

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6210456号  
(P6210456)

(45) 発行日 平成29年10月11日(2017.10.11)

(24) 登録日 平成29年9月22日(2017.9.22)

(51) Int.Cl.	F 1
B23K 26/046 (2014.01)	B 23 K 26/046
B23K 26/38 (2014.01)	B 23 K 26/38 Z
B23K 26/064 (2014.01)	B 23 K 26/38 A
	B 23 K 26/064 K

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2014-110619 (P2014-110619)  
 (22) 出願日 平成26年5月28日 (2014.5.28)  
 (65) 公開番号 特開2015-223614 (P2015-223614A)  
 (43) 公開日 平成27年12月14日 (2015.12.14)  
 審査請求日 平成28年12月12日 (2016.12.12)

(73) 特許権者 397022885  
 公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター  
 福井県敦賀市長谷64号52番地1  
 (74) 代理人 100076484  
 弁理士 戸川 公二  
 (72) 発明者 田村 浩司  
 福井県敦賀市長谷64号52番地1 公益  
 財団法人若狭湾エネルギー研究センター内  
 審査官 奥隅 隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】長距離レーザ切断装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

加工用レーザ光( $L_1$ )の光源として用いられ、かつ、出力側に導光用光ファイバ(11)を備えたファイバレーザ光源(1)と；このファイバレーザ光源(1)に導光用光ファイバ(11)を介して接続され、かつ、集光光学系(21)として光軸上に配置された前後の固定レンズ(21a)(21a)と、その間に配置された可動レンズ(21b)とを備えると共に、前記可動レンズ(21b)を光軸に沿って前後に無段階で移動調節可能なレンズ駆動部(22)を備えた照射ヘッド(2)と；この照射ヘッド(2)を所定の方向および回転角度で正逆回転させるヘッド回転機構(3)と；前記照射ヘッド(2)に固定された状態で、照射ヘッド(2)と切断対象物(W)間の距離を測定可能な距離測定器(4)と；この距離測定器(4)と前記照射ヘッド(2)のレンズ駆動部(22)に有線または無線接続され、かつ、距離測定器(4)から受信した距離データに基づいてレンズ駆動部(22)の制御を行う制御装置(6)とを含んで成り、  
 10 更に前記距離データに基づく可動レンズ(21b)の位置制御によって、照射ヘッド(2)から出射される加工用レーザ光( $L_1$ )の焦点位置(F)が、照射ヘッド(2)から1m以上離れた位置で自動調節されることを特徴とする長距離レーザ切断装置。

## 【請求項 2】

照射ヘッド(2)にズーム機能を有するテレスコープ(5)が装着されて、制御装置(6)に有線または無線接続されると共に、距離測定器(4)から得られた距離データに基づいてテレスコープ(5)のズーム倍率が制御装置(6)によって自動調節されることを特徴とする請求項1記載の長距離レーザ切断装置。

**【請求項 3】**

制御装置(6)が、テレスコープ(5)によってモニタリングされる切断対象物(W)の切断状況に応じて、手動入力または自動でレンズ駆動部(22)を補正制御可能な焦点位置補正手段を備えていることを特徴とする請求項2記載の長距離レーザ切断装置。

**【請求項 4】**

照射ヘッド(2)から出射される加工用レーザ光( $L_1$ )の焦点位置(F)が、少なくとも照射ヘッド(2)からの距離が1~30mの範囲内で自動調節されることを特徴とする請求項1~3の何れか一つに記載の長距離レーザ切断装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】**

10

**【0001】**

本発明は、レーザ切断装置の改良、詳しくは、遠く離れた位置(最大数十メートル程度)にある対象物の切断加工を行えるだけでなく、照射ヘッドからの距離が様々な対象物に対して焦点位置を効率的に無段階で自動調節することができ、しかも、焦点距離の調節範囲を充分に確保できる長距離レーザ切断装置に関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

20

近年、レーザ切断装置は、金属材料の切断加工や鋼材やコンクリート等から成る構造物の解体工事などに広く利用されている。そして、レーザ切断装置を使用する際には、レーザ光のビーム焦点を切断対象物に合わせて、照射エネルギー密度が最大となるように、かつ、切断溝幅(カーフ幅)が最小となるように設定するのが一般的である。

**【0003】**

しかしながら、照射ヘッドから数メートル以上離れた位置にある遠距離の対象物を切断する長距離照射型のレーザ切断装置においては、照射ヘッドと切断対象物の距離に応じてレーザ光の焦点位置を広範囲(数メートルから数十メートルの範囲)にわたって調節する必要があるものの、これを可能とするレーザ切断装置は未だ開発されていない。

**【0004】**

ちなみに従来技術としては、例えば、集光距離を二つ持つレンズを使用して薄板から厚板まで切断できるようにしたレーザ切断装置が開発されているが(特許文献1参照)、この技術では、焦点距離の選択肢がたった2つしかないため、屋外等で様々な位置に配置された切断対象物に対して焦点距離を無段階で(連続的に)調節することができない。

30

**【0005】**

また、従来技術としては、レーザ距離計等によって照射ヘッドと切断対象物との距離を測定し、更にこの測定データに基づいて照射ヘッド内の光学系(可動レンズやビームエキスパンダ等)を光路上で前後に動かすことにより、焦点距離を無段階で調節できるようにしたレーザ切断装置も公知となっている(例えば、特許文献2~4参照)。

**【0006】**

しかしながら、上記文献2~4に係る技術に関しては、加工台上に切断対象物を固定して、加工台に近接配置された照射ヘッドからレーザ光を照射して切断加工を行う通常の用途を前提としているため、焦点位置の調節範囲が、いずれの技術も近距離(文献2,3では100mm程度、文献4では300~600mm程度の範囲)に限定されている。

40

**【0007】**

一方、従来においては、40m以下の長距離照射を目的とするレーザ切断装置も公知となっているが(特許文献5参照)、この装置に関しては、照射ヘッド内に光学系の位置を制御する手段を備えていないことから、照射ヘッドを支持するアームや装置下部の走行手段を動かして照射ヘッド自体の位置を変えることにより焦点距離を調節する必要があった。そのため、焦点距離の調節範囲が狭く調節を効率的に行うこともできなかった。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0008】**

50

【特許文献1】特開2006-192504号公報  
【特許文献2】特開2008-215829号公報  
【特許文献3】特開2010-82663号  
【特許文献4】特開2013-226590号  
【特許文献5】特開2014-91133号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

そこで本発明は、上記の如き問題に鑑みて為されたものであり、その目的とするところは、遠く離れた位置にある対象物の切断加工を行えるだけでなく、照射ヘッドからの距離が様々な対象物に対して焦点位置を効率的に無段階で自動調節することができ、しかも、焦点距離の調節範囲も充分に確保できる長距離レーザ切断装置を提供することにある。 10

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明者が上記課題を解決するために採用した手段を添付図面を参照して説明すれば次のとおりである。

【0011】

即ち、本発明は、加工用レーザ光 $L_1$ の光源として用いられ、かつ、出力側に導光用光ファイバ11を備えたファイバレーザ光源1と；このファイバレーザ光源1に導光用光ファイバ11を介して接続され、かつ、集光光学系21として光軸上に配置された前後の固定レンズ21a・21aと、その間に配置された可動レンズ21bとを備えると共に、前記可動レンズ21bを光軸に沿って前後に無段階で移動調節可能なレンズ駆動部22を備えた照射ヘッド2と；この照射ヘッド2を所定の方向および回転角度で正逆回転させるヘッド回転機構3と；前記照射ヘッド2に固定された状態で、照射ヘッド2と切断対象物W間の距離を測定可能な距離測定器4と；この距離測定器4と前記照射ヘッド2のレンズ駆動部22に有線または無線接続され、かつ、距離測定器4から受信した距離データに基づいてレンズ駆動部22の制御を行う制御装置6とから長距離照射型レーザ照射装置を構成し、 20

更に前記距離データに基づく可動レンズ21bの位置制御によって、照射ヘッド2から出射される加工用レーザ光 $L_1$ の焦点位置Fを、照射ヘッド2から1m以上離れた位置で自動調節可能とした点に特徴がある。 30

【0012】

また、本発明においては、上記照射ヘッド2にズーム機能を有するテレスコープ5を装着して、制御装置6に有線または無線接続すると共に、距離測定器4から得られた距離データに基づいてテレスコープ5のズーム倍率を制御装置6によって自動調節可能に構成することができる。

【0013】

またその場合には、制御装置6に、テレスコープ5によってモニタリングされる切断対象物Wの切断状況に応じて、手動入力または自動でレンズ駆動部22を補正制御可能な焦点位置補正手段を設けておくことが好ましい。

【0014】

そしてまた、上記照射ヘッド2から出射される加工用レーザ光 $L_1$ の焦点位置Fについては、少なくとも照射ヘッド2からの距離が1～30mの範囲内で自動調節されるようにしておくことが望ましい。

【発明の効果】

【0015】

本発明では、レーザ切断装置において、照射ヘッド内に可動レンズを有する集光光学系を設けると共に、この集光光学系の可動レンズを、距離測定器から得られた照射ヘッドと切断対象物との距離データに基づいて位置制御するレンズ駆動部及び制御装置を設けて構成したことにより、照射ヘッドから1m以上離れた距離にある対象物に対しても焦点位置を合わせて簡単にレーザ切断を実施することが可能となる。 50

## 【0016】

しかも、本発明では、上記レーザ光の焦点距離の調節を、照射ヘッドの位置を動かすことなく、制御装置によって自動的に行われるよう正在しているため、焦点位置を大きく変える場合でも効率的に短時間で調節を完了できる。また、上記焦点距離の調節は、可動レンズの位置制御によって数メートルから数十メートルの広範囲にわたって無段階で行うことができるため、充分な切断エリアを確保できる。

## 【0017】

したがって、本発明により、切断対象物から距離をとて安全に切断作業を行えるだけでなく、遠隔操作による切断作業も容易化することができ、しかも、厚板鋼板の切断加工や大型構造物の解体等の幅広い用途に使用できる長距離レーザ切断装置を提供できることから、本発明の実用的利用価値は頗る高い。

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【0018】

【図1】本発明の実施例1におけるレーザ切断装置を表わす概略図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0019】

## 『実施例1』

本発明の実施例1について、図1に基いて説明する。同図において、符号1で指示するものは、ファイバレーザ光源であり、符号2で指示するものは、照射ヘッドである。また符号3で指示するものは、ヘッド回転機構であり、符号4で指示するものは、距離測定器である。また符号5で指示するものは、テレスコープであり、符号6で指示するものは、制御装置である。

20

## 【0020】

## [レーザ切断装置の構成]

まず本実施例のレーザ切断装置Aにおいては、出力側に導光用光ファイバ11を備えたファイバレーザ光源1を加工用レーザ光L<sub>1</sub>の光源として使用すると共に、このファイバレーザ光源1と加工用レーザ光L<sub>1</sub>の照射ヘッド2を、導光用光ファイバ11を介してケーブルコネクタ11aで接続している(図1参照)。

## 【0021】

なお本実施例では、上記加工用レーザ光L<sub>1</sub>の光源となるファイバレーザ光源1に、出力:30kW、発振方式:連續光(CW)、波長:1.07μmのものを使用しているが、金属のレーザ切断加工に使用できる性能を有するファイバレーザであれば、出力が異なるものや発振方式がパルス式のもの、波長が異なるものを採用することもできる。

30

## 【0022】

また、上記照射ヘッド2は、加工用レーザ光L<sub>1</sub>の集光光学系21として光軸上に一対の固定レンズ21a・21aを前後に配置すると共に、その固定レンズ21a・21a間に可動レンズ21bを配置して構成している。また更に、照射ヘッド2には、可動レンズ21bを光軸に沿って前後に無段階で移動調節するためのレンズ駆動部22を内蔵している。

## 【0023】

ここで、上記照射ヘッド2の集光光学系について簡単に説明する。まず、2枚のレンズ21b・21a間の距離をdとし、その焦点距離をf<sub>1</sub>、f<sub>2</sub>とする。そして、前側の可動レンズ21bを凹レンズ、後側の固定レンズ21aを凸レンズとした場合(f<sub>1</sub><0、f<sub>2</sub>>0)、両者の合成焦点距離fは、次式で表される。

40

## 【数1】

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{d}{f_1 \cdot f_2}$$

この式から、

50

$d = 0$  の極限では、

【数2】

$$f = f1 \cdot f2 / (f1 - f2) \equiv f0$$

となる。また、

【数3】

$$d \rightarrow -f1 + f2 \equiv d\infty$$

10

では、 $f = \infty$  となる。すなわち、 $d = 0 \sim d$  の範囲で  $f = f_0 \sim \infty$  に可変とできる。ここで、例えば  $f_1 = -0.4m$ 、 $f_2 = 0.6m$  とすると、 $d = 1m$ 、 $f_0 = 0.24m$  となり、 $d$  を 0 から 1 m と可変にすることで、焦点距離  $f$  を数 10 cm から無限まで可変とできることが分かる。また、加工用レーザ光  $L_1$  を、前側の固定レンズ 21a で平行光線とし、可動レンズ 21b および後側の固定レンズ 21a で合成焦点距離をこの程度可変とすることで、広い距離範囲の切断対象物 W に焦点距離 F を合わせることが可能となる。

【0024】

一方、上記照射ヘッド 2 の下部には、照射ヘッド 2 を所定の方向および回転角度で正逆回転させるヘッド回転機構 3 を設けている。これにより、加工用レーザ光  $L_1$  を切断対象物 W 上で直線状に走査することができる。また本実施例では、ヘッド回転機構 3 の回転角度および回転速度を切断状況に応じて調節できるようにしている。

20

【0025】

また更に、上記照射ヘッド 2 には、距離測定器 4 を固定して、この固定された距離測定器 4 によって照射ヘッド 2 と切断対象物 W 間の距離を測定できるようにしている。なお本実施例では、この距離測定器 4 にレーザ距離計 (Tajima D510) を使用しているが、測定結果に所定の精度を有するものであれば、他の測定器も使用できる。

【0026】

そして本実施例では、上記距離測定器 4 と照射ヘッド 2 のレンズ駆動部 22 を、制御装置 6 に有線接続し、距離測定器 4 から受信した距離データに基づいてレンズ駆動部 22 (可動レンズ 21b の位置) を制御できるようにしている。これにより、加工用レーザ光  $L_1$  の焦点位置 F と切断対象物 W の位置が合致するように、焦点距離 K が自動調節される。

30

【0027】

なお、上記レンズ駆動部 22b による可動レンズ 21b の位置制御に関しては、加工用レーザ光  $L_1$  の焦点位置 F が、照射ヘッド 2 から 1 m 以上離れた位置 (焦点距離 K が 1 m 以上の範囲) で調節されるようになっているが、最短の焦点距離  $K_s$  と最長の焦点距離  $K_L$  間の範囲に少なくとも 1 ~ 30 m が含まれるようするのが望ましい。

【0028】

また更に本実施例では、上記照射ヘッド 2 に、ズーム機能を有するテレスコープ 5 を装着し、このテレスコープ 5 から得られた映像データを、レーザ切断装置 A から離れた場所にある遠隔モニタに送信することによって、切断対象物 W 上における加工用レーザ光  $L_1$  のビーム径や、切断対象物 W の切断状況をモニタリングできるようにしている。

40

【0029】

また本実施例では、上記テレスコープ 5 を制御装置 6 に有線接続して、距離測定器 4 から得られた距離データに基づいてテレスコープ 5 のズーム倍率が制御装置 6 によって自動調節されるように構成している。これにより、切断対象物 W の位置が照射ヘッド 2 から遠い場合でも切断状況をしっかりとモニタリングすることができる。

【0030】

また本実施例では、上記テレスコープ 5 によってモニタリングされる切断対象物 W の切

50

断状況(熱影響により焦点位置のズレ等)に応じて、手動入力でレンズ駆動部22を補正制御可能な焦点位置補正手段を制御装置6に設けている。これにより、焦点位置Fや焦点距離Kが最適となるように可動レンズ21bの位置を微調整することができる。

#### 【0031】

##### [レーザ切断装置の使用方法]

次に、上記レーザ切断装置Aの使用方法について以下に説明する。まず切断加工を行う前に距離測定器4から測定用レーザ光L2を出射して、切削対象物Wと照射ヘッド2の距離を算出する。そして、算出した距離データを制御装置6に送信し、レンズ駆動部22の制御を行って焦点位置Fが切削対象物Wの位置にくるように可動レンズ21bの位置を設定する。

10

#### 【0032】

そして、上記準備が完了した後、加工用レーザ光L1を切削対象物Wに向けて出射する。この際、ファイバーレーザ光源1から出力された光は導光用光ファイバ11を通ってケーブルコネクタ11aに導かれ、固定レンズ21a・21aと可動レンズ21bから成る集光光学系を通して照射ヘッド2のレンズ窓23から出射され、切削対象物Wに照射される。

#### 【0033】

また、上記照射ヘッド2については、加工用レーザ光L1の射出と同時にヘッド回転機構3により所定の向き、回転角度で正逆回転させる。これにより、加工用レーザ光L1が走査された切削対象物Wの被照射部を溶融切削する。なおヘッド回転機構3で照射ヘッド2を回転させる際の向きや回転角度は、レーザ照射前に予め設定しておく。

20

#### 【0034】

そしてまた、上記切削加工の際には、テレスコープ5から送信された映像データを遠隔モニタに出力することにより、切削状況やビーム径の変化等のモニタリングを行う。そして、光学系の熱影響による焦点位置Fのズレや切削対象物Wの厚みが大きい等、必要に応じて、制御装置6の補正手段を利用して可動レンズの位置を補正制御することにより焦点位置制御にフィードバックする。

#### 【0035】

ここで、上記加工用レーザ光L1によって離れた場所にある切削対象物を切削するための数値的根拠について簡単に説明する。まず、ビーム径D(m)のレーザーが、焦点距離f(m)のレンズで集光された場合の焦点位置でのビームスポット径d(m)は、以下の式で求められる。

30

#### 【数4】

$$d = \frac{4 \lambda \cdot f}{\pi D} M2$$

ここで、λは波長、M2は品質を示すパラメーターである。実際のデータからBPP=10mm·m radであるから、M2=30と求まる。 $\lambda=1.07 \mu\text{m}$ 、 $D=0.1\text{m}$ として、30m先の焦点での広がりを考え $f=30(\text{m})$ 、これらを代入すると、 $d=0.011\text{m}$ となる。よって、焦点でのビーム面積は $S = 1\text{cm}^2$ となる。30kWのレーザーが損失なく照射されたとすると、焦点でのレーザーエネルギー密度は、 $P=30\text{kW}/1\text{cm}^2=30\text{kW}/\text{cm}^2$ となる。そして、レーザー照射により鋼材が溶ける条件は、 $6 \sim 10\text{kW}/\text{cm}^2$ といわれており、上記結果はそれを十分上回るため、多少の光学的損失を考慮しても、鋼材の溶融切削が十分可能と考えられる。また近距離( $f < 30\text{m}$ )では、ビーム径はより小さくなるので、切削は更に容易となる。

40

#### 【0036】

また本発明は、概ね上記のように構成されるが、本発明は図示の実施形態に限定されるものではなく、「特許請求の範囲」の記載内において種々の変更が可能であって、例えは

50

、制御装置 6 の補正手段に関しては、手動入力による方法だけでなくテレスコープ 5 から得られる映像データに基づいて自動で補正制御する方法も採用できる。

#### 【 0 0 3 7 】

また、上記制御装置 6 と、照射ヘッド 2 のレンズ駆動部 22、距離測定器 4 およびテレスコープ 5との接続方法に関しても、有線接続でなく無線接続を採用することもできる。また、照射ヘッド 2 の集光光学系に関しても、前後の固定レンズ 21a・21a や可動レンズ 21b を複数枚のレンズ群から構成することもできる。

#### 【 0 0 3 8 】

そしてまた、照射ヘッド 2 に上下向きを調節するための仰角調節機構を設けたり、ヘッド回転機構 3 に上下方向の回転機構を設けたりすることもできる。また更に照射ヘッド 2 の位置を遠隔操作するために走行装置を付設して構成することもでき、上記何れのものも本発明の技術的範囲に属する。10

#### 【 産業上の利用可能性 】

#### 【 0 0 3 9 】

最近では、金属加工分野だけでなく廃炉解体等の用途でレーザ切断装置の需要が増加している。そのような中で、本発明の長距離レーザ照射装置は、離れた場所から大型構造物を構成する厚みのあるコンクリートや鋼材を安全かつ効率的に切断できる有用な技術であることから、その産業上の利用価値は非常に高い。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 4 0 】

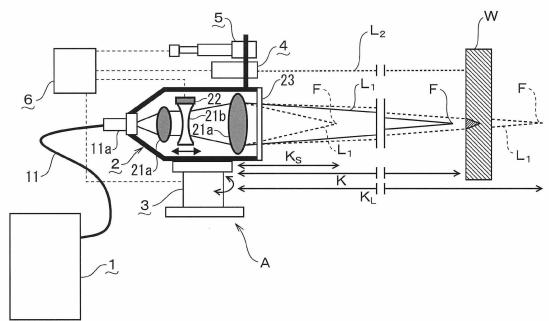
- 1 ファイバレーザ光源
- 11 導光用光ファイバ
- 11a ケーブルコネクタ
- 2 照射ヘッド
- 21 集光光学系
  - 21a 固定レンズ
  - 21b 可動レンズ
- 22 レンズ駆動部
- 23 レーザ窓
- 3 ヘッド回転機構
- 4 距離測定器
- 5 テレスコープ
- 6 制御装置
- A レーザ切断装置
- W 切断対象物
- L<sub>1</sub> 加工用レーザ光
- L<sub>2</sub> 測定用レーザ光
- F 焦点
- K 焦点距離

10

20

30

【図1】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2014-091133(JP,A)  
特開2015-208778(JP,A)  
特開2012-192731(JP,A)  
特開平11-077353(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B23K 26/00 - 26/70