

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-43256
(P2018-43256A)

(43) 公開日 平成30年3月22日(2018.3.22)

| | | |
|---------------------------------|----------------|-------------|
| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード (参考) |
| B 2 3 K 26/062 (2014.01) | B 2 3 K 26/062 | 4 E 1 6 8 |
| B 2 3 K 26/067 (2006.01) | B 2 3 K 26/067 | |
| B 2 3 K 26/064 (2014.01) | B 2 3 K 26/064 | K |

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2016-178350 (P2016-178350)
(22) 出願日 平成28年9月13日 (2016.9.13)

(71) 出願人 314012076
パナソニックIPマネジメント株式会社
大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
(74) 代理人 100117972
弁理士 河崎 真一
(74) 代理人 100190713
弁理士 津村 祐子
(72) 発明者 林川 洋之
大阪府豊中市稲津町三丁目1番1号 パナ
ソニック溶接システム株式会社内
(72) 発明者 井上 恵太
大阪府豊中市稲津町三丁目1番1号 パナ
ソニック溶接システム株式会社

最終頁に続く

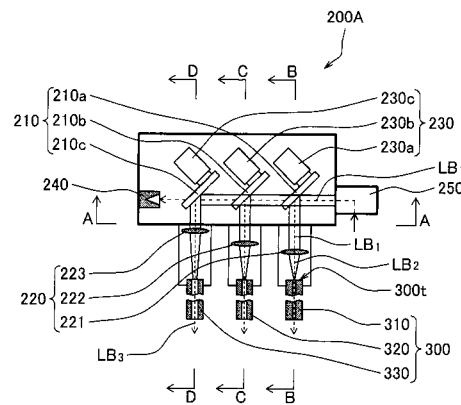
(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置

(57) 【要約】

【課題】様々なワークに応じた最適なBPPを有するレーザービームを照射できるレーザー加工装置を提供する。

【解決手段】レーザー発振器と、前記レーザー発振器から出射されるレーザービームが通る複数の光路と、前記レーザー発振器から出射される前記レーザービームを、前記複数の光路から選択される1つに導光するビーム光路切替部と、前記複数の光路にそれぞれ配置される複数のプロセスファイバと、前記複数のプロセスファイバのそれぞれに対応するように前記複数の光路に配置されており、前記レーザービームを集光して、対応する前記プロセスファイバに導光する複数の集光レンズと、を備え、前記複数の集光レンズが、互いに異なる焦点距離を有し、前記複数のプロセスファイバがそれぞれ、対応する前記集光レンズの前記焦点距離に応じたコア径を有する、レーザー加工装置。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザー発振器と、
 前記レーザー発振器から出射されるレーザービームが通る複数の光路と、
 前記レーザー発振器から出射される前記レーザービームを、前記複数の光路から選択される
 1つに導光するビーム光路切替部と、
 前記複数の光路にそれぞれ配置される複数のプロセスファイバと、
 前記複数のプロセスファイバのそれぞれに対応するように前記複数の光路に配置されて
 おり、前記レーザービームを集光して、対応する前記プロセスファイバに導光する複数の集
 光レンズと、を備え、
 前記複数の集光レンズが、互いに異なる焦点距離を有し、
 前記複数のプロセスファイバがそれぞれ、対応する前記集光レンズの前記焦点距離に応
 じたコア径を有する、レーザー加工装置。

10

【請求項 2】

レーザー発振器と、
 前記レーザー発振器から出射されるレーザービームが通る複数の光路と、
 前記レーザー発振器から出射される前記レーザービームを、前記複数の光路から選択される
 1つに導光するビーム光路切替部と、
 前記複数の光路に配置される複数のプロセスファイバと、
 前記複数のプロセスファイバのそれぞれに対応するように前記複数の光路に配置されて
 おり、前記レーザービームを集光して、対応する前記プロセスファイバに導光する複数の集
 光レンズと、を備え、
 前記複数の集光レンズの焦点位置から、それぞれ対応する前記複数のプロセスファイバ
 の前記レーザービームが入射する入射端までの入射距離が、互いに異っており、
 前記複数のプロセスファイバがそれぞれ、対応する前記焦点位置からの前記入射距離に
 応じたコア径を有する、レーザー加工装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザー加工装置に関し、特にレーザービームをプロセスファイバにより導光す
 るレーザー加工装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

レーザー発振器により発振されるレーザー光は、単色性および指向性に優れており、かつ、
 コヒーレントな光であるため、切断、穴あけ、溶接、表面処理、マーキング等の様々な工
 業的な加工に用いられている。

【0003】

従来のレーザー加工装置について、図6を参照しながら説明する。図6は、レーザー加工装
 置の構成を模式的に示す斜視図である。図中、同様の構成および機能を備える部材には、
 同じ符号を付している。

40

【0004】

レーザー加工装置2000は、レーザー発振器2100と、レーザー発振器2100から出射
 されるレーザービームLB₁₀₀の光路を切り替えるビーム光路切替部2200と、レーザー
 ビームLB₁₀₀が入射する複数のプロセスファイバ2300(2300a~2300c
)と、を備える。ビーム光路切替部2200の内部は例えば大気雰囲気であり、ビーム光
 路切替部2200内では、レーザービームLB₁₀₀は大気を媒体にして伝搬される。ビー
 ム光路切替部2200にはプロセスファイバ2300の一方の端部が接続しており、レー
 ザービームLB₁₀₀は、ビーム光路切替部2200を経て、プロセスファイバ2300に
 入射する。プロセスファイバ2300は、レーザービームLB₁₀₀を、ビーム光路切替部
 2200から加工対象物(ワークW)近傍にまで伝搬するための媒体である。

50

【0005】

通常、1台のレーザ発振器2100には、複数の加工ヘッド2400（図示例では、3台）が接続している。ビーム光路切替部2200は、レーザビームLB₁₀₀の光路を切り替えて、レーザビームLB₁₀₀を複数のプロセスファイバ2300（2300a～2300c）のうちのいずれかに導光する。プロセスファイバ2300の内部に導光されたレーザビームLB₁₀₀は、やがて、プロセスファイバ2300の他方の端部に接続された加工ヘッド2400に到達する。このように、レーザビームLB₁₀₀が導光される加工ヘッド2400をビーム光路切替部2200により切り替えて、タイムシェアリングを行いながら、複数のワークWに対してレーザ加工が施される。通常、各プロセスファイバ2300のコア径、および、ビーム光路切替部2200から各加工ヘッド2400の先端までの光学的な条件（例えば、屈折率）はそれぞれ等しいため、複数のワークWに対して、同じ条件でレーザ加工が施される。以下、加工ヘッド2400からワークWに照射されるレーザビームLBをLB₄₀₀と称する。

10

【0006】

ビーム光路の切り替えに関して、特許文献1は、プリズムのような偏光手段によってレーザビームの光路を変化させる方法を教示している。また、特許文献2は、プロセスファイバの配置を変化させて、異なるプロセスファイバにレーザビームを入射させる方法を提案している。

【0007】

加工ヘッド2400は、コリメータレンズ2410および集光レンズ2420を備える。加工ヘッド2400に到達したレーザビームLB₄₀₀は、集光レンズ2420によって密度が高められて、ワークWに照射される。ワークWは、加工テーブル2500上に固定されている。一方、加工ヘッド2400は、X軸モータ2710およびY軸モータ2720によって移動可能であり、加工ヘッド2400をワークWに対して相対的に移動させながら、所定の加工が施される。レーザ発振器2100、X軸モータ2710およびY軸モータ2720は、加工制御部2600により制御されており、その状態は、加工制御部2600に同期されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

30

【特許文献1】特表2014-509263号公報

【特許文献2】特開2012-24782号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ワークWを高精度で効率よく加工するには、ワークWに照射されるレーザビームLB₄₀₀のBPP（Beam Parameter Product）がポイントとなる。

BPPは、レーザビームLBの品質を表現するのに、一般的に用いられるパラメータである。BPPは、ビームの拡がりの半角度（ミリラジアン、mrad）と、焦点（ビームウエスト）におけるビーム半径w（ミリメートル、mm）との積で求められる。BPPが小さいレーザビームLBは、より小さいビーム径であって、焦点深度が短くなるように集光され得る。一方、BPPの大きいレーザビームLBは、大きなビーム径であって、焦点深度が長くなるように集光され得る。そのため、例えば、薄いワークWを切断する場合には、BPPの小さなレーザビームLBが適しており、厚いワークWを切断する場合には、BPPの大きなレーザビームLBが適している。つまり、BPPは、加工精度および生産性を向上させるために重要なパラメータの一つである。なお、焦点深度とは、ビーム径が光学的に同じであると見なされる範囲であって、具体的には、ビーム半径の2～2倍の径に拡がるまでの範囲（レイリーの範囲）である。

40

【0010】

しかし、従来のレーザ加工装置では、ワークWあるいは加工条件に応じてレーザビーム

50

L B₄₀₀のBPPを変えることはできず、加工精度および生産性が低下し易い。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一局面は、レーザ発振器と、前記レーザ発振器から出射されるレーザビームが通る複数の光路と、前記レーザ発振器から出射される前記レーザビームを、前記複数の光路から選択される1つに導光するビーム光路切替部と、前記複数の光路にそれぞれ配置される複数のプロセスファイバと、前記複数のプロセスファイバのそれぞれに対応するように前記複数の光路に配置されており、前記レーザビームを集光して、対応する前記プロセスファイバに導光する複数の集光レンズと、を備え、前記複数の集光レンズが、互いに異なる焦点距離を有し、前記複数のプロセスファイバがそれぞれ、対応する前記集光レンズの前記焦点距離に応じたコア径を有する、レーザ加工装置である。

10

【0012】

本発明の他の一局面は、レーザ発振器と、前記レーザ発振器から出射されるレーザビームが通る複数の光路と、前記レーザ発振器から出射される前記レーザビームを、前記複数の光路から選択される1つに導光するビーム光路切替部と、前記複数の光路に配置される複数のプロセスファイバと、前記複数のプロセスファイバのそれぞれに対応するように前記複数の光路に配置されており、前記レーザビームを集光して、対応する前記プロセスファイバに導光する複数の集光レンズと、を備え、前記複数の集光レンズの焦点位置から、それぞれ対応する前記複数のプロセスファイバの前記レーザビームが入射する入射端までの入射距離が、互いに異なっており、前記複数のプロセスファイバがそれぞれ、対応する前記焦点位置からの前記入射距離に応じたコア径を有する、レーザ加工装置である。

20

【発明の効果】

【0013】

本発明のレーザ加工装置によれば、様々なワークに応じた最適なBPPを有するレーザビームを照射することができるため、加工精度および生産性に優れるレーザ加工が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明に係るレーザ加工装置の構成を模式的に示す斜視図である。

【図2】ビーム光路切替部の内部構成を模式的に示す平面図である。

30

【図3A】図2のビーム光路切替部をA-A面側から見た側面図である。

【図3B】図2のビーム光路切替部をB-B面側から見た側面図である。

【図3C】図2のビーム光路切替部をC-C面側から見た側面図である。

【図3D】図2のビーム光路切替部をD-D面側から見た側面図である。

【図4】他のビーム光路切替部の内部構成を模式的に示す平面図である。

【図5A】図4のビーム光路切替部をA-A面側から見た側面図である。

【図5B】図4のビーム光路切替部をB-B面側から見た側面図である。

【図5C】図4のビーム光路切替部をC-C面側から見た側面図である。

【図5D】図4のビーム光路切替部をD-D面側から見た側面図である。

【図6】従来のレーザ加工装置の構成を模式的に示す斜視図である。

40

【図7】ワークの厚みと切断速度との関係を表すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0015】

図7に、3種類のレーザビームLBを用いてワーク(ステンレス鋼板)を切断加工する場合の、厚みと切断速度との関係を表すグラフを示す。レーザビームLBは、いずれも出力4kWのレーザ発振器から出射され、そのBPPは、それぞれ4mm・mrad、6mm・mradおよび8mm・mradである。このグラフからわかるように、切断速度は、レーザビームLBのBPPおよびワークの厚みに影響される。例えば、ワークの厚みが5mm未満である場合、4mm・mradのBPPを有するレーザビームLBを用いると、他のBPPを有するレーザビームLBと比較して切断速度は速くなる。ワークの厚みが

50

5 ~ 18 mm 程度である場合、6 mm · m r a d の B P P を有するレーザビーム L B を用いると、他の B P P を有するレーザビーム L B と比較して切断速度は速くなる。ワークの厚みが 18 mm を超える場合、8 mm · m r a d の B P P を有するレーザビーム L B を用いると、他の B P P を有するレーザビーム L B と比較して切断速度は速くなる。

【 0 0 1 6 】

図 6 のレーザ加工装置 2 0 0 0 のように、ワーク W にプロセスファイバ 2 3 0 0 から出射されるレーザビーム L B _{4 0 0} を照射する場合、レーザビーム L B _{4 0 0} の B P P は、上記半角度 とプロセスファイバ 2 3 0 0 のコア径 × 1 / 2 との積で表わすことができる。すなわち、B P P の小さなレーザビーム L B _{4 0 0} をワーク W に照射するには、コア径の小さなプロセスファイバ 2 3 0 0 を用いればよい。一方、B P P の大きなレーザビーム L B _{4 0 0} をワークに照射するには、コア径の大きなプロセスファイバ 2 3 0 0 を用いればよい。ただし、上記のとおり、レーザ加工装置 2 0 0 0 に配置されるプロセスファイバのコア径はいずれも同じである。プロセスファイバ 2 3 0 0 のコアとは、プロセスファイバ 2 3 0 0 において、レーザビーム L B の屈折率の最も高い領域であり、コア径は、当該コアのプロセスファイバ 2 3 0 0 の長手方向に垂直な断面における径である。

10

【 0 0 1 7 】

通常、レーザビーム L B は、一旦、集光レンズ（図示せず）により集光させられた後、プロセスファイバ 2 3 0 0 に導光される。そのため、レーザビーム L B _{4 0 0} の B P P は、集光レンズに入射した後、プロセスファイバ 2 3 0 0 に入射するレーザビーム L B の、集光レンズの焦点におけるビーム半径およびビームの拡がりの半角度（つまり、プロセスファイバ 2 3 0 0 に入射するレーザビーム L B の B P P）と、レーザビーム L B が伝搬するプロセスファイバ 2 3 0 0 のコア径と、に依存する。そこで、本実施形態では、上記 2 つのパラメータを、ワークあるいは加工条件に応じて変化させる。

20

【 0 0 1 8 】

本実施形態のレーザ加工装置は、レーザ発振器と、レーザ発振器から出射されるレーザビームが通る複数の光路と、レーザ発振器から出射されるレーザビームを、複数の光路から選択される 1 つに導光するビーム光路切替部と、複数の光路にそれぞれ配置される複数のプロセスファイバと、複数のプロセスファイバのそれぞれに対応するように複数の光路に配置されており、レーザビームを集光して、対応するプロセスファイバに導光する複数の集光レンズと、を備える。

30

【 0 0 1 9 】

上記レーザ加工装置の第 1 実施形態は、複数の集光レンズが互いに異なる焦点距離を有するとともに、複数のプロセスファイバは、それぞれ対応する集光レンズの焦点距離に応じたコア径を有する。焦点距離が異なると、レーザビーム L B の焦点におけるビーム径（以下、焦点ビーム径 D b f）が変わる。ビーム光路切替部は、複数の集光レンズおよびプロセスファイバの組み合わせのなかから、ワーク W あるいは加工条件に適する B P P に応じたビーム径が得られる 1 つを選択し、レーザビーム L B の光路を切り替える。集光レンズで集光されたレーザビーム L B は、対応するプロセスファイバに焦点位置で入射する。

【 0 0 2 0 】

上記レーザ加工装置の第 2 実施形態は、複数の集光レンズの焦点位置から、複数の集光レンズにそれぞれ対応する複数のプロセスファイバのレーザビームが入射する入射端までの入射距離が互いに異なるとともに、複数のプロセスファイバは、それぞれ対応する焦点位置からの入射距離に応じたコア径を有する。入射距離が変わると、プロセスファイバの入射端におけるレーザビーム L B のビーム径（つまり、プロセスファイバに入射する際のビーム径。以下、入射ビーム径 D b i）が変わる。ビーム光路切替部は、複数の集光レンズおよびプロセスファイバの組み合わせのなかから、ワーク W あるいは加工条件に適する B P P に応じたビーム径が得られる 1 つを選択し、レーザビーム L B の光路を切り替える。

40

【 0 0 2 1 】

上記の構成により、加工ヘッドから、ワーク W に適した B P P を有するレーザビーム L

50

Bを出射させることができる。そのため、レーザ加工の加工精度および生産性が向上する。

【0022】

[第1実施形態]

以下、第1実施形態を、図1～図3Dを参照しながら説明する。図1は、本実施形態のレーザ加工装置の構成を模式的に示す斜視図である。図2は、ビーム光路切替部の内部構成を模式的に示す平面図である。図3Aは、図2のビーム光路切替部をA-A面側から見た側面図である。図3B～3Dは、図2のビーム光路切替部をそれぞれB-B面、C-C面およびD-D面側から見た側面図である。図中、同様の構成および機能を備える部材には、同じ符号を付している。

10

【0023】

本実施形態に係るレーザ加工装置1000は、図1および図2に示されるように、レーザ発振器100と、レーザ発振器100から出射されるレーザビームLB₁が通る複数の光路と、複数のプロセスファイバ300(310～330)と、レーザビームLB₁を集光して、対応するプロセスファイバ300に導光する複数の第2集光レンズ220(221～223)と、レーザビームLB₁の光路を切り替えるビーム光路切替部200Aと、を備える。光路には、いずれかのプロセスファイバ300と、これに対応する第2集光レンズ220とが配置されている。

【0024】

レーザ発振器100のレーザ発振機構は特に限定されず、レーザ発振の媒体として半導体を用いる半導体レーザの他、媒体として炭酸ガス(CO₂)等の気体を用いる気体レーザ、YAG等を用いる固体レーザ等が挙げられる。なかでも、光品質および発振効率に優れる点で、半導体レーザが好ましい。

20

【0025】

ビーム光路切替部200の内部は例えば大気雰囲気であり、レーザビームLB₁は、ビーム光路切替部200内を大気を媒体にして伝搬される。ビーム光路切替部200にはプロセスファイバ300の一方の端部が接続しており、レーザビームLB₁は、ビーム光路切替部200内で反射および集光された後、プロセスファイバ300に入射する。プロセスファイバ300は、レーザビームLBをワークW近傍にまで伝搬するための媒体である。以下、プロセスファイバ300に入射するレーザビームLBをレーザビームLB₂と称し、プロセスファイバ300から出射するレーザビームLBをレーザビームLB₃と称し、加工ヘッド400から出射するレーザビームLBをレーザビームLB₄と称す(図1、図2参照)。

30

【0026】

通常、1台のレーザ発振器100には、複数の加工ヘッド400(図示例では、3台)が接続している。ビーム光路切替部200は、レーザビームLB₁の反射位置を切り替えて集光した後、集光されたレーザビームLB₂を複数のプロセスファイバ300(300a～300c)のうちのいずれかに導光する。プロセスファイバ300の内部を伝搬したレーザビームLB₃は、やがて、プロセスファイバ300の他方の端部に接続された加工ヘッド400に到達する。このように、ビーム光路切替部200により光路が切り替えられて、レーザビームLB₁が複数の加工ヘッド400に振り分けられることにより、タイムシェアリングを行いながら、複数のワークWに対してレーザ加工が施される。

40

【0027】

加工ヘッド400は、コリメータレンズ410および第1集光レンズ420を備える。加工ヘッド400に到達したレーザビームLB₃は、第1集光レンズ420によって密度が高められて、ワークWに照射される。ワークWは、加工テーブル500上に固定されている。一方、加工ヘッド400は、X軸モータ710およびY軸モータ720によって移動可能であり、加工ヘッド400をワークWに対して相対的に移動させながら、所定の加工が行われる。レーザ発振器100、ビーム光路切替部200、X軸モータ710およびY軸モータ720は、加工制御部600により制御されており、その状態は、加工制御部

50

600に同期されている。なお、ビーム光路切替部200は、加工制御部600により制御される他の制御部(図示せず)により制御されてもよい。例えば、加工制御部600が、レーザビームLB₂を導光するプロセスファイバ300を選択し、この信号を他の制御部に伝達する。そして、この信号を受けた他の制御部が、ビーム光路切替部200を制御してもよい。

【0028】

レーザ加工装置1000によりワークWを切断あるいは穴あけする場合(以下、まとめてレーザ切断と称す)、加工ヘッド400には、ワークWにレーザビームLB₄と同軸上で高压ガス(高压の酸素、窒素、大気等)を吹き付けるためのガス孔と、当該ガス孔に高压ガスを供給するガス経路が配置される(いずれも図示せず)。レーザ切断では、レーザビームLB₄により溶融されたワークWの一部を高压ガスにより除去しながら、ワークWが切断あるいは穴あけされる。

10

【0029】

レーザ加工装置1000により2以上のワークWを溶接する場合(レーザ溶接)、加工ヘッド400には、ワークWに不活性ガス(アルゴン、ヘリウム等)を低压で吹き付けるためのガス孔と、当該ガス孔に不活性ガスを供給するガス経路が配置される(いずれも図示せず)。レーザビームLB₄により溶融されたワークWの酸化を不活性ガスにより抑制しながら、ワークW同士が溶接される。レーザ加工装置1000によりワークWを表面処理する場合も、上記と同様に、ワークWに、例えば不活性ガスを吹き付けながらレーザビームLB₄を照射する。レーザ加工装置1000によりワークWにマーキングする場合、ワークWに、所望の色に応じたガスを吹き付けながらレーザビームLB₄を照射する。

20

【0030】

次に、ビーム光路切替部200の切替機構について、図2および図3A~図3Dを参照しながら説明する。

ビーム光路切替部200は、複数の第2反射ミラー210(210a~210c)と、各第2反射ミラー210によって反射されたレーザビームLB₁をそれぞれ集光する第2集光レンズ220(221、222、223)と、を備える。レーザ発振器100から射出されたレーザビームLB₁は、導光路250を通して、ビーム光路切替部200に入射する。

30

【0031】

第2反射ミラー210は、それぞれステップモータ230(230a~230c)を備えており、ステップモータ230の駆動により回転する。第2反射ミラー210の初期状態、すなわち、ステップモータ230に通電していない場合、第2反射ミラー210は、レーザビームLB₁を反射する反射位置にある。ステップモータ230が通電されると、第2反射ミラー210は回転して、レーザビームLB₁をそのまま通過させる通過位置になる(図3A~3D参照)。ビーム光路切替部200は、複数のステップモータ230の少なくとも1つに通電して、あるいは、いずれにも通電せず、レーザビームLB₁の反射位置を切り替える。すべてのステップモータ230に通電された場合、レーザビームLB₁はプロセスファイバ300に導光されず、ビームアブソーバ240に入射される。

40

【0032】

第2集光レンズ220(221、222、223)は、それぞれ異なる焦点距離Dfを備える。焦点距離Dfは、レーザビームLBの焦点ビーム径Dbfに影響を与える。例えば、集光レンズの焦点距離Dfが短い場合、焦点ビーム径Dbfは小さくなる。

【0033】

第2集光レンズ220により集光されたレーザビームLB₂は、プロセスファイバ300に入射する。このとき、第2反射ミラー210と第2集光レンズ220とプロセスファイバ300とは、一対一で対応するようにそれぞれ配置されている。例えば、図3B~3Dに示すように、第2反射ミラー210aで反射されたレーザビームLB_{1a}は、第2集光レンズ221で集光されて、プロセスファイバ310に入射する。同様に、第2反射ミ

50

ラー 2 1 0 b で反射されたレーザービーム $L B_{1b}$ は、第 2 集光レンズ 2 2 2 で集光されて、プロセスファイバ 3 2 0 に入射する。第 2 反射ミラー 2 1 0 c で反射されたレーザービーム $L B_{1c}$ は、第 2 集光レンズ 2 2 3 で集光されて、プロセスファイバ 3 3 0 に入射する。各プロセスファイバ 3 0 0 は、第 2 集光レンズ 2 2 0 によって集光されるレーザービーム $L B_2$ が、その焦点位置で入射するように配置されている。

【 0 0 3 4 】

複数のプロセスファイバ 3 0 0 (3 1 0、3 2 0、3 3 0) は、互いに異なるコア径を備える。プロセスファイバ 3 0 0 のコア径は、焦点距離 $D f$ (つまり、焦点ビーム径 $D b f$) に応じて決定される。例えば、プロセスファイバ 3 0 0 のコア径は、焦点ビーム径 $D b f$ の 1 1 5 ~ 1 4 0 % であることが好ましい。これにより、所望のレーザービーム $L B_4$ の B P P が得られ易くなるとともに、レーザービーム $L B_2$ がプロセスファイバ 3 0 0 に入射する際のエネルギーロスが少なくなって、生産性が向上する。

10

【 0 0 3 5 】

プロセスファイバ 3 0 0 のコアとは、プロセスファイバ 3 0 0 において、レーザービーム $L B_2$ の屈折率が最も高い領域であり、コアでは、レーザービーム $L B_2$ が全反射されて、プロセスファイバ 3 0 0 に閉じ込められる。コア径は、当該コアのプロセスファイバ 3 0 0 の長手方向に垂直な断面における径である。通常、コアは、プロセスファイバ 3 0 0 の長手方向の中心線に沿って形成されており、その周囲には、より屈折率の低い領域 (クラッド) が形成されている。そのため、コアに導入されたレーザービーム $L B_2$ はクラッドに入射しない一方、クラッドに導入されたレーザービーム $L B_2$ の一部は、コアに入射し得る。クラッドは、屈折率の異なる複数の領域により形成されていてもよい。この場合、屈折率は、プロセスファイバ 3 0 0 の外側に向かうに従って小さくなる。

20

【 0 0 3 6 】

レーザービーム $L B_4$ の B P P は、プロセスファイバ 3 0 0 から出射した直後のレーザービーム $L B_3$ の B P P に依存する。レーザービーム $L B_3$ の B P P は、上記半角度 とプロセスファイバ 3 0 0 のコア径 $\times 1 / 2$ との積で表わすことができる。すなわち、大きな焦点ビーム径 $D b f$ を備えるレーザービーム $L B_2$ を、当該焦点ビーム径 $D b f$ に適した大きなコア径を有するプロセスファイバ 3 0 0 に導光することにより、大きな B P P を有するレーザービーム $L B_3$ が得られる。その結果、レーザービーム $L B_4$ の B P P が大きくなる。一方、B P P の小さなレーザービーム $L B_4$ をワーク W に照射する場合には、コア径のより小さなプロセスファイバ 3 0 0 を用いて、そこに小さな焦点ビーム径 $D b f$ を備えるレーザービーム $L B_2$ を導光する。

30

【 0 0 3 7 】

第 2 集光レンズ 2 2 1 の焦点距離 $D f_1$ が 1 0 0 mm である場合、ビーム径 2 0 mm のレーザービーム $L B_1$ を集光させると、レーザービーム $L B_2$ の焦点ビーム径 $D b f$ は、約 8 0 μm になる。そこで、プロセスファイバ 3 1 0 のコア径を約 1 0 0 μm にして、ここにレーザービーム $L B_2$ を入射させる。プロセスファイバ 3 1 0 から出射されるレーザービーム $L B_4$ の B P P は、約 4 mm \cdot m r a d になる。

【 0 0 3 8 】

第 2 集光レンズ 2 2 2 の焦点距離 $D f_2$ が 2 0 0 mm である場合、上記レーザービーム $L B_1$ を集光させると、レーザービーム $L B_2$ の焦点ビーム径 $D b f$ は約 1 6 0 μm になる。そこで、プロセスファイバ 3 2 0 のコア径を約 2 0 0 μm にして、ここにレーザービーム $L B_2$ を入射させる。プロセスファイバ 3 2 0 から出射されるレーザービーム $L B_4$ の B P P は、約 8 mm \cdot m r a d になる。

40

【 0 0 3 9 】

第 2 集光レンズ 2 2 3 の焦点距離 $D f_3$ が 3 0 0 mm である場合、上記レーザービーム $L B_1$ を集光させると、レーザービーム $L B_2$ の焦点ビーム径 $D b f$ は約 2 4 0 μm になる。そこで、プロセスファイバ 3 3 0 のコア径を約 3 0 0 μm にして、ここにレーザービーム $L B_2$ を入射させる。プロセスファイバ 3 3 0 から出射されるレーザービーム $L B_4$ の B P P は、約 1 2 mm \cdot m r a d になる。

50

【 0 0 4 0 】

上記のように、本実施形態では、レーザ発振器 1 0 0 からプロセスファイバ 3 0 0 までの光路に、焦点距離 D_f の異なる複数の第 2 集光レンズ 2 2 0 を配置するとともに、各第 2 集光レンズ 2 2 0 の焦点距離 D_f に応じたコア径を有する複数のプロセスファイバ 3 0 0 を配置する。これにより、1 台のレーザ発振器から出射されたレーザビーム $L B_1$ の光路を適宜切り替えて、B P P の異なる複数のレーザビーム $L B_4$ を生成することができる。その結果、加工内容、ワーク W の厚みや材質、加工形状等に応じた B P P を有するレーザビーム $L B$ を用いて、ワーク W をレーザ加工することができる。

【 0 0 4 1 】

[第 2 実施形態]

第 2 実施形態では、複数の第 2 集光レンズ 2 2 0 の焦点位置 F と、複数の第 2 集光レンズ 2 2 0 のそれぞれに対応する複数のプロセスファイバ 3 0 0 の、レーザビーム $L B$ が入射する入射端と、の間の距離（入射距離 D_i ）が、互いに異なっている。そのため、プロセスファイバ 3 0 0 に入射するレーザビーム $L B_2$ の入射ビーム径 D_{bi} は、経由する第 2 集光レンズ 2 2 0 とプロセスファイバ 3 0 0 との組み合わせによって、変化する。さらに、複数のプロセスファイバ 3 0 0 のコア径は、これに対応する第 2 集光レンズ 2 2 0 による入射ビーム半径 D_{bi} に対応するように、それぞれ異なっている。そのため、プロセスファイバ 3 0 0 から出射されるレーザビーム $L B_3$ の B P P、ひいては加工ヘッド 4 0 0 から出射されるレーザビーム $L B_4$ の B P P を、効率よく変化させることができる。

【 0 0 4 2 】

以下、本実施形態を、図 4 ~ 図 5 D を参照しながら説明する。図 4 は、ビーム光路切替部の内部構成を模式的に示す平面図である。図 5 A は、図 4 のビーム光路切替部を A - A 面側から見た側面図である。図 5 B ~ 5 D は、図 4 のビーム光路切替部をそれぞれ B - B 面、C - C 面および D - D 面側から見た側面図である。図中、同様の構成および機能を備える部材には、同じ符号を付している。なお、レーザ発振器 1 0 0、プロセスファイバ 3 0 0、加工ヘッド 4 0 0、加工テーブル 5 0 0 および加工制御部 6 0 0 は、例えば、第 1 実施形態と同様の構成を備える。第 2 反射ミラー 2 1 0 およびステッピングモータ 2 3 0 の構成あるいは動作もまた、第 1 実施形態と同様であってもよい。各第 2 集光レンズ 2 2 0 の光学的な物性（焦点距離を含む）は互いに同じであってもよいし、異なってもよい。以下、複数の第 2 集光レンズ 2 2 0 が、いずれも同じ光学的物性を有する場合を例に挙げて説明する。

【 0 0 4 3 】

複数の第 2 集光レンズ 2 2 0 とこれに対応する複数のプロセスファイバ 3 0 0 とは、入射距離 D_i が互いに異なるように配置されている。例えば、上記のように、第 2 集光レンズ 2 2 0 a ~ 2 2 0 c の光学的物性がいずれも同じである場合、複数の第 2 集光レンズ 2 2 0 から、これに対応する複数のプロセスファイバ 3 0 0 の入射端 3 0 0 t までの物理的な距離が、互いに異なるように配置されている。図 4 では、各第 2 集光レンズ 2 2 0 を固定し、プロセスファイバ 3 1 0 ~ 3 3 0 の入射端の位置をそれぞれ変えて配置している。

【 0 0 4 4 】

図示例において、プロセスファイバ 3 1 0 は、その入射端 3 1 0 t が第 2 集光レンズ 2 2 1 の焦点位置 F に一致するように、配置されている。そのため、レーザビーム $L B_2$ のプロセスファイバ 3 1 0 に入射するときの入射ビーム径 D_{bi} は、焦点ビーム径 D_{bf} と同じである。一方、プロセスファイバ 3 2 0 および 3 3 0 の入射端（3 2 0 t、3 3 0 t）は、これに対応する第 2 集光レンズ（2 2 2、2 2 3）の焦点位置 F とは一致していない。つまり、レーザビーム $L B_2$ は、デフォーカスされた状態でプロセスファイバ 3 2 0 あるいはプロセスファイバ 3 3 0 に入射する。そのため、レーザビーム $L B_2$ のプロセスファイバ 3 2 0 あるいはプロセスファイバ 3 3 0 に入射するときのビーム径（入射ビーム径 D_{bi} ）は、焦点ビーム径 D_{bf} よりも大きい。

【 0 0 4 5 】

例えば、第 2 集光レンズ 2 2 0 a ~ 2 2 0 c の焦点距離 D_f がいずれも 1 0 0 mm の場

10

20

30

40

50

合、ビーム径 20 mm のレーザービーム LB_1 を集光させると、その焦点位置 F での焦点ビーム径 Dbf は約 80 μm になる。上記のようにプロセスファイバ 310 を配置する場合、つまり、入射距離 Di_1 が 0 mm になるようにプロセスファイバ 310 を配置する場合、上記レーザービーム LB_1 を第 2 集光レンズ 220 a で集光させて、プロセスファイバ 310 に入射させるときのレーザービーム LB_2 の入射ビーム径 Dbi は、焦点ビーム径と同じ (約 80 μm) である。

【0046】

プロセスファイバ 320 を、入射距離 Di が 80 mm になるように配置する場合、上記レーザービーム LB_1 を第 2 集光レンズ 220 b で集光させて、プロセスファイバ 320 に入射させるときのレーザービーム LB_2 の入射ビーム径 Dbi は、約 160 μm になる。プロセスファイバ 330 を、入射距離 Di が 60 mm になるように配置する場合、上記レーザービーム LB_1 を第 2 集光レンズ 220 c で集光させて、プロセスファイバ 330 に入射させるときのレーザービーム LB_2 の入射ビーム径 Dbi は、約 240 μm になる。

10

【0047】

本実施形態も同様に、複数のプロセスファイバ 300 のコア径は互いに異なる。プロセスファイバ 300 のコア径は、入射距離 Di (つまり、入射ビーム径 Dbi) に応じて決定される。例えば、プロセスファイバ 300 のコア径は、入射ビーム径 Dbi の 115 ~ 140 % であることが好ましい。これにより、所望のレーザービーム LB_4 の BPP が得られ易くなるとともに、レーザービーム LB_2 がプロセスファイバ 300 に入射する際のエネルギーロスが少なくなつて、生産性が向上する。

20

【0048】

上記の場合、プロセスファイバ 310 のコア径は最も小さくてよく、例えば約 100 μm であればよい。プロセスファイバ 310 から出射されるレーザービーム LB_4 の BPP は、約 4 mm · mrad になる。プロセスファイバ 330 のコア径は最も大きく、例えば約 300 μm であればよい。プロセスファイバ 330 から出射されるレーザービーム LB_4 の BPP は、約 12 mm · mrad になる。プロセスファイバ 320 のコア径は、例えば約 200 μm であればよい。プロセスファイバ 320 から出射されるレーザービーム LB_4 の BPP は、約 8 mm · mrad になる。

【0049】

上記のように、本実施形態では、入射距離 Di が異なるように、第 2 集光レンズ 220 とプロセスファイバ 300 とを配置するとともに、配置されるプロセスファイバ 300 のコア径を、第 2 集光レンズ 220 で集光されたレーザービーム LB_2 の入射ビーム径 Dbi に応じたものにする。これにより、光学的に同じ第 2 集光レンズを用いた場合であっても、1 台のレーザー発振器から出射されたレーザービーム LB_1 の光路を適宜切り替えて、BPP の異なる複数のレーザービーム LB_4 を生成することができる。その結果、加工内容、ワーク W の厚みや材質、加工形状等に応じた BPP を有するレーザービーム LB を用いて、ワーク W をレーザー加工することができる。

30

【産業上の利用可能性】

【0050】

本発明のレーザー加工装置によれば、加工内容、ワークの厚みや材質、加工形状等に応じたレーザービームを出射できるため、加工精度および生産性が向上とともに、高い汎用性を備える。

40

【符号の説明】

【0051】

1000 : レーザ加工装置

100 : レーザ発振器

200、200A、200B : ビーム光路切替部

210、210a ~ 210c : 第 2 反射ミラー

220、220a ~ 220c、221、222、223 : 第 2 集光レンズ

230、230a ~ 230c : ステッピングモータ

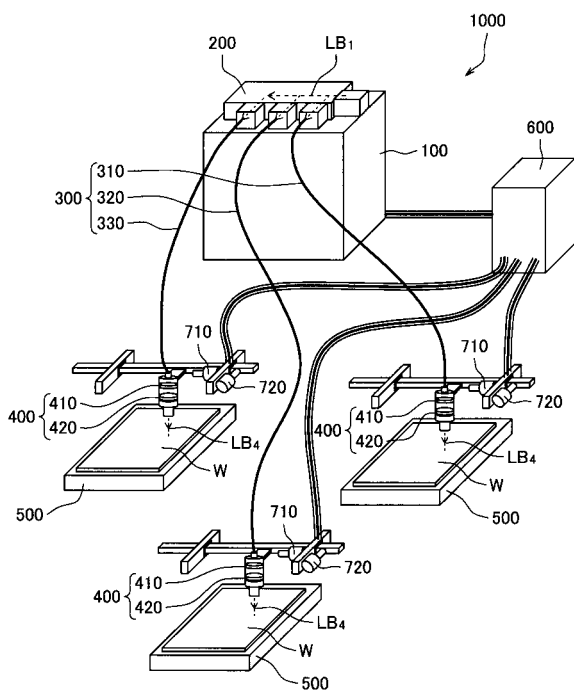
50

- 240 : ビームアブソーバ
- 250 : 導光路
- 300、310、320、330 : プロセスファイバ
- 300t、310t、320t、330t : 入射端
- 400 : 加工ヘッド
- 410 : コリメータレンズ
- 420 : 第1集光レンズ
- 500 : 加工テーブル
- 600 : 加工制御部
- 710 : X軸モータ
- 720 : Y軸モータ
- 2000 : レーザ加工装置
- 2100 : レーザ発振器
- 2200 : ビーム光路切替部
- 2210、2210a~2210c : 反射ミラー
- 2220、2221~2223 : 集光レンズ
- 2300、2300a~2300c : プロセスファイバ
- 2400 : 加工ヘッド
- 2410 : コリメータレンズ
- 2420 : 集光レンズ
- 2500 : 加工テーブル
- 2600 : 加工制御部
- 2710 : X軸モータ
- 2720 : Y軸モータ

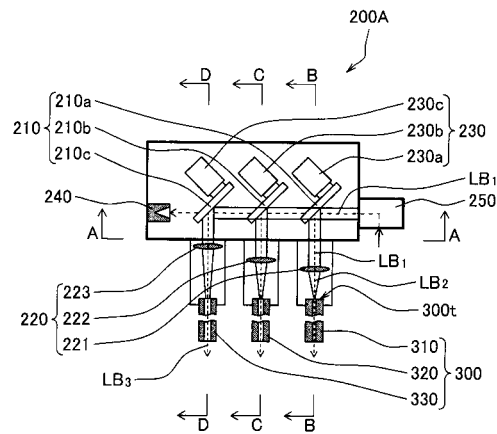
10

20

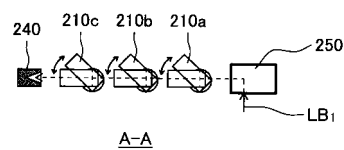
【図1】



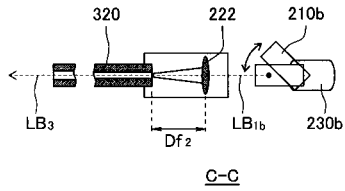
【図2】



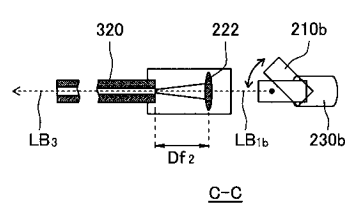
【図3A】



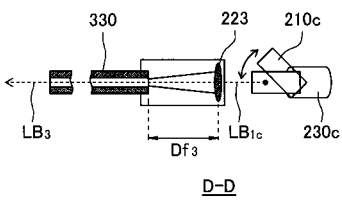
【 図 3 B 】



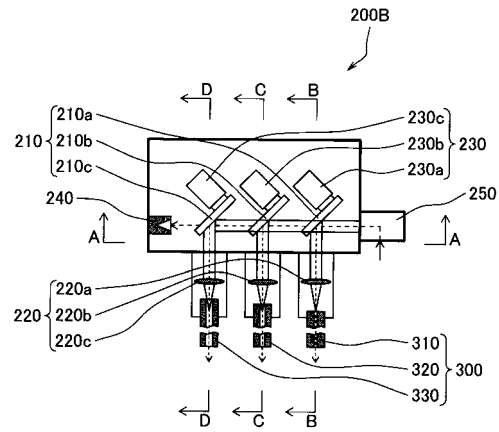
【 図 3 C 】



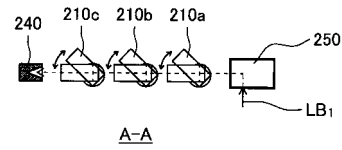
【 図 3 D 】



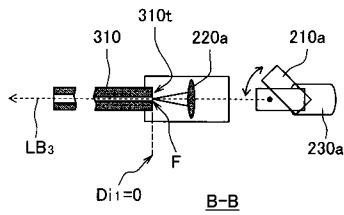
【 図 4 】



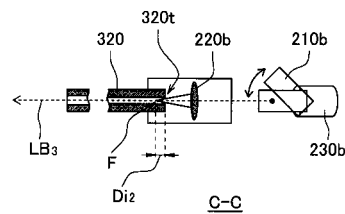
【 図 5 A 】



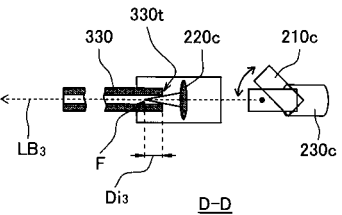
【 図 5 B 】



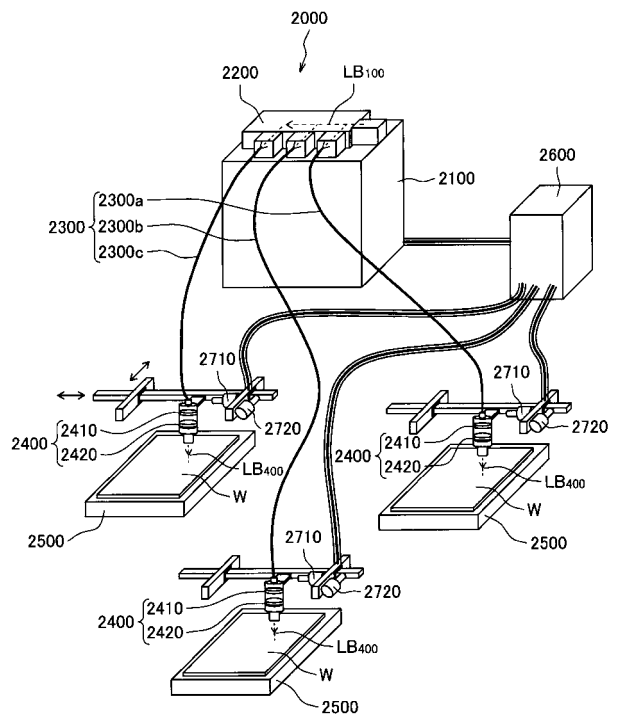
【 図 5 C 】



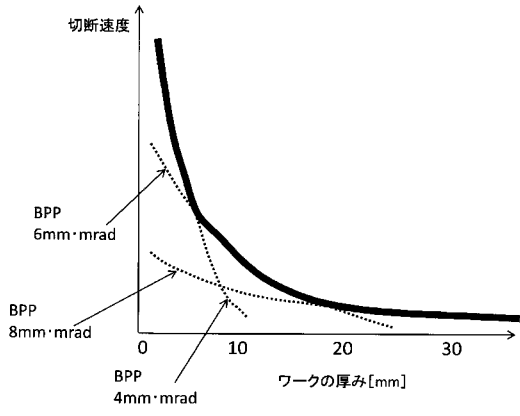
【 図 5 D 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 堤 太志

大阪府豊中市稲津町三丁目1番1号 パナソニック溶接システム株式会社

Fターム(参考) 4E168 AA00 AD07 AD11 BA00 DA23 DA24 DA26 EA02 EA17 EA26
FB02 FB03 FB05 FC04 JA02 KA01 KA05 KA08