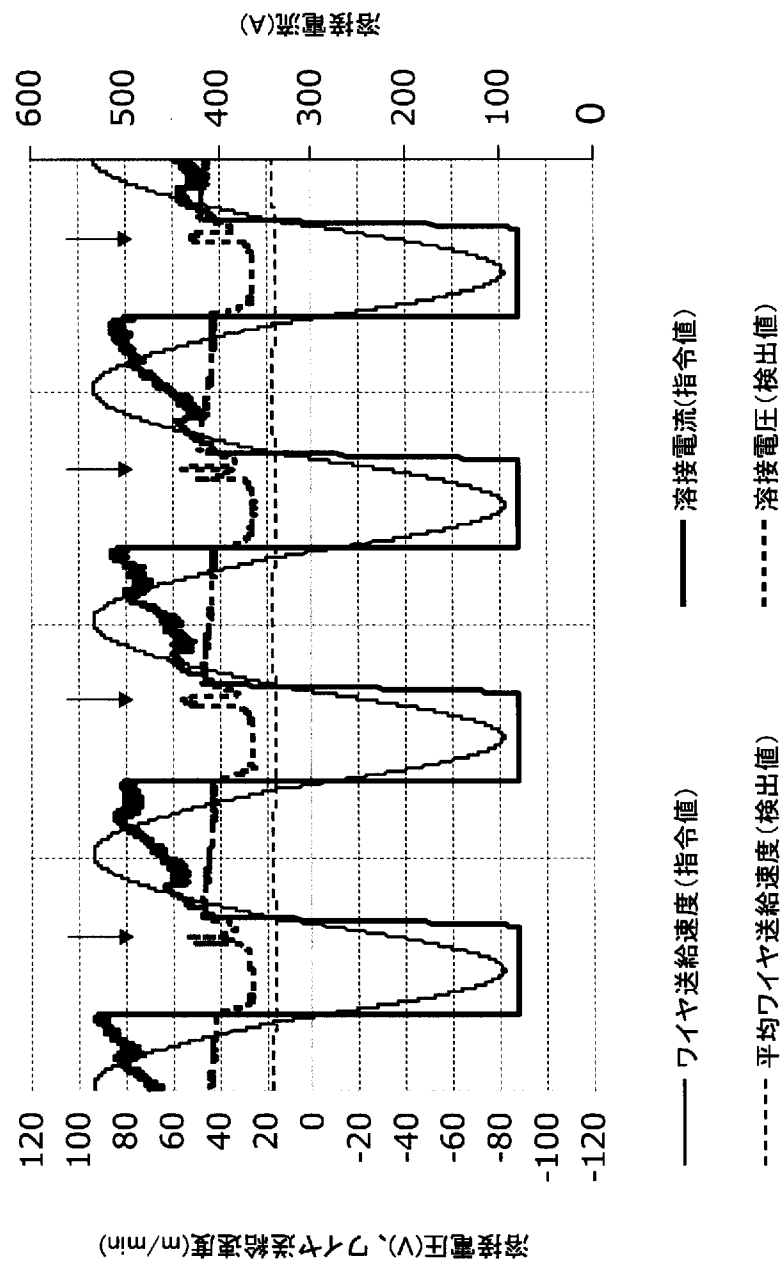
[図6]



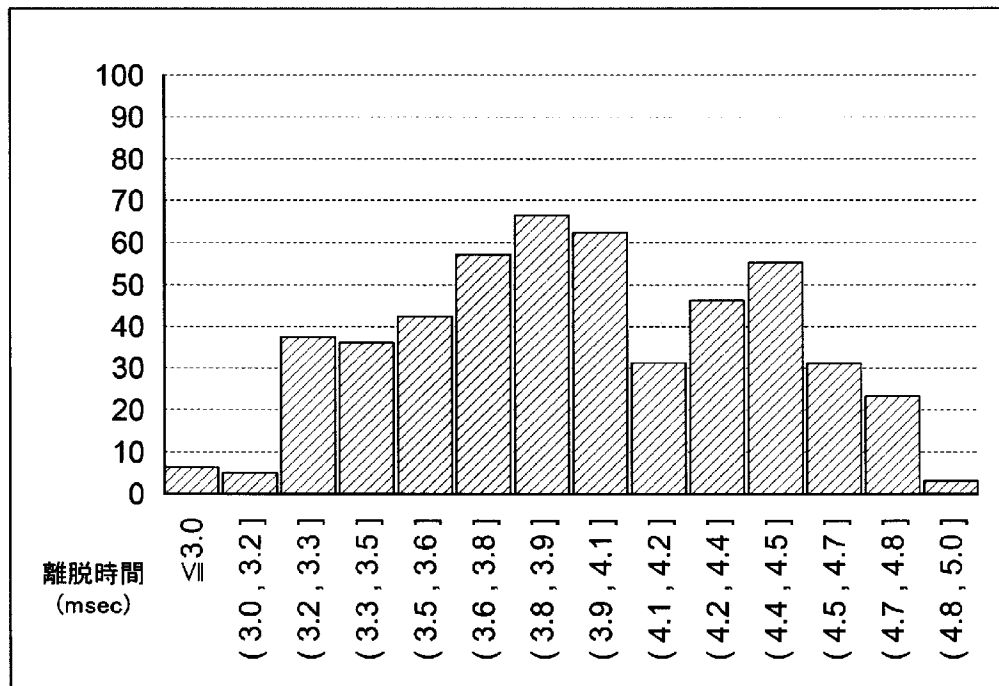
[図7]



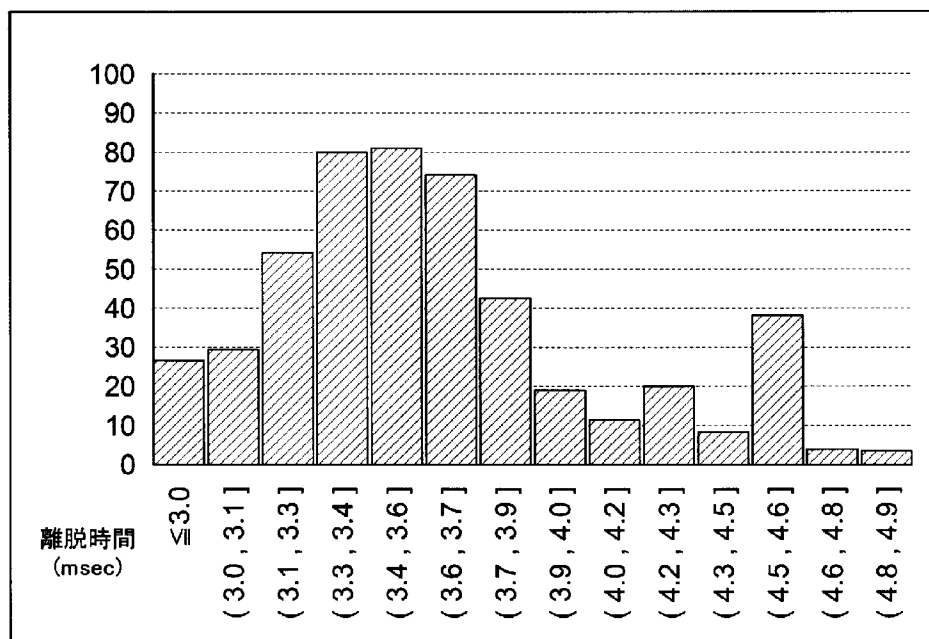
[図8]



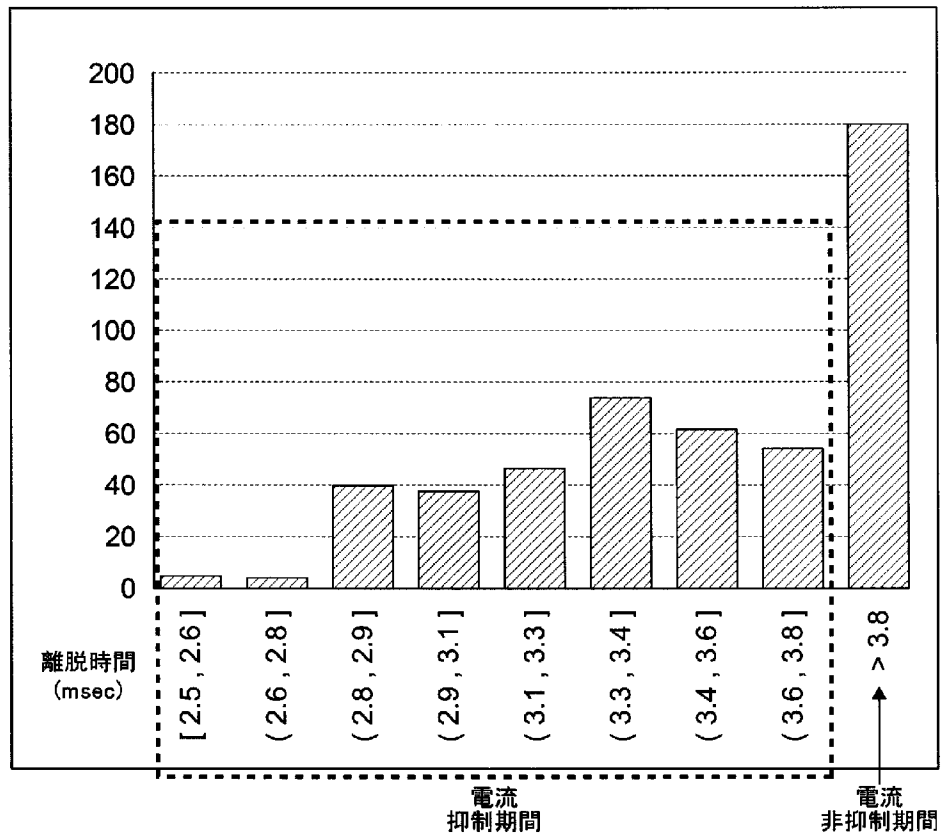
[図9]



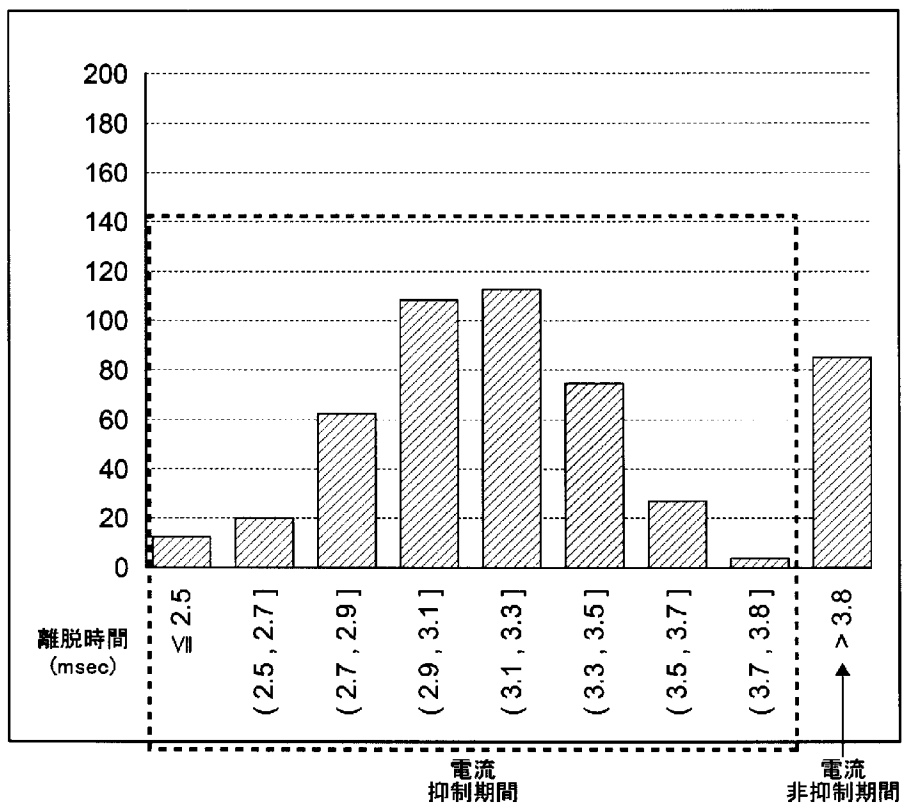
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/027044

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B23K 9/12**(2006.01)i; **B23K 9/095**(2006.01)i

FI: B23K9/12 305; B23K9/095 501A

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)

B23K9/12; B23K9/095

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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.
A	JP 2020-49506 A (KOBE STEEL, LTD.) 02 April 2020 (2020-04-02) paragraphs [0017]-[0052], fig. 1-10	1-8
A	JP 2019-171419 A (KOBE STEEL, LTD.) 10 October 2019 (2019-10-10) paragraphs [0026]-[0102], fig. 1-7	1-8
A	JP 60-180675 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD.) 14 September 1985 (1985-09-14) page 1, lower left column, line 9 to page 3, upper left column, line 5, fig. 1-4	1-8
A	WO 2010/146844 A1 (PANASONIC CORP.) 23 December 2010 (2010-12-23) paragraphs [0021]-[0066], fig. 1-6	1-8
A	JP 2014-172066 A (PANASONIC CORP.) 22 September 2014 (2014-09-22) paragraphs [0024]-[0113], fig. 1-12	1-8

☐ 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

24 September 2021

Date of mailing of the international search report

12 October 2021

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/027044

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2020-49506	A	02 April 2020	WO	2020/067074	A1	
JP	2019-171419	A	10 October 2019	US	2021/0107081	A1	
				paragraphs [0045]-[0155], fig. 1-7			
				WO	2019/188124	A1	
JP	60-180675	A	14 September 1985	(Family: none)			
WO	2010/146844	A1	23 December 2010	US	2012/0074114	A1	
				paragraphs [0026]-[0072], fig. 1-6			
				US	2013/0082040	A1	
				US	2013/0082041	A1	
				EP	2292364	A1	
				CN	102149501	A	
JP	2014-172066	A	22 September 2014	(Family: none)			

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23K 9/12(2006.01)i; B23K 9/095(2006.01)i FI: B23K9/12 305; B23K9/095 501A														
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）） B23K9/12; 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2021年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2021年	日本国実用新案登録公報	1996-2021年	日本国登録実用新案公報	1994-2021年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2021年													
日本国実用新案登録公報	1996-2021年													
日本国登録実用新案公報	1994-2021年													
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												
A	JP 2020-49506 A（株式会社神戸製鋼所）02.04.2020（2020-04-02） 段落 [0017] - [0052], [図1] - [図10]	1-8												
A	JP 2019-171419 A（株式会社神戸製鋼所）10.10.2019（2019-10-10） 段落 [0026] - [0102], [図1] - [図7]	1-8												
A	JP 60-180675 A（三菱重工業株式会社）14.09.1985（1985-09-14） 第1頁左下欄第9行-第3頁左上欄第5行, 第1-4図	1-8												
A	WO 2010/146844 A1（パナソニック株式会社）23.12.2010（2010-12-23） 段落 [0021] - [0066], [図1] - [図6]	1-8												
A	JP 2014-172066 A（パナソニック株式会社）22.09.2014（2014-09-22） 段落 [0024] - [0113], [図1] - [図12]	1-8												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 24.09.2021	国際調査報告の発送日 12.10.2021													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 豊島 唯 3P 9432 電話番号 03-3581-1101 内線 3363													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/027044

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2020-49506	A	02.04.2020	WO	2020/067074	A1	
JP	2019-171419	A	10.10.2019	US	2021/0107081	A1	
				段落[0045]-[0155], FIGS. 1-7			
				WO	2019/188124	A1	
JP	60-180675	A	14.09.1985	(ファミリーなし)			
WO	2010/146844	A1	23.12.2010	US	2012/0074114	A1	
				段落[0026]-[0072], FIGS. 1-6			
				US	2013/0082040	A1	
				US	2013/0082041	A1	
				EP	2292364	A1	
				CN	102149501	A	
JP	2014-172066	A	22.09.2014	(ファミリーなし)			