

(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
2020年1月9日(09.01.2020)



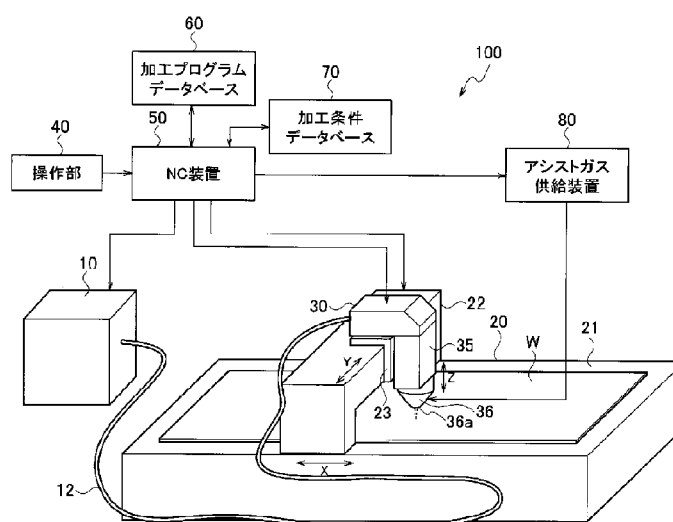
(10) 国際公開番号

WO 2020/008833 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 26/38 (2014.01) B23K 26/082 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/023490
- (22) 国際出願日: 2019年6月13日(13.06.2019)
- (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 2018-128774 2018年7月6日(06.07.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社アマダホールディングス (AMADA HOLDINGS CO.,LTD.) [JP/JP];
〒2591196 神奈川県伊勢原市石田 2 0 0 番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 山梨 貴昭 (YAMANASHI Takaaki);
〒2591196 神奈川県伊勢原市石田 2 0 0 番地 Kanagawa (JP). 舟木 厚司 (FUNAKI Koji);
〒2591196 神奈川県伊勢原市石田 2 0 0 番地 Kanagawa (JP). 杉山 明彦 (SUGIYAMA Akihiko);
〒2591196 神奈川県伊勢原市石田 2 0 0 番地 Kanagawa (JP). 重藤 毅彦 (SHIGEFUJI Takehiko);
〒2591196 神奈川県伊勢原市石田 2 0 0 番地 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 三好 秀和, 外 (MIYOSHI Hidekazu et al.);
〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目 2 番 8 号 虎ノ門琴平タワー 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,

(54) Title: LASER MACHINING DEVICE AND LASER MACHINING METHOD

(54) 発明の名称: レーザ加工機及びレーザ加工方法



$$Va = (Qx + r_{top} + \sqrt{2} \times r_{bottom})$$

- 40 Operating unit
50 NC device
60 Processing program database
70 Processing condition database
80 Assist gas supply device

(57) Abstract: A beam oscillation mechanism causes a laser beam to oscillate in a parallel direction to the direction in which cutting of a metal sheet (W) proceeds. The amplitude amount of the laser beam is Qx, the radius of a first circular region having an area occupying 86% of optical energy on the central side of the entire optical energy in the cross sectional area of the laser beam on an upper surface of the metal sheet (W) is r_{top}, and the radius of a second circular region having an area occupying 86% of optical energy on the central side of the entire optical energy in the cross sectional area of the

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, JO, 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))

laser beam on a lower surface of the metal sheet (W) is r_{bottom} . A computed value V_a is expressed by the following expression. When the standard deviation of the computed value V_a when cutting the metal sheet (W) of a plurality of thicknesses is V_{asd} , as a nozzle (36) attached to a processing head (35), a nozzle of which the diameter of an opening (36a) is between a minimum value obtained by $2V_a - V_{asd}$ and a maximum value obtained by $2.5V_a + V_{asd}$ is used.

(57) 要約: ビーム振動機構は、板金 (W) の切断進行方向と平行方向にレーザビームを振動させる。レーザビームの振幅量を Q_x 、板金 (W) の上面におけるレーザビームの断面積における全光エネルギーのうちの中心側の 86% の光エネルギーを占める面積を有する第 1 の円形領域の半径を r_{top} 、板金 (W) の下面におけるレーザビームの断面積における全光エネルギーのうちの中心側の 86% の光エネルギーを占める面積を有する第 2 の円形領域の半径を r_{bottom} とする。計算値 V_a を以下の式で表す。複数の板厚の板金 (W) を切断するときの計算値 V_a の標準偏差を V_{asd} としたとき、加工ヘッド (35) に取り付けられたノズル (36) として、 $2V_a - V_{asd}$ で得られる最小値と $2.5V_a + V_{asd}$ で得られる最大値との間に開口 (36a) の径が存在するノズルを用いる。

明 細 書

発明の名称： レーザ加工機及びレーザ加工方法

技術分野

[0001] 本開示は、レーザビームによって板金を加工するレーザ加工機及びレーザ加工方法に関する。

背景技術

[0002] レーザ発振器より射出されたレーザビームによって板金を切断して、所定の形状を有する製品を製作するレーザ加工機が普及している。近年、レーザ加工機で使用するレーザビームを射出するレーザ発振器としては、大型及び高コストのCO₂レーザ発振器と比較して、小型で低コストであるファイバレーザ発振器またはダイレクトダイオードレーザ発振器（DDL発振器）が広く用いられている。

[0003] CO₂レーザ発振器が射出するレーザビームの波長は10 μ m程度であるのに対し、ファイバレーザ発振器またはDDL発振器が射出するレーザビームの波長は1 μ m程度である。よって、ファイバレーザ発振器またはDDL発振器が射出するレーザビームはビームウエストが小さく、レーザビームの照射によって製品の周囲に形成される溝のカーフ幅は狭い。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1： JANUARY 2017 The FABRICATOR 67, Shaping the beam for the best cut

発明の概要

[0005] レーザ加工機はアシストガス供給装置を備え、アシストガスを板金へと吹き付けてカーフ内の溶融した溶融金属を排出しながら板金を切断する。一般的には、板金の板厚が厚くなるほどカーフ幅を広くする必要があり、それに伴って、加工ヘッドの先端に装着されたノズルに形成された開口の径（ノズル径）を大きくする必要がある。ノズル径が大きくなっても加工ヘッド内の

アシストガス圧を一定以上に保つためには、アシストガスの流量を多くしなければならない。即ち、ノズル径が大きくなるほどアシストガスの消費量が多くなり、コストを増大させてしまう。

[0006] アシストガスの消費量を従来よりも少なくしながら、板金を切断することができるレーザ加工機及びレーザ加工方法が求められる。

[0007] 1 またはそれ以上の実施形態の第1の態様によれば、板金を切断するためのレーザビームを射出する開口が形成されたノズルが先端に取り付けられた加工ヘッドと、前記板金の面に対して前記加工ヘッドを相対的に移動させる移動機構と、前記移動機構によって前記加工ヘッドを相対的に移動させて前記板金を切断するとき、前記板金の切断進行方向と平行方向にレーザビームを振動させるビーム振動機構とを備え、前記ビーム振動機構によるレーザビームの振幅量を $Q \times$ 、前記板金の上面におけるレーザビームの断面積における全光エネルギーのうちの中心側の86%の光エネルギーを占める面積を有する第1の円形領域の半径を r_{top} 、前記板金の下面におけるレーザビームの断面積における全光エネルギーのうちの中心側の86%の光エネルギーを占める面積を有する第2の円形領域の半径を r_{bottom} とし、計算値 V_a を以下の式で表し、複数の板厚の板金を切断するときの計算値 V_a の標準偏差を $V_{a\ s\ d}$ としたとき、前記ノズルとして、 $2V_a - V_{a\ s\ d}$ で得られる最小値と $2.5V_a + V_{a\ s\ d}$ で得られる最大値との間に開口の径が存在するノズルを用いることを特徴とするレーザ加工機が提供される。

[数1]

$$V_a = (Qx + r_{top} + \sqrt{2} \times r_{bottom})$$

[0008] 1 またはそれ以上の実施形態の第2の態様によれば、板金を切断するためのレーザビームを、加工ヘッドの先端に取り付けられた開口が形成されたノズルより射出して、前記板金に照射し、前記板金の面に対して前記加工ヘッドを相対的に移動させることにより前記板金を切断し、前記板金を切断するときに前記板金の切断進行方向と平行方向にレーザビームを振動させ、レー

ザビームを振動させるときの振幅量を Qx 、前記板金の上面におけるレーザビームの断面積における全光エネルギーのうちの中心側の 86% の光エネルギーを占める面積を有する第 1 の円形領域の半径を r_{top} 、前記板金の下面におけるレーザビームの断面積における全光エネルギーのうちの中心側の 86% の光エネルギーを占める面積を有する第 2 の円形領域の半径を r_{bottom} とし、計算値 Va を以下の式で表し、複数の板厚の板金を切断するときの計算値 Va の標準偏差を $Vas d$ としたとき、前記ノズルとして、 $2Va - Vas d$ で得られる最小値と $2.5 + Vas d$ で得られる最大値との間に開口の径が存在するノズルを用いることを特徴とするレーザ加工方法が提供される。

[数2]

$$Va = (Qx + r_{top} + \sqrt{2} \times r_{bottom})$$

[0009] 1 またはそれ以上の実施形態のレーザ加工機及びレーザ加工方法によれば、アシストガスの消費量を従来よりも少なくしながら、板金を切断することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1] 図 1 は、1 またはそれ以上の実施形態のレーザ加工機の全体的な構成例を示す図である。

[図2] 図 2 は、1 またはそれ以上の実施形態のレーザ加工機におけるコリメータユニット及び加工ヘッドの詳細な構成例を示す斜視図である。

[図3] 図 3 は、ビーム振動機構によるレーザビームの板金への照射位置の変位を説明するための図である。

[図4] 図 4 は、レーザビームの平行振動パターンを示す図である。

[図5] 図 5 は、レーザビームを平行振動パターンで振動させるときの振幅量の適切な範囲をどのように決定すべきかを説明するための図である。

[図6A] 図 6 A は、レーザビームの振幅量が最小の状態を示す図である。

[図6B] 図 6 B は、レーザビームの振幅量が最大の状態を示す図である。

[図7] 図 7 は、平行振動パターンを用いて板金を切断することができる最小の

ノズル径を決定するために用いた実施例を表形式で示す図である。

発明を実施するための形態

- [0011] 以下、1またはそれ以上の実施形態のレーザ加工機及びレーザ加工方法について、添付図面を参照して説明する。1またはそれ以上の実施形態のレーザ加工機及びレーザ加工方法は、板金を切断する際に用いるノズルとして、従来よりもノズル径の小さいノズルを用いて、アシストガスの消費量を少なくする。
- [0012] 図1において、レーザ加工機100は、レーザビームを生成して射出するレーザ発振器10と、レーザ加工ユニット20と、レーザ発振器10より射出されたレーザビームをレーザ加工ユニット20へと伝送するプロセスファイバ12とを備える。
- [0013] また、レーザ加工機100は、操作部40と、NC装置50と、加工プログラムデータベース60と、加工条件データベース70と、アシストガス供給装置80とを備える。NC装置50は、レーザ加工機100の各部を制御する制御装置の一例である。
- [0014] レーザ発振器10としては、レーザダイオードより発せられる励起光を増幅して所定の波長のレーザビームを射出するレーザ発振器、またはレーザダイオードより発せられるレーザビームを直接利用するレーザ発振器が好適である。レーザ発振器10は、例えば、固体レーザ発振器、ファイバレーザ発振器、ディスクレーザ発振器、ダイレクトダイオードレーザ発振器（DDL発振器）である。
- [0015] レーザ発振器10は、波長900nm～1100nmの1 μ m帯のレーザビームを射出する。ファイバレーザ発振器及びDDL発振器を例とすると、ファイバレーザ発振器は、波長1060nm～1080nmのレーザビームを射出し、DDL発振器は、波長910nm～950nmのレーザビームを射出する。
- [0016] レーザ加工ユニット20は、加工対象の板金Wを載せる加工テーブル21と、門型のX軸キャリッジ22と、Y軸キャリッジ23と、Y軸キャリッジ

23に固定されたコリメータユニット30と、加工ヘッド35とを有する。板金Wはステンレス鋼よりなる。1またはそれ以上の実施形態においては、板金Wの板厚は3mmから25mmのうちのいずれかであるとする。

[0017] X軸キャリッジ22は、加工テーブル21上でX軸方向に移動自在に構成されている。Y軸キャリッジ23は、X軸キャリッジ22上でX軸に垂直なY軸方向に移動自在に構成されている。X軸キャリッジ22及びY軸キャリッジ23は、加工ヘッド35を板金Wの面に沿って、X軸方向、Y軸方向、または、X軸とY軸との任意の合成方向に移動させる移動機構として機能する。

[0018] 加工ヘッド35を板金Wの面に沿って移動させる代わりに、加工ヘッド35は位置が固定されていて、板金Wが移動するように構成されていてもよい。レーザ加工機100は、板金Wの面に対して加工ヘッド35を相対的に移動させる移動機構を備えていればよい。

[0019] 加工ヘッド35の先端には、先端部に円形の開口36aを有し、開口36aよりレーザビームを射出するノズル36が取り付けられている。ノズル36の開口36aより射出されたレーザビームは板金Wに照射される。アシストガス供給装置80は、アシストガスとして例えば窒素を加工ヘッド35に供給する。板金Wの加工時に、アシストガスは開口36aより板金Wへと吹き付けられる。アシストガスは、板金Wが溶融したカーフ内の溶融金属を排出する。

[0020] 図2に示すように、コリメータユニット30は、プロセスファイバ12より射出された発散光のレーザビームを平行光（コリメート光）に変換するコリメーションレンズ31を備える。また、コリメータユニット30は、ガルバノスキャナユニット32と、ガルバノスキャナユニット32より射出されたレーザビームをX軸及びY軸に垂直なZ軸方向下方に向けて反射させるベンドミラー33を備える。加工ヘッド35は、ベンドミラー33で反射したレーザビームを集束して、板金Wに照射する集束レンズ34を備える。

[0021] レーザ加工機100は、ノズル36の開口36aより射出されるレーザビ

ームが開口３６aの中心に位置するように芯出しされている。基準の状態では、レーザビームは、開口３６aの中心より射出する。ガルバノスキャナユニット３２は、加工ヘッド３５内を進行して開口３６aより射出されるレーザビームを、開口３６a内で振動させるビーム振動機構として機能する。ガルバノスキャナユニット３２がレーザビームをどのように振動させるかについては後述する。

[0022] ガルバノスキャナユニット３２は、コリメーションレンズ３１より射出されたレーザビームを反射するスキャンミラー３２１と、スキャンミラー３２１を所定の角度となるように回転させる駆動部３２２とを有する。また、ガルバノスキャナユニット３２は、スキャンミラー３２１より射出されたレーザビームを反射するスキャンミラー３２３と、スキャンミラー３２３を所定の角度となるように回転させる駆動部３２４とを有する。

[0023] 駆動部３２２及び３２４は、NC装置５０による制御に基づき、それぞれ、スキャンミラー３２１及び３２３を所定の角度範囲で往復振動させることができる。スキャンミラー３２１とスキャンミラー３２３とのいずれか一方または双方を往復振動させることによって、ガルバノスキャナユニット３２は、板金Wに照射されるレーザビームを振動させる。

[0024] ガルバノスキャナユニット３２はビーム振動機構の一例であり、ビーム振動機構は一对のスキャンミラーを有するガルバノスキャナユニット３２に限定されない。

[0025] 図３は、スキャンミラー３２１とスキャンミラー３２３とのいずれか一方または双方が傾けられて、板金Wに照射されるレーザビームの位置が変位した状態を示している。図３において、ベンドミラー３３で折り曲げられて集束レンズ３４を通過する細実線は、レーザ加工機１００が基準の状態であるときのレーザビームの光軸を示している。

[0026] なお、詳細には、ベンドミラー３３の手前に位置しているガルバノスキャナユニット３２の作動により、ベンドミラー３３に入射するレーザビームの光軸の角度が変化し、光軸がベンドミラー３３の中心から外れる。図３では

、簡略化のため、ガルバノスキャナユニット 32 の作動前後でベンドミラー 33 へのレーザビームの入射位置を同じ位置としている。

[0027] ガルバノスキャナユニット 32 による作用によって、レーザビームの光軸が細実線で示す位置から太実線で示す位置へと変位したとする。ベンドミラー 33 で反射するレーザビームが角度 θ で傾斜したとすると、板金 W へのレーザビームの照射位置は距離 Δs だけ変位する。集束レンズ 34 の焦点距離を EFL (Effective Focal Length) とすると、距離 Δs は、 $EFL \times \sin \theta$ で計算される。

[0028] ガルバノスキャナユニット 32 がレーザビームを図 3 に示す方向とは逆方向に角度 θ だけ傾ければ、板金 W へのレーザビームの照射位置を図 3 に示す方向とは逆方向に距離 Δs だけ変位させることができる。距離 Δs は開口 36 a の半径未満の距離であり、好ましくは、開口 36 a の半径から所定の余裕量だけ引いた距離を最大距離とした最大距離以下の距離である。

[0029] NC 装置 50 は、ガルバノスキャナユニット 32 の駆動部 322 及び 324 を制御することによって、レーザビームを板金 W の面内の所定の方向に振動させることができる。レーザビームを振動させることによって、板金 W の面上に形成されるビームスポットを振動させることができる。

[0030] 以上のように構成されるレーザ加工機 100 において、NC 装置 50 は、加工プログラムデータベース 60 より加工プログラムを読み出し、加工条件データベース 70 に記憶されている複数の加工条件のいずれかを選択する。NC 装置 50 は、読み出した加工プログラム及び選択した加工条件に基づいて板金 W を加工するよう、レーザ加工機 100 を制御する。レーザ加工機 100 は、レーザ発振器 10 より射出されたレーザビームによって板金 W を切断して所定の形状を有する製品を製作する。

[0031] ガルバノスキャナユニット 32 は、図 4 に示すようにレーザビームを振動させる。板金 W の切断進行方向を x 方向、板金 W の面内で x 方向と直交する方向を y 方向とする。図 4 は、振動パターンを理解しやすいよう、加工ヘッド 35 を x 方向に移動させない状態での振動パターンを示している。

[0032] 図4に示すように、ガルバノスキャナユニット32は、NC装置50による制御に基づいて、ビームスポットBsをビームスポットBsの進行によって形成された溝Wk内でx方向に振動させる。この振動パターンを平行振動パターンと称する。実際には、加工ヘッド35が切断進行方向に移動しながらレーザビームが平行振動パターンで振動させられる。非特許文献1には、レーザビームを平行振動パターンで振動させながら板金を切断することが記載されている。

[0033] ビームスポットBsを切断進行方向と平行方向に振動させる周波数を F_x 、切断進行方向と直交する方向に振動させる周波数を F_y とすれば、平行振動パターンは $F_x : F_y$ が1 : 0の振動パターンである。溝Wkのカーフ幅K1は、ビームスポットBsを平行振動パターンで振動させないときのカーフ幅と同じである。

[0034] 次に、図5を用いて、レーザビームを平行振動パターンで振動させるときの好ましい振幅量を検討する。図5において、レーザ加工機100は、加工ヘッド35を白抜き矢印で示す切断進行方向に移動させながら、かつ、板金Wに照射するレーザビームを平行振動パターンで振動させながら、板金Wを切断する。

[0035] LB1及びLB2は、それぞれ、切断進行方向に対して最も後ろ側及び最も前側に変位した位置のレーザビームを示している。レーザビームは、切断進行方向に振幅量 Q_x で振動する。振幅量 Q_x は、板金W上でのレーザビームLB1及びLB2の焦点位置の間隔である。1またはそれ以上の実施形態においては、従来のようにレーザビームをデフォーカスの状態とする必要はなく、集束点を板金Wの上面またはその近傍に位置させるジャストフォーカスの状態とすればよい。

[0036] 但し、デフォーカスの状態を利用することを排除するものではない。板金Wの板厚が8mmよりも厚い場合に、溶融した金属を良好に排出させるために、カーフ内にフォーカスさせるいわゆるインフォーカスという状態のデフォーカスを利用してもよい。

[0037] 従来のレーザ加工機が $1\ \mu\text{m}$ 帯のレーザビームを平行振動パターンで振動させずに板金Wを切断するとき、加工不良となりやすいのは、幅の狭いカーフ内の溶融した金属が短時間のうちに冷却されて粘度が増大して、排出されにくくなるからである。

[0038] 板金Wを切断するには、板金Wに次の2つ要件を満足するのに必要充分で断続的なエネルギーが供給されることが必要である。第1の要件として、振動するレーザビームの一度の照射時間内で金属が溶融し、溶融した金属が排出されるまでの時間内に振動するレーザビームが溶融した金属に複数回照射されて溶融状態（特に粘度）が維持される。第2の要件として、切断面（カーフの内面）が過剰に溶融しない。

[0039] 1またはそれ以上の実施形態においては、レーザビームを平行振動パターンで振動させることによって、上記の2つの要件を満足し、溶融した金属の粘度が低い状態が従来よりも長い時間維持される。従って、カーフ幅K1が従来と同じであってもカーフ内の溶融した金属が排出されやすくなるので、切断面の品質が良好となる。

[0040] レーザビームの進行方向それぞれの位置における断面積のうち、実際に金属の溶融に寄与するのは、断面積における全光エネルギーのうちの中心側のほぼ86%の光エネルギーを占める面積を有する円形領域である。板金Wの上面では、上面でのレーザビームの断面積（即ち、ビームスポット B_s の面積）のうちの中心側の86%の光エネルギーを占める面積を有する円形領域top86が板金Wを溶融させる。板金Wの下面では、下面でのレーザビームの断面積のうちの中心側の86%の光エネルギーを占める面積を有する円形領域bottom86が板金Wを溶融させる。

[0041] 図5に示すように、カッティングフロントCFの板金Wの面に沿った方向の距離を ΔL とする。カッティングフロントCFの角度 θ はおおよそ 85° であるので、角度 θ は 85° とみなせばよい。距離 ΔL は、板金Wの板厚 t を $\tan \theta$ で除算することによって求められる。

[0042] 図6Aは、振幅量 Q_x が最小の状態を示している。図5は、図6Aの状態

に相当する。このとき、距離 ΔL は、振幅量 $Q \times$ と、円形領域bottom86の半径 r_{bottom} と、円形領域top86の半径 r_{top} とを用いて式(1)で表すことができる。図6A及び図6Bにおける36ctrは、ノズル36の中心を示している。

$$\Delta L = Q \times + r_{bottom} + r_{top} \quad \cdots (1)$$

[0043] 図6Bは、振幅量 $Q \times$ が最大の状態を示している。円形領域bottom86の中心からカッティングフロントCFの下端部までの距離は半径 r_{top} に等しい。よって、図6Bにおける距離 ΔL は振幅量 $Q \times$ と等しくなる。

[0044] よって、振幅量 $Q \times$ が取る好ましい範囲は式(2)で表すことができる。

$$\Delta L - r_{bottom} - r_{top} \leq Q \times \leq \Delta L \quad \cdots (2)$$

[0045] NC装置50が、ガルバノスキャナユニット32によって、式(2)を満たすようにレーザビームを振動させれば、カッティングフロントCFの全体にレーザビームを照射させることができ、板金Wを良好に切断することができる。板厚 t が厚くなるほど距離 ΔL が長くなるから、板厚 t が厚くなるほど振幅量 $Q \times$ を大きくする必要がある。

[0046] ところで、カッティングフロントCFの角度 θ は、金属のエネルギー吸収率が最も高い角度であるブリュースター角度であってもよいし、ブリュースター角度でなくてもよい。振動するレーザビームの一度の照射時間内で金属が溶融する要件として、ブリュースター角度は必須ではない。エネルギー密度と金属の溶融に要する時間との関係が、一度の照射時間内に成り立てばよい。また、溶融した金属の粘度とカッティングフロントCFの角度 θ との関係から、溶融した金属が流れ落ちればよい。

[0047] 以上のように、1またはそれ以上の実施形態のレーザ加工機及びレーザ加工方法において、板厚3mm以上のステンレス鋼よりなる板金を切断するために、レーザビームを平行振動パターンで振動させるときの適切な振幅量を設定することが好ましい。

[0048] 次に、1またはそれ以上のレーザ加工機及びレーザ加工方法において、アシストガスの消費量をどのように削減するかについて説明する。上述のよう

に、ノズル径が大きくなるほどアシストガスの消費量が多くなるから、アシストガスの消費量を少なくするにはノズル径を小さくすればよい。

[0049] 図7に示す番号1～4で示す板金Wを切断した実施例を用いて、板金Wを切断することができる最小のノズル径をどのように決定するかを説明する。図7に示すように、番号1の板厚4mmの板金Wを切断するときの振幅量 Q_x は0.140mm、半径 r_{top} は0.057mm、半径 r_{bottom} は0.116mmである。番号2の板厚6mmの板金Wを切断するときの振幅量 Q_x は0.224mm、半径 r_{top} は0.057mm、半径 r_{bottom} は0.185mmである。

[0050] 番号3の板厚8mmの板金Wを切断するときの振幅量 Q_x は0.301mm、半径 r_{top} は0.057mm、半径 r_{bottom} は0.255mmである。番号4の板厚10mmの板金Wを切断するときの振幅量 Q_x は0.500mm、半径 r_{top} は0.057mm、半径 r_{bottom} は0.325mmである。

[0051] 計算値 V_a を式(3)で定義する。式(3)において、半径 r_{bottom} にルート2を乗じているのは次の理由による。カッティングフロントCFを板金Wの上面側から下面側へと流れていくアシストガスのガス流が下面側において影響を及ぼす範囲は半径 r_{bottom} よりも長い距離であり、ルート2を乗じることにより実際にガス流が影響を及ぼす範囲の距離とすることができるからである。

[0052] [数3]

$$V_a = (Q_x + r_{top} + \sqrt{2} \times r_{bottom}) \quad \cdots (3)$$

[0053] 計算値 V_a の標準偏差を V_{asd} とすると、標準偏差 V_{asd} は0.279となる。計算上のノズル径の最小値 D_{min} を $2V_a - V_{asd}$ で表し、計算上のノズル径の最大値 D_{max} を $2.5V_a + V_{asd}$ で表す。番号1～4の板金Wを切断するときの最小値 D_{min} 及び最大値 D_{max} は、それぞれ、0.44及び1.18、0.81及び1.64、1.16及び2.08、1.76及び2.82となる。

- [0054] 計算値 V_a に対する倍率を 2 及び 2.5 としているのは次の理由による。
発明者は、計算値 V_a がおよそノズル 36 の半径に相当することに着目した。そこで、ノズル 36 の直径（ノズル径）とするために、倍率の最小値は 2 となる。
- [0055] カuttingフロント CF を流れていくアシストガスの作用の 1 つは、放熱（熱伝達）である。熱伝達は流速の立方根の二乗に比例するとされている。立方体の上面の正方形をノズル 36 の開口 36a に内接する正方形と考えると、ノズル 36 の半径を 1 としたとき、正方形の 1 辺はルート 2 となる。これらを考慮すると、倍率の最大値は次に式（4）で得られる。
- [0056]
$$\left[\left\{ (2V_a)^{1/2} \right\}^{1/3} \right]^2 \times 2V_a \quad \dots (4)$$
- [0057] 計算値 V_a を 1 とすると、式（4）より倍率の最大値はほぼ 2.5 となる。
- [0058] 実際に存在するノズル径は、1.0 mm、1.5 mm、2.0 mm、4.0 mm、7.0 mm、10.0 mm であるから、番号 1～4 の板金 W を切断するときに用いることができる計算上のノズル径は、それぞれ、1.0 mm、1.0 mm 及び 1.5 mm、1.5 mm 及び 2.0 mm、2.0 mm となる。よって、番号 1～4 の板金 W を切断するときに用いることができる最小ノズル径は、それぞれ、1.0 mm、1.0 mm、1.5 mm、2.0 mm となる。
- [0059] 図 7 に示すように、番号 1～3 の板金 W を切断するときに用いる標準のノズル径は 4.0 mm であり、番号 4 の板金 W を切断するときに用いる標準のノズル径は 7.0 mm である。1 またはそれ以上の実施形態のレーザ加工機及びレーザ加工方法によれば、標準のノズル径よりも小さなノズル径のノズル 36 を用いて板金 W を切断することができる。なお、例えば、番号 1～4 の板金 W を切断するときのアシストガスのガス圧は、それぞれ、1.2 MPa、1.4 MPa、1.6 MPa、1.3 MPa である。
- [0060] 1 またはそれ以上の実施形態のレーザ加工機及びレーザ加工方法によれば、レーザビームを平行振動パターンで振動させることによって、板金 W を切

断面の品質が良好で高速に切断することができる。また、1またはそれ以上の実施形態のレーザ加工機及びレーザ加工方法によれば、以上のような理論で選択した最小値 D_{min} から最大値 D_{max} までの範囲にあって使用可能なノズル径のノズル36を用いて、切断面の品質が良好で高速切断が可能という効果を損なうことなく、板金Wを切断することができる。

[0061] 1またはそれ以上の実施形態のレーザ加工機及びレーザ加工方法によれば、アシストガスの消費量を従来よりも大幅に少なくすることができるので、板金Wを切断して製品を製作するコストを低減させることができる。

[0062] 本発明は以上説明した1またはそれ以上の実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能である。

[0063] 本願の開示は、2018年7月6日に出願された特願2018-128774号に記載の主題と関連しており、それらの全ての開示内容は引用によりここに援用される。

請求の範囲

- [請求項1] 板金を切断するためのレーザービームを射出する開口が形成されたノズルが先端に取り付けられた加工ヘッドと、
- 前記板金の面に対して前記加工ヘッドを相対的に移動させる移動機構と、
- 前記移動機構によって前記加工ヘッドを相対的に移動させて前記板金を切断するとき、前記板金の切断進行方向と平行方向にレーザービームを振動させるビーム振動機構と、
- を備え、
- 前記ビーム振動機構によるレーザービームの振幅量を $Q \times$ 、前記板金の上面におけるレーザービームの断面積における全光エネルギーのうちの中心側の86%の光エネルギーを占める面積を有する第1の円形領域の半径を r_{top} 、前記板金の下面におけるレーザービームの断面積における全光エネルギーのうちの中心側の86%の光エネルギーを占める面積を有する第2の円形領域の半径を r_{bottom} とし、
- 計算値 V_a を以下の式で表し、
- [数4]
- $$Va = (Qx + r_{top} + \sqrt{2} \times r_{bottom})$$
- 複数の板厚の板金を切断するときの計算値 V_a の標準偏差を $V_{a\ s\ d}$ としたとき、
- 前記ノズルとして、 $2V_a - V_{a\ s\ d}$ で得られる最小値と $2.5V_a + V_{a\ s\ d}$ で得られる最大値との間に開口の径が存在するノズルを用いる
- レーザー加工機。
- [請求項2] 前記ノズルとして、前記最小値と前記最大値との間に開口の径が存在するノズルのうち、径が最小のノズルを用いる請求項1に記載のレーザー加工機。

[請求項3] カuttingフロントの前記板金の面に沿った方向の距離を ΔL としたとき、前記ビーム振動機構は、レーザビームを、

$$\Delta L - r_{\text{bottom}} - r_{\text{top}} \leq Q \times \leq \Delta L$$

を満たすように振動させる

請求項1または2に記載のレーザ加工機。

[請求項4] 板金を切断するためのレーザビームを、加工ヘッドの先端に取り付けられた開口が形成されたノズルより射出して、前記板金に照射し、
前記板金の面に対して前記加工ヘッドを相対的に移動させることにより前記板金を切断し、

前記板金を切断するとき前記板金の切断進行方向と平行方向にレーザビームを振動させ、

レーザビームを振動させるときの振幅量を $Q \times$ 、前記板金の上面におけるレーザビームの断面積における全光エネルギーのうちの中心側の86%の光エネルギーを占める面積を有する第1の円形領域の半径を r_{top} 、前記板金の下面におけるレーザビームの断面積における全光エネルギーのうちの中心側の86%の光エネルギーを占める面積を有する第2の円形領域の半径を r_{bottom} とし、

計算値 V_a を以下の式で表し、

[数5]

$$V_a = (Qx + r_{\text{top}} + \sqrt{2} \times r_{\text{bottom}})$$

複数の板厚の板金を切断するときの計算値 V_a の標準偏差を $V_{a\text{sd}}$ としたとき、

前記ノズルとして、 $2V_a - V_{a\text{sd}}$ で得られる最小値と $2.5 + V_{a\text{sd}}$ で得られる最大値との間に開口の径が存在するノズルを用いる

レーザ加工方法。

[請求項5] 前記ノズルとして、前記最小値と前記最大値との間に開口の径が存

在するノズルのうち、径が最小のノズルを用いる請求項4に記載のレーザー加工方法。

[請求項6] カッティングフロントの前記板金の面に沿った方向の距離を ΔL としたとき、

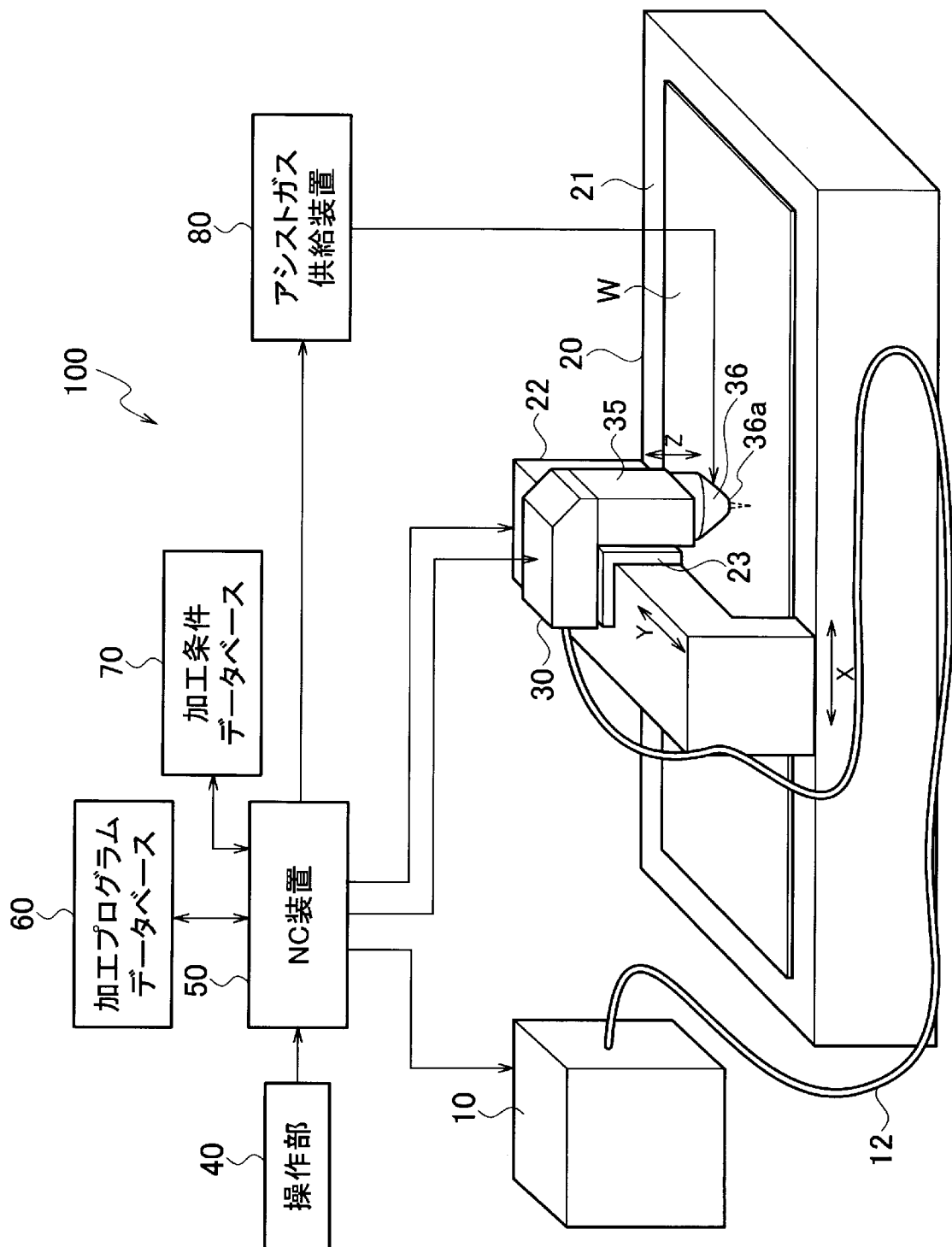
 レーザービームを、

$$\Delta L - r_{\text{bottom}} - r_{\text{top}} \leq Q \times \Delta L$$

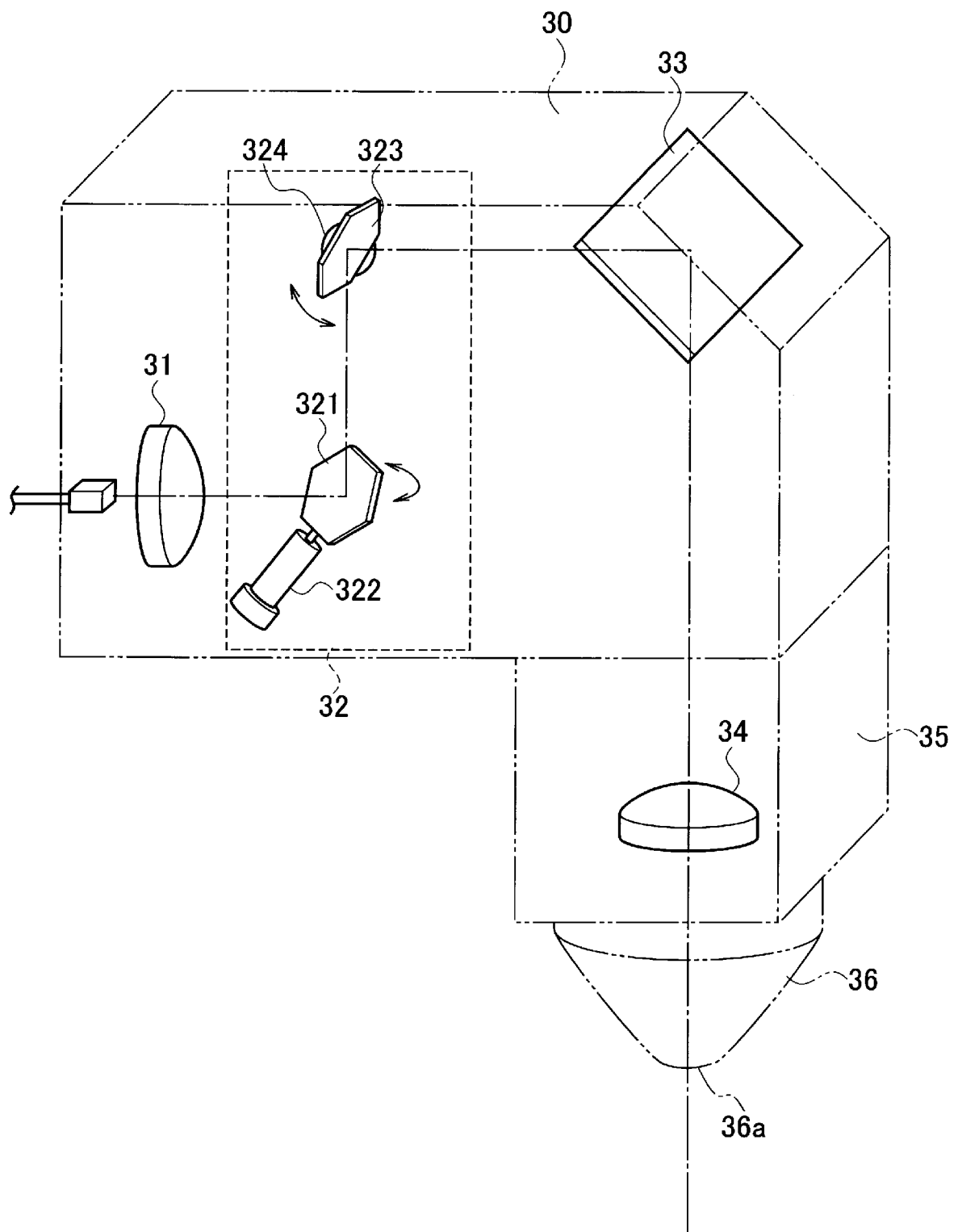
を満たすように振動させる

 請求項4または5に記載のレーザー加工方法。

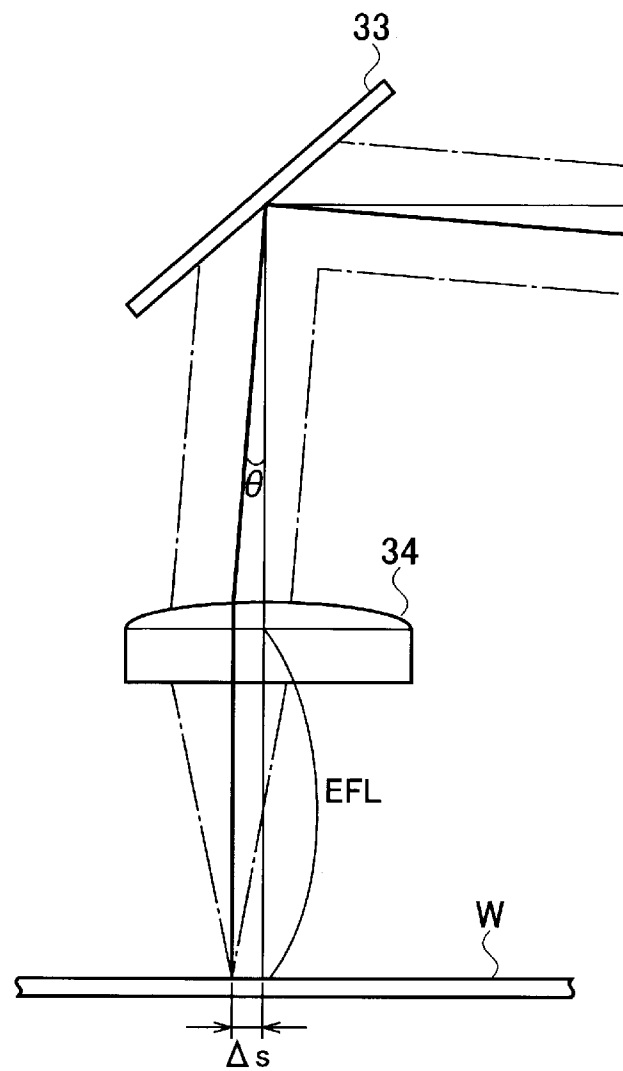
[図1]



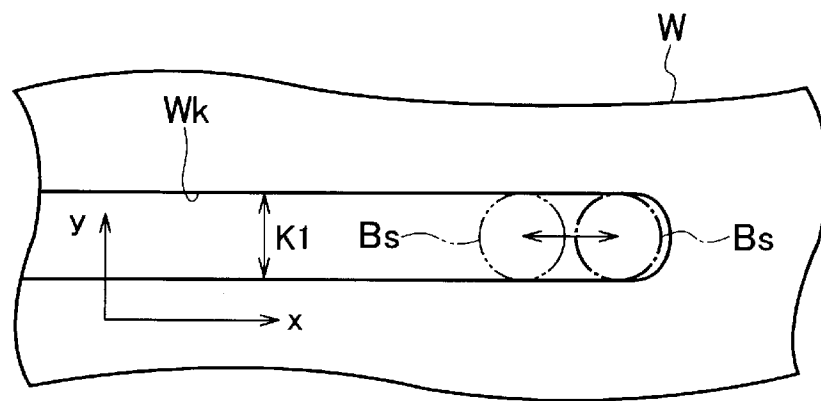
[図2]



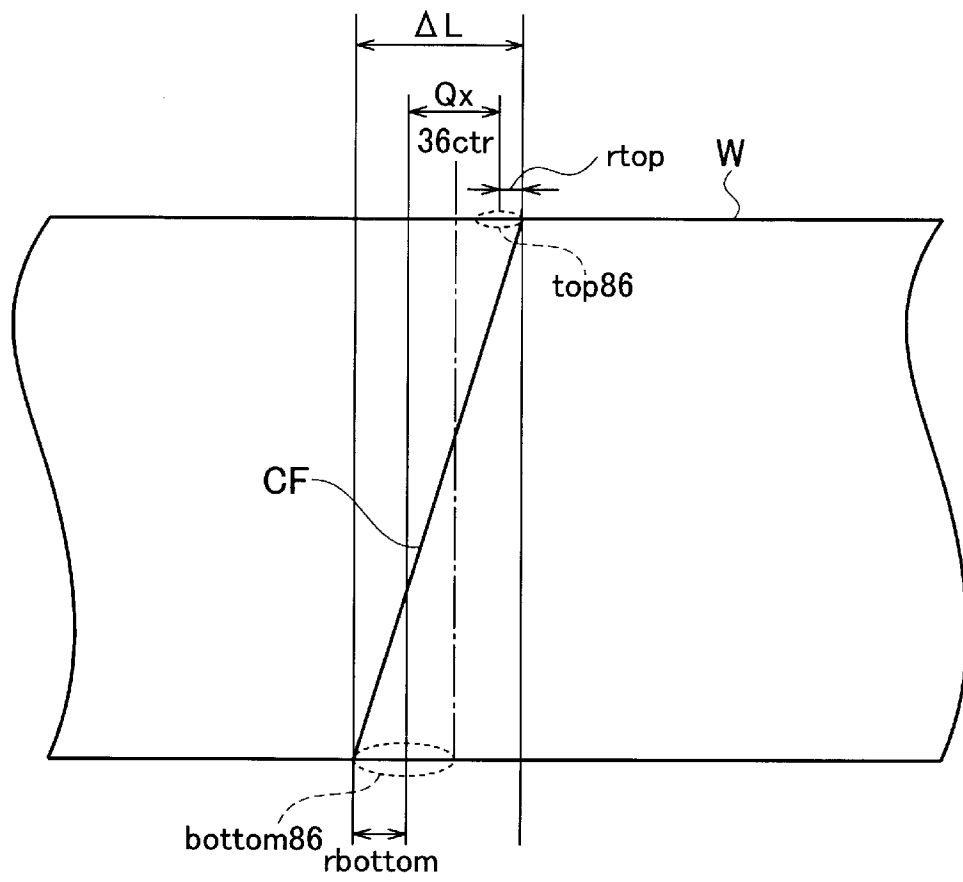
[図3]



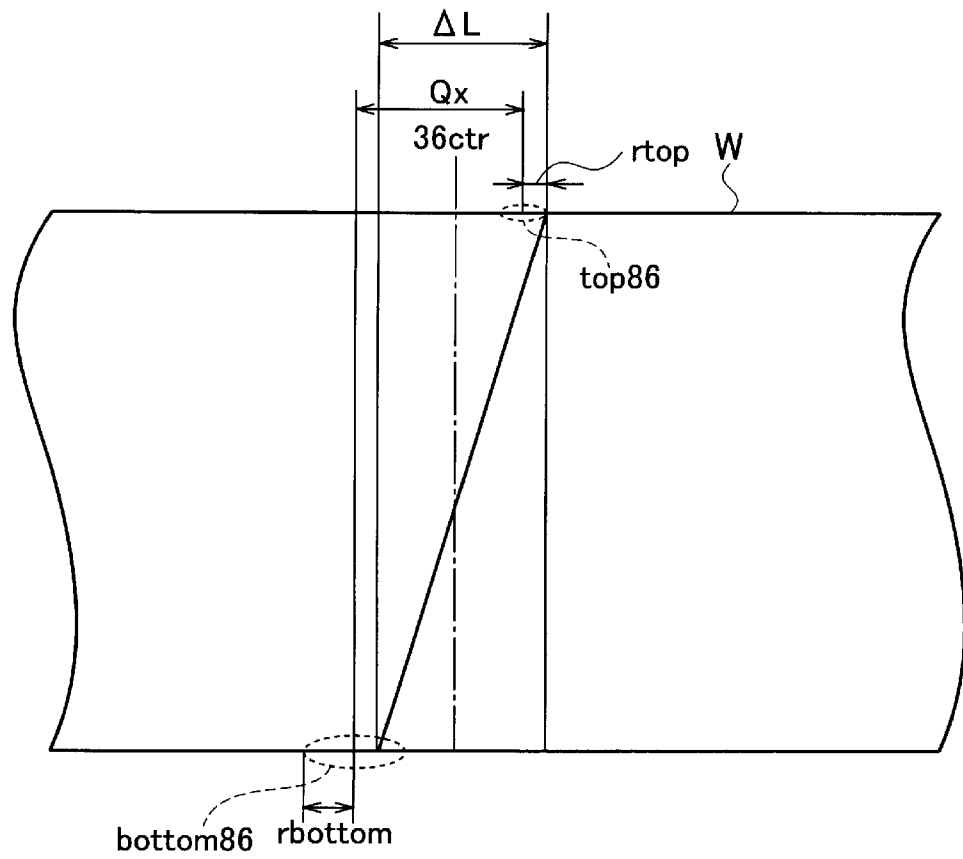
[図4]



[図6A]



[図6B]



[図7]

番号	板厚 t (mm)	振動量 Q_x (mm)	半径 r_{top} (mm)	半径 r_{bottom} (mm)	計算値 V_a $Q_x + r_{top} + \sqrt{2} \times r_{bottom}$ (mm)	最小値 D_{min} $2V_a - V_{asd}$ (mm)	計算上の ノズル径 (mm)	最大値 D_{max} $2.5V_a + V_{asd}$ (mm)	最小 ノズル径 (mm)	標準 ノズル径 (mm)	ガス圧 (MPa)
1	4	0.140	0.057	0.116	0.361	0.44	1.0	1.18	1.0	4.0	1.2
2	6	0.224	0.057	0.185	0.543	0.81	1.0, 1.5	1.64	1.0	4.0	1.4
3	8	0.301	0.057	0.255	0.719	1.16	1.5, 2.0	2.08	1.5	4.0	1.6
4	10	0.500	0.057	0.325	1.017	1.76	2.0	2.82	2.0	7.0	1.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/023490

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B23K26/38 (2014.01) i, B23K26/082 (2014.01) 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)

Int.Cl. B23K26/38, B23K26/082

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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	WO 2015/156119 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 15 October 2015, entire text, all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2007-21579 A (NIPPON STEEL CORPORATION) 01 February 2007, entire text, all drawings (Family: none)	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 15.08.2019	Date of mailing of the international search report 27.08.2019
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/JP2019/023490

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-288541 A (EO TECHNICS CO., LTD.) 20 October 2005, entire text, all drawings & US 2005/0218128 A1 & EP 1586406 A1 & KR 10- 0462358 B1 & CA 2472411 A1 & TW 200533022 A & CN 1676269 A & SG 130943 A1 & MY 137166 A	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B23K26/38(2014.01)i, B23K26/082(2014.01)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（IPC））

Int.Cl. B23K26/38, B23K26/082

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
A	W0 2015/156119 A1（三菱電機株式会社） 2015.10.15, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2007-21579 A（新日本製鐵株式会社） 2007.02.01, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6

☒ 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

15.08.2019

国際調査報告の発送日

27.08.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

竹下 和志

3 P

2926

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
A	JP 2005-288541 A (イーオー テクニクス カンパニー リミテッ ド) 2005.10.20, 全文, 全図 & US 2005/0218128 A1 & EP 1586406 A1 & KR 10-0462358 B1 & CA 2472411 A1 & TW 200533022 A & CN 1676269 A & SG 130943 A1 & MY 137166 A	1 - 6