

(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2017-109238

(P2017-109238A)

(43) 公開日 平成29年6月22日(2017.6.22)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)  
**B 2 3 K 26/38 (2014.01)** B 2 3 K 26/38 A 4 E 1 6 8

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

|              |                              |            |                                |
|--------------|------------------------------|------------|--------------------------------|
| (21) 出願番号    | 特願2016-191795 (P2016-191795) | (71) 出願人   | 000001258                      |
| (22) 出願日     | 平成28年9月29日 (2016.9.29)       |            | J F E スチール株式会社                 |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2015-243669 (P2015-243669) |            | 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号              |
| (32) 優先日     | 平成27年12月15日 (2015.12.15)     | (74) 代理人   | 100126701                      |
| (33) 優先権主張国  | 日本国 (JP)                     |            | 弁理士 井上 茂                       |
|              |                              | (74) 代理人   | 100130834                      |
|              |                              |            | 弁理士 森 和弘                       |
|              |                              | (72) 発明者   | 角 博幸                           |
|              |                              |            | 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J            |
|              |                              |            | F E スチール株式会社内                  |
|              |                              | F ターム (参考) | 4E168 AD07 CB03 DA02 DA24 DA28 |
|              |                              |            | DA29 EA17 FA04 FB03 JA02       |
|              |                              |            | KA04 KA07 KA08                 |

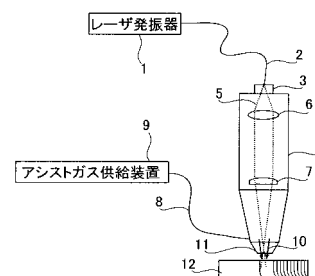
(54) 【発明の名称】 レーザ切断方法

(57) 【要約】

【課題】 固体レーザーまたはファイバーレーザーを用いて低合金鋼材を切断する際に、高速かつ高品質な切断が実施できるレーザー切断方法を提供する。

【解決手段】 固体レーザー発振器またはファイバーレーザー発振器から出射されたレーザービームを被切断材に照射するとともに、レーザービームを照射した切断部位にアシストガスを噴射しながら切断するレーザー切断方法において、前記被切断材が低合金鋼材であって、前記レーザービームの出力が8 kW以上、かつ、そのレーザー入熱が0.5 kJ/mm以下であり、前記アシストガスが体積%で90%以上のN<sub>2</sub>を含んだ不活性ガスであるとともに、前記アシストガスの被切断材への噴出圧力が0.5～1.0 MPaであることを特徴とするレーザー切断方法。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

固体レーザ発振器またはファイバーレーザ発振器から出射されたレーザビームを被切断材に照射するとともに、レーザビームを照射した切断部位にアシストガスを噴射しながら切断するレーザ切断方法において、前記被切断材が低合金鋼材であって、前記レーザビームの出力が 8 kW 以上、かつ、そのレーザ入熱が 0.5 kJ/mm 以下であり、前記アシストガスが体積%で 90% 以上の N<sub>2</sub> を含んだ不活性ガスであるとともに、前記アシストガスの被切断材への噴出圧力が 0.5 ~ 1.0 MPa であることを特徴とするレーザ切断方法。

## 【請求項 2】

前記被切断材の板厚が 6 mm 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ切断方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、固体レーザ発振器又はファイバーレーザ発振器から出射されたレーザビームを被切断材に照射するとともに、レーザビームを照射した切断部位にアシストガスを噴射しながら切断するレーザ切断方法に関し、特に低合金鋼材を被切断材とするレーザ切断方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

炭素鋼や合金鋼などの鉄鋼材料の熱切断方法としては、ガス切断、プラズマ切断、レーザ切断が一般的である。その中でもレーザ切断は、切断溝が小さく、熱影響部や熱ひずみの少ない切断が可能であり、発生するノロや粉塵の量も少なく、自動化も容易であるなどのメリットを有している。

## 【0003】

レーザ切断に用いられるレーザ発振器としては、従来は CO<sub>2</sub> レーザが多く用いられてきた。しかしながら、CO<sub>2</sub> レーザはレーザ出力が高くなるとビーム集光性が劣化するため、レーザ切断に用いられるレーザ出力は 8 kW 以下に限定されている。

## 【0004】

一方、最近では CO<sub>2</sub> レーザの約 1/10 の波長である固体レーザやファイバーレーザを適用したレーザ切断が注目されている。このような固体レーザやファイバーレーザは光ファイバーでの伝送が可能であるため、装置の取り回しなど扱いが容易である。また CO<sub>2</sub> レーザよりもエネルギー変換効率やビーム品質に優れ、高出力化も容易である。さらに、高出力でもビーム集光性は良好であり、ビームプロファイルも比較的自由に制御することが可能である。

## 【0005】

このような、固体レーザやファイバーレーザを用いたレーザ切断方法として、例えば特許文献 1 ~ 3 に示す技術が開示されている。

## 【0006】

特許文献 1 には、固体レーザ又はファイバーレーザのレーザビームをリング状に形成して被切断材に照射するとともに、その切断部位にアシストガスとして酸素ガスを噴射して被切断材を切断するレーザ切断方法が開示されている。

## 【0007】

特許文献 2 には、波長 1 μm 帯のレーザビームを、外径が 300 ~ 600 μm のリングビームに形成し、かつ内径比を 30 ~ 70 % に設定することで、レーザビームの中心部におけるエネルギー密度の大きさをリング状に均等化を図ったレーザ切断方法が開示されている。

## 【0008】

特許文献 3 には、CO<sub>2</sub> レーザよりも波長が短いレーザビームを楕円形状に形成して、

10

20

30

40

50

該楕円形の長軸方向と被切断物の切断の進行方向とが一致する様にレーザービームを集束させるとともに、被切断物にアシストガスとして酸素ガスを吹きかけながら切断を行うレーザー切断方法が開示されている。

【0009】

また、レーザー切断に用いるアシストガスについても、被切断材の材質に応じて、例えば特許文献4～6に示す技術が開示されている。

【0010】

特許文献4には、ステンレス鋼のレーザー切断において、還元剤である $H_2$ を添加した $N_2 + H_2$ や $Ar + H_2$ をアシストガスに用いるレーザー切断方法が開示されている。

【0011】

特許文献5には、チタンあるいはチタン合金のレーザー切断においては、 $Ar$ に50%以下の体積比で $H_2$ や $He$ を混合したアシストガスを用いるレーザー切断方法、ステンレス鋼のレーザー切断においては、 $N_2$ に50%以下の体積比で $H_2$ や $He$ を混合したアシストガスを用いるレーザー切断方法が開示されている。

【0012】

特許文献6には、ステンレス鋼のレーザー切断において、 $N_2$ 、 $He$ 、 $Ar$ またはそれらの混合物に $O_2$ 、 $CO_2$ 、 $H_2$ 、 $CH_4$ から選択した1つ以上の化合物を追加した混合ガスをアシストガスに用いるレーザー切断方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【特許文献1】国際公開番号WO2010/095744 A1

【特許文献2】国際公開番号WO2013/039161 A1

【特許文献3】特開2012-86230号公報

【特許文献4】特開平2-30389号公報

【特許文献5】特開平11-314191号公報

【特許文献6】特開2007-144517号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

特許文献1～3に記載の固体レーザーやファイバーレーザーを用いたレーザー切断方法は、レーザー切断のアシストガスとして酸素ガスを適用することを前提としている。これは、以下に述べるレーザー切断の一般的なメカニズムに基づくものである。

【0015】

すなわち、レーザー切断は、集光レンズなどで数百 $\mu m$ のスポット径に集光させることでエネルギー密度を高くしたレーザービームを被切断材に照射し、瞬間的に融点以上に加熱して溶融又は昇華させるとともに、アシストガスの圧力によって溶融金属を除去することで切断が進行する。この時、低合金鋼が被切断材の場合、アシストガスに酸素ガスをを用いることで鉄と酸素の燃焼反応熱を利用し、被切断材の高温化を図って切断を行っている。

【0016】

しかしながら、固体レーザーやファイバーレーザーは、 $CO_2$ レーザーに比べて金属材料に対するエネルギー吸収率が高い。このため低合金鋼が被切断材の場合、酸素ガスをアシストガスに用いてレーザー切断を行うと、切断表面における溶融幅が過大となり、カーフコントロールが難しくなることがある。また、セルフバーニングを起こしやすく、安定した品質でのレーザー切断が困難となるなどの問題がある。特に、被切断材の板厚が大きくなると（例えば、板厚が6mm以上になると）、燃焼反応熱を適正に制御する必要があるとともに、切断速度は鉄と酸素の燃焼反応の進行過程に律速されるため、切断速度の大幅な改善は図られないなどの問題もある。

【0017】

これに対して、特許文献4～6に記載のレーザー切断方法は、酸素ガス以外の混合ガスを

10

20

30

40

50

アシストガスに用いたレーザ切断方法であるが、ステンレス鋼や非鉄金属を被切断材にしたものであり、低合金鋼を被切断材にしたものではない。

【0018】

本発明は、上記のような事情に鑑みてなされたものであり、固体レーザまたはファイバーレーザを用いて低合金鋼材を切断する際に、高速かつ高品質な切断が実施できるレーザ切断方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0019】

上記課題を解決するために、本発明は以下の特徴を有する。

【0020】

〔1〕固体レーザ発振器またはファイバーレーザ発振器から出射されたレーザビームを被切断材に照射するとともに、レーザビームを照射した切断部位にアシストガスを噴射しながら切断するレーザ切断方法において、前記被切断材が低合金鋼材であって、前記レーザビームの出力が8 kW以上、かつ、そのレーザ入熱が0.5 kJ/mm以下であり、前記アシストガスが体積%で90%以上のN<sub>2</sub>を含んだ不活性ガスであるとともに、前記アシストガスの被切断材への噴出圧力が0.5～1.0 MPaであることを特徴とするレーザ切断方法。

【0021】

〔2〕前記被切断材の板厚が6 mm以上であることを特徴とする前記〔1〕に記載のレーザ切断方法。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、固体レーザまたはファイバーレーザを用いて低合金鋼材を切断する際に、高速かつ高品質な切断を実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の一実施形態において用いるレーザ切断装置の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

本発明に係るレーザ切断方法の一実施形態について、図面を参照して説明する。

【0025】

本実施形態において用いるレーザ切断装置は、図1に示すように、レーザ発振器（YAGレーザやディスクレーザなどの固体レーザ発振器またはファイバーレーザ発振器）1と、レーザ発振器1に接続された光ファイバー2と、光ファイバー2の他端にレーザ出射部3を介して接続されたレーザ切断ヘッド4とを備える。レーザ切断ヘッド4には、レーザ出射部3から出射されたレーザビーム5を平行光線化するためのコリメーションレンズ6と、平行光線化されたレーザビーム5を集光させる集光レンズ7が備わっている。このようなレーザ切断ヘッド4に、アシストガス配管8を介してアシストガス供給装置9が接続される。アシストガス供給装置9は、例えば、アシストガスである不活性ガスを貯蔵するガスボンベとガス圧力調整器（レギュレータ）などで構成される。レーザ切断ヘッド4の下方に、集光レンズ7にて集光されたレーザビーム5およびアシストガス10を噴出するための穴を設けた切断ノズル11を装着させる。切断ノズル11の下面より例えば2～3 mmの空間を設けて被切断材12が設置され、レーザ切断が実施される。

【0026】

次に、本実施形態に係るレーザ切断方法について説明する。

【0027】

本実施形態に係るレーザ切断方法は、レーザ発振器（固体レーザ発振器、ファイバーレーザ発振器）1から出射され出力が8 kW以上のレーザビーム5によって被切断材（低合金鋼材）12を加熱し、この加熱部位に体積比で90%以上のN<sub>2</sub>を含んだ不活性ガスをアシストガス10として高圧（0.5～1.0 MPa）で切断ノズル11から噴射させる

10

20

30

40

50

ことで、溶融金属を母材から排除して、被切断材 1 2 を切断するものである。

#### 【0028】

すなわち、本実施形態に係るレーザ切断方法は、従来のような、酸素ガスをアシストガスに用いて鉄と酸素の燃焼反応を活用したレーザ切断方法とは異なり、高エネルギー密度に集光させたレーザビーム 5 のエネルギーのみによって被切断材 1 2 を溶融させ、不活性ガスの運動エネルギーで溶融金属を排除して切断するレーザ切断方法である。これにより、過剰燃焼による切断品質劣化の防止とレーザ切断速度の向上が実現できる。

#### 【0029】

なお、低合金鋼材とは、N i、C r、M o、T i、N b、V、C u、M n、S i、A l、B、C o、P b、W および Z r から選択される少なくとも一種の合金元素を含有する鋼であって、該合金元素の含有量の合計が 5 質量% 以下の鋼材である。

#### 【0030】

本発明では、レーザ発振器（固体レーザ発振器、ファイバーレーザ発振器）から出射された 8 k W 以上のレーザビームを被切断材に照射する。これら固体レーザまたはファイバーレーザのレーザビームは、高出力でのビーム集光性が C O<sub>2</sub> レーザよりも優れている。本発明に係るレーザ切断方法では、酸素ガスによる燃焼反応熱を利用しないため、高エネルギー密度に集光することができるレーザビームを使用することが必須条件となる。また、レーザ出力についても、従来のようなアシストガスに酸素ガスをを用いたレーザ切断方法で用いられるよりも高い出力が必要となる。例えば、板厚 6 m m の鋼板を切断するには、レーザビームの出力（レーザ出力）は 8 k W 以上が必要との検討結果が得られた。このため、本発明では、固体レーザ発振器またはファイバーレーザ発振器から出射された 8 k W 以上のレーザビームに限定する。レーザビームの出力は、1 0 0 k W 以下であることが好ましい。ただし、レーザビームのレーザ入熱が過剰になると良好な切断面が得られなくなるので、レーザビームのレーザ入熱は 0 . 5 k J / m m 以下とする。レーザ入熱の下限值としては、好ましくは、0 . 1 k J / m m 以上とする。なお、「レーザ入熱」とは、「レーザビームの出力」/「切断速度」、すなわち、「レーザビームの出力」/「レーザ切断ヘッドの進行速度」で求められるものである。

#### 【0031】

本発明では、体積% で 9 0 % 以上の N<sub>2</sub> を含んだ不活性ガスから構成されるアシストガスを用いる。体積% で 9 0 % 以上の N<sub>2</sub> が含まれた不活性ガスから構成されるガスを用いることで、レーザ切断位置近傍はほぼ無酸素状態となるため、セルフバーニングなどは発生しないし、カーフコントロールも容易である。また、切断面にドロスと呼ばれる酸化化合物の付着もほとんど生じない。したがって、切断品質が良好である。さらに、酸素ガスをアシストガスに用いた従来のレーザ切断方法では、その切断速度は鉄と酸素の酸化反応速度に律速されることや、ドロスの生成量が多くその排出に時間を要することなどから、レーザ出力を増大させても切断速度の向上を図ることはできなかった。これに対して、体積% で 9 0 % 以上の N<sub>2</sub> を含んだ不活性ガスから構成されるアシストガスを用いた場合には、その切断速度はレーザ照射によって溶融した金属を排出する時間に支配されることになる。また、ドロスもほとんど生成しない。このため、レーザ出力を増大させることやアシストガスの噴出圧力を高めることで、切断速度の向上を図ることが可能となる。このように、体積% で 9 0 % 以上の N<sub>2</sub> を含んだ不活性ガスから構成されるアシストガスを用いることで、良好な切断品質、高速切断を同時に達成することが可能となる。また、ドロスの付着がほとんど生じないため付着物の除去作業が軽減され、切断作業性も良好になる。また、被切断材が低合金鋼材の場合は、その表面の酸化スケールはステンレス鋼や非鉄金属のものに比べて分解し易い。このため、アシストガスに強還元剤である H<sub>2</sub> を添加する必要はなく、酸素が混入しなければ良い。このため、本発明では、体積% で 9 0 % 以上の N<sub>2</sub> を含んだ不活性ガスから構成されるアシストガスを用いる。なお、アシストガス中の N<sub>2</sub> 以外に含まれる不活性ガス成分としては、アルゴン、ヘリウムなどで問題はない。

#### 【0032】

さらに、本発明では、アシストガスの噴出圧力は 0 . 5 ~ 1 . 0 M P a とする。噴出圧

力が0.5MPa未満では、アシストガスの運動エネルギーが低いため溶融金属を十分に排除することが難しく、被切断材を切断（分離）することができなかつたり、切断面の凹凸（切断面粗さ）が大きくなって切断品質が悪くなつたりする。また、噴出圧力が1.0MPaを越えると、アシストガスの運動エネルギーが高すぎて、切断品質が劣化する。このため、本発明では、アシストガスの噴出圧力は0.5～1.0MPaとする。なお、好ましくは0.6～0.8MPaである。

#### 【実施例】

#### 【0033】

本発明を実施例によって説明する。

#### 【0034】

図1に示したレーザ切断装置を用いて、種々の板厚の低合金鋼材（C：0.16質量％、Si：0.33質量％、Mn：1.45質量％、Cu：0.13質量％、Ni：0.20質量％、Cr：0.04質量％、Mo：0.01質量％。合金元素含有量の合計：2.16質量％。）を被切断材としてレーザ切断試験を実施し、その切断品質について評価した。なお、レーザ切断装置のレーザ発振器には最大レーザ出力が25kWで、レーザビームの波長が1.070nmのファイバーレーザ発振器を用い、切断ノズルの下面より2.5mmの空間を設けて被切断材を設置した。そのレーザ切断試験条件および試験結果を表1に示す。表1の「アシストガス」の欄に、アシストガスの種類とその体積％を併記する。なお、表1における「切断速度」はレーザ切断ヘッドの進行速度を意味しており、実際に切断（分離）したことを意味しているわけではない。また、表1における「アシストガスの噴出圧力」は切断ノズル出口でのアシストガスの圧力であり、請求項の「アシストガスの被切断材への噴出圧力」を意味する。

#### 【0035】

#### 【表1】

| No. | 被切断材<br>の板厚<br>(mm) | レーザビーム<br>の出力<br>(kW) | 切断速度<br>(m/min) | アシストガス<br>(体積％)                      | アシストガスの<br>噴出圧力<br>(MPa) | レーザ入熱<br>(kJ/mm) | 切断品質 | 備考   |
|-----|---------------------|-----------------------|-----------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------|------|------|
| 1   | 6                   | 6                     | 5               | 95%N <sub>2</sub> -5%Ar              | 0.5                      | 0.07             | 切断不可 | 比較例  |
| 2   | 6                   | 10                    | 6               | 100%N <sub>2</sub>                   | 0.7                      | 0.10             | 良好   | 本発明例 |
| 3   | 6                   | 8                     | 3               | 80%N <sub>2</sub> -20%O <sub>2</sub> | 0.5                      | 0.16             | ドロ付着 | 比較例  |
| 4   | 6                   | 8                     | 4.5             | 95%N <sub>2</sub> -5%Ar              | 0.6                      | 0.11             | 良好   | 本発明例 |
| 5   | 9                   | 12                    | 4               | 100%N <sub>2</sub>                   | 0.4                      | 0.18             | 不良*1 | 比較例  |
| 6   | 9                   | 15                    | 5               | 100%N <sub>2</sub>                   | 0.8                      | 0.18             | 良好   | 本発明例 |
| 7   | 12                  | 17                    | 3.5             | 90%N <sub>2</sub> -10%Ar             | 0.8                      | 0.29             | 良好   | 本発明例 |
| 8   | 12                  | 15                    | 4               | 95%N <sub>2</sub> -5%Ar              | 1.2                      | 0.23             | 不良*1 | 比較例  |
| 9   | 15                  | 15                    | 3               | 97%N <sub>2</sub> -3%He              | 0.8                      | 0.30             | 良好   | 本発明例 |
| 10  | 15                  | 15                    | 2               | 80%N <sub>2</sub> -20%O <sub>2</sub> | 0.6                      | 0.45             | ドロ付着 | 比較例  |
| 11  | 18                  | 20                    | 2.5             | 100%N <sub>2</sub>                   | 0.7                      | 0.48             | 良好   | 本発明例 |
| 12  | 18                  | 20                    | 3.5             | 97%N <sub>2</sub> -3%He              | 0.7                      | 0.34             | 良好   | 本発明例 |
| 13  | 18                  | 23                    | 2.5             | 100%N <sub>2</sub>                   | 0.8                      | 0.55             | 不良*1 | 比較例  |

\*1:目視にて観察した切断面の凹凸(切断面粗さ)が仕様を満足しない。

#### 【0036】

表1から明らかなように、本発明例（No. 2、4、6、7、9、11、12）は、レーザ切断条件が本発明で規定する条件を満たしているため、板厚が厚い被切断材（6～18mm）に対して、高速度の切断速度（2.5～6m/min）で、良好な切断品質が得られている。なお、本発明例では、レーザ切断ヘッドが進行すると実際に被切断材が切断

(分離)されており、表 1 に記載された「切断速度」が、被切断材の切断速度と言える。

【0037】

これに対して、比較例 (No. 1、3、5、8、10、13) は、レーザ切断条件が本発明で規定する条件を満たしていないため、以下のように、良好な切断品質が得られていない。

【0038】

比較例である No. 1 は、レーザビームの出力が 6 kW と本発明で規定する範囲を外れているため、切断 (分断) できなかった。

【0039】

比較例である No. 3 および 10 は、アシストガスの  $N_2$  含有量が本発明で規定する範囲を外れているため、切断面にドロスが付着した。 10

【0040】

比較例である No. 5 および 8 は、アシストガスの噴出圧力が本発明で規定する範囲を外れているため、良好な切断面性状が得られず、切断品質が不良であった。

【0041】

比較例である No. 13 は、レーザ入熱が本発明で規定する範囲を外れているため、良好な切断面性状が得られず、切断品質が不良であった。

【産業上の利用可能性】

【0042】

本発明によれば、低合金鋼材を高速かつ高品質でレーザ切断することができるので、産業上極めて有用な効果がもたらされる。 20

【符号の説明】

【0043】

- 1 レーザ発振器
- 2 光ファイバー
- 3 レーザ出射部
- 4 レーザ切断ヘッド
- 5 レーザビーム
- 6 コリメーションレンズ
- 7 集光レンズ
- 8 アシストガス配管
- 9 アシストガス供給装置
- 10 アシストガス
- 11 切断ノズル
- 12 被切断材

【図 1】

