

(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
2023年5月4日(04.05.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/073764 A1

(51) 国際特許分類:
B23K 26/38 (2014.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/039296

(22) 国際出願日: 2021年10月25日(25.10.2021)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者:宮▲崎▼隆典(MIYAZAKI, Takanori); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

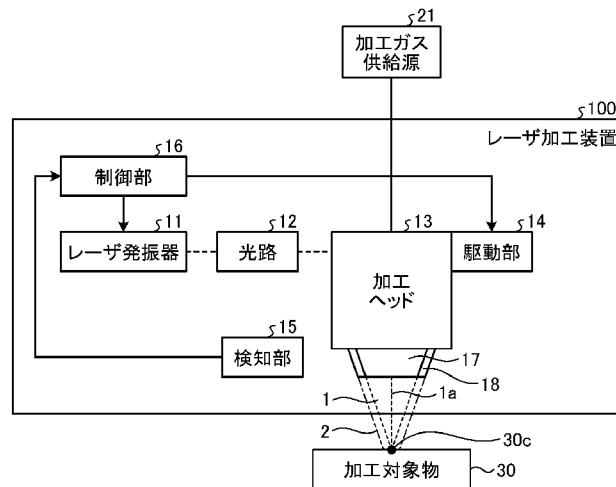
永井 和典(NAGAI, Kazunori); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人:高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 弁理士法人酒井国際特許事務所 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, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

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

(54) 発明の名称: レーザ加工装置およびレーザ加工方法



- 11 Laser oscillator
- 12 Light path
- 13 Processing head
- 14 Drive unit
- 15 Detecting unit
- 16 Control unit
- 21 Processing gas supply source
- 30 Workpiece
- 100 Laser processing device



(57) Abstract: A control unit (16) performs: control for performing a scan along a processing path with a first laser beam and forming a cut groove, the processing path following a profile shape of a processed product in the in-plane direction of an upper surface that is the surface of a workpiece irradiated with laser beams; control for stopping the irradiation with the first laser beam when an irradiation position of the laser beam has reached a position before an end section in the processing path; and control for continuing the jetting of a gas over a first standby time period while the irradiation with

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 first laser beam is stopped. The control unit (16) performs: control for irradiating the workpiece with a second laser beam the thermal energy of which applied to the workpiece per unit time is less than that of the first laser beam; control for causing the second laser beam to maintain a state of radiating the workpiece, over a second standby time period; and control for scanning an uncut region in the processing path with the second laser beam and forming a joint part that couples the processed product and an end material, the thickness of the joint part in the thickness direction of the workpiece being less than the thickness of the workpiece.

(57) 要約：制御部（１６）は、加工対象物においてレーザビームが照射される面である上面の面内方向における加工品の外形形状に沿う加工経路に沿って第１レーザビームを走査して切断溝を形成する制御と、レーザビームの照射位置が加工経路における終点部の手前の位置に到達したときに第１レーザビームの照射を停止する制御と、第１レーザビームの照射を停止した状態でガスの噴射を第１待機時間にわたって継続する制御と、を行う。制御部（１６）は、単位時間あたりに加工対象物に与える熱エネルギーが第１レーザビームより少ない第２レーザビームを加工対象物に照射する制御と、第２レーザビームを加工対象物に照射した状態を第２待機時間にわたって維持させる制御と、加工経路における未切断領域に第２レーザビームを走査して、加工対象物の厚さ方向における厚さが加工対象物の厚さよりも薄く加工品と端材とを連結するジョイント部を形成する制御と、を行う。

明 細 書

発明の名称： レーザ加工装置およびレーザ加工方法

技術分野

[0001] 本開示は、レーザビームを加工対象物に照射して加工対象物を切断するレーザ加工装置およびレーザ加工方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、レーザを用いた加工対象物の切断加工では、1枚の板状の加工対象物から複数の加工品が切断される場合がある。レーザ加工によって1枚の加工対象物から複数の加工品を切断する際には、切断された加工品の移動に起因したレーザ加工または加工品の回収における不具合が発生することを防止するために、マイクロジョイント法と呼ばれる切断加工方法が行われている。マイクロジョイント法は、ジョイント部と呼ばれる微細な連結部によって加工対象物と加工品とを連結しておき、加工品を加工対象物から完全には分離させないようにする加工方法である。そして、加工対象物における全ての切断加工が完了した時点でジョイント部に衝撃を与えることによって、加工対象物における加工品以外の部分である端材と加工品とが分離される。

[0003] 特許文献1には、ワークと製品との連結片を形成する際に、ワークから製品を切断するときよりも、ワークを切断する速度である切断速度を上げるとともにレーザ光の出力である切断出力を低下させることにより、ワークを貫通しないように連結片を形成することが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第4605690号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上記特許文献1の技術における、切断速度を上げるとともに切断出力を低下させるという加工条件の調整は、所望の形状の連結片を得

にくい調整であった。切断速度を上げるとともに切断出力を低下させた条件で加工が行われる場合には、連結片の上部に位置するワークの溶融が確実に行われないうちに、レーザビームが移動していく可能性が生じる。このため、上記特許文献1の技術では、所望の形状を安定して得られない可能性があった。

[0006] また、切断速度を上げる場合には、加工ガスが移動する速度も速くなる。この場合、レーザビームによって溶融した溶融物の加工ガスによる切断溝からの排出が、ワークの溶融に対して追いつかなくなる可能性があった。したがって、上記特許文献1の技術では、連結片の形成時に、溶融物の排出が切断速度に追いつかないことに起因して溶融物がワークの切断溝から下側に排出されず、ワークの上側への溶融物の吹き上がりが発生する可能性があった。溶融物がワークの上側に吹き上がった場合には、所望の形状の連結片が得られなくなり、また溶融物が加工品を覆ってしまい、切断加工全体として加工不良となる。

[0007] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、レーザビームによる切断加工において加工対象物と加工品とを連結する連結片を所望の形状で確実に形成することができるレーザ加工装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示にかかるレーザ加工装置は、レーザビームを加工対象物に照射するとともにガスを加工対象物に噴射して加工対象物を加工品と端材とに分離させる切断加工を行うレーザ加工装置である。レーザ加工装置は、レーザビームを加工対象物に照射する加工ヘッドと、加工対象物にガスを噴射するガスノズルと、加工対象物と加工ヘッドとの少なくとも一方を移動させる駆動部と、レーザビームの照射を制御する制御部と、を備える。制御部は、加工対象物においてレーザビームが照射される面である上面の面内方向における加工品の外形形状に沿う予め決められた加工経路に沿って第1レーザビームを走査して切断溝を形成する制御と、レーザビームの照射位置が加工経路における終点部の手前の位置に

到達したときに第1レーザビームの照射を停止する制御と、第1レーザビームの照射を停止した状態でガスの噴射を予め決められた第1待機時間にわたって継続する制御と、を行う。制御部は、単位時間当たりに加工対象物に与える熱エネルギーが第1レーザビームより少ない第2レーザビームを加工対象物に照射する制御と、第2レーザビームを加工対象物に照射した状態を予め決められた第2待機時間にわたって維持させる制御と、加工経路における切断溝が形成されていない未切断領域に第2レーザビームを走査して、加工対象物の厚さ方向における厚さが加工対象物の厚さよりも薄く加工品と端材とを連結するジョイント部を形成する制御と、を行う。

発明の効果

[0009] 本開示によれば、レーザビームによる切断加工において加工対象物と加工品とを連結する連結片を所望の形状で確実に形成することができる、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施の形態1にかかるレーザ加工装置の機能構成を示す図

[図2]図1に示すレーザ加工装置による切断加工が終了した状態の加工対象物の平面図

[図3]図1に示すレーザ加工装置による切断加工が終了した状態の加工品およびジョイント部の斜視図

[図4]図1に示すレーザ加工装置による加工対象物の切断加工方法を説明する平面図

[図5]図1に示すレーザ加工装置による加工対象物の切断加工方法の手順を示すフローチャート

[図6]図1に示すレーザ加工装置による加工対象物の切断加工方法を説明する模式断面図

[図7]図1に示すレーザ加工装置による加工対象物の切断加工方法を説明する模式断面図

[図8]図1に示すレーザ加工装置による加工対象物の切断加工方法を説明する

模式断面図

[図9]図 1 に示すレーザ加工装置による加工対象物の切断加工方法を説明する
模式断面図

[図10]図 1 に示すレーザ加工装置による加工対象物の切断加工方法を説明する
模式断面図

[図11]図 1 に示すレーザ加工装置による加工対象物の切断加工方法を説明する
模式断面図

[図12]パルスレーザビームによる加工対象物の加工現象の概念を説明する断面図

[図13]図 1 に示すレーザ加工装置による加工対象物の切断加工におけるタイムチャート

[図14]図 1 に示すレーザ加工装置による加工対象物の切断加工において形成されるジョイント部の寸法例を示す図

[図15]図 1 に示すレーザ加工装置による加工対象物の切断加工条件およびジョイント部の寸法の例を示す図

[図16]図 1 5 に示す例のうち条件（２）、条件（４）および条件（５）の場合の詳細な切断加工条件を示す図

[図17]図 1 に示す制御部の機能を実現するためのハードウェア構成を示す図
発明を実施するための形態

[0011] 以下に、実施の形態にかかるレーザ加工装置およびレーザ加工方法を図面に基づいて詳細に説明する。

[0012] 実施の形態 1 .

図 1 は、実施の形態 1 にかかるレーザ加工装置 1 0 0 の機能構成を示す図である。

[0013] レーザ加工装置 1 0 0 は、加工対象物 3 0 にパルスレーザビーム 1 を照射して、板状の加工対象物 3 0 の切断加工を行う機能を有する。すなわち、レーザ加工装置 1 0 0 は、レーザビームを加工対象物 3 0 の加工点 3 0 c に照射するとともに加工ガス 2 を加工点 3 0 c に噴射して加工対象物 3 0 を後述

する加工品 30a と端材 30b とに分離させる切断加工を行うレーザ加工装置である。

[0014] 本実施の形態 1 における加工対象物 30 は、例えばステンレス鋼からなる板状の加工対象物である。なお、加工対象物 30 を構成する材料は、ステンレス鋼に限定されず、各種材料を用いることができる。

[0015] レーザ加工装置 100 は、レーザ発振器 11 と、光路 12 と、加工ヘッド 13 と、駆動部 14 と、検知部 15 と、制御部 16 と、を有する。図 1 において、X 軸、Y 軸および Z 軸は、互いに垂直な 3 軸である。X 軸および Y 軸は、例えば水平方向に平行な軸である。Z 軸は、例えば鉛直方向に平行な軸である。

[0016] レーザ発振器 11 は、加工対象物 30 の切断加工に用いられるレーザビームを発生させる。すなわち、レーザ発振器 11 は、加工対象物 30 の切断加工に用いられるレーザビームを発振して射出する。本実施の形態 1 にかかるレーザ加工装置 100 に用いられるレーザ発振器 11 は、パルスレーザビーム 1 を射出するレーザ発振器である。したがって、本実施の形態 1 において加工対象物 30 の切断加工に用いられるレーザビームは、パルスレーザビーム 1 である。

[0017] なお、切断加工においては、連続波レーザビームが用いられてもよい。すなわち、レーザ加工装置 100 における加工対象物 30 の切断加工においては、パルスレーザビーム 1 もしくは連続波レーザビームを用いることが可能である。レーザビームによる切断加工に連続波レーザビームが用いられる場合には、レーザ加工装置 100 は、パルスレーザビームを射出するレーザ発振器 11 と、連続波レーザビームを射出するレーザ発振器 11 とを備える。この場合、レーザ加工装置 100 では、加工対象物 30 の切断加工には、連続波レーザビームが使用され、ジョイント部の形成には、パルスレーザビームが使用される。

[0018] レーザ発振器 11 から射出されたパルスレーザビーム 1 は、光路 12 を介して加工ヘッド 13 へ供給される。光路 12 は、レーザ発振器 11 が射出し

たパルスレーザビーム 1 を加工ヘッド 13 まで伝送する経路であり、パルスレーザビーム 1 を空中で伝搬させる経路でもよいし、光ファイバを通じてパルスレーザビーム 1 を伝送させる経路でもよい。光路 12 は、パルスレーザビーム 1 の特性に対応して設計される。

[0019] 加工ヘッド 13 は、パルスレーザビーム 1 を加工対象物 30 へ集光する光学系を有しており、パルスレーザビーム 1 を加工点 30c に照射する。加工ヘッド 13 は、供給されたパルスレーザビーム 1 を集光して加工対象物 30 の加工対象面である加工対象物 30 の一方の面へ照射する。加工ヘッド 13 は、加工対象物 30 の表面付近に焦点を結ぶような光学系を備えていることが好ましい。

[0020] 加工ヘッド 13 は、加工対象物 30 に対向する側に、ビームノズル 17 とガスノズル 18 とを有する。

[0021] ビームノズル 17 は、パルスレーザビーム 1 を、加工対象物 30 へ向けて出射する。

[0022] ガスノズル 18 は、加工ガス 2 を加工対象物 30 へ向けて噴射する。ガスノズル 18 は、加工ヘッド 13 から加工対象物 30 にパルスレーザビーム 1 が照射される加工点 30c に加工ガス 2 を噴射するガス噴射ノズルである。具体的に、ガスノズル 18 は、加工ヘッド 13 から加工対象物 30 に照射されるパルスレーザビーム 1 の光軸 1a の外から光軸 1a に向けて加工ガス 2 を噴射する。加工ガス 2 には、例えば窒素といった不活性ガスあるいは酸素を用いることができる。加工ヘッド 13 において、ガスノズル 18 は、XY 面内においてビームノズル 17 の外周側にビームノズル 17 と同軸に設けられており、ビームノズル 17 から出射されるパルスレーザビーム 1 の中心軸に沿うように加工ガス 2 を噴射する。すなわち、ビームノズル 17 とガスノズル 18 とは、互いに同軸上に配置されている。

[0023] なお、ガスノズル 18 は、Z 軸に対して斜めの方向へガスを噴射してもよい。すなわち、ガスノズル 18 は、ビームノズル 17 から出射されるパルスレーザビーム 1 の中心軸に対して斜めの方向へガスを噴射してもよい。加工

ガス２は、レーザ加工装置１００の外部に設けられたガスボンベなどの加工ガス供給源２１からガスノズル１８に供給される。なお、加工ガス供給源２１がレーザ加工装置１００に含まれてもよい。

[0024] 駆動部１４は、加工ヘッド１３の位置を変化させることにより、加工ヘッド１３と加工対象物３０との相対位置関係を制御して変化させることができる。なお、レーザ加工装置１００において、駆動部１４は加工ヘッド１３の位置を変化させることで、加工ヘッド１３と加工対象物３０との相対位置関係を変化させることとしたが、駆動部１４は、加工対象物３０を載置するテーブルの位置を変化させてもよいし、加工ヘッド１３と加工対象物３０を載置するテーブルとの両方の位置を変化させてもよい。つまり、駆動部１４は、加工ヘッド１３および加工対象物３０の少なくとも一方を移動させる機能を有していればよい。駆動部１４が加工ヘッド１３と加工対象物３０との相対位置関係を変化させながら、加工ヘッド１３が加工対象物３０にパルスレーザビーム１を照射することで、加工対象物３０の切断加工を行うことができる。

[0025] 検知部１５は、加工対象物３０の状態またはレーザ加工装置１００の状態を検知するセンサである。検知部１５は、加工中の加工対象物３０の位置、加工中に発生する光の強度および波長、音波、超音波といった物理量の計測値を時系列信号として計測する。検知部１５は、例えば、静電容量センサ、フォトダイオード、ＣＣＤ（Charge Coupled Device）センサ、ＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）センサ、スペクトル分光器、音響センサ、加速度センサ、ジャイロセンサ、距離センサ、位置検出器、温度センサ、湿度センサなどである。検知部１５は、計測値を示す時系列信号を制御部１６に入力する。

[0026] 制御部１６は、設定された加工条件および検知部１５から送信される計測値に従って、パルスレーザビーム１が加工対象物３０上の予め決められた加工経路を走査するようにレーザ発振器１１および駆動部１４などの構成部を制御する。すなわち、制御部１６は、レーザ発振器１１からのパルスレーザ

ビーム 1 のオンおよびオフ、レーザ発振器 11 からのパルスレーザビーム 1 の出力、駆動部 14 の位置決め、加工ガス 2 の加工ガス供給源 21 からの圧力、加工ガス 2 のオンおよびオフ、加工ガス 2 の噴射圧力などを制御する。

[0027] 加工条件は、例えば、加工対象物 30 の材質、加工対象物 30 の厚み、および加工対象物 30 の表面の状態を含む。加工条件は、さらに、レーザ発振器 11 のレーザ出力強度、レーザ出力周波数、レーザ出力のデューティ比、モード、波形、および波長などの条件を含む。加工条件は、パルスレーザビーム 1 の焦点位置、パルスレーザビーム 1 の集光径、ガスノズル 18 から噴射する加工ガス 2 の種類、加工ガス 2 のガス圧力、ガスノズル 18 の穴径、加工速度などを含むことができる。また、加工条件は、加工対象物 30 と加工ヘッド 13 との間の距離、温度、湿度など検知部 15 から入力される計測値を含むこともできる。

[0028] つぎに、レーザ加工装置 100 による切断加工が終了した状態の加工対象物 30 について説明する。図 2 は、図 1 に示すレーザ加工装置 100 による切断加工が終了した状態の加工対象物 30 の平面図である。なお、図 2 は平面図であるが、理解の容易のため図 2 における加工品 30a にハッチングを施している。図 3 は、図 1 に示すレーザ加工装置 100 による切断加工が終了した状態の加工品 30a およびジョイント部 J の斜視図である。図 3 においては、レーザ加工装置 100 による切断加工が終了した状態の加工対象物 30 において加工品 30a およびジョイント部 J に注目して示した図であり、端材 30b の図示を省略している。

[0029] ここで、加工対象物 30 の厚さである加工対象物厚さ T の方向、すなわち加工対象物 30 の厚さ方向は、加工対象物 30 の板厚方向と換言でき、ジョイント部 J の高さ方向と平行な方向であり、Z 軸方向である。また、加工対象物 30 の面内方向は、XY 面と平行な方向である。

[0030] レーザ加工装置 100 は、加工対象物 30 におけるパルスレーザビーム 1 の照射面にパルスレーザビーム 1 を照射して、加工対象物 30 を加工品 30a と端材 30b とに分離させる切断加工を行う。照射面は、パルスレーザビ

ーム 1 が照射される加工対象物 30 における一方の面であり、加工対象物 30 の上面 31 である。すなわち、上面 31 は、加工対象物 30 の厚さ方向において対向する加工対象物 30 の一対の面のうち、加工ヘッド 13 側の面であり、加工対象物 30 においてパルスレーザビーム 1 が照射される面である。

- [0031] 加工品 30 a は、切断加工の後に製品などとして使用されるものである。端材 30 b は、切断加工の後に不要となるものである。パルスレーザビーム 1 を加工対象物 30 に照射する位置は、制御部 16 によって制御され、予め決められた加工経路に沿って移動する。
- [0032] 図 2 に示すように、レーザ加工装置 100 による切断加工が終了した状態の加工対象物 30 は、加工品 30 a が未だジョイント部 J によって端材 30 b に接続されている状態とされている。加工品 30 a と端材 30 b との間には、切断加工によって切断溝 33 が形成されている。切断溝 33 は、加工対象物 30 を加工対象物 30 の厚さである加工対象物厚さ T の方向、すなわち加工対象物 30 の板厚方向に貫通する貫通溝である。
- [0033] 切断溝 33 は、X 軸方向に沿った切断溝である切断溝 33 1 と、Y 軸方向に沿った切断溝である切断溝 33 2 と、X 軸方向に沿った切断溝である切断溝 33 3 と、Y 軸方向に沿った切断溝である切断溝 33 4 と、X 軸方向に沿った切断溝である切断溝 33 5 と、がこの順でつながっている。また、端材 30 b には、後述するように切断溝形成工程の最初に形成されるピアス孔 P と切断溝 33 1 とを接続する切断溝 34 が形成されている。
- [0034] また、加工品 30 a と端材 30 b との間の一部には、1 つのジョイント部 J が形成されている。ジョイント部 J は、加工対象物 30 と加工品 30 a とを連結する連結部、すなわち加工品 30 a と端材 30 b とを連結する連結部である。すなわち、レーザ加工装置 100 による切断加工が終了した状態の加工対象物 30 では、1 つのジョイント部 J のみによって、加工品 30 a と端材 30 b とが連結されている。ジョイント部 J は、X 軸方向において切断溝 33 1 と切断溝 33 5 とに挟まれて形成されている。

- [0035] このため、レーザ加工装置 100 による切断加工が終了した状態の加工対象物 30 から加工品 30a を回収する際には、1つのジョイント部 J のみを外せばよく、加工品 30a の回収が容易とされている。
- [0036] ジョイント部 J は、四角柱形状に形成されている。ジョイント部 J における X 軸方向に沿った長さを、ジョイント部 J の幅であるジョイント部幅 W J とする。X 軸方向は、切断溝 335 の伸長方向と平行であり、ジョイント部 J を加工するジョイント部加工方向と平行である。ジョイント部 J における Y 軸方向に沿った長さを、ジョイント部 J の奥行きであるジョイント部奥行き D J とする。ジョイント部奥行き D J の寸法は、切断溝 33 の溝幅の寸法と同じである。加工対象物 30 の厚さ方向におけるジョイント部 J の長さ、すなわちジョイント部 J における Z 軸方向に沿った長さを、ジョイント部 J の高さであるジョイント部高さ H J とする。ジョイント部 J の高さ方向は、加工対象物 30 の厚さ方向、すなわち加工対象物 30 の板厚方向と平行である。また、ジョイント部高さ H J は、ジョイント部 J の厚さであるジョイント部厚さと換言できる。
- [0037] ジョイント部 J は、加工対象物 30 の厚さ方向において、加工対象物 30 の下面 32 の位置から、加工対象物 30 の上面 31 と加工対象物 30 の下面 32 との間の中間位置までにわたって、形成されている。加工対象物 30 の下面 32 は、加工対象物 30 において照射面が向く側と反対側を向く面である。すなわち、ジョイント部高さ H J の寸法は、加工対象物厚さ T の寸法よりも小さい。また、加工対象物 30 の厚さ方向において、すなわちジョイント部 J の高さ方向において、ジョイント部 J の上面 J1 の高さ位置は、加工対象物 30 の上面 31 の高さ位置よりも低い。ジョイント部 J の上面 J1 は、ジョイント部 J の厚さ方向において対向するジョイント部 J の一対の面のうち、加工ヘッド 13 側の面であり、加工対象物 30 の上面 31 側の面である。
- [0038] つぎに、レーザ加工装置 100 による加工対象物 30 の切断加工方法について説明する。図 4 は、図 1 に示すレーザ加工装置 100 による加工対象物

30の切断加工方法を説明する平面図である。図5は、図1に示すレーザ加工装置100による加工対象物30の切断加工方法の手順を示すフローチャートである。図6から図11は、図1に示すレーザ加工装置100による加工対象物30の切断加工方法を説明する模式断面図である。図6から図11では、加工対象物30における、切断溝331および切断溝335を通る縦断面を示している。図6および図10において、矢印A1は、加工対象物30の加工方向を示している。加工対象物30の加工方向は、加工ヘッド13の移動方向およびパルスレーザビーム1の移動方向と換言できる。図6から図11において、矢印A2は、加工ガス2が流れる方向を示している。

[0039] まず、ステップS10において、図6に示すように、切断溝形成工程が行われる。切断溝形成工程は、予め決められた加工経路CPに沿って切断溝33が形成されて加工対象物30の切断が行われる工程である。具体的に、制御部16が、第1パルス条件でレーザ発振器11からのパルスレーザビーム1の射出を開始させる制御、およびガスノズル18からの加工ガス2の噴射を開始する制御を行う。そして、制御部16は、加工対象物30における上面31においてパルスレーザビーム1の照射位置が加工経路CPに沿って移動するように、駆動部14を制御する。

[0040] 第1パルス条件は、切断溝形成工程で使用される切断溝形成用のパルスレーザビーム1のパルス条件であり、第1レーザビーム条件である。以下では、第1パルス条件で射出されたパルスレーザビーム1を第1パルスレーザビーム1と呼ぶ場合がある。

[0041] 駆動部14は、制御部16の制御に従って、加工対象物30の上面31においてパルスレーザビーム1が加工経路CPに沿って走査されるように、加工ヘッド13および加工対象物30の少なくとも1つの位置を変化させる制御を行う。実施の形態1では、駆動部14は、加工対象物30の位置を固定し、加工ヘッド13を加工対象物30の上面31の面内方向において移動させることによって、パルスレーザビーム1が加工経路CPに沿って加工対象物30の上面31において走査されるように制御を行うものとする。

[0042] ステップS 10の切断溝形成工程には、ピラス工程が含まれる。すなわち、加工対象物30の上面31における予め決められた位置に第1パルスレーザビーム1が照射されることにより、ピラス孔Pが開けられる。ピラス孔Pは、加工対象物30を加工対象物厚さTの方向において貫通する貫通孔である。ピラス孔Pの形成後、加工経路CPに沿って切断溝33が形成される。図4に示す矢印は、加工経路CPに沿って切断溝33の形成加工が行われる際の加工対象物30の加工方向を示している。加工対象物30の加工方向は、加工ヘッド13の移動方向、パルスレーザビーム1の移動方向、あるいは切断方向と換言できる。

[0043] 加工経路CPは、第1加工経路CP1と第2加工経路CP2とを含む。第1加工経路CP1は、加工対象物30の上面31の面内方向における加工品30aの外形形状に沿った加工経路であり、加工対象物30の上面31の面内方向における加工品30aの外形形状に沿った切断経路である。第1加工経路CP1は、X軸方向に沿った加工経路である加工経路CP11と、Y軸方向に沿った加工経路である加工経路CP12と、X軸方向に沿った加工経路である加工経路CP13と、Y軸方向に沿った加工経路である加工経路CP14と、X軸方向に沿った加工経路である加工経路CP15と、がこの順で連結された加工経路であり、連続して加工される加工経路である。

[0044] 第2加工経路CP2は、ピラス孔Pと第1加工経路CP1とをつなぐ切断経路である。ピラス孔Pから第2加工経路CP2に沿った切断溝33を形成することによる切断加工が行われた後、第1加工経路CP1と第2加工経路CP2との交点から第1加工経路CP1に沿って切断溝33を形成することによる切断加工がそのまま連続して行われる。第1加工経路CP1に沿った切断加工は、左回り方向に行われる。

[0045] つぎに、ステップS20において、図7に示すように、加工対象物30の照射面に対する第1パルスレーザビーム1の照射が、加工終点部CPeの手前の位置である予め決められた照射停止位置SPで停止される。図4に示すように、加工経路CPにおける加工終点部CPeは、加工経路CPにおける

加工の終点部であり、第1加工経路CP1における加工始点部CP1sと同じ位置である。また、加工経路CPにおける加工終点部CPeは、加工経路CP15での加工方向におけるジョイント部Jの終端部Jeと同じ位置である。

[0046] 加工終点部CPeの手前の位置である照射停止位置SPは、第1加工経路CP1に沿った加工方向におけるジョイント部Jの形成領域の直前の位置、すなわち加工経路CP15に沿った切断方向におけるジョイント部Jの形成領域に隣接する位置である。加工終点部CPeの手前の位置は、加工経路CP15での加工方向におけるジョイント部Jの形成領域の手前の位置といえる。また、照射停止位置SPは、加工対象物30の切断加工の加工条件を変更する加工条件変更位置と換言でき、またパルスレーザビーム1のパルス条件を変更するパルス条件変更位置と換言できる。ジョイント部Jの形成領域は、加工対象物30の面内方向において、ジョイント部Jが形成される領域である。

[0047] 具体的に、制御部16が、第1パルスレーザビーム1の射出を停止させる制御をレーザ発振器11に対して行う。また、制御部16が、照射停止位置SPの少し手前の位置から加工ヘッド13の移動を停止させる制御を駆動部14に対して行い、照射停止位置SPで加工ヘッド13の移動を停止させる。

[0048] 制御部16は、切断溝形成工程の終了時、すなわち加工対象物30の上面31における第1パルスレーザビーム1の照射位置が第1加工経路CP1における照射停止位置SPに到達した時点で、第1パルスレーザビーム1の射出を停止させる制御を行う。レーザ発振器11は、制御部16の制御に従って、第1パルスレーザビーム1の射出を停止させる。駆動部14は、制御部16の制御に従って、加工ヘッド13の移動を停止させる。これにより、加工対象物30の上面31における第1パルスレーザビーム1の照射位置が第1加工経路CP1における照射停止位置SPに到達した時点で、加工ヘッド13の移動が停止され、照射面に対する第1パルスレーザビーム1の照射が

停止される。

[0049] 一方、ステップS 20においては、照射面への加工ガス2の照射面への噴射は停止されない。すなわち、制御部16は、ガスノズル18から照射面への加工ガス2の噴射を停止させる制御は行わない。したがって、加工対象物30の上面31への加工ガス2の噴射は、加工対象物30の上面31に対する第1パルスレーザビーム1の照射が停止されても、継続して行われる。

[0050] パルスレーザビーム1による加工対象物30のレーザ加工は、主に、パルスレーザビーム1によって加工対象物30の材料が溶融する溶融現象と、溶融した材料が加工ガス2によって排出される排出現象と、の2つの現象で進行する。なお、加工ガス2に酸素が用いられる場合には、加工対象物30の材料の酸化燃焼反応も生じる。パルスレーザビーム1による加工対象物30の加工現象について説明する。図12は、パルスレーザビーム1による加工対象物30の加工現象の概念を説明する断面図である。

[0051] 図12では、加工対象物30の上面31に対するパルスレーザビーム1の走査によって加工対象物30の溶融および排出が行われている状態を模式的に示している。加工対象物30の上面31に対するパルスレーザビーム1の照射によって、加工対象物30が上面31側から溶融される。加工対象物30においてパルスレーザビーム1の照射によって溶融した上面31側の部分の下部に位置する材料は、パルスレーザビーム1のエネルギーと、先に溶融した上部の材料の溶融物の熱とによって溶融する。これにより、加工対象物30が溶融した溶融物30W1が形成される。溶融物30W1の一部は、加工対象物30の上面31に噴射される加工ガス2によって直ぐに加工対象物30の下側、すなわち加工対象物30の下面32側に吹き飛ばされて、加工対象物30から排出される。

[0052] また、溶融物30W1の他の一部は、切断溝33の内部で加工対象物30の下面32側に流れて、すなわち切断溝33の底部側に流れて、溶融物30W2になる。そして、溶融物30W2も加工対象物30の上面31に噴射される加工ガス2によって加工対象物30の下面32側に吹き飛ばされて、加

工対象物 30 から排出される。このような加工現象がパルスレーザビーム 1 の移動に伴って発生することにより、パルスレーザビーム 1 の移動に伴って加工対象物 30 の板厚方向に貫通する貫通溝である切断溝 33 が形成されて、加工対象物 30 の切断加工が行われる。

[0053] つぎに、ステップ S 30 において、予め決められた第 1 待機時間 W T 1 にわたって第 1 待機工程が、行われる。第 1 待機工程は、照射面に対する第 1 パルスレーザビーム 1 の照射を停止して待機する工程である。第 1 待機時間 W T 1 は、第 1 待機工程が継続される待機時間である。具体的に、制御部 16 が、ステップ S 20 において行った制御を継続する。すなわち、第 1 待機工程では、ステップ S 20 において制御された、第 1 パルスレーザビーム 1 の射出の停止状態および加工ヘッド 13 の移動停止状態が継続され、照射面に対する第 1 パルスレーザビーム 1 の照射停止状態が維持される。一方、第 1 待機工程では、ステップ S 10 において制御された、ガスノズル 18 からの加工ガス 2 の照射面への噴射状態が維持される。すなわち、ステップ S 20 およびステップ S 30 では、第 1 パルスレーザビーム 1 の射出状態および加工ヘッド 13 の移動状態の変更が制御されている。

[0054] このため、ステップ S 30 においては、第 1 パルスレーザビーム 1 によって加工対象物 30 の材料が溶融して切断溝 33 が形成される現象は生じない。一方、ステップ S 30 においては、加工ガス 2 が溶融した材料を加工対象物 30 から排出する現象が継続して生じている。すなわち、ステップ S 30 においては、さらなる加工対象物 30 の材料の溶融は行われない状態で、図 7 に示すように溶融した加工対象物 30 の材料である溶融物 30 W 2 が加工ガス 2 によって加工対象物 30 から下側に排出される。

[0055] 上述した溶融現象と排出現象とには、わずかにタイムラグが生じる。このため、加工対象物 30 の上面 31 に対するパルスレーザビーム 1 の照射が停止された直後は、溶融現象は完了しているが、パルスレーザビーム 1 の照射が停止される直前までに溶融された加工対象物 30 の材料についての排出現象は完了していないこととなる。そこで、レーザ加工装置 100 では、予め

決められた第1待機時間 WT_1 にわたって第1待機工程が行われることによって、図8に示すように、照射面に対する第1パルスレーザビーム1の照射が停止される直前までに溶融された加工対象物30の材料についての排出現象を確実に完了させることができる。これにより、第1加工経路 CP_1 に沿った加工方向におけるジョイント部Jの形成領域の直前の位置、すなわち第1パルスレーザビーム1の照射停止位置 SP に形成された切断溝33が溶融物で塞がれることが、防止される。

[0056] すなわち、レーザ加工装置100では、予め決められた第1待機時間 WT_1 にわたって第1待機工程が行われることによって、第1パルスレーザビーム1の照射が停止される直前までに溶融されて加工対象物30の下面32側に流れた溶融物30W2を、加工対象物30の下側に排出して、第1加工経路 CP_1 に沿った切断加工経路を加工対象物30の厚さ方向において完全に貫通させることができる。これにより、レーザ加工装置100では、加工対象物30における第1加工経路 CP_1 に沿った所望の位置に切断溝33を形成することができ、第1加工経路 CP_1 において第1パルスレーザビーム1が照射された領域を確実に切断することができる。すなわち、第1待機工程は、照射面に対する第1パルスレーザビーム1の照射が停止される直前までに溶融された加工対象物30の材料の加工対象物30からの除去を完全に終わらせるために行われる。

[0057] このように、レーザ加工装置100では、加工ガス2による切断溝33からの溶融物の排出を適切に行うことにより、加工対象物30の溶融部から飛散するスパッタの吹き上がりを防止することができる。加工ガス2による切断溝33からの溶融物の排出が適切に行われずにジョイント部Jの形成に移行していくと、加工ヘッド13に設けられた加工レンズおよび保護ガラスなどの光学系、ビームノズル17およびガスノズル18などのノズルの、スパッタの吹き上がりに起因した汚れまたは損傷が発生する可能性がある。レーザ加工装置100では、加工ガス2による切断溝33からの溶融物の排出を適切に行うことにより、加工対象物30の溶融部から飛散するスパッタの吹

き上がりを防止することができる。そして、レーザ加工装置１００では、スパッタの吹き上がりに起因した構成部品の汚れまたは損傷によって、次に切断加工する加工対象物３０に加工不良が発生することを防止できる。

[0058] 一方、第１待機工程が行われない場合には、第１パルスレーザビーム１の照射が停止される直前に溶融されて切断溝３３の内部で加工対象物３０の下面３２側に流れた溶融物を、切断溝３３から完全に排出することができない。すなわち、図７に示したような、溶融して切断溝３３の内部で切断溝３３の底部側に流れた溶融物である溶融物３０Ｗ２を、切断溝３３から完全に排出することができない。

[0059] 溶融物３０Ｗ２が切断溝３３に残った状態で、後述するように第２パルスレーザビーム１を照射してジョイント部Ｊの形成を開始すると、第２パルスレーザビーム１が溶融物３０Ｗ２に当たって反射する。反射した第２パルスレーザビーム１の一部は、加工経路ＣＰ１５での加工方向において加工経路ＣＰ１５に面した加工対象物３０の側面３５に当たる。この場合、反射した第２パルスレーザビーム１が当たった加工対象物３０の側面３５に傷が入ることにより、側面３５の周辺はジョイント部Ｊの形成時に設定どおりに溶融できず、溶融と溶融物の排出とのバランスが崩れる。

[0060] したがって、第１待機工程が行われない場合には、溶融物３０Ｗ２に当たった第２パルスレーザビーム１が反射して加工対象物３０の側面３５に当たってジョイント部Ｊの形成時に悪影響を与え、溶融と溶融物の排出とのバランスが不均一な状態が生じてしまう。

[0061] ステップＳ４０において、第１待機時間ＷＴ１が経過したか否かが、判定される。具体的に、制御部１６が、第１待機時間ＷＴ１が経過したか否かを判定する。制御部１６は、制御部１６が備えるタイマー機能を用いて、第１待機時間ＷＴ１が経過したか否かを判定する。

[0062] 第１待機時間ＷＴ１が経過していないと判定された場合は、ステップＳ４０においてＮｏとなり、ステップＳ４０を繰り返す。第１待機時間ＷＴ１が経過したと判定された場合は、ステップＳ４０においてＹｅｓとなり、ステ

ップS50に進む。

[0063] ステップS50では、図9に示すように、切断溝形成工程におけるパルスレーザビーム1のパルス条件から変更された第2パルス条件で、パルスレーザビーム1が加工対象物30に照射される。

[0064] 第2パルス条件は、ジョイント部形成工程で使用するジョイント部Jの形成用のパルスレーザビーム1のパルス条件であり、第2レーザビーム条件である。第2パルス条件は、第1パルスレーザビーム1のパルス条件である第1パルス条件から変更された、第1パルス条件とは異なる、パルスレーザビーム1のパルス条件である。以下では、第2パルス条件で射出されたパルスレーザビーム1を第2パルスレーザビーム1と呼ぶ場合がある。

[0065] 第2パルス条件は、第1パルス条件から、パルスレーザビーム1の出力、パルスレーザビーム1の周波数およびパルスレーザビーム1のデューティ比が変更されている。第2パルス条件におけるその他のパルス条件は、第1パルス条件と同じである。第2パルス条件においては、パルスレーザビーム1の出力、パルスレーザビーム1の周波数およびパルスレーザビーム1のデューティ比のそれぞれは、第1パルス条件よりも低く設定される。したがって、第2パルスレーザビーム1は、単位時間あたりに加工対象物30に与える熱エネルギーが第1パルスレーザビーム1よりも少ない。

[0066] 具体的に、制御部16が、切断溝形成工程におけるパルスレーザビーム1の第1パルス条件と異なる第2パルス条件で、レーザ発振器11からのパルスレーザビーム1の射出を開始させる制御を行う。この時、制御部16は、駆動部14の制御は行わないため、加工ヘッド13は移動しない。また、ガスノズル18からの加工ガス2の噴射は、継続されている。

[0067] したがって、第2パルス条件での第2パルスレーザビーム1の射出は、加工ガス2が噴射されず、且つ加工ヘッド13が移動しない状態で、開始される。この時点で、第2パルスレーザビーム1は、ステップS20において第1パルスレーザビーム1の照射が停止された照射停止位置SPに照射され、切断溝33の内部の終端部付近に照射されるため、加工対象物30の上面3

1には当たらない。

[0068] つぎに、ステップS 6 0において、予め決められた第2待機時間WT 2にわたって第2待機工程が、行われる。第2待機工程は、第2パルスレーザビーム1が設定した第2パルス条件で安定してレーザ発振器11から射出されて加工対象物30に照射されるまで待機する工程である。すなわち、第2待機工程は、第2パルスレーザビーム1の安定化工程といえる。第2待機時間WT 2は、第2待機工程が継続される待機時間であり、第2パルスレーザビーム1の安定化時間といえる。

[0069] 具体的に、制御部16が、ステップS 5 0において行った制御を継続する。すなわち、第2待機工程では、ステップS 5 0において制御された、第2パルスレーザビーム1の照射状態が維持される。一方、第2待機工程では、ガスノズル18からの加工ガス2の噴射を開始する制御および駆動部14の制御は、行われない。したがって、第2待機工程では、加工ガス2が噴射され、且つ加工ヘッド13が移動しない状態での、第2パルスレーザビーム1の照射状態が維持される。

[0070] 停止状態であったレーザ発振器11からパルスレーザビーム1が照射された直後は、パルスレーザビーム1の状態が設定されたパルス条件に安定するまでの過渡期が存在する。過渡期においては、パルスレーザビーム1の出力が設定値まで上がっていない、パルスレーザビーム1のパルス波形が設定どおりとなっていないなどの、パルスレーザビーム1の状態が設定されたパルス条件に安定していない状態が発生する。

[0071] そして、このような過渡期におけるパルスレーザビーム1を用いてジョイント部Jの形成を行った場合には、ジョイント部Jの形成領域におけるジョイント部Jの形成開始部において加工対象物30の材料の溶融が安定せず、結果的にジョイント部Jの形成領域において、加工対象物30の上面31からの溶融長さであるジョイント部溶融長さLMが、設定どおりの必要量な寸法で得られなくなるという不具合が発生する。すなわち、過渡期におけるパルスレーザビーム1を用いてジョイント部Jの形成を行った場合には、設定

どおりの形状のジョイント部 J が得られなくなる、という不具合が発生する。

[0072] ジョイント部溶融長さ L M は、加工対象物厚さ T の方向において、ジョイント部 J の形成加工時に加工対象物 30 の上面 31 側から加工対象物 30 が溶融した深さであり、加工対象物 30 の上面 31 からの加工対象物 30 の溶融深さである。すなわち、ジョイント部溶融長さ L M は、ジョイント部 J の形成加工時に加工対象物 30 が溶融して除去された部分の、加工対象物 30 の厚さ方向における長さである。ジョイント部溶融長さ L M は、図 3 に示すように、加工対象物 30 の厚さ方向において、加工対象物 30 の上面 31 からジョイント部 J の上面 J1 までの長さである。

[0073] そこで、レーザ加工装置 100 では、上記のような不具合の発生を避けるために、停止状態であったレーザ発振器 11 からパルスレーザビーム 1 が照射された直後に第 2 待機工程を設け、パルスレーザビーム 1 を第 2 パルス条件に安定させた後に、ジョイント部 J の形成の加工を行う。

[0074] ステップ S70 において、第 2 待機時間 W T 2 が経過したか否かが、判定される。具体的に、制御部 16 が、第 2 待機時間 W T 2 が経過したか否かを判定する。制御部 16 は、制御部 16 が備えるタイマー機能を用いて、第 2 待機時間 W T 2 が経過したか否かを判定する。

[0075] 第 2 待機時間 W T 2 が経過していないと判定された場合は、ステップ S70 において N o となり、ステップ S70 を繰り返す。第 2 待機時間 W T 2 が経過したと判定された場合は、ステップ S70 において Y e s となり、ステップ S80 に進む。

[0076] ステップ S80 では、図 10 に示すように、ジョイント部 J の形成が行われる。具体的に、制御部 16 が、加工対象物 30 における上面 31 において第 2 パルスレーザビーム 1 の照射位置が加工経路 C P 15 に沿って移動するように駆動部 14 を制御する。

[0077] そして、制御部 16 は、第 2 パルスレーザビーム 1 の照射位置が加工経路 C P における加工の終点部である加工終点部 C P e の位置に到達した時点で

、第2パルスレーザビーム1の射出を停止して加工対象物30の上面31への第2パルスレーザビーム1の照射を停止する制御を行う。すなわち、制御部16は、上述した第1加工経路CP1における加工終点部CPeの手前の位置である照射停止位置SPから加工終点部CPeの位置まで第2パルスレーザビーム1を走査させる制御を行う。加工対象物30において第2パルスレーザビーム1が走査される領域である、第1加工経路CP1における照射停止位置SPから加工終点部CPeの位置までの領域は、加工経路CPにおける切断溝33が形成されていない未切断領域である。また、未切断領域は、第1加工経路CP1における加工終点部CPeの手前の位置である照射停止位置SPから第1加工経路CP1の始点までの領域と換言できる。第1加工経路CP1の始点は、加工対象物30の上面31の面内方向における加工品30aの外形形状に沿う加工経路である第1加工経路CP1の始点であり、第2加工経路CP2を含む加工経路CPの始点とは異なる。

[0078] これにより、図11に示すように、加工対象物30の厚さ方向において、加工対象物30のジョイント部Jの形成領域における一部のみを、加工対象物30の上面31側から溶融させながら加工対象物30を加工してジョイント部Jを形成することができる。すなわち、ここでは、加工対象物30における第2パルスレーザビーム1が照射された部分は、加工対象物厚さTの方向における全てが溶融することはない。また、制御部16は、第2パルスレーザビーム1の照射位置が加工経路CPにおける加工の終点部である加工終点部CPeの位置に到達した時点で、加工ガス2の噴射を停止させる制御を行う。すなわち、制御部16は、第2パルスレーザビーム1の射出を停止する制御を行うタイミングと同じタイミングで、加工ガス2の噴射を停止させる制御を行う。なお、制御部16が加工ガス2の噴射を停止させる制御を行った後において、加工ガス2の噴射が完全に止まるまでにはタイムラグがある。

[0079] このような制御が行われることにより、第2パルスレーザビーム1の照射が停止される直前までに溶融された溶融物を、切断溝33およびジョイント

部 J の上面 J 1 から完全に排出することができ、設計通りの形状の切断溝 33 およびジョイント部 J が形成される。そして、加工終点部 C P e まで第 2 パルスレーザビーム 1 による加工が行われることにより、ジョイント部 J は、加工対象物 30 の厚さ方向において、ジョイント部 J の厚さが加工対象物 30 の板厚よりも薄く形成される。

[0080] ここで、第 2 パルス条件においては、パルスレーザビーム 1 の出力、パルスレーザビーム 1 の周波数およびパルスレーザビーム 1 のデューティ比のそれぞれは、第 1 パルス条件よりも低く設定されている。このため、ジョイント部 J の形成時に第 2 パルス条件でのパルスレーザビーム 1 によって加工対象物 30 の上面 31 の単位面積あたりに供給されるエネルギーは、切断溝形成工程において第 1 パルス条件でのパルスレーザビーム 1 によって加工対象物 30 の上面 31 の単位面積あたりに供給されるエネルギーよりも少なくなる。すなわち、第 2 パルスレーザビーム 1 は、単位時間あたりに加工対象物 30 に与える熱エネルギーが第 1 パルスレーザビーム 1 よりも少ない。

[0081] そして、ジョイント部 J の形成時には、パルスレーザビーム 1 の出力、パルスレーザビーム 1 の周波数およびパルスレーザビーム 1 のデューティ比を低減させているため、加工対象物 30 を溶融させるために必要なエネルギーを加工対象物 30 に対して確実に供給するために、加工ヘッド 13 の移動速度、すなわちパルスレーザビーム 1 の移動速度も、第 1 パルス条件でのパルスレーザビーム 1 を用いた切断溝形成工程のときよりも、低減させている。これにより、加工対象物 30 の厚さ方向における厚さが加工対象物 30 の板厚よりも薄いジョイント部 J を精度良く形成することができる。

[0082] したがって、第 2 パルス条件において、パルスレーザビーム 1 の出力、パルスレーザビーム 1 の周波数およびパルスレーザビーム 1 のデューティ比を第 1 パルス条件よりも低減させ、加工ヘッド 13 の移動速度を切断溝形成工程よりも低減させる制御は、所望の形状のジョイント部 J を精度良く、確実に形成できる制御であるといえる。

[0083] なお、ここでは、パルスレーザビーム 1 の出力、パルスレーザビーム 1 の

周波数およびパルスレーザビーム 1 のデューティ比を低減させているが、加工ガス 2 のガス圧力は低減させない。

[0084] 図 1 3 は、図 1 に示すレーザ加工装置 1 0 0 による加工対象物 3 0 の切断加工におけるタイムチャートである。図 1 3 における横軸は、時間を示している。図 1 3 における縦軸は、各加工条件の大きさを示している。図 1 3 における実線 4 1 a は、加工対象物 3 0 の切断加工時におけるパルスレーザビーム 1 の第 1 パルス条件のうち、パルスレーザビーム 1 の出力、パルスレーザビーム 1 の周波数およびパルスレーザビーム 1 のデューティ比を示している。図 1 3 における実線 4 1 b は、パルスレーザビーム 1 の第 2 パルス条件のうち、パルスレーザビーム 1 の出力、パルスレーザビーム 1 の周波数およびパルスレーザビーム 1 のデューティ比を示している。

[0085] 加工対象物 3 0 の切断加工において、パルスレーザビーム 1 の出力、パルスレーザビーム 1 の周波数およびパルスレーザビーム 1 のデューティ比は、図 1 3 における実線 4 1 a あるいは実線 4 1 b で示されるように変化する。すなわち、加工対象物 3 0 の切断加工において、パルスレーザビーム 1 の出力、パルスレーザビーム 1 の周波数およびパルスレーザビーム 1 のデューティ比のそれぞれは、切断溝形成工程とジョイント部形成工程とにおいて異なる条件に設定され、ジョイント部形成工程における設定値が切断溝形成工程における設定値よりも小さい値に設定される。

[0086] 図 1 3 における一点鎖線 4 2 は、加工対象物 3 0 の切断加工時における加工条件のうち、加工ガス 2 のガス圧力を示している。加工対象物 3 0 の切断加工における加工ガス 2 のガス圧力は、切断加工を開始してから切断加工を終了するまで予め決められた一定の値とされ、途中で変更されることが無い。

[0087] 図 1 3 における破線 4 3 a は、加工対象物 3 0 の切断加工時における加工条件のうち、切断溝形成工程における加工ヘッド 1 3 の移動速度、すなわち切断溝形成工程におけるパルスレーザビーム 1 の移動速度を示している。

[0088] 図 1 3 における破線 4 3 b は、加工対象物 3 0 の切断加工時における加工

条件のうち、ジョイント部形成工程における加工ヘッド 13 の移動速度、すなわちジョイント部形成工程におけるパルスレーザビーム 1 の移動速度を示している。

[0089] レーザ加工装置 100 による加工対象物 30 の切断加工においては、図 13 に示すように、ステップ S 10 が、時刻 t_0 に開始される。ステップ S 20 およびステップ S 30 が、時刻 t_1 に開始される。ステップ S 50 およびステップ S 60 が、時刻 t_2 に実施される。ステップ S 80 が、時刻 t_3 に実施される。そして、加工対象物 30 の切断加工が、時刻 t_4 に終了する。

[0090] ここで、第 1 待機時間 WT_1 の具体的な長さについて説明する。本実施の形態 1 において、第 1 待機時間 WT_1 は、0.1 秒以上とされる。発明者らは、加工条件のうち第 1 待機時間 WT_1 のみを変化させて複数の加工対象物 30 の切断加工の実験を実施して第 1 待機時間 WT_1 の好適な時間について検討した。

[0091] 実験の結果、発明者らは、第 1 待機時間 WT_1 が 0 秒である場合、すなわち第 1 待機時間 WT_1 が設けられていない場合には、ジョイント部 J の形成開始部の周囲で加工対象物 30 の材料を設計通りに確実に溶融することができず、必要なジョイント部溶融長さ LM が得られない、という知見を得た。すなわち、発明者らは、第 1 待機時間 WT_1 が 0 秒である場合には必要なジョイント部高さ HJ が得られない、という知見を得た。

[0092] これは、ジョイント部 J の形成開始時に、切断溝 33 の底部に溶融物 30 W2 が残っているため、上述したように溶融物 30 W2 に当たって反射した第 2 パルスレーザビーム 1 の一部が加工対象物 30 の側面 35 に当たることによって起因している。ジョイント部 J の形成開始部の周囲は、加工対象物 30 の側面 35 の周囲である。

[0093] また、発明者らは、第 1 待機時間 WT_1 が 0.05 秒である場合でも、ジョイント部 J の形成開始部の周囲で加工対象物 30 の材料を設計通りに確実に溶融することができず、必要なジョイント部溶融長さ LM が得られない、という知見を得た。すなわち、発明者らは、第 1 待機時間 WT_1 が 0.05

秒である場合でも必要なジョイント部高さH Jが得られない、という知見を得た。

[0094] これは、ジョイント部Jの形成開始時に、切断溝33の底部における溶融物30W2の排出が不十分であるため、上述したように溶融物30W2に当たって反射した第2パルスレーザビーム1の一部が加工対象物30の側面35に当たることにより起因している。ただし、第1待機時間WT1が0.05秒である場合は、第1待機時間WT1が0秒である場合よりは、設計通りの形状に近い形状のジョイント部Jが得られる。

[0095] また、発明者らは、第1待機時間WT1が0.1秒である場合は、ジョイント部Jの形成開始部の周囲で加工対象物30の材料を設計通りに確実に溶融することができ、必要なジョイント部溶融長さLMが得られる、という知見を得た。すなわち、発明者らは、第1待機時間WT1が0.1秒である場合には必要なジョイント部高さH Jが得られ、設計通りの形状のジョイント部Jが得られる、という知見を得た。

[0096] これは、第1待機時間WT1が0.1秒である場合は、切断溝33の底部における溶融物30W2が切断溝33から完全に排出されており、溶融物30W2に当たって反射した第2パルスレーザビーム1の一部が加工対象物30の側面35に当たることにより起因した悪影響が生じないことによる。また、第1待機時間WT1が0.1秒より長い場合も、第1待機時間WT1が0.1秒である場合と同様の結果が得られた。

[0097] 以上のことより、切断溝33の底部における溶融物30W2を切断溝33から完全に排出して設計通りの形状のジョイント部Jを得るためには、第1待機時間WT1を0.1秒以上とすることが必要である。

[0098] つぎに、第2待機時間WT2の具体的な長さについて説明する。本実施の形態1において、第2待機時間WT2は、0.1秒以上とされる。発明者らは、加工条件のうち第2待機時間WT2のみを変化させて複数の加工対象物30の切断加工の実験を実施して第2待機時間WT2の好適な時間について検討した。

- [0099] 実験の結果、発明者らは、第2待機時間 WT_2 が0秒である場合、すなわち第2待機時間 WT_2 が設けられていない場合には、ジョイント部Jの形成開始部の周囲でジョイント部Jに欠けが発生し、必要なジョイント部幅 W_J が得られない、という知見を得た。すなわち、発明者らは、第2待機時間 WT_2 が0秒である場合には必要な形状のジョイント部Jが得られない、という知見を得た。
- [0100] これは、ジョイント部Jの形成開始時に、第2パルスレーザビーム1が設定した第2パルス条件で安定してレーザ発振器11から射出されていないことに起因している。
- [0101] また、発明者らは、第2待機時間 WT_2 が0.05秒である場合でも、ジョイント部Jの形成開始部の周囲でジョイント部Jに欠けが発生し、必要なジョイント部幅 W_J が得られない、という知見を得た。すなわち、発明者らは、第2待機時間 WT_2 が0.05秒である場合には必要な形状のジョイント部Jが得られない、という知見を得た。
- [0102] これは、ジョイント部Jの形成開始時に、第2パルスレーザビーム1が設定した第2パルス条件で安定してレーザ発振器11から射出されていないことに起因している。
- [0103] また、発明者らは、第2待機時間 WT_2 が0.1秒である場合は、ジョイント部Jの形成開始部の周囲でジョイント部Jに欠けが発生せず、必要なジョイント部幅 W_J が得られる、という知見を得た。すなわち、発明者らは、第2待機時間 WT_2 が0.1秒である場合には設計通りの形状のジョイント部Jが得られる、という知見を得た。
- [0104] これは、第2待機時間 WT_2 が0.1秒である場合は、ジョイント部Jの形成開始時に、第2パルスレーザビーム1が設定した第2パルス条件で安定してレーザ発振器11から射出されていることによる。また、第2待機時間 WT_2 が0.1秒より長い場合も、第2待機時間 WT_2 が0.1秒である場合と同様の結果が得られた。
- [0105] 以上のことより、ジョイント部Jの形成開始部の周囲でジョイント部Jに

欠けを発生させずに、設計通りの形状のジョイント部 J を得るためには、第 2 待機時間 WT_2 を 0.1 秒以上とすることが必要である。

[0106] 図 14 は、図 1 に示すレーザ加工装置 100 による加工対象物 30 の切断加工において形成されるジョイント部 J の寸法例を示す図である。図 14 では、加工対象物厚さ T が 12 mm である場合に、加工品 30a と端材 30b とを連結しておくために好適なジョイント部 J の寸法を示している。ここで、加工対象物 30 の材料は、一般構造用圧延鋼板の 1 種である SS400 である。加工品 30a の重量は、0.5 kg である。

[0107] 加工品 30a が端材 30b から外れてしまうことを防止する観点からは、ジョイント部 J には、加工品 30a を端材 30b に連結しておくために、ある程度の大きさが必要とされる。一方で、最終的にジョイント部 J を破壊して加工品 30a を端材 30b から外すためには、ジョイント部 J が大きすぎることは好ましくない。

[0108] 発明者らの知見によれば、ジョイント部高さ H_J が加工対象物厚さ T と同じである一般的なジョイント部を用いる場合、加工品 30a が端材 30b から外れてしまうことを防止するためには、切断溝 33 の溝幅の 1.5 倍以上、2.5 倍以下程度のジョイント部幅 W_J を設定することが好ましい。この場合、例えば、加工対象物厚さ T が 12 mm であり、切断溝 33 の溝幅が 0.4 mm とすると、ジョイント部幅 W_J は 0.6 mm 以上、1.0 mm 以下に設定されることが好ましい。このような寸法条件の場合、ジョイント部高さ H_J = 加工対象物厚さ T = 12 mm であるので、ジョイント部面積 HA は、7.2 mm² 以上、12 mm² 以下となる。

[0109] ジョイント部面積 HA は、ジョイント部幅 W_J およびジョイント部高さ H_J に沿ったジョイント部 J の縦断面の面積である。ジョイント部面積 HA は、「ジョイント部幅 W_J × ジョイント部高さ H_J 」の計算式により計算できる。ジョイント部面積 HA は、図 3 における斜線のハッチング部分の面積に対応し、XZ 面に沿ったジョイント部 J の断面の面積に対応する。

[0110] 一方、本実施の形態 1 にかかるジョイント部 J の例では、図 14 に示すよ

うにジョイント部幅 W_J を 1.5 mm に固定する。

[0111] そして、本実施の形態1にかかるジョイント部 J が、ジョイント部高さ H_J が加工対象物厚さ T と同じである一般的なジョイント部においてジョイント部幅 W_J が 0.6 mm である場合と同じジョイント部面積 H_A を有し、同じ機械的強度を有するためには、ジョイント部高さ H_J を加工対象物厚さ T の 40% 以上とすればよい。すなわち、本実施の形態1にかかるレーザ加工方法においては、ジョイント部溶融長さ L_M を加工対象物厚さ T の 60% 以下とすればよい。

[0112] また、本実施の形態1にかかるジョイント部 J では、ジョイント部高さ H_J を加工対象物厚さ T の 60% 以下とすることで、ジョイント部高さ H_J が加工対象物厚さ T と同じである一般的なジョイント部においてジョイント部幅 W_J が 1.0 mm である場合よりも、わずかに小さいジョイント部面積 H_A が得られ、わずかに小さい機械的強度を実現することができる。

[0113] すなわち、本実施の形態1にかかるジョイント部 J は、ジョイント部高さ H_J を加工対象物厚さ T の 40% 以上とすることで、ジョイント部高さ H_J が加工対象物厚さ T と同じである一般的なジョイント部の場合の最小のジョイント部面積 H_A を確保できるため、加工品 $30a$ が端材 $30b$ から外れて落下してしまうことを防止できる。

[0114] また、本実施の形態1にかかるジョイント部 J は、ジョイント部高さ H_J を加工対象物厚さ T の 60% 以下とすることで、ジョイント部高さ H_J が加工対象物厚さ T と同じである一般的なジョイント部の場合の最大のジョイント部面積 H_A よりもわずかに小さいジョイント部面積 H_A を実現し、最終的にジョイント部を破壊して加工品 $30a$ を端材 $30b$ から外す後処理が容易となる。

[0115] 図15は、図1に示すレーザ加工装置100による加工対象物30の切断加工条件およびジョイント部 J の寸法の例を示す図である。図15において、「板厚」は、加工対象物30の厚さである加工対象物厚さ T を示している。「ガス種」は、加工ガス2の種類を示している。「出力」は、パルスレー

ザビーム 1 の出力を示している。「周波数」は、パルスレーザビーム 1 の周波数を示している。「デューティ比」は、パルスレーザビーム 1 のデューティ比を示している。「速度」は、加工ヘッド 13 の移動速度、すなわちパルスレーザビーム 1 の移動速度を示している。「ジョイント部溶融量 (%)」は、板厚に対するジョイント部溶融長さ L_M の割合である。「ジョイント部高さ (%)」は、板厚に対するジョイント部高さ H_J の割合である。なお、図 15 に示す条件においても、切断溝 33 の溝幅は 0.4 mm とされている。

[0116] 図 16 は、図 15 に示す例のうち条件 (2)、条件 (4) および条件 (5) の場合の詳細な切断加工条件を示す図である。図 16 において、「ガス圧力」は、加工ガス 2 の圧力を示している。「ノズル高さ」は、加工対象物 30 の上面 31 からのビームノズル 17 とガスノズル 18 との高さを示している。

[0117] 図 16 に示すように、ジョイント部 J の加工時のパルスレーザビーム 1 の出力、パルスレーザビーム 1 の周波数およびパルスレーザビーム 1 のデューティ比は、切断溝 33 の加工時のパルスレーザビーム 1 の出力、パルスレーザビーム 1 の周波数およびパルスレーザビーム 1 のデューティ比よりも低くされている。また、第 1 待機時間 W_T1 および第 2 待機時間 W_T2 は、それぞれ 0.1 秒とされている。

[0118] 図 15 に示すように、ジョイント部 J は、ジョイント部溶融長さ L_M が加工対象物厚さ T の 40% 以上、60% 以下とされ、ジョイント部高さ H_J が加工対象物厚さ T の 40% 以上、60% 以下とされている。このような条件で形成されたジョイント部 J によれば、加工品 30a が端材 30b から外れてしまうことを防止できるとともに、最終的にジョイント部を破壊して加工品 30a を端材 30b から外す後処理が容易となる。

[0119] 図 17 は、図 1 に示す制御部 16 の機能を実現するためのハードウェア構成を示す図である。レーザ加工装置 100 の制御部 16 の機能は、図 17 に示すように、CPU (Central Processing Unit) 201、メモリ 202、

記憶装置 203、表示装置 204 および入力装置 205 を備える制御装置により実現される。制御部 16 が実行する機能は、ソフトウェア、ファームウェア、またはソフトウェアとファームウェアとの組み合わせにより実現される。ソフトウェアまたはファームウェアは、コンピュータプログラムとして記述されて記憶装置 203 に格納される。CPU 201 は、記憶装置 203 に記憶されたソフトウェアまたはファームウェアをメモリ 202 に読み出して実行することにより、制御部 16 の機能を実現する。すなわち、コンピュータシステムは、制御部 16 の機能が CPU 201 により実行されるときに、実施の形態 1 で説明した制御部 16 の動作を実施するステップが結果的に実行されることになるプログラムを格納するための記憶装置 203 を備える。また、これらのプログラムは、制御部 16 の機能を実現する処理をコンピュータに実行させるものであるともいえる。メモリ 202 は、RAM (Random Access Memory) といった揮発性の記憶領域が該当する。記憶装置 203 は、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリといった不揮発性または揮発性の半導体メモリ、磁気ディスクが該当する。表示装置 204 の具体例は、モニタ、ディスプレイである。入力装置 205 の具体例は、キーボード、マウス、タッチパネルである。

[0120] 上述した実施の形態 1 にかかるレーザ加工装置 100 は、加工品 30a の輪郭に沿って加工対象物 30 を切断加工する場合に、ジョイント部 J を 1 つだけ形成する。これにより、レーザ加工装置 100 では、複数のジョイント部 J を形成する場合に比べて、制御部 16 による切断加工の制御が容易であり、また制御部 16 における切断加工の制御に用いられる加工経路プログラムの作成が容易になる。また、レーザ加工装置 100 による加工対象物 30 の切断加工では、ジョイント部 J が 1 つだけ形成されるため、最終的にジョイント部 J を破壊して加工品 30a を端材 30b から外す後処理が容易となり、加工対象物 30 の切断加工の生産効率が向上する。

[0121] また、1 つの加工品 30a の切断加工において複数のジョイント部を形成する場合には、切断加工が進むにつれて加工対象物 30 には徐々に熱が蓄積

されることになり、同一の加工条件で複数のジョイント部を形成しても、同じ形状のジョイント部が得られなくなる。このため、1つの加工品30aの切断加工において複数のジョイント部を形成する場合には、適切な加工条件を設定することが困難になる。

[0122] これに対して、レーザ加工装置100では、加工対象物30を切断加工する際にジョイント部Jを1つだけ形成するため、適切な加工条件の設定が容易になる。

[0123] また、レーザ加工装置100では、加工対象物30の厚さ方向において、すなわちジョイント部Jの高さ方向において、ジョイント部Jの上面J1の高さ位置が加工対象物30の上面31の高さ位置よりも低く、加工対象物30の厚さ方向におけるジョイント部Jの厚さが加工対象物30の板厚よりも薄い、ジョイント部Jが形成される。これにより、レーザ加工装置100による加工対象物30の切断加工では、最終的にジョイント部Jを破壊して加工品30aを端材30bから外す後処理が容易となり、加工対象物30の切断加工の生産効率が向上する。すなわち、レーザ加工装置100は、切断加工の後工程で加工品30aの取外しが容易なジョイント部Jを形成できる。

[0124] また、レーザ加工装置100では、切断溝形成工程の終了時に、加工対象物30の照射面に対する第1パルスレーザビーム1の照射および加工ヘッド13の移動が、一時的に停止される。そして、切断溝形成工程の終了後に、第1待機時間WT1にわたって第1待機工程が、行われる。第1待機工程では、第1パルスレーザビーム1の射出および加工ヘッド13の移動が停止された状態で、照射面への加工ガス2の噴射が行われる。このため、第1待機工程では、さらなる加工対象物30の材料の溶融が行われない状態で、第1パルスレーザビーム1の照射の停止直前までに溶融されて切断溝33の内部で加工対象物30の下面32側に流れた溶融物30W2の、加工ガス2による切断溝33からの排出が行われる。これにより、レーザ加工装置100は、加工対象物30の照射面に対する第1パルスレーザビーム1の照射が停止される直前までに溶融された加工対象物30の材料を、全て切断溝33から

排出することができる。

[0125] このため、レーザ加工装置 100 では、ジョイント部 J の形成開始時に切断溝 33 の内部に残存した溶融物 30 W 2 に当たった第 2 パルスレーザビーム 1 が反射して加工対象物 30 の側面 35 に当たることにより起因したジョイント部 J の形成への悪影響を防止できる。これにより、レーザ加工装置 100 では、設計どおりのジョイント部幅 W J およびジョイント部溶融長さ L M を得ることができ、設計どおりの形状のジョイント部 J を得ることができる。

[0126] また、レーザ加工装置 100 では、加工ガス 2 による切断溝 33 からの溶融物の排出を適切に行うことにより、加工対象物 30 の溶融部から飛散するスパッタの吹き上がりを防止することができる。このため、加工ヘッド 13 に設けられた加工レンズおよび保護ガラスなどの光学系、ビームノズル 17 およびガスノズル 18 などのノズルの、スパッタの吹き上がりにより起因した汚れまたは損傷を防止することができる。これにより、次に切断加工する加工対象物 30 における加工不良の発生を防止できる。

[0127] また、レーザ加工装置 100 では、第 2 パルスレーザビーム 1 の射出の開始時に、第 2 待機時間 W T 2 にわたって、第 2 待機工程が行われる。これにより、レーザ加工装置 100 では、ジョイント部 J の形成開始時に、第 2 パルス条件で安定してレーザ発振器 11 から射出された第 2 パルスレーザビーム 1 によって加工対象物 30 を安定して溶融させることができ、設計どおりのジョイント部幅 W J およびジョイント部溶融長さ L M を得ることができ、設計どおりの形状のジョイント部 J を得ることができる。

[0128] また、レーザ加工装置 100 では、第 1 待機工程による切断溝 33 内における溶融物の排出と、第 2 待機工程による第 2 パルスレーザビーム 1 の射出状態の安定化と、第 2 パルスレーザビーム 1 のパルス条件と、加工ヘッド 13 の移動状態と、を組み合わせることでジョイント部 J の形成を制御することにより、設計どおりの形状のジョイント部 J を得ることができる。すなわち、レーザ加工装置 100 では、切断溝 33 内における溶融物の排出と、第 2 パルスレーザビーム 1 の射出状態と、第 2 パルスレーザビーム 1 のパルス条件と

、加工ヘッド13の移動および停止を適切に制御することにより、ジョイント部溶融長さLMを適切に制御することができ、ジョイント部Jの加工不良を防止することができる。

[0129] このように、レーザ加工装置100では、設計どおりのジョイント部幅WJおよびジョイント部溶融長さLMを得ることができ、設計どおりの形状のジョイント部Jを得ることができ、複数の加工対象物30の切断加工を連続して繰り返しても、設計通りの品質のジョイント部Jを安定して加工することができる。

[0130] したがって、実施の形態1にかかるレーザ加工装置100によれば、レーザビームによる切断加工において加工対象物30の端材30bと加工品30aとを連結する連結片を所望の形状で確実に形成することができる、という効果を奏する。

[0131] 以上の実施の形態に示した構成は、一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0132] 1 パルスレーザビーム、2 加工ガス、11 レーザ発振器、12 光路、13 加工ヘッド、14 駆動部、15 検知部、16 制御部、17 ビームノズル、18 ガスノズル、21 加工ガス供給源、30 加工対象物、30W1, 30W2 溶融物、30a 加工品、30b 端材、30c 加工点、31, J1 上面、32 下面、33, 34, 331, 332, 333, 334, 335 切断溝、35 側面、41a, 41b 実線、42 一点鎖線、43a, 43b 破線、100 レーザ加工装置、201 CPU、202 メモリ、203 記憶装置、204 表示装置、205 入力装置、A1, A2 矢印、CP, CP11, CP12, CP13, CP14, CP15 加工経路、CP1 第1加工経路、CP1s 加工始点部、CP2 第2加工経路、CPe 加工終点部、DJ ジョイント部奥行き、HA ジョイント部面積、HJ ジョイント部高さ、J ジョイント部

、 J_e 終端部、 L_M ジョイント部溶融長さ、 P ピアス孔、 S_P 照射停止位置、 T 加工対象物厚さ、 W_J ジョイント部幅、 W_{T1} 第1待機時間、 W_{T2} 第2待機時間。

請求の範囲

[請求項1]

レーザビームを加工対象物に照射するとともにガスを前記加工対象物に噴射して前記加工対象物を加工品と端材とに分離させる切断加工を行うレーザ加工装置であって、

前記レーザビームを前記加工対象物に照射する加工ヘッドと、

前記加工対象物にガスを噴射するガスノズルと、

前記加工対象物と加工ヘッドとの少なくとも一方を移動させる駆動部と、

前記レーザビームの照射を制御する制御部と、

を備え、

前記制御部は、

前記加工対象物において前記レーザビームが照射される面である上面の面内方向における前記加工品の外形形状に沿う予め決められた加工経路に沿って第1レーザビームを走査して切断溝を形成する制御と、

前記レーザビームの照射位置が前記加工経路における終点部の手前の位置に到達したときに前記第1レーザビームの照射を停止する制御と、

前記第1レーザビームの照射を停止した状態で前記ガスの噴射を予め決められた第1待機時間にわたって継続する制御と、

単位時間当たりに前記加工対象物に与える熱エネルギーが前記第1レーザビームより少ない第2レーザビームを前記加工対象物に照射する制御と、

前記第2レーザビームを前記加工対象物に照射した状態を予め決められた第2待機時間にわたって維持させる制御と、

前記加工経路における前記切断溝が形成されていない未切断領域に前記第2レーザビームを走査して、前記加工対象物の厚さ方向における厚さが前記加工対象物の厚さよりも薄く前記加工品と前記端材とを

連結するジョイント部を形成する制御と、

を行うこと、

を特徴とするレーザー加工装置。

[請求項2] 前記第1レーザービームおよび前記第2レーザービームがパルスレーザービームであり、

前記第2レーザービームは、パルスレーザービームの出力が前記第1レーザービームの出力よりも小さく、パルスレーザービームの周波数が前記第1レーザービームの周波数よりも小さく、パルスレーザービームのデューティ比が前記第1レーザービームのデューティ比よりも小さいこと、
を特徴とする請求項1に記載のレーザー加工装置。

[請求項3] 前記未切断領域は、前記加工経路における前記終点部の手前の位置から前記加工経路の始点までの領域であること、

を特徴とする請求項1または2に記載のレーザー加工装置。

[請求項4] 前記加工対象物の厚さ方向における前記ジョイント部の高さを、前記加工対象物の厚さの40%以上、60%以下の寸法とすること、

を特徴とする請求項1から3のいずれか1つに記載のレーザー加工装置。

[請求項5] 前記第1待機時間が、0.1秒以上であること、

を特徴とする請求項1から4のいずれか1つに記載のレーザー加工装置。

[請求項6] 前記第2待機時間が、0.1秒以上であること、

を特徴とする請求項1から5のいずれか1つに記載のレーザー加工装置。

[請求項7] レーザ加工装置が、レーザービームを加工対象物に照射するとともにガスを前記加工対象物に噴射して前記加工対象物を加工品と端材とに分離させる切断加工を行うレーザー加工方法であって、

前記加工対象物において前記レーザービームが照射される面である上面の面内方向における前記加工品の外形形状に沿う予め決められた加

工経路に沿って第1レーザビームを走査して切断溝を形成する工程と、

前記レーザビームの照射位置が前記加工経路における終点部の手前の位置に到達したときに前記第1レーザビームの照射を停止する工程と、

前記第1レーザビームの照射を停止した状態で前記ガスの噴射を予め決められた第1待機時間にわたって継続する工程と、

単位時間あたりに前記加工対象物に与える熱エネルギーが前記第1レーザビームより少ない第2レーザビームを前記加工対象物に照射する工程と、

前記第2レーザビームを前記加工対象物に照射した状態を予め決められた第2待機時間にわたって維持させる工程と、

前記加工経路における前記切断溝が形成されていない未切断領域に前記第2レーザビームを走査して、前記加工対象物の厚さ方向における厚さが前記加工対象物の厚さよりも薄く前記加工品と前記端材とを連結するジョイント部を形成する工程と、

を含むことを特徴とするレーザ加工方法。

[請求項8] 前記第1レーザビームおよび前記第2レーザビームがパルスレーザビームであり、

前記第2レーザビームは、パルスレーザビームの出力が前記第1レーザビームの出力よりも小さく、パルスレーザビームの周波数が前記第1レーザビームの周波数よりも小さく、およびパルスレーザビームのデューティ比が前記第1レーザビームのデューティ比よりも小さいこと、

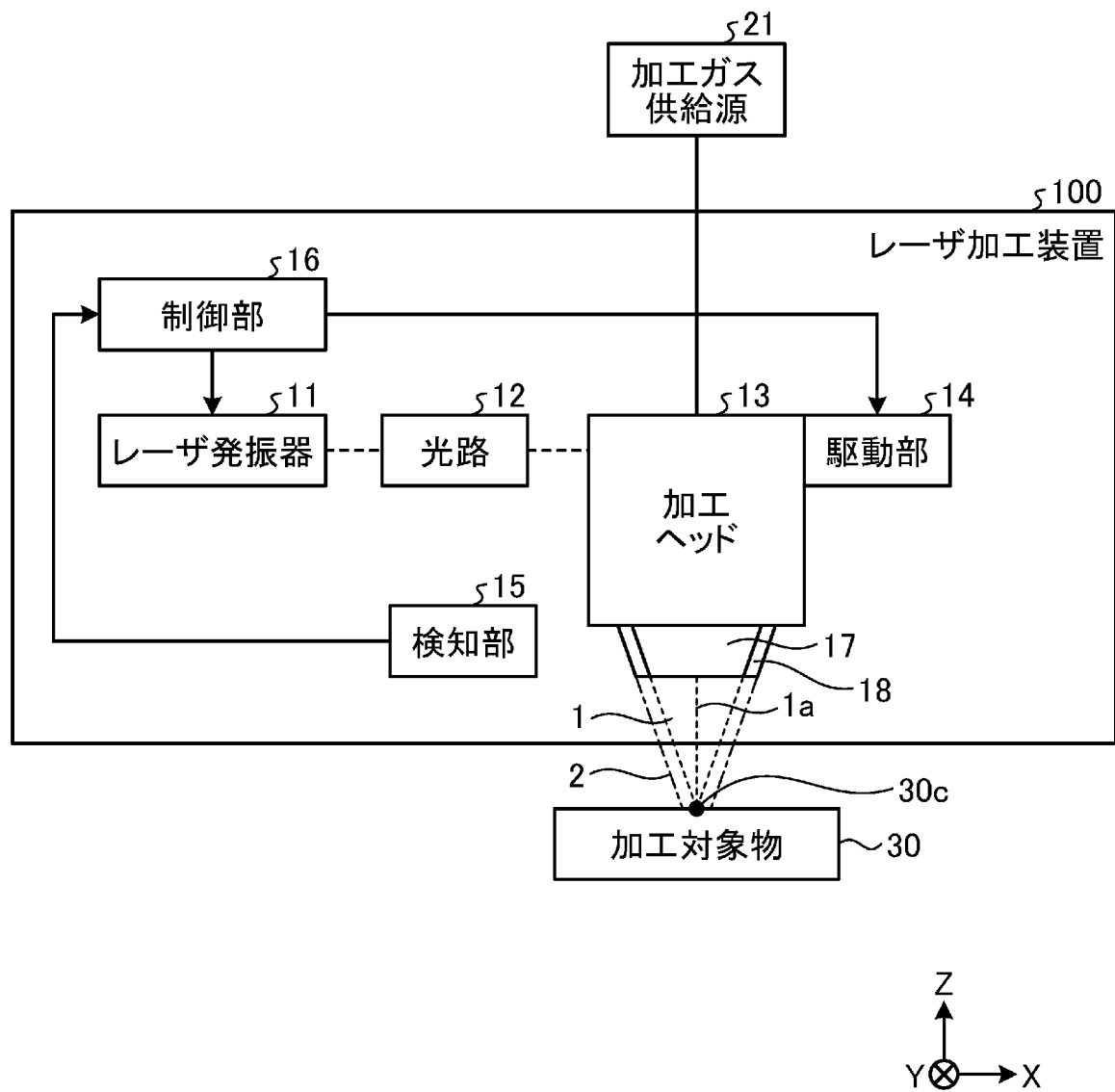
を特徴とする請求項7に記載のレーザ加工方法。

[請求項9] 前記未切断領域は、前記加工経路における前記終点部の手前の位置から前記加工経路の始点までの領域であること、

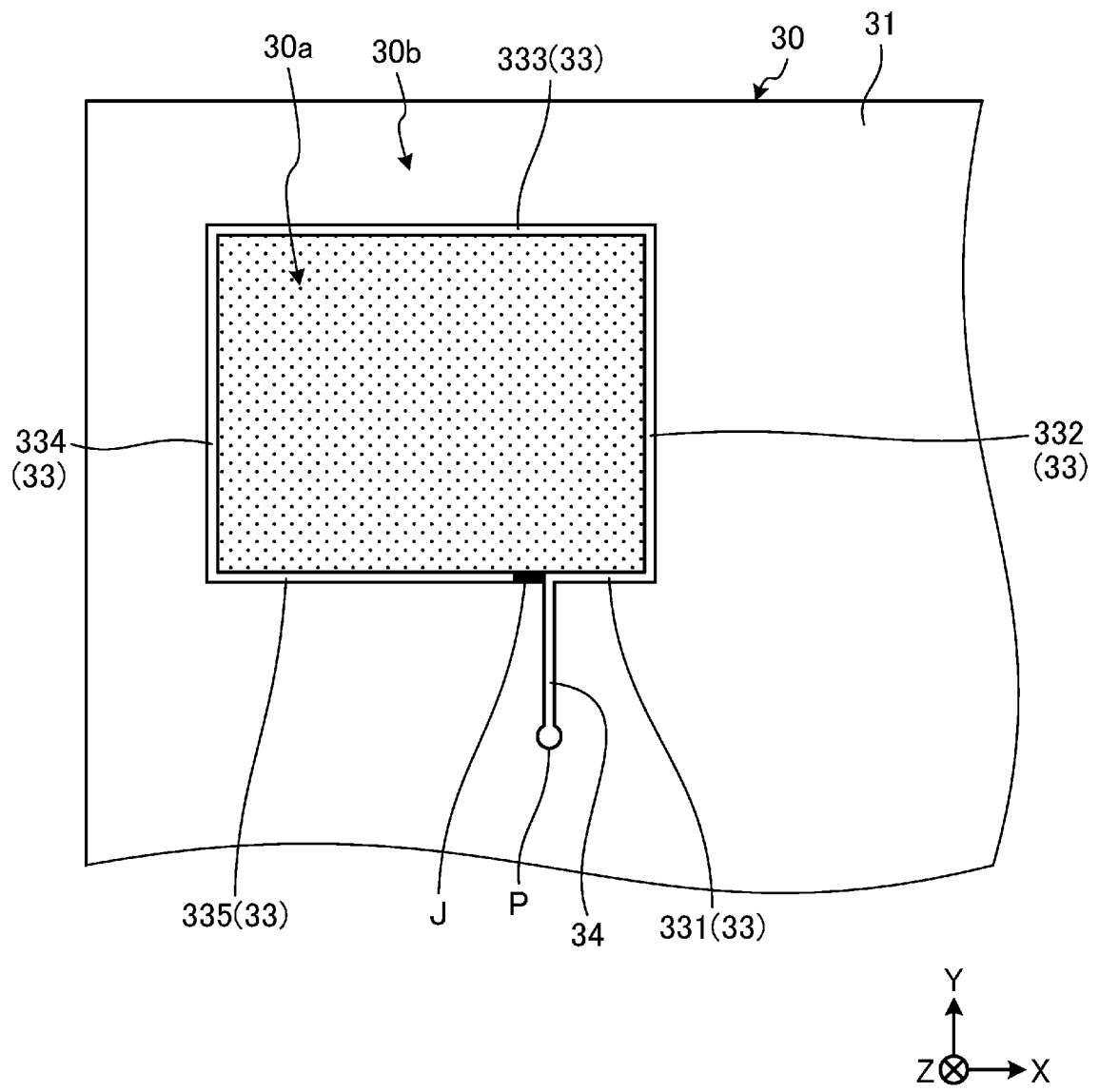
を特徴とする請求項7または8に記載のレーザ加工方法。

- [請求項10] 前記加工対象物の厚さ方向における前記ジョイント部の高さを、前記加工対象物の厚さの40%以上、60%以下の寸法とすること、
を特徴とする請求項7から9のいずれか1つに記載のレーザ加工方法。
- [請求項11] 前記第1待機時間が、0.1秒以上であること、
を特徴とする請求項7から10のいずれか1つに記載のレーザ加工方法。
- [請求項12] 前記第2待機時間が、0.1秒以上であること、
を特徴とする請求項7から11のいずれか1つに記載のレーザ加工方法。

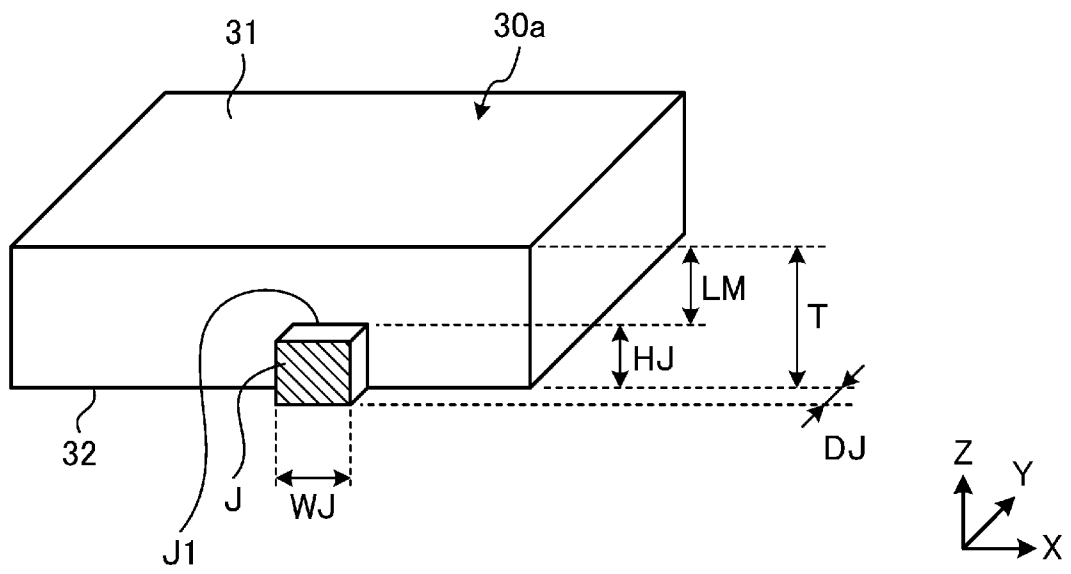
[図1]



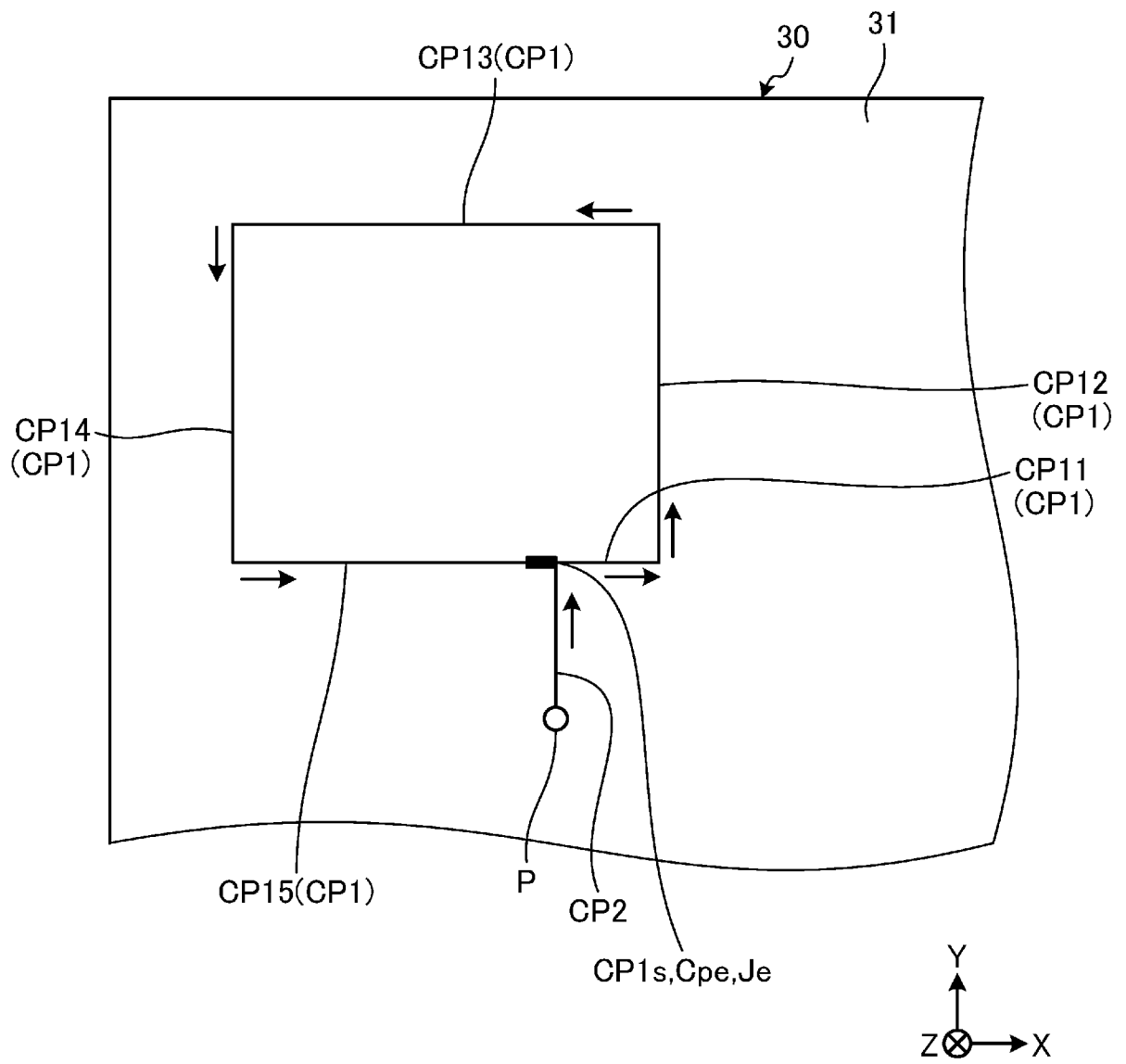
[図2]



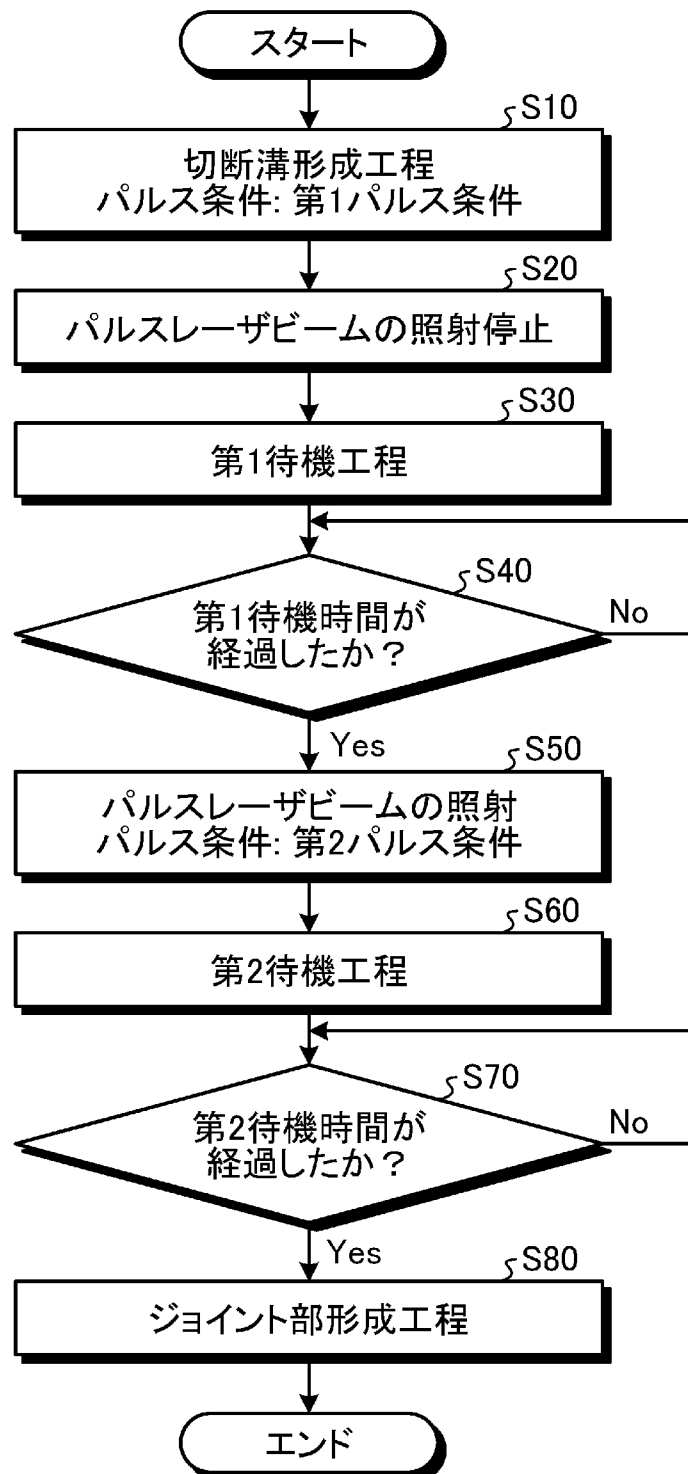
[図3]



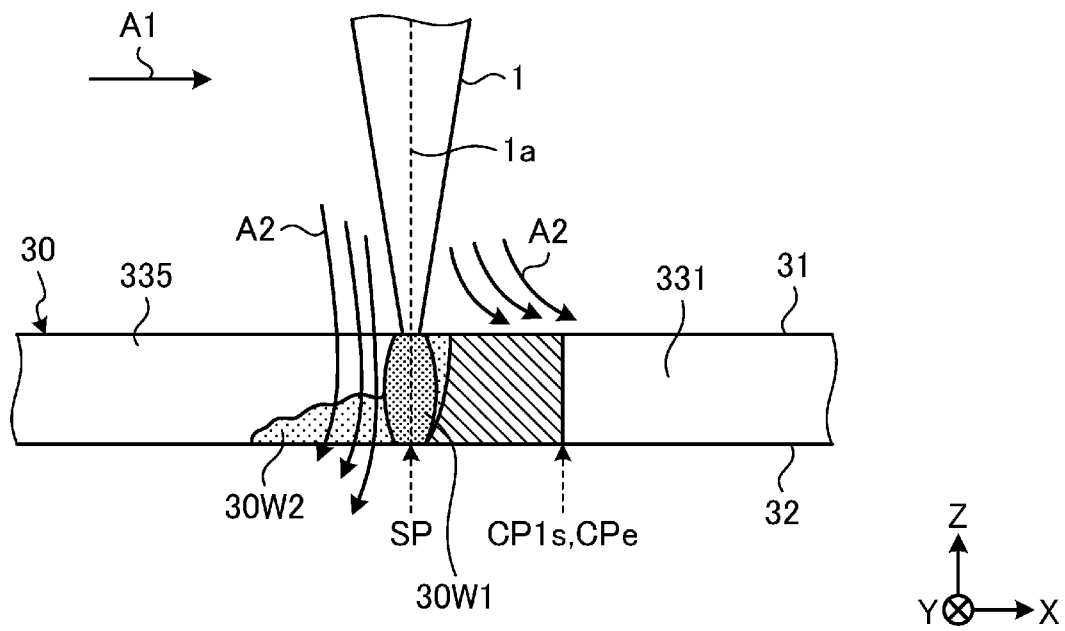
[図4]



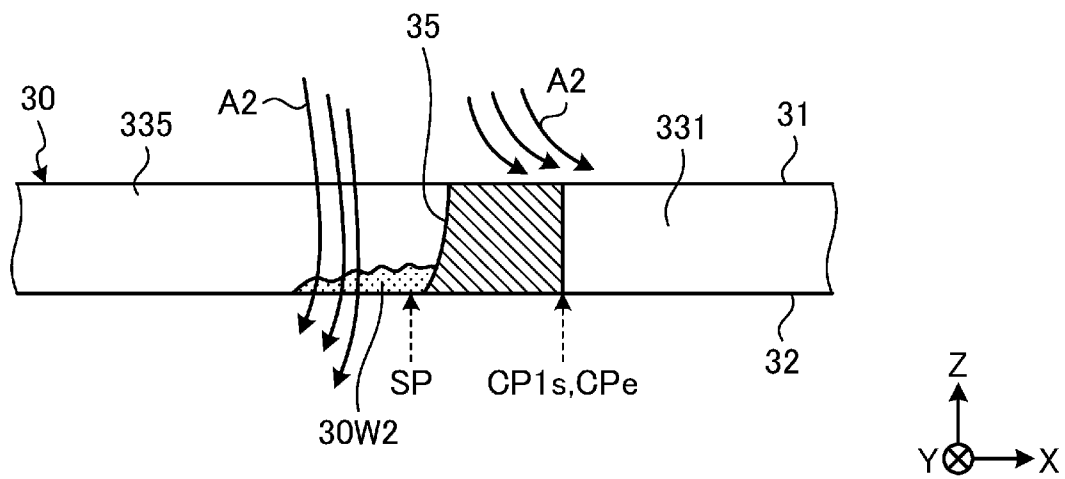
[図5]



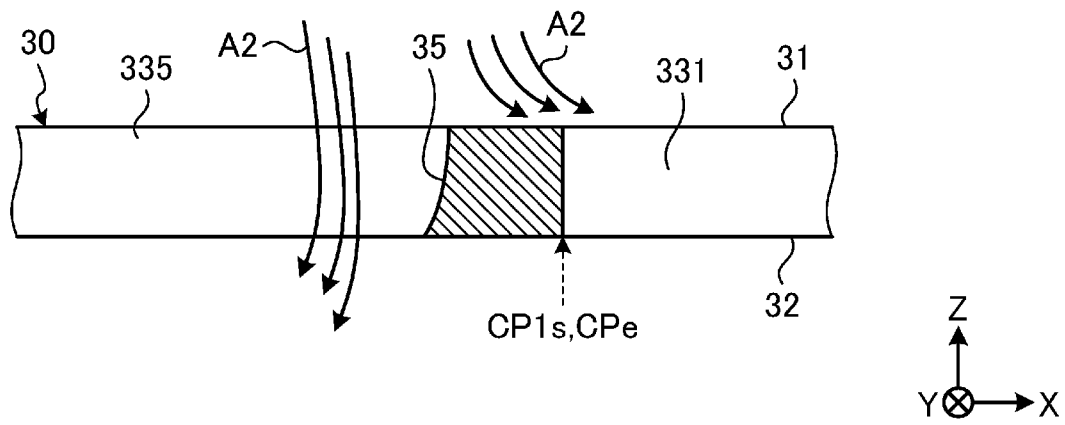
[図6]



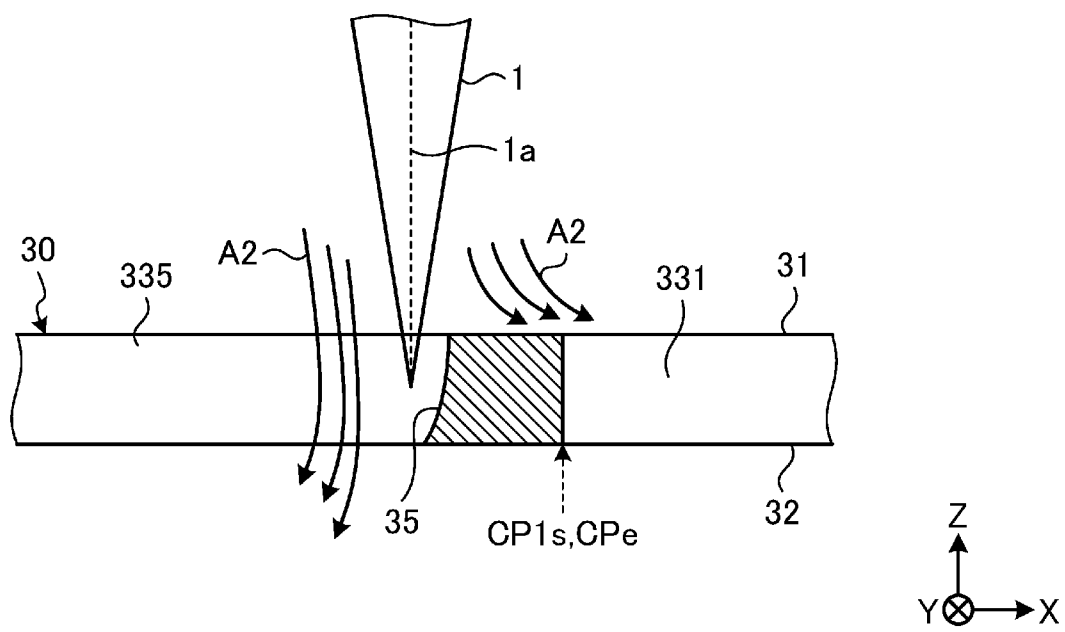
[図7]



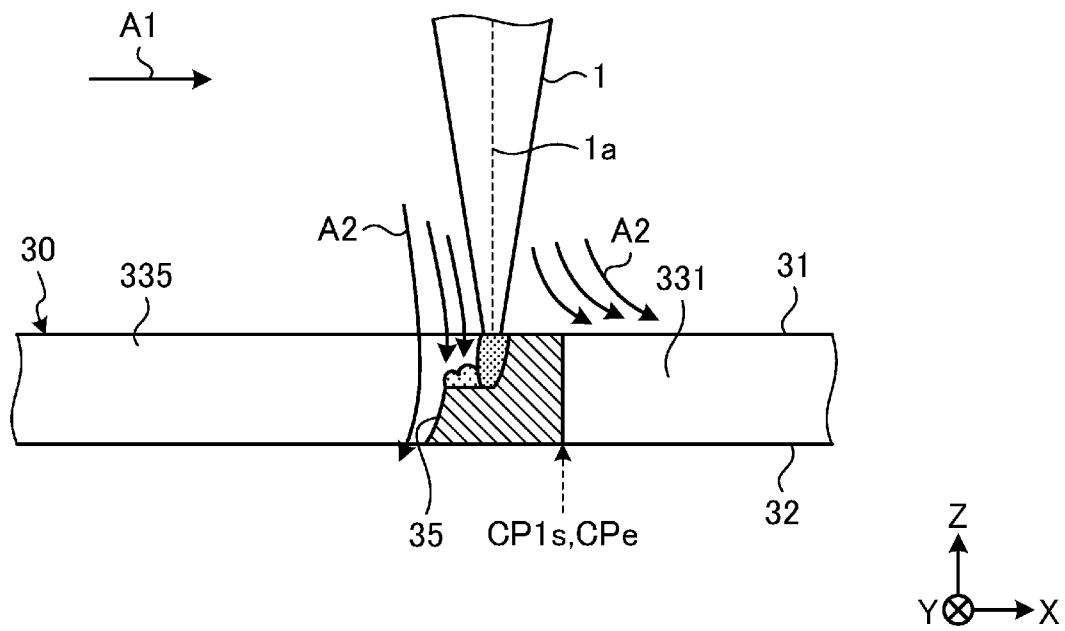
[図8]



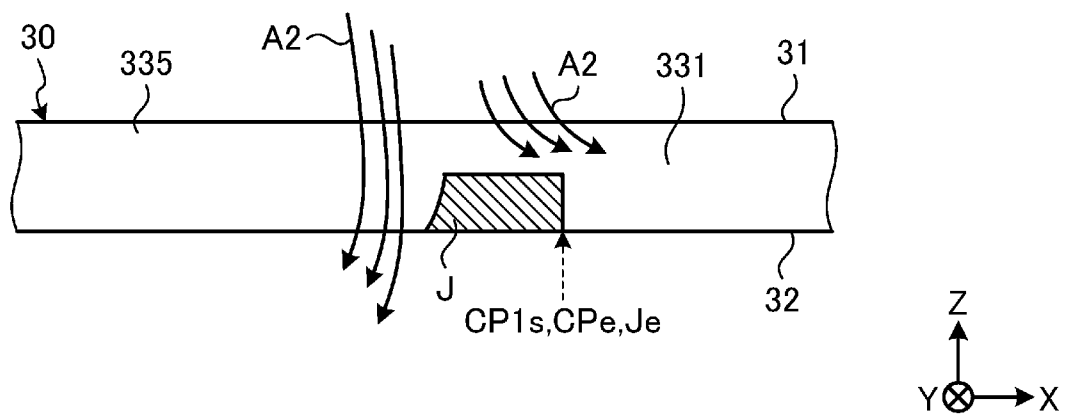
[図9]



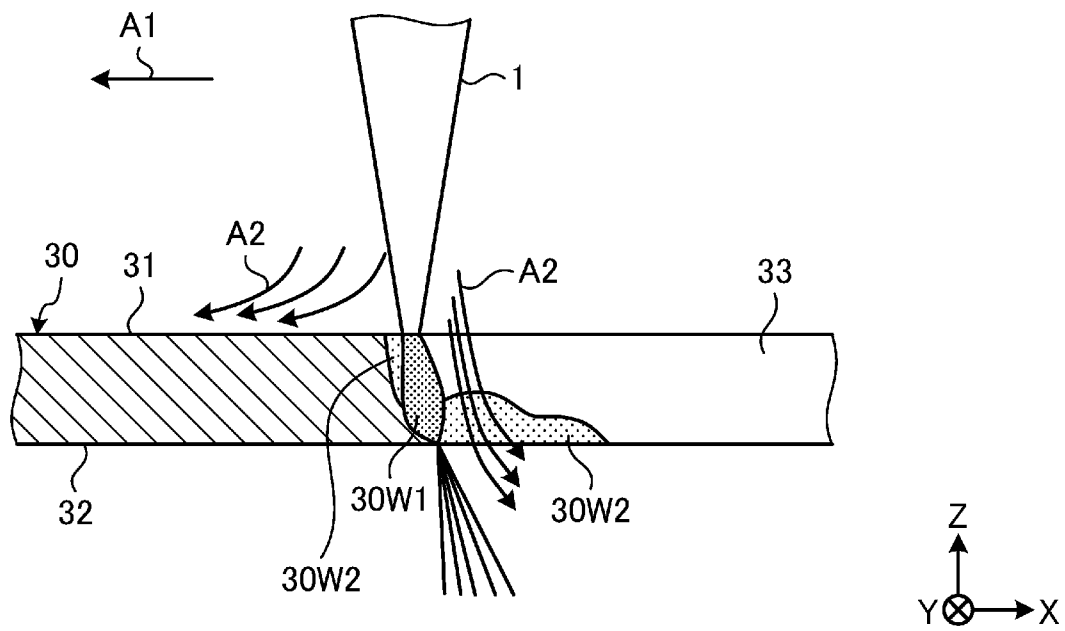
[図10]



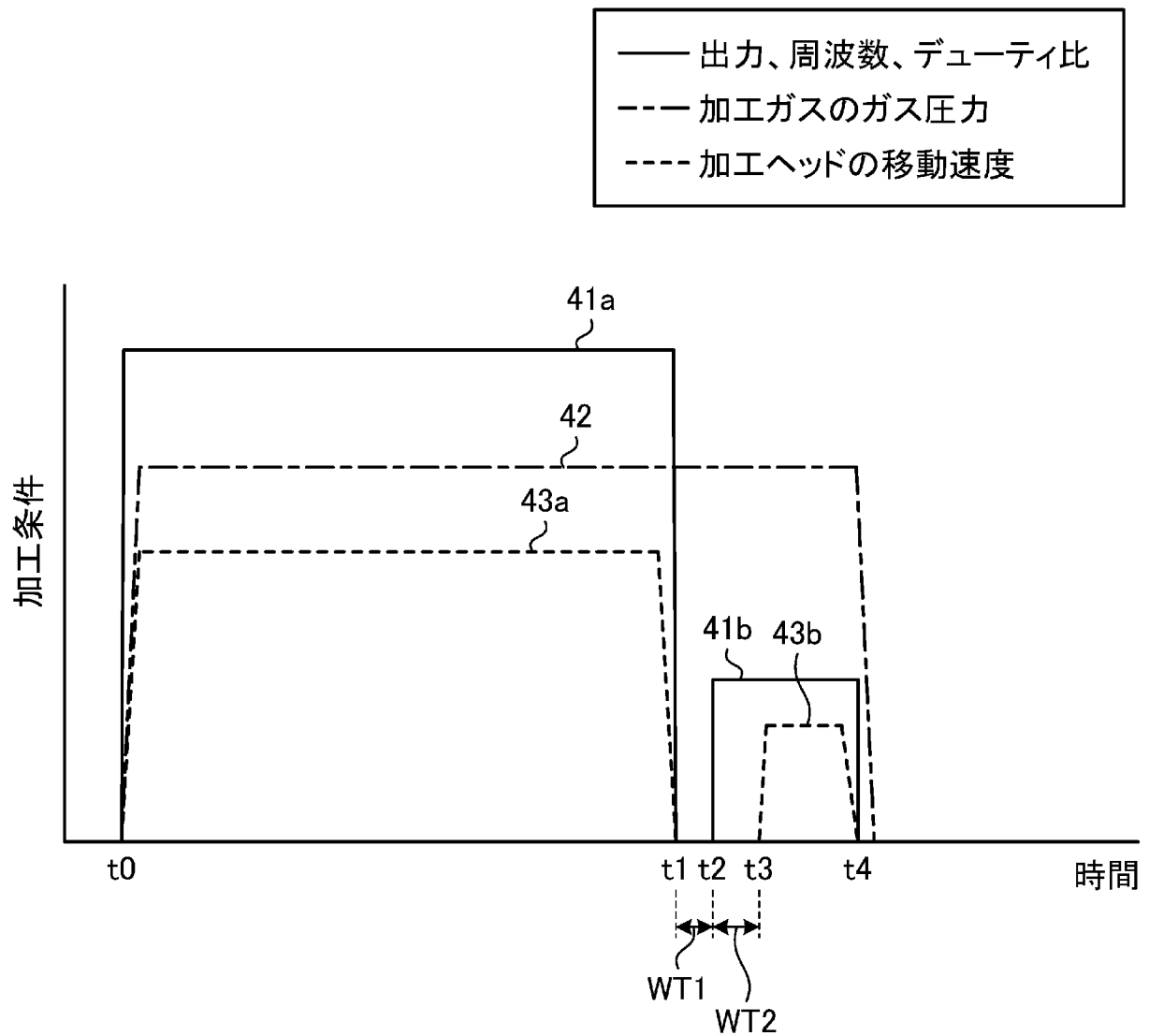
[図11]



[図12]



[図13]



[図14]

T=12mm

		ジョイント部幅 (mm)	ジョイント部高さ (mm)	ジョイント部面積 (mm ²)
一般の ジョイント部	最小	0.6	12	7.2
	最大	1	12	12
実施の形態1の ジョイント部J	最小	1.5	4.8	7.2
	最大	1.5	7.2	10.8

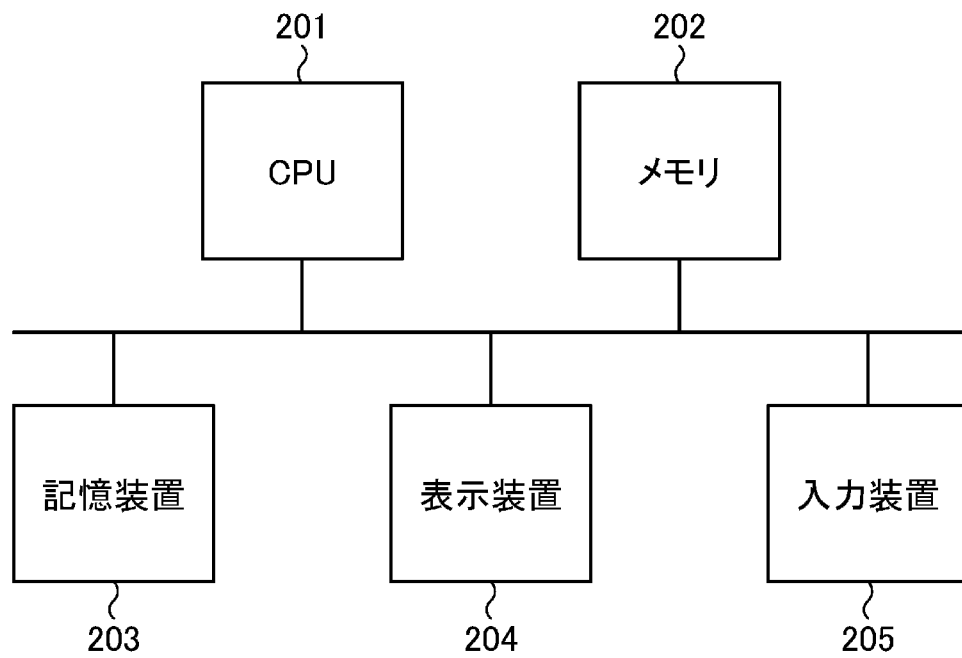
[図15]

条件	板厚 (mm)	ガス種	出力 (W)	周波数 (Hz)	デューティ比 (%)	速度 (mm/min)	ジョイント部幅 (mm)	ジョイント部 溶融長さ(mm)	ジョイント部 溶融量(%)	ジョイント部 高さ(mm)	ジョイント部 高さ(%)
(1)	2.3	酸素	80	200	30	400	1.5	1	43	1.3	57
(2)	6	酸素	200	20	30	300	1.5	3	50	3	50
(3)	12	酸素	600	20	30	500	1.5	5	42	7	42
(4)	16	酸素	700	25	30	500	1.5	9.5	59	6.5	59
(5)	6	窒素	350	100	30	700	1.5	2.5	42	3.5	58

[図16]

板厚 (mm)	加工部位	ガス種	出力 (W)	周波数 (Hz)	デューティ比 (%)	速度 (mm/min)	ガス圧力 ($\times 0.1\text{MPa}$)	ノズル高さ (mm)	第1待機時間 (秒)	第2待機時間 (秒)
6	切断溝	酸素	4000	500	100	2800	0.6	1	0.1	—
	ジョイント部	酸素	200	20	30	300	0.6	1	—	0.1
16	切断溝	酸素	5000	3000	85	1200	0.7	1	0.1	—
	ジョイント部	酸素	700	25	30	500	0.7	1	—	0.1
6	切断溝	窒素	8000	500	100	7000	13.0	1	0.1	—
	ジョイント部	窒素	350	100	30	700	13.0	1	—	0.1

[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/039296

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B23K 26/38**(2014.01)i

FI: B23K26/38 A

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)

B23K26/38

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 2012-96262 A (KOMATSU NTC LTD.) 24 May 2012 (2012-05-24) paragraphs [0032], [0038]	1-12
A	JP 2001-334379 A (AMADA CO., LTD.) 04 December 2001 (2001-12-04) paragraphs [0041]-[0043]	1-12



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

06 December 2021

Date of mailing of the international search report

21 December 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/JP2021/039296

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2012-96262	A	24 May 2012	(Family: none)	
JP	2001-334379	A	04 December 2001	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23K 26/38(2014.01)i FI: B23K26/38 A														
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）） B23K26/38 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 2012-96262 A（コマツNTC株式会社）24.05.2012（2012-05-24） 段落0032, 0038	1-12												
A	JP 2001-334379 A（株式会社アマダ）04.12.2001（2001-12-04） 段落0041-0043	1-12												
☐ 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 06.12.2021	国際調査報告の発送日 21.12.2021													
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） 正木 裕也 3P 4859 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/JP2021/039296

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2012-96262	A	24.05.2012	(ファミリーなし)	
JP	2001-334379	A	04.12.2001	(ファミリーなし)	