

(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2006-150433

(P2006-150433A)

(43) 公開日 平成18年6月15日(2006.6.15)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 3 K 26/06 (2006.01)	B 2 3 K 26/06	A 4 E 0 6 8
B 2 3 K 26/08 (2006.01)	B 2 3 K 26/06	G 5 F 1 7 2
H 0 1 S 3/00 (2006.01)	B 2 3 K 26/08	H
B 2 3 K 103/04 (2006.01)	H 0 1 S 3/00	B
	B 2 3 K 103:04	

審査請求 有 請求項の数 12 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2004-348644 (P2004-348644)
 (22) 出願日 平成16年12月1日 (2004.12.1)

(71) 出願人 390008235
 ファナック株式会社
 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358
 〇番地
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100092624
 弁理士 鶴田 準一
 (74) 代理人 100102819
 弁理士 島田 哲郎
 (74) 代理人 100082898
 弁理士 西山 雅也
 (72) 発明者 江川 明
 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358
 〇番地 ファナック株式会社内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置

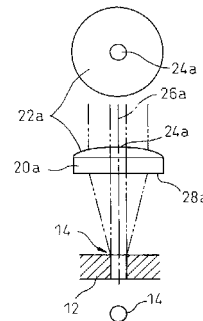
(57) 【要約】

【課題】 焦点距離を変更したことと同様の効果が得られるレーザ加工装置を提供する。

【解決手段】 集光レンズ20aに入射されたレーザービームのうち平面部24aに入射された部分は、集光されないのそのまま平行光としてワーク12上の集光点14に照射され、レーザ加工において補助的役割を果たす。一方曲面部22aに入射されたレーザービームの部分は、集光点14の外周付近に集光されて照射される。

【選択図】 図2

図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザ発振器と、該レーザ発振器により生成されたレーザビームを集光して被加工物に照射して加工するための集光部材と、を有するレーザ加工装置であって、

前記集光部材は、幾何光学的焦点において前記レーザビームが前記被加工物に形成する照射領域の輪郭を、1つの点状輪郭以外の形状とする光学的構造を有する、レーザ加工装置。

【請求項 2】

前記照射領域の輪郭の形状は光軸に回転対称の円形又はリング形状である、請求項 1 に記載のレーザ加工装置。

10

【請求項 3】

前記集光部材は、光軸に回転対称であって、前記集光部材の少なくとも一部の幾何光学的焦点が前記光軸上に位置しないように構成される、請求項 1 又は 2 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 4】

前記集光部材は、光軸を中心とする円形の平面部と、前記平面部の外周に隣接するとともに幾何光学的焦点が前記光軸を中心とし前記平面部の直径を直径とする円周上に位置するように構成されたリング形状の曲面部とを片面に備えた集光レンズである、請求項 3 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 5】

前記集光部材は、幾何光学的焦点が光軸を中心とする円周上に位置するように構成された曲面部を片面に備えた集光レンズである、請求項 3 に記載のレーザ加工装置。

20

【請求項 6】

前記集光部材は、光軸上に幾何光学的焦点が位置する曲面部を一方の面に備え、かつ前記光軸を中心とする円錐部を他方の面に備えた集光レンズである、請求項 3 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 7】

前記集光部材は、光軸上に幾何光学的焦点が位置する曲面部を片面に備えた集光レンズと、前記集光レンズとは別部材であって前記光軸を中心とする円錐部を片面に備えた円錐形プリズムとを有する、請求項 3 に記載のレーザ加工装置。

30

【請求項 8】

前記集光部材は、光軸に幾何光学的焦点が位置する曲面部を一方の面に備えかつ前記光軸を中心とする円錐部を他方の面に備えた集光レンズと、前記円錐部と相補形状の円錐凹部を片面備えた凹型の円錐形プリズムとを有する、請求項 3 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 9】

前記集光レンズと前記円錐形プリズムとの間の距離が変更可能である、請求項 7 又は 8 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 10】

前記集光部材は、光軸上に幾何光学的焦点が位置する曲面部を一方の面に備え、平面部を他方の面に備え、さらに該平面部上に形成された回折表面構造を備えた集光レンズである、請求項 3 に記載のレーザ加工装置。

40

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の集光部材と 1 点集光レンズとを交換可能である、レーザ加工装置。

【請求項 12】

加工ヘッドの向きが可変の 3 次元レーザ加工装置、又は加工ヘッドの移動加速度が 1 G 以上の高速レーザ加工装置である、請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【0001】

本発明は、レーザ加工装置に関し、特に、レーザビームを加工点に導き、集光レンズを用いてワーク上の狭い領域を熱することによりその部分を溶融切断するレーザ加工装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般にレーザ加工装置は、レーザ発振器、光を伝送して集光する光伝送系、ワークを駆動する駆動装置、補機類、及びこれらを制御する制御装置からなる。従来のレーザ加工においては、レーザビームを如何にして小さな領域に集めて、高密度エネルギーをワーク上に照射するかが課題であった。このため $M2 = 1.0$ なるガウシアンビームを用いた炭酸ガスレーザ発振器が開発され、レーザビームを1点に集光させるために光学系の収差を極力小さくすることが行われてきた。光ファイバを使用可能なYAGレーザについても高輝度のものが開発され、より小さなファイバ径でも大きなエネルギーのレーザを照射可能である。

10

【0003】

一般に、異なる厚さのワークを切断加工する場合は、図9(a)~(c)に示すように、ワーク50の厚さが薄いと時(図9(a))は焦点距離の短い集光レンズ52を使用し、厚さが厚くなるに従って焦点距離の長い集光レンズ54又は56を使用する(図9(b)又は(c))。通常、焦点距離の短いレンズを使用した場合又はビーム径が大きい場合はワーク上の集光点のスポットサイズは小さくなり、逆に焦点距離の長いレンズを使用した場合又はビーム径が小さい場合はワーク上の集光点のスポットサイズは大きくなる。

20

【0004】

近年の技術開発により、レーザによる切断加工においては、ワーク上のレーザ集光点の大きさ(スポットサイズ)又は形状が重要な因子であることがわかってきており、スポットサイズ又は形状を工夫することにより良好なレーザ加工を行うための提案がいくつかなされている。例えば特許文献1に記載のレーザ出射装置は、レーザ光を途中で分割して再度集光点に集光させることによりアシストガスの圧力分布を改善するものである。また特許文献2には、ワーク上の2つの焦点にレーザを集光するツインスポットレーザ装置が開示されている。特許文献3は、切断可能なワークの厚さを厚くするために、光軸上に複数の焦点を有するレーザ切断装置を開示する。特許文献4は、ワーク上のレーザ照射領域をリング形状にすることにより、リング状の溝加工を行うレーザ加工装置を開示する。さらに特許文献5には、複数の光ファイバを用いて、複数のレーザ照射部位がワーク上にリング状に配列するように複数のレーザビームを照射するレーザ切断装置が開示されている。

30

【0005】

【特許文献1】特開2000-218386号公報

【特許文献2】特開2003-200282号公報

【特許文献3】特許第2664625号公報

【特許文献4】特開平5-305472号公報

【特許文献5】特開2004-291031号公報

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述のように集光点のスポットサイズはレーザ切断において重要であるが、実際にはさらに、幾何光学的な焦点がワーク表面上又はその近傍に位置しないと良好な加工はできない。例えば、合板にレーザによる切断溝を形成し、その溝に金属の刃を埋め込んで型紙の抜き型を作製する、いわゆるダイボード加工においては、金属の刃を確実に保持できる溝形状が要求される。切断溝の幅は、集光点の位置をワーク表面に対して上下(すなわちレーザ光軸に沿う方向)に移動させることにより容易に設定可能であるが、最小スポットサイズがかなり小さい光学系を用いた場合は、所定の切断幅を得るために集光点をワークから大きく離さなければならない。するとワークの厚さ方向についてワーク表面よりもワー

50

ク内部の方がレーザーのエネルギー密度が高くなって切断溝の幅が深さ方向に一様ではなくなり、結果として刃の保持力が低下する。同様のことは金属切断についても言え、一般的なレーザー切断では、集光点の調整範囲はワーク表面からワークの厚さの範囲内であり、それを超える範囲での良好な加工は困難である。

【0007】

従って良好なレーザー加工を行うためには、ワークの厚さに応じて集光レンズに入射するビーム径及び集光レンズの焦点距離を適切に選択して、ワーク上に幾何光学的焦点近傍のレーザーを照射しなければならず、故にレンズとワークとの距離はレンズの焦点距離の変更に応じて変える必要がある。しかしながら、レーザー発振器やレーザー加工機等の様々な技術上又は経済上の制約から、レンズの焦点距離又はレンズとワークとの距離の変更は制限されることが多い。例えば、例えば図10(a)に示すレーザー加工装置は、焦点距離が異なる3つの集光レンズすなわち焦点距離5インチ(13cm)のレンズ52、焦点距離7.5インチ(19cm)のレンズ54及び焦点距離10インチ(25cm)のレンズ56をそれぞれ着脱可能な加工ヘッド本体58と、アタッチメント60を介して加工ヘッド58本体に取り付けられる加工ノズル62とを有し、どの集光レンズを使用しても加工ノズル62の光軸上の位置を固定して使用できるものである。しかしこのような構成では、加工ヘッド本体58が複雑かつ重量化する傾向があり、さらに、加工すべきワークの厚さ及び材質によっては、例えばこれらの中間、すなわち6.25インチ(16cm)又は8.75インチ(22cm)の焦点距離のレンズが望ましい場合もあるが、そのようなレンズを使用することはできない。

10

20

【0008】

また図10(b)に示す他のレーザー加工装置は、複数種の集光レンズを択一的に着脱可能な加工ヘッド58を有する。この場合は、加工ヘッドが図10(a)の装置よりコンパクトになる代わりに、集光レンズを異なる焦点距離のものに交換する際に、それに応じてアタッチメントも長さの異なるアタッチメント60a~60cのいずれかに交換する必要がある。この場合は加工点の座標が変わるので、3次元加工機ではプログラムの変更が必要になり、さらにゼロオフセットタイプと称されるZ軸上の一点に加工点が位置するタイプの3次元加工機では後者の構成は使用できない場合がある。一般的なレーザー加工機であっても、焦点距離の長いレンズを使用する場合は必然的にレンズとワークとの距離が長くなり装置が大型化するため、好ましくない。

30

【0009】

上述の特許文献はいずれも、スポットサイズの形状には種々の工夫がされているものの、焦点距離の異なる集光レンズの使用に関する上述の問題を解決するものではない。

【0010】

従って本発明は、上述の問題を解決し、焦点距離を変更したことと同様の効果が得られるレーザー加工装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、レーザー発振器と、該レーザー発振器により生成されたレーザービームを集光して被加工物に照射して加工するための集光部材と、を有するレーザー加工装置であって、前記集光部材は、幾何光学的焦点において前記レーザービームが前記被加工物に形成する照射領域の輪郭を、1つの点状輪郭以外の形状とする光学的構造を有する、レーザー加工装置。を提供する。

40

【0012】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載のレーザー加工装置において、前記照射領域の輪郭の形状は光軸に回転対称の円形又はリング形状である、レーザー加工装置を提供する。

【0013】

請求項3に記載の発明は、請求項1又は2に記載のレーザー加工装置において、前記集光部材は、光軸に回転対称であって、前記集光部材の少なくとも一部の幾何光学的焦点が前記光軸上に位置しないように構成される、レーザー加工装置を提供する。

50

【0014】

請求項4に記載の発明は、請求項3に記載のレーザ加工装置において、前記集光部材は、光軸を中心とする円形の平面部と、前記平面部の外周に隣接するとともに幾何光学的焦点が前記光軸を中心とし前記平面部の直径を直径とする円周上に位置するように構成されたリング形状の曲面部とを片面に備えた集光レンズである、レーザ加工装置を提供する。

【0015】

請求項5に記載の発明は、請求項3に記載のレーザ加工装置において、前記集光部材は、幾何光学的焦点が光軸を中心とする円周上に位置するように構成された曲面部を片面に備えた集光レンズである、レーザ加工装置を提供する。

【0016】

請求項6に記載の発明は、請求項3に記載のレーザ加工装置において、前記集光部材は、光軸上に幾何光学的焦点が位置する曲面部を一方の面に備え、かつ前記光軸を中心とする円錐部を他方の面に備えた集光レンズである、レーザ加工装置を提供する。

【0017】

請求項7に記載の発明は、請求項3に記載のレーザ加工装置において、前記集光部材は、光軸上に幾何光学的焦点が位置する曲面部を片面に備えた集光レンズと、前記集光レンズとは別部材であって前記光軸を中心とする円錐部を片面に備えた円錐形プリズムとを有する、レーザ加工装置を提供する。

【0018】

請求項8に記載の発明は、請求項3に記載のレーザ加工装置において、前記集光部材は、光軸に幾何光学的焦点が位置する曲面部を一方の面に備えかつ前記光軸を中心とする円錐部を他方の面に備えた集光レンズと、前記円錐部と相補形状の円錐凹部を片面に備えた凹型の円錐形プリズムとを有する、レーザ加工装置を提供する。

【0019】

請求項9に記載の発明は、請求項7又は8に記載のレーザ加工装置において、前記集光レンズと前記円錐形プリズムとの間の距離が変更可能である、レーザ加工装置を提供する。

【0020】

請求項10に記載の発明は、請求項9に記載のレーザ加工装置において、前記集光部材は、光軸上に幾何光学的焦点が位置する曲面部を一方の面に備え、平面部を他方の面に備え、さらに該平面部上に形成された回折表面構造を備えた集光レンズである、レーザ加工装置を提供する。

【0021】

請求項11に記載の発明は、請求項1～10のいずれか1項に記載の集光部材と1点集光レンズとを交換可能である、レーザ加工装置を提供する。

【0022】

請求項12に記載の発明は、請求項1～11のいずれか1項に記載のレーザ加工装置において、加工ヘッドの向きが可変の3次元レーザ加工装置、又は加工ヘッドの移動加速度が1G以上の高速レーザ加工装置である、レーザ加工装置を提供する。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、ワークと集光レンズとの距離が短い場合であっても、長い焦点距離の集光レンズを用いた場合と同様の加工効果を得ることができ、従来のように焦点距離の異なる集光レンズを使い分けてその度毎に焦点距離に応じて集光レンズとワークとの距離を調整する必要がない。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、図面を参照しながら本発明を詳細に説明する。なお図1～図8はいずれも、本発明に係るレーザ加工装置における、集光レンズ及び被加工物すなわちワークの近傍を側方（すなわち光軸に垂直な方向）からみた概略図である。

10

20

30

40

50

【0025】

本発明に係るレーザ加工装置は、図1(a)に示すように、概略図示されたレーザ発振器10と、レーザ発振器10により生成されたレーザビームを集光して被加工物すなわちワーク12に照射して加工するための集光部材(ここでは集光レンズ)20とを有する。集光レンズ20は、以降に詳細に述べるように、特に厚さの厚いワークを切断加工する場合に、集光点(集光レンズで集光されたレーザがワーク上に形成する照射領域)の大きさすなわちスポットサイズを、その厚さのワークの加工に適した大きさにすることができる。なおワークの厚さ方向は、ワークに照射されるレーザビームの光軸に概ね沿う方向とする。図1(a)に示すように、レーザ発振器10から出射されて必要であれば図示しない反射鏡を用いて導かれたレーザビームは、集光レンズ20に入光して被加工物すなわちワーク12上の集光点14に向けて集光される。レーザ発振器からのレーザビームは、平行光として遠方に照射しても容易に拡散せず、集光されることによりエネルギー密度が物理的限界まで上昇可能な性質を有する。ワーク12の加工中は、ワーク12の加工部位近傍にアシストガスを噴射して溶融物を飛散又は酸化燃焼させてから飛散させる。レーザ加工は、集光点14をワーク12に対して走査させることにより行われる。

10

【0026】

本発明においては、集光点14の形状は、集光点14の位置が幾何光学的焦点に一致する場合であっても、図9(a)~(c)に示したような点形状(厳密には従来の1点集光レンズの場合でも、回折効果のために幾何光学的焦点において点とはならないのであるが、本願明細書では1点集光レンズの幾何光学的焦点におけるワーク上の集光点形状を点と称する)ではなく、光軸22に回転対称であってワークの厚さに応じた適当な面積の部位にレーザ光が分布した形状(すなわちスポットサイズが点形状より大きい形状)となる。また図1(b)に示すように、ワーク12の厚さが厚くなった場合は、集光点14のスポットサイズを大きくする集光レンズ20が使用される。図1(a)及び(b)のような構成は、それぞれ図9(b)及び(c)に示したように焦点距離の長い集光レンズを用いて実際にレンズとワークとの距離を広げて集光点のスポットサイズを大きくした構成と同様の効果を有する。しかし本発明においては実際にはレンズ20とワーク12との距離は殆ど又は全く変化させる必要がないので、図10(a)及び(b)に示したような大型の加工ヘッド又はアタッチメント等の構造体を使用する必要はなく、簡易かつコンパクトなレーザ加工装置を構成することができる。また集光レンズへのレーザビームの入射は、図1(c)に示すように、光ファイバ30を用いて行われてもよい。この場合も、図1(a)及び(b)と同様の考え方が適用できる。すなわち、光ファイバ30のP点から発せられたレーザビームはワーク12上のP点に、P以外のQ点から発せられたレーザビームはワーク12上のQ点に達するように構成された集光レンズ20により、集光点のスポットサイズを適当に大きくすることができる。

20

30

【0027】

図1(a)~(c)に示す構成を実現可能な集光レンズ20、20又は20の具体的な形状を、図2~図7に示す。先ず図2に示す第1の実施形態の集光部材すなわち集光レンズ20aは、上面(本実施形態ではレーザ入射側)に曲面部22a及び平面部24aを有する。平面部24aは光軸26aを中心とする円形であり、曲面部22aは同じく光軸26aを中心とし、平面部24aの外周に隣接する内周を備えたリング形状である。曲面部22aの幾何光学的焦点は、光軸26a上には位置せず、光軸26aを中心とし平面部24aの直径を直径とする円周上に位置する。集光レンズの下面(本実施形態ではレーザ出射側)28aは平面であってよい。

40

【0028】

図2に示すように、このような集光レンズ20aに入射されたレーザビームのうち平面部24aに入射された部分は、集光されないのでそのまま平行光としてワーク12上の集光点14に照射され、レーザ加工において補助的役割を果たす。一方曲面部22aに入射されたレーザビームの部分は、集光点14の外周付近に集光されて照射される。従って集光点14は、平面部24aに略等しいか又は僅かに大きい円形となり、その外周部の方が

50

内側よりレーザーのエネルギー密度が高い。良好なレーザー加工のためには、集光点の外周部においてエネルギー密度が高いことが望ましく、本発明はその要求を満たすものである。また平面部24aを平面以外の形状に形成し、集光点14の内側のエネルギー密度分布を適宜変更することもできる。

【0029】

次に第2の実施形態の集光部材すなわち集光レンズ20bを図3に示す。集光レンズ20bは上面に曲面部22bを有し、平面部は有さない。曲面部22bは、曲面部22bに入射したレーザーがワーク上に集光されたときに光軸26b上に位置しないように（すなわち幾何光学的焦点が光軸22b上に位置しないように）形成される。詳細には、図3に示す側面図における曲面部22bの形状は、単純な1つの弧線ではなく、光軸26bに
10 対称の2つの焦点をそれぞれ中心とする2つの弧線を光軸26b上でつなぎ合わせた形状を有する。このような集光レンズ20bによれば、ワーク12上の集光点14の形状はリング形状又は外周部のエネルギー密度が高い円形となり、焦点距離の延長と同等の効果を得ることができる。

【0030】

図4に示す第3の実施形態の集光部材すなわち集光レンズ20cは、光軸26c上に幾何光学的焦点が位置する曲面部22cを一方の面に有し、円錐部24cを他方の面に有する。曲面部22cに入射されたレーザービームは、円錐部24cによって光軸26cから放射状に離れる方向にいくらか屈折するので、ワーク上の集光点はリング形状又は外周部の
20 エネルギー密度が高い円形となり、そのスポットサイズをワークの厚さに応じて大きくすることもできる。なお集光レンズ20cは、両面すなわち曲面部22cと円錐部24cとの平行度が比較的厳密になるように作製する必要があるが、上述の集光レンズ20bはレンズ両面の平行度をあまり厳しくする必要はない。

【0031】

図5に示す第4の実施形態の集光部材20dは、光軸26d上に幾何光学的焦点が位置する曲面部22dを片面に備えた集光レンズ23dと、集光レンズ23dとは別部材であって先端を曲面22dの中心に向けて配置された円錐形プリズム24dとから構成される。レーザービームは、先ず円錐形プリズム24dに入射して光軸26dから放射状に離れる方向にいくらか屈折し、その後集光レンズ23dに入射する。集光レンズ23dに入射したときのレーザービームは平行光ではないので、ワーク12上の集光点14はリング形状
30 又は外周部のエネルギー密度が高い円形となる。この構成の利点は、円錐形プリズム24dと集光レンズ23dとの間の光軸26d方向の距離を変更することにより、ワーク12の位置を変えずに集光点14のスポットサイズを容易に変更できることである。例えば、円錐形プリズム24dと集光レンズ23dとの距離を短くすれば、スポットサイズを小さくして孔あけ加工を行うことができる。さらにこのとき焦点位置をワーク12の表面よりワーク12の内部にいくらか変位させることにより、より短時間の孔あけ加工が可能になる。一方、円錐形プリズム24dと集光レンズ23dとの距離を長くすれば、集光点14はリング形状となり、故に切断幅の広い安定した切断加工が可能になる。集光点のスポットサイズの大きさを任意かつ連続的に変えられることは、レーザー加工の条件の最適化に大きく寄与する。
40

【0032】

また集光部材20dに関し、円錐形プリズム24dの円錐面25dを紡錘形状面25d（図5に点線で図示）とすると、集光点のスポットサイズ径はさらに容易に制御できるようになる。紡錘面25dは光軸26d近傍では光軸26dにほぼ垂直であり、光軸26dから離れるに従って傾きが大きくなることから、プリズム24dと集光レンズ23dとの距離を大きくしても光軸26d近傍のレーザー光は光軸からあまり乖離せず光軸26dに略平行に進むのに対し、レンズ外周付近のレーザー光は円錐面25dの場合より光軸から大きく乖離して大きい集光点を形成するからである。

【0033】

図5の集光部材20dと同様の効果は、図6に示す第5の実施形態の集光部材20eに
50

よっても達成可能である。集光部材20eは、第3の実施形態の集光レンズ20cと同様の、光軸26e上に幾何光学的焦点が位置する一方の面の曲面部22e及び他方の面の円錐部24eを備えた集光レンズ25eと、円錐部24eと相補形状の円錐凹部27eを円錐部24eに対向するように備えた凹型円錐プリズム28eとから構成される。また曲面部22eを図5の紡錘面25dと同様の紡錘面としかつ円錐部24eを平面とすることによっても、同様の効果が得られる。

【0034】

図7に示す第6の実施形態の集光部材すなわち集光レンズ20fは、光軸26f上に幾何光学的焦点が位置する一方の面の曲面部22fと、他方の面に形成された平面部24fとを有する。平面部24f上にはさらに、ワーク12上には点形状ではない形状の集光点14を形成するための、回折表面構造28fが印刷、彫り込み等の方法により形成される。回折表面構造28fにより、ワーク12上には円、リング、楕円又は多角形等の任意形状及び所望のエネルギー密度分布の集光点14を形成することができる。

10

【0035】

本発明に係るレーザ加工装置においては、従来であれば異なる焦点距離の集光レンズを用いるときは実際のレンズとワークとの距離も変更せざるを得なかったのに対し、レンズとワークとの距離は実質的に変更せずに焦点距離を変更したのと同等の効果を得ることができる。従って、ワークの厚さ変更等に応じた、上述の集光レンズ20a~20eのような本発明に係る集光レンズ相互での使い分け、又は本発明に係る集光レンズと従来の幾何光学的に1点に集光する集光レンズとの使い分けは、集光レンズを公知の取付け及び取外し手段を用いて交換するだけで可能になり、レンズとワークとの距離を再調整するための機構も手間も必要ない。このことは、安価かつ適用範囲の広いレーザ加工装置の提供を可能にする。

20

【0036】

従来及び本発明に係るレーザ加工装置によるワークの切断実験の結果を表1に示す。また表1の実験条件a~dをそれぞれ模式的に示す図を図8(a)~(d)に示した。本発明に係る実験結果は表1中の条件aのみであり、他すなわち条件b~dはいずれも従来のレーザ加工装置での結果である。レーザ加工は全条件について、平均出力3kwの炭酸ガスレーザを使用し、厚さ25mmの軟鋼板に対して走査速度0.7m/分にて行った。使用した集光レンズの焦点距離は、条件bのみ8.75インチ(22cm)であり、他は5インチ(13cm)であった。また集光レンズに入射するときのビーム径は条件dのみ20mmで、他は30mmである。表中の焦点位置を示す数値は、最小のスポットサイズが得られる幾何光学的焦点がワーク表面に位置する場合をゼロとし、幾何光学的焦点がワーク表面から離れる方向をプラス(+)としてmm単位で表示している。

30

【0037】

【表 1】

表 1

焦点位置	本 発 明		従 来 例					
	(a) FL5.0" (13cm) ビーム径φ30		(b) FL8.75" (22cm) ビーム径φ30		(c) FL5.0" (13cm) ビーム径φ30		(d) FL5.0" (13cm) ビーム径φ20	
+6	×	切断面不良、ドロス付着	×	切断面不良、ドロス付着	×	切断不可	×	切断不可
+5	△	切断面不良	△	切断面不良	×	切断面不良、ドロス付着	×	切断不可
+4	○		○		△	切断面不良	△	切断面不良
+3	○		○		○		○	
+2	○		○		×	ドロス付着、切断不可	○	
+1	○		○		×	切断不可	×	ドロス付着
0	○		△	切断面不良			×	切断不可
-1	△	切断面不良	△	切断面不良	×	切断不可		
-2	×	切断面不良、ドロス付着	×	切断面不良、ドロス付着				

○良好切断、△切断可能（品質不良）、×切断不可

10

20

30

40

【 0 0 3 8 】

表 1 の条件 b ~ d 間での比較からわかるように、厚さ 25 mm のワークに対し従来の加工装置で良好に加工できる範囲が最も広いのは条件 b すなわち焦点距離が 8.75 インチ (22 cm) の場合である。条件 c は焦点距離が短いためにスポットサイズが小さくなり

50

、良好な切断は極めて狭い範囲でしか行えない。条件 d はビーム径を小さくしてスポットサイズを大きくしたために良好な切断範囲は条件 c よりはやや広がるものの、十分とはいえない。本発明すなわち条件 a の場合は、焦点距離が 5 インチ (1 3 c m) であるにも関わらず条件 b と同等以上のスポットサイズ径を実現することができるので、条件 b と同等以上に広い範囲で良好な切断を行うことができる。なお最適な集光点の位置はワークの材質及び切断条件等により異なるが、ワーク表面からプラスマイナスいずれの方向にもワークの厚さを超えない範囲にある。換言すれば、本発明の場合は、レーザ長 (集光点近傍における回折効果が持続する光軸方向長さ) の範囲内にワーク表面が位置する。特許文献 4 に記載のレーザ加工装置は、リング形状にレーザを照射する点では本願と類似するが、ワーク上の加工形状もリング形状となることから、レーザ範囲内での加工ではないと考えられ、その点で本発明とは異なる。

【 0 0 3 9 】

これまで説明してきた実施例においては、集光点の走査方向によって加工品質に差が生じないという利点の他、集光レンズに入射するレーザビーム径によらず集光点の形状を任意に形成できるという重要な利点もあり、これは従来提唱されてきた二重焦点レンズとは大きな相違点である。

【 0 0 4 0 】

本発明に係るレーザ加工装置は、加工ヘッドの向きが可変の 3 次元レーザ加工装置、又は加工ヘッドの移動加速度が 1 G 以上の高速レーザ加工装置である場合に特に有利である。3 次元加工装置の場合は機械座標における集光点位置を変更せずに切断可能なワーク厚さの範囲を画期的に増大させることができ、高速加工装置の場合は加工ヘッドの重量や回転モーメントを減少して高速時の性能及び精度を向上させることができるからである。

【 0 0 4 1 】

なお上記の説明は透過光学部品を前提としたものであるが、その一部を反射光学部品としても同様の効果が得られることは理解されるであろう。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 2 】

【 図 1 】 (a) 本発明に係るレーザ加工装置の集光レンズ近傍を示す概略図であり、(b) (a) よりもワークの厚さが厚い場合を示す概略図であり、(c) レーザビームが光ファイバから導かれる場合を示す概略図である。

【 図 2 】 本発明に係る集光レンズの第 1 の実施形態を示す図である。

【 図 3 】 本発明に係る集光レンズの第 2 の実施形態を示す図である。

【 図 4 】 本発明に係る集光レンズの第 3 の実施形態を示す図である。

【 図 5 】 本発明に係る集光レンズの第 4 の実施形態を示す図である。

【 図 6 】 本発明に係る集光レンズの第 5 の実施形態を示す図である。

【 図 7 】 本発明に係る集光レンズの第 6 の実施形態を示す図である。

【 図 8 】 (a) 本発明に係るレーザ加工装置による切断実験条件を模式的に示す図であり、(b) 比較のために従来のレーザ加工装置による切断実験条件を模式的に示す図であり、(c) 比較のために従来のレーザ加工装置による切断実験条件を模式的に示す図であり、(d) 比較のために従来のレーザ加工装置による切断実験条件を模式的に示す図である。

【 図 9 】 (a) ワークの厚さが薄い場合の従来のレーザ加工を示す概略図であり、(b) (a) よりワークの厚さが厚い場合を示す概略図であり、(c) さらに (b) よりワークの厚さが厚い場合を示す概略図である。

【 図 1 0 】 (a) 従来のレーザ加工装置の加工ヘッドの概略構成を示す図であり、(b) 従来のレーザ加工装置の加工ヘッドの他の概略構成を示す図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 3 】

1 0 発振器

1 2 ワーク

10

20

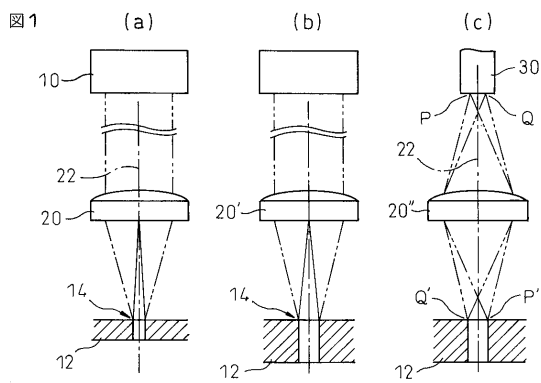
30

40

50

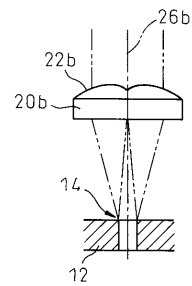
- 1 4 集光点
- 2 0、2 0'、2 0''、2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d、2 0 e、2 0 f 集光部
- 材
- 3 0 光ファイバ

【 図 1 】



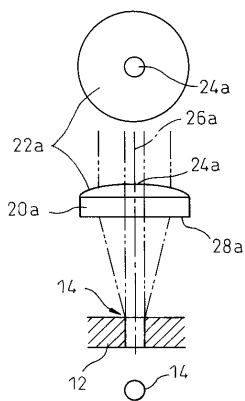
【 図 3 】

図 3



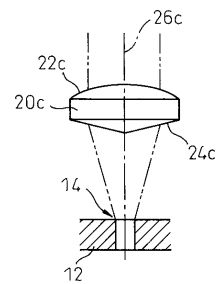
【 図 2 】

図 2



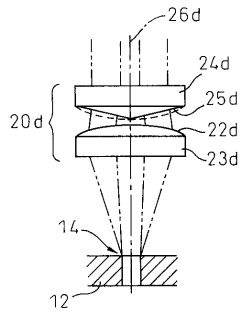
【 図 4 】

図 4



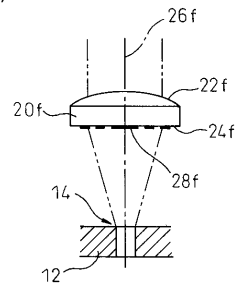
【 図 5 】

図 5



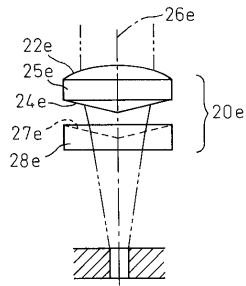
【 図 7 】

図 7



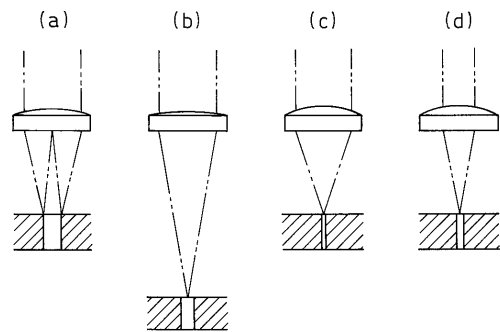
【 図 6 】

図 6



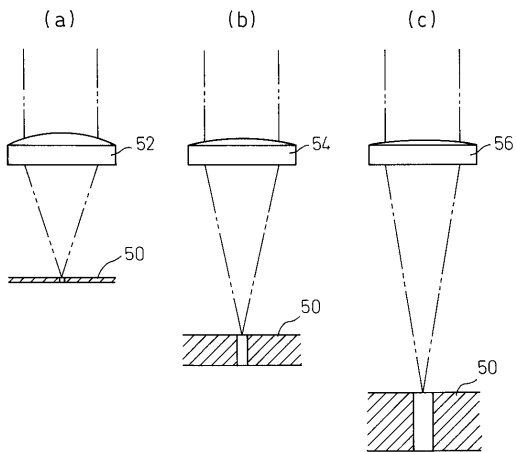
【 図 8 】

図 8



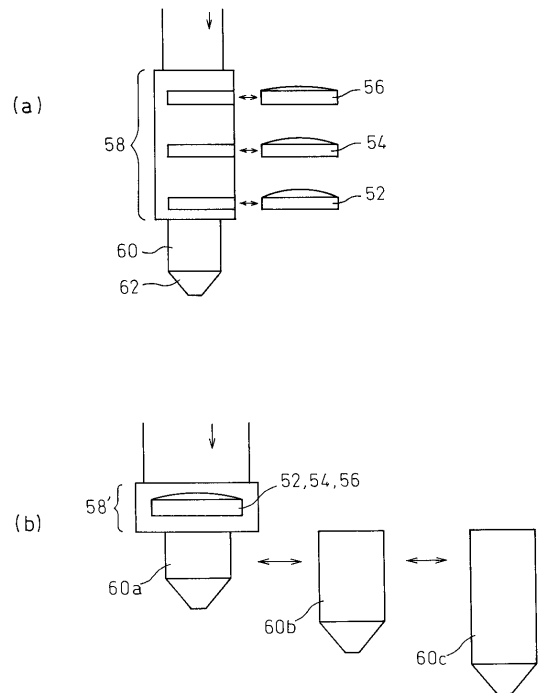
【 図 9 】

図 9



【 図 10 】

図 10



フロントページの続き

(72)発明者 森 敦

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3 5 8 0番地 ファナック株式会社内

Fターム(参考) 4E068 AE00 CA02 CA07 CA11 CA12 CA15 CD01 CD05 CD09 CD13
CD15 CE05 CE08 CJ02 DB01
5F172 AE03 ZZ01