

(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
2011年6月30日(30.06.2011)

PCT

(10) 国際公開番号

WO 2011/077832 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 26/38 (2006.01) B23K 26/40 (2006.01)
B23K 26/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/069173
- (22) 国際出願日: 2010年10月28日(28.10.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-296154 2009年12月25日(25.12.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 藤谷 泰之(FUJIYA, Yasuyuki) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 川節 望(KAWASETSU, Nozomu) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 名山理介(NAYAMA, Michisuke) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 野岡 暁(NOOKA, Satoru)

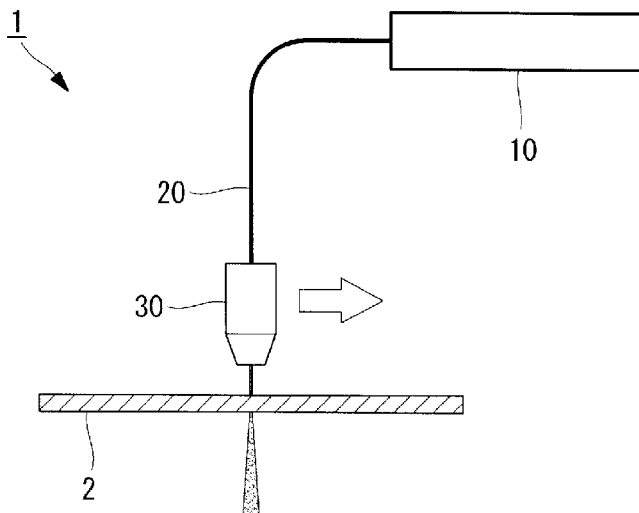
[JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 馬場智義(BABA, Tomoyoshi) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 藤田 考晴, 外(FUJITA, Takaharu et al.); 〒2208137 神奈川県横浜市西区みなとみらい2-2-1 横浜ランドマークタワー37F Kanagawa (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

[続葉有]

- (54) Title: CUTTING APPARATUS FOR FIBER-REINFORCED RESIN
- (54) 発明の名称: 繊維強化樹脂の切断装置

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is a cutting apparatus for a fiber-reinforced resin, which enables the reduction in processing cost and the prevention of the deterioration in quality of a cut surface. The cutting apparatus comprises a laser radiation unit (10) from which a laser beam to be delivered to a fiber-reinforced fiber (2) to be cut is ejected in pulses and a cutting head (30) through which the laser beam ejected from the laser radiation unit (10) is ejected to the fiber-reinforced resin (2), wherein the pulse width of the laser beam falls within the range from 1 fs to 999 ps inclusive and the relative moving speed of the cutting head (30) relative to the fiber-reinforced resin (2) is about 1.5 m/min or more.

(57) 要約: 加工コストの増加を抑制するとともに、切断面の品質低下を抑制することができる繊維強化樹脂の切断装置を提供する。切断対象である繊維強化樹脂(2)に対して照射するレーザー光をパルス状に出射するレーザー発信部(10)と、レーザー発信部(10)から出射されたレーザー光を繊維強化樹脂(2)に対して出射する切断ヘッド(30)と、が設けられ、レーザー光におけるパルス幅が1 fs以上999 ps以下であり、繊維強化樹脂(2)に対する切断ヘッド(30)の相対移動速度が約1.5 m/min以上である。

s以下であり、繊維強化樹脂(2)に対する切断ヘッド(30)の相対移動速度が約1.5 m/min以上である。

WO 2011/077832 A1

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, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 繊維強化樹脂の切断装置

技術分野

[0001] 本発明は、炭素繊維強化樹脂などの繊維強化樹脂の切断に用いて好適な切断装置に関する。

背景技術

[0002] 一般に、金属材料や石材などのセラミックや繊維強化樹脂（以下「FRP」と表記する。）材などの幅広い材料の切断を行う場合に、レーザ切断やウォータジェット切断やなどの切断方法が用いられている（例えば、特許文献1参照。）。

[0003] 例えば、航空機や船舶などに用いられている炭素繊維強化樹脂（以下、「CFRP」と表記する。）を加工する場合には、ウォータジェット切断や、機械加工による切断が一般的に用いられている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第4038741号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述のようにCFRPに対して機械加工を行う場合には、炭素繊維が硬いため刃具などの工具の寿命が短くなることから加工コストが高くなるという問題があった。さらに、加工面において炭素繊維の毛羽立ちが発生するため、毛羽立ちを取り除く研磨工程を追加する必要があるなどの問題もあった。

[0006] その一方でウォータジェット切断を行う場合には、ウォータジェットノズルの寿命が短いことから加工コストが高くなるという問題があった。さらに、切断に用いる高圧水を供給する高圧ポンプなどを駆動する必要があるため、騒音が非常に大きくなり周辺環境に配慮する必要があるという問題があった。

- [0007] レーザ光を利用した切断（レーザ切断）によるFRPの加工も可能であるが、加工コストが高くなるという問題があった。つまり、レーザ切断ではレーザ光による熱の影響が大きいため、FRPの切断面に炭化層や熱影響層が形成され、品質の良い切断面が得られない。そこで切断面に対して炭化層や熱影響層を取り除く等の処理を行う必要が発生し、加工コストが非常に高くなるという問題があった。
- [0008] CO₂レーザ光を用いてケブラー繊維強化樹脂（以下、「KFRP」と表記する。）を切断し、KFRPの切断面に形成された炭化層をエキシマレーザ光により除去する方法も提案されているが、熱影響層までは除去できないという問題があった。さらに、切断が可能なKFRPの板厚の限度が低く（例えば1mm程度。）、板厚の厚いKFRPの切断が困難であるという問題があった。
- [0009] 本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであって、加工コストの増加を抑制するとともに、切断面の品質低下を抑制することができる繊維強化樹脂の切断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

- [0010] 上記目的を達成するために、本発明は、以下の手段を提供する。
- 本発明の繊維強化樹脂の切断装置は、切断対象である繊維強化樹脂に対して照射するレーザ光をパルス状に出射するレーザ発信部と、該レーザ発信部から出射されたレーザ光を前記繊維強化樹脂に対して出射する切断ヘッドと、が設けられ、前記レーザ光におけるパルス幅が1 fs以上999 ps以下であり、前記繊維強化樹脂に対する前記切断ヘッドの相対移動速度が約1.5 m/min以上であることを特徴とする。
- [0011] 本発明によれば、レーザ光のパルス幅を短く（fsからps単位の長さ）することにより、繊維強化樹脂の切断面における熱影響を小さくすることができる。具体的には、繊維強化樹脂に照射されるレーザ光におけるエネルギー密度を高くすることにより、レーザ光が照射された繊維強化樹脂に加えられた熱が周囲に伝達する前に、当該繊維強化樹脂が除去される。そのため、

繊維強化樹脂の切断面に炭化層が形成されず、熱影響を受ける領域を小さくすることができる。

- [0012] さらに、繊維強化樹脂に対する切断ヘッドの相対移動速度、言い換えると繊維強化樹脂の切断速度を約 1.5 m/min とすることにより、繊維強化樹脂の切断面における熱影響を更に小さくすることができる。具体的には、繊維強化樹脂におけるレーザ光が照射されている領域が移動する速度を速くすることにより、繊維強化樹脂における切断方向に対して交差する方向へ熱伝達する距離が短くなる。これにより、繊維強化樹脂の切断面における熱影響を更に小さくなる。
- [0013] 上記発明においては、圧力を高めた液体を前記切断ヘッドに供給する供給部がさらに設けられ、前記切断ヘッドには、前記供給部から供給された前記液体を前記繊維強化樹脂に対して噴出させるとともに、内部を前記レーザ光が導光されるノズル部が設けられていることが望ましい。
- [0014] 本発明によれば、繊維強化樹脂におけるレーザ光が照射された領域、つまり切断面に液体が噴射される。すると繊維強化樹脂における切断面の近傍領域は、噴射された液体により冷却されるため、繊維強化樹脂の切断面における熱影響を小さくすることができる。
- [0015] 圧力が高められた液体と、レーザ光とがノズル部によって同軸に噴出または照射されるため、繊維強化樹脂の切断面における形状精度を高めることができる。つまり、圧力が高められた液体と、レーザ光とが異なる方向から噴出または照射される場合と比較して、繊維強化樹脂を切断する幅や、切断面の角度の精度をより高めることができる。
- [0016] その一方で、圧力を高めた液体をレーザ光が照射された領域に噴射するため、高圧の液体による繊維強化樹脂の除去作用も加わる。そのため、圧力を高めた液体を噴射しない場合と比較して、繊維強化樹脂の切断効率を高めることができる。
- [0017] 例えば、繊維強化樹脂の板厚が比較的薄い場合には、レーザ光および圧力が高められた液体の両者を用いて繊維強化樹脂を切断するため、圧力が高め

られた液体のみで切断する場合（ウォータジェット切断の場合）と比較して、より低い圧力の液体を用いることができる。その結果、液体の圧力を高める供給部の能力を下げることができ、かつ、供給部が発する騒音を遮蔽する防音設備を設ける必要がなくなる。言い換えると、繊維強化樹脂の切断に要するコストを下げるができる。

[0018] 圧力が高められた液体のみで切断する場合（ウォータジェット切断の場合）と同様の圧力の液体を用いるときには、圧力が高められた液体と、レーザー光とによる切断効果により、どちらか一方を用いた切断方法よりも板厚の厚い繊維強化樹脂を切断することができる。

発明の効果

[0019] 本発明の繊維強化樹脂の切断装置によれば、レーザー光のレーザー平均出力を約400W以上、パルス幅を1fs以上999ps以下とし、切断速度を約1.5m/min以上とすることにより、加工コストの増加を抑制するとともに、切断面の品質低下を抑制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

[0020] [図1]本発明の第1の実施形態に係る切断装置の概略を説明する模式図である。

[図2]CFRPにおける切断後の状態を説明する模式図である。

[図3]CFRPに照射されるレーザー光のレーザー平均出力と、CFRPの切断速度との関係を説明する図である。

[図4]本発明の第2の実施形態に係る切断装置の概略を説明する模式図である。

[図5]図4の切断ヘッドの構成を説明する模式図である。

[図6]粗加工を施す場合のイメージ図である。

[図7]粗加工を施す場合のイメージ図である。

発明を実施するための形態

[0021] [第1の実施形態]

以下、本発明の第1の実施形態に係る切断装置について図1から図3を参照

して説明する。

図 1 は、本実施形態に係る切断装置の概略を説明する模式図である。

本実施形態の切断装置 1 は、航空機や船舶等の材料として用いられる CFRP（繊維強化樹脂）2 の切断に用いられるものである。

切断装置 1 には、図 1 に示すように、レーザ発信装置（レーザ発信部）10 と、導光部 20 と、切断ヘッド 30 と、が主に設けられている。

[0022] レーザ発信装置 10 は CFRP 2 に照射されるレーザ光をパルス状に出射するものである。

本実施形態ではレーザ発信装置 10 におけるレーザ平均出力は約 400W 以上であり、レーザ発信装置 10 から出射されるレーザ光のパルス幅は f_s から p_s 単位の長さであり、好ましくは $1 f_s$ 以上 $999 p_s$ 以下の長さ、より好ましくは $100 f_s$ 以上 $900 f_s$ 以下の長さであることが望ましい。

[0023] レーザ発信装置 10 には、図 1 に示すように、導光部 20 がレーザ光の伝搬が可能に接続されている。

レーザ発信装置 10 としては公知のものを用いることができ、特に限定するものではない。

[0024] 導光部 20 はレーザ発信装置 10 から出射されたレーザ光を切断ヘッド 30 に導くものである。導光部 20 の一方の端部はレーザ発信装置 10 に接続され、他方の端部は切断ヘッド 30 に接続されている。

導光部 20 としてはレーザ光を導く光ファイバ等の公知の伝送路を用いることができ、特に限定するものではない。

[0025] 切断ヘッド 30 は CFRP 2 に対してレーザ光を出射させるものであって、CFRP 2 に対して相対移動するものである。切断ヘッド 30 には導光部 20 がレーザ光の伝搬が可能に接続されている。

さらに本実施形態では、切断ヘッド 30 が CFRP 2 に対して移動可能に構成されている。例えば切断ヘッド 30 を CFRP 2 に対して約 1.5 m/min 以上の速さで移動させる移動機構（図示せず）が設けられている。

[0026] 切断ヘッド30の構成としては、レーザ光を出射させる公知の構成を用いることができ、特に限定するものではない。

さらに、切断ヘッド30とCFRP2とは相対移動が可能であればよく、本実施形態とは逆にCFRP2が切断ヘッド30に対して移動可能に構成されていてもよく、特に限定するものではない。

[0027] 次に、上記の構成からなる切断装置1によるCFRP2の切断について説明する。ここでは厚さが約5mmのCFRP2を切断する場合に適用して説明する。

切断装置1を用いてCFRP2を切断する場合には、レーザ発信装置10からレーザ平均出力が約400W以上で、かつ、パルス幅がfsからps単位のパルス状のレーザ光が出射される。

[0028] パルス状のレーザ光は導光部20に入射して、導光部20によって切断ヘッド30に導かれる。切断ヘッド30に導かれたパルス状のレーザ光は、切断ヘッド30からCFRP2における切断領域に照射される。これと同時に切断ヘッド30はCFRP2に対して約1.5m/minの速度で、切断方向に沿って移動される。

[0029] 図2は、CFRPにおける切断後の状態を説明する模式図である。

パルス状のレーザ光が照射された領域のCFRP2はレーザ光により除去される。その一方で、レーザ光が照射された領域と隣接する部分のCFRP2に伝わる熱量は、レーザ光のパルス幅が短いため少なく炭化層は形成されず、図2に示すように、熱影響を受ける熱影響層3の厚さは約0.1mm以下に抑えられる。

[0030] 図3は、CFRPに照射されるレーザ光のレーザ平均出力と、CFRPの切断速度との関係を説明する図である。

上述のように、厚さが約5mmのCFRP2における切断面に炭化層が形成されず、熱影響層3の厚さが約0.1mm以下に抑えるには、図3に示すように、照射されるレーザ光のレーザ平均出力が約400W以上であり、かつ、切断速度が約1.5m/min以上であることが必要となる。

[0031] 例えば、切断速度が約 1.5 m/min よりも遅くなると、CFRP2におけるレーザ光が照射されている領域が移動する速度が遅くなる。すると、CFRP2における切断方向に対して交差する方向へ熱伝達する距離が長くなり、熱影響層3の厚さが厚くなる。さらには炭化層が形成される可能性がある。

その一方で、レーザ光のレーザ平均出力が約 400 W 未満となると、レーザ光のCFRP2を除去する能力が低下し、CFRP2を切断できなくなる可能性がある。

[0032] 上記の構成によれば、レーザ光のパルス幅を短く（ fs から ps 単位の長さ）することにより、CFRP2の切断面における熱影響を小さくすることができる。具体的には、CFRP2に照射されるレーザ光におけるエネルギー密度を高くすることにより、レーザ光が照射されたCFRP2に加えられた熱が周囲に伝達する前に、当該CFRP2が除去される。そのため、CFRP2の切断面に炭化層が形成されず、熱影響を受ける領域である熱影響層3を小さくすることができる。

[0033] 言い換えると、切断面における炭化層の除去を行う必要がないことから、加工コストの増加を抑制することができ、熱影響層3を小さくすることができることから切断面の品質低下を抑制することができる。

[0034] さらに、CFRP2に対する切断ヘッド30の相対移動速度、言い換えるとCFRP2の切断速度を約 1.5 m/min 以上とすることにより、CFRP2の切断面における熱影響層3を更に小さくすることができる。具体的には、CFRP2におけるレーザ光が照射されている領域が移動する速度を速くすることにより、CFRP2における切断方向に対して交差する方向へ熱伝達する距離が短くなる。これにより、CFRP2の切断面における熱影響層3が更に小さくなり、加工コストの増加を抑制するとともに、切断面の品質低下を抑制することができる。

[0035] 本実施形態において、レーザ照射装置による切断・穴あけ加工の範囲が広い場合、熱影響を受けても良い部分を粗加工する工程を備えていても良い。

図6及び図7に、粗加工を施す場合のイメージ図を示す。同図に本実施形態に係る切断・穴あけ加工方法で加工した精密加工領域14と、粗加工した粗加工領域15を示す。図6は穴あけ加工、図7は切断加工を実施した場合である。

粗加工は、単回照射でCFRP2を切断・穴あけ加工できる粗加工用レーザー光16の加工速度及び出力の条件（従来法の出力レベル及び加工速度）で実施する。熱影響を受けても良い部分とは、粗加工によって発生する熱影響部が最終加工面に到達しない程度に最終加工面から離れた位置にあるCFRP2を意味する。そうすることによって、切断されたCFRP2を加工部から除去しやすくなる。また、熱影響を考慮した切断領域を小さくすることができ、加工時間を短縮することが可能となる。

[0036] [第2の実施形態]

次に、本発明の第2の実施形態について図4および図5を参照して説明する。

本実施形態の切断装置の基本構成は、第1の実施形態と同様であるが、第1の実施形態とは、レーザー光だけでなく昇圧された水も切断に用いられる点が異なっている。よって、本実施形態においては、図4および図5を用いてレーザー光および昇圧された水を用いた切断に係る構成のみを説明し、その他の構成要素等の説明を省略する。

図4は、本実施形態に係る切断装置の概略を説明する模式図である。図5は、図4の切断ヘッドの構成を説明する模式図である。

第1の実施形態と同一の構成要素には同一の符号を付して、その説明を省略する。

[0037] 切断装置101には、図4に示すように、レーザー発信装置10と、導光部20と、高圧水供給装置（供給部）140と、水供給路150と、切断ヘッド130と、が主に設けられている。

[0038] 高圧水供給装置140は切断ヘッド130に対して昇圧した水（液体）を供給するものである。高圧水供給装置140には、水供給路150が昇圧さ

れた高圧の水が流通可能に接続されている。

本実施形態では高圧水供給装置 140 を、数MPa から数百MPa までの範囲の圧力に昇圧した水を供給するものに適用して説明する。

高圧水供給装置 140 としては、水を昇圧させるポンプ等の公知のものを用いることができ、特に限定するものではない。

[0039] 水供給路 150 は高圧水供給装置 140 により昇圧された水を切断ヘッド 130 に導くものである。水供給路 150 の一方の端部は高圧水供給装置 140 に高圧の水の流通が可能に接続され、他方の端部は切断ヘッド 130 のノズル部 132 に高圧の水の流通が可能に接続されている。

水供給路 150 としては耐圧ホースなどの公知のものを用いることができ、特に限定するものではない。

[0040] 切断ヘッド 130 はCFRP2 に対してレーザ光を出射させるとともに、高圧の水を噴出させるものである。さらに切断ヘッド 130 は、第 1 の実施形態における切断ヘッド 30 と同様に、CFRP2 に対して相対移動が可能に構成されたものである。

切断ヘッド 130 には、図 5 に示すように、レンズ収納部 131 と、ノズル部 132 と、が主に設けられている。

[0041] レンズ収納部 131 はノズル部 132 とともに切断ヘッド 130 を構成するものである。

レンズ収納部 131 は一方の端部が塞がれた略円筒状に形成された部材であって、開口側の端部には、レーザ光が入射されるようにノズル部 132 が接続されている。その一方で、レンズ収納部 131 における塞がれた端部には、導光部 20 がレンズ収納部 131 の内部にレーザ光を入射させるように接続されている。

[0042] レンズ収納部 131 の内部には、導光部 20 から入射されたレーザ光をノズル部 132 におけるノズル孔 134 に集光させるレンズ系 133 が設けられている。

本実施形態では導光部 20 から出射されたレーザ光を平行光に変換する第

1 レンズ 1 3 3 A と、平行光に変換されたレーザ光をノズル孔 1 3 4 に集光させる第 2 レンズ 1 3 3 B とからレンズ系 1 3 3 が構成されている例に適用して説明する。

[0043] ノズル部 1 3 2 はレンズ収納部 1 3 1 から入射されたレーザ光を CFRP 2 に照射するとともに、高圧の水を CFRP 2 に対して噴出させるものである。

ノズル部 1 3 2 には、ノズル孔 1 3 4 と、流入部 1 3 5 と、導光窓 1 3 6 と、が主に設けられている。

[0044] ノズル孔 1 3 4 はレーザ光および高圧の水を CFRP 2 に向かって導くものである。ノズル孔 1 3 4 はノズル部 1 3 2 の内部に形成された貫通孔であって、一方の端部はノズル部 1 3 2 の端部に開口し、他方の端部は流入部 1 3 5 に開口するものである。

ノズル部 1 3 2 に内周面には金のコーティングが施されている。

[0045] 流入部 1 3 5 は水供給路 1 5 0 から供給された高圧の水が流入する空間であるとともに、高圧の水をノズル孔 1 3 4 に導く空間である。さらに流入部 1 3 5 はレンズ収納部 1 3 1 から入射されたレーザ光がノズル孔 1 3 4 に入射する際に通過する光路でもある。

[0046] 流入部 1 3 5 には水供給路 1 5 0 およびノズル孔 1 3 4 と高圧の水が流通可能に接続されているとともに、導光窓 1 3 6 が隣接して配置されている。具体的には、レーザ光の光軸に沿って、かつ、レーザ光が照射される方向に向かって順に導光窓 1 3 6、流入部 1 3 5 およびノズル孔 1 3 4 が配置されている。水供給路 1 5 0 はレーザ光の光軸に対して交差する方向から接続されている。

[0047] 導光窓 1 3 6 はレーザ光がレンズ収納部 1 3 1 から入射されるものであるとともに、流入部 1 3 5 の空間を形成するものである。

導光窓 1 3 6 はレーザ光を透過する材料であって、高圧の水による圧力に耐えられる強度を有する材料から形成された板状の部材である。さらに導光窓 1 3 6 における一方の面は、ノズル部 1 3 2 におけるレンズ収納部 1 3 1

と隣接する面の一部を構成し、他方の面は流入部 135 の内面の一部を構成している。

[0048] 次に、上記の構成からなる切断装置 101 による CFRP 2 の切断について説明する。

切断装置 101 を用いて CFRP 2 を切断する場合には、図 4 に示すように、レーザ発信装置 10 から第 1 の実施形態の場合と同様にパルス状のレーザ光が出射される。

[0049] パルス状のレーザ光は、図 5 に示すように、導光部 20 を介して切断ヘッド 130 のレンズ収納部 131 に入射される。レーザ光は導光部 20 の端部から拡散しながら出射され、第 1 レンズ 133A に入射する。第 1 レンズ 133A によりレーザ光は平行光に変換されて出射され、第 2 レンズ 133B に入射する。第 2 レンズ 133B によりレーザ光はノズル孔 134 に向かって集光される。

[0050] 第 2 レンズ 133B から出射されたレーザ光は、導光窓 136 および流入部 135 を通過してノズル孔 134 に入射される。ノズル孔 134 に入射されたレーザ光は金コーティングされたノズル孔 134 の内周面を反射しながら CFRP 2 に向かって導光される。ノズル孔 134 の内部を導光されたレーザ光は、ノズル孔 134 における CFRP 2 側の端部から CFRP 2 に向かって照射される。

[0051] その一方で、図 4 および図 5 に示すように、高圧水供給装置 140 によって水が数 MPa から数百 MPa までの範囲の圧力に昇圧され、昇圧された高圧の水は水供給路 150 を介して切断ヘッド 130 のノズル部 132 に供給される。

[0052] 高圧の水はノズル部 132 における流入部 135 に流入し、流入部 135 からノズル孔 134 に流入する。ノズル孔 134 に流入した高圧の水はノズル孔 134 によって CFRP 2 に向かって導かれ、CFRP 2 に対して噴出される。

流入部 135 からノズル部 132 までの間では、レーザ光と高圧の水は同

一の経路を介して、言い換えると同軸上でCFRP2に向かって導かれる。

[0053] ノズル孔134から噴出された高圧の水は、CFRP2に形成された切断孔4に流入する。このとき、ノズル部132をCFRP2に接近して配置することにより、噴出された高圧水の飛散が抑制される。高圧の水の飛散が抑制されると、CFRP2に対して照射されたレーザ光の散乱が防止され、切断孔4の内面にレーザ光を確実に照射することができる。

[0054] 上記の構成によれば、CFRP2におけるレーザ光が照射された領域、つまり切断孔4に高圧の水が噴射される。するとCFRP2における切断孔4の近傍領域は、噴射された高圧の水により冷却されるため、CFRP2の切断面における熱影響を小さくすることができる。

[0055] 高圧の水と、レーザ光とがノズル部132によって同軸に噴出または照射されるため、CFRP2の切断面における形状精度を高めることができる。つまり、高圧の水と、レーザ光とが異なる方向から噴出または照射される場合と比較して、CFRP2を切断する幅や、切断面の角度の精度をより高めることができる。

[0056] その一方で、高圧の水をレーザ光が照射された領域に噴射するため、高圧の水によるCFRP2の除去作用も加わる。そのため、高圧の水を噴射しない場合と比較して、CFRP2の切断効率を高めることができる。

[0057] 例えば、CFRP2の板厚が比較的薄い場合には、レーザ光および高圧の水の両者を用いてCFRP2を切断するため、高圧の水のみで切断する場合（ウォータジェット切断の場合）と比較して、より低い圧力の水を用いることができる。その結果、水の圧力を高める高圧水供給装置140の能力を下げることができ、かつ、高圧水供給装置140が発する騒音を遮蔽する防音設備を設ける必要がなくなる。言い換えると、CFRP2の切断に要するコストを下げることができる。

[0058] 高圧の水のみで切断する場合（ウォータジェット切断の場合）と同様の圧力の水を用いるときには、高圧の水と、レーザ光とによる切断効果により、どちらか一方を用いた切断方法よりも板厚の厚いCFRP2を切断すること

ができる。

[0059] 本発明の技術範囲は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

例えば、上記の実施の形態においては、この発明をCFRP2を切断する切断装置1に適用して説明したが、CFRP2を切断する切断装置1に限られることなく、KFRPなどのその他各種のFRPを切断するものに適用してもよく、特に限定するものではない。

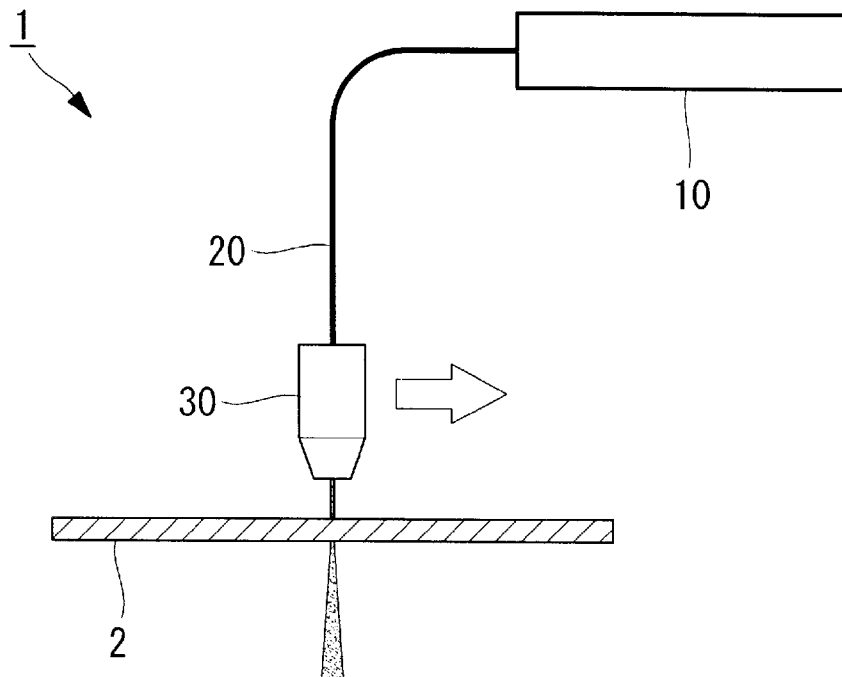
符号の説明

- [0060] 1, 101 切断装置
2 CFRP（繊維強化樹脂）
10 レーザ発信装置（レーザ発信部）
30, 130 切断ヘッド
140 高圧水供給装置（供給部）

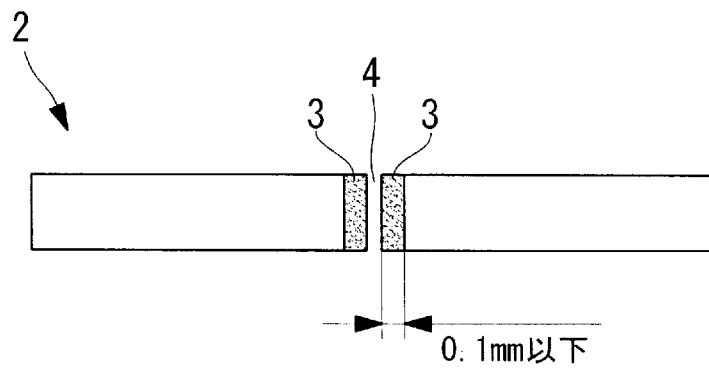
請求の範囲

- [請求項1] 切断対象である繊維強化樹脂に対して照射するレーザー光をパルス状に出射するレーザー発信部と、
該レーザー発信部から出射されたレーザー光を前記繊維強化樹脂に対して出射する切断ヘッドと、が設けられ、
前記レーザー光におけるパルス幅が 1 fs 以上 999 ps 以下であり、
前記繊維強化樹脂に対する前記切断ヘッドの相対移動速度が約 1.5 m/min 以上である繊維強化樹脂の切断装置。
- [請求項2] 圧力を高めた液体を前記切断ヘッドに供給する供給部がさらに設けられ、
前記切断ヘッドには、前記供給部から供給された前記液体を前記繊維強化樹脂に対して噴出させるとともに、内部を前記レーザー光が導光されるノズル部が設けられている請求項1記載の繊維強化樹脂の切断装置。

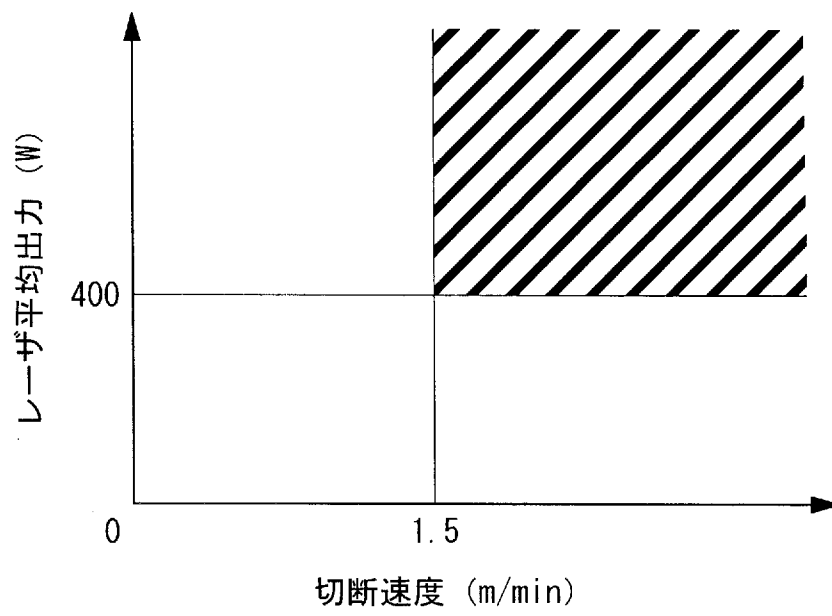
[図1]



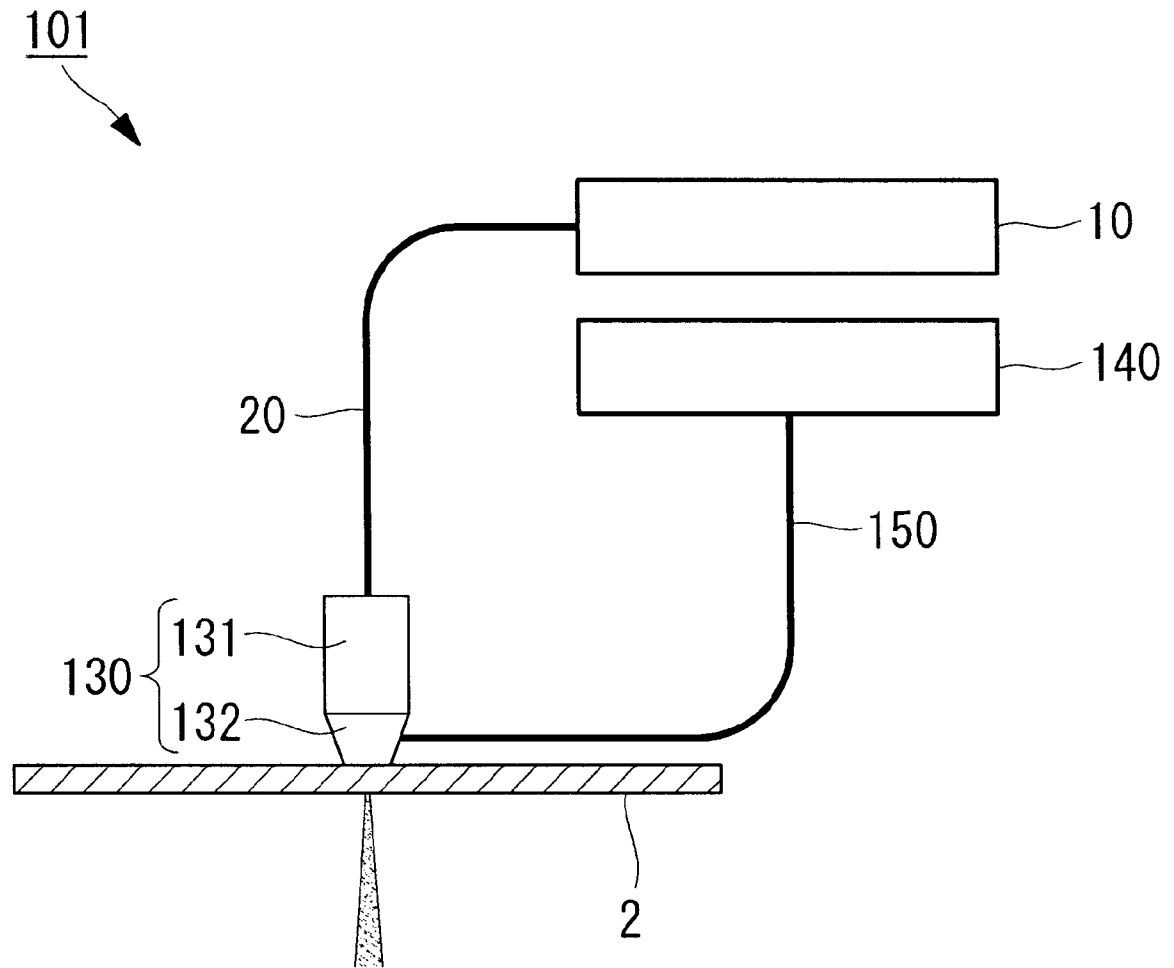
[図2]



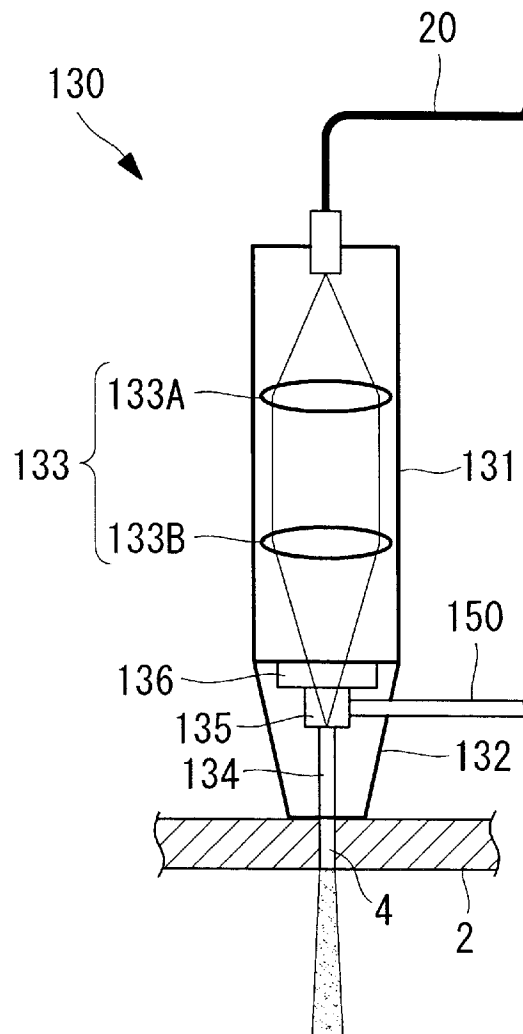
[図3]



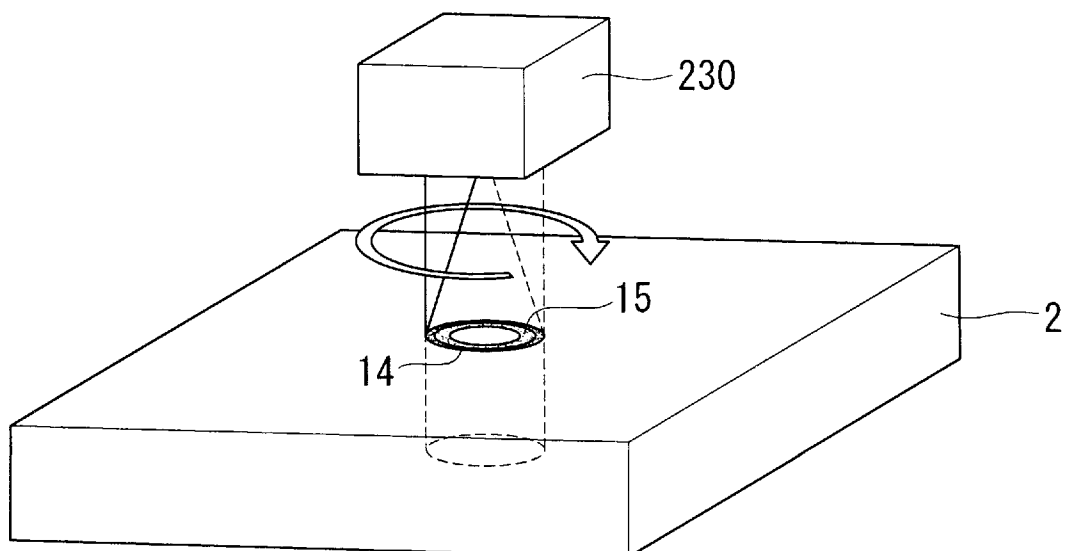
[図4]



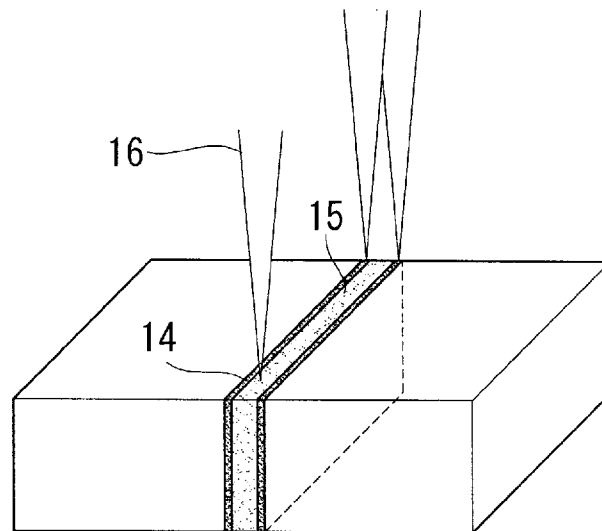
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/069173

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K26/38(2006.01) i, B23K26/14(2006.01) i, B23K26/40(2006.01) i

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, B23K26/14, B23K26/40, B26F3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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.
Y	Hiroki INOUE, Masaharu KITSUNA, "Laser machining of CFRP composites using a ultra short pulsed laser", Reports on the Topical Meeting of the Laser Society of Japan, 14 October 2009 (14.10.2009), 393, 21-22	1, 2
Y	JP 2009-45911 A (Toyota Motor Corp.), 05 March 2009 (05.03.2009), paragraphs [0025], [0035], [0036] (Family: none)	1, 2
Y	JP 2008-6471 A (Sugino Machine Ltd.), 17 January 2008 (17.01.2008), paragraphs [0014] to [0029]; fig. 1 to 4 (Family: none)	2

 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
22 November, 2010 (22.11.10)Date of mailing of the international search report
07 December, 2010 (07.12.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/069173

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 6-142961 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 24 May 1994 (24.05.1994), paragraph [0021] (Family: none)	1, 2

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. B23K26/38(2006.01)i, B23K26/14(2006.01)i, B23K26/40(2006.01)i

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))
 Int.Cl. B23K26/38, B23K26/14, B23K26/40, B26F3/00

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
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2010年
 日本国実用新案登録公報 1996-2010年
 日本国登録実用新案公報 1994-2010年

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)

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
Y	井上裕喜, 杓名宗春, CFRP複合材料の超短パルスレーザ加工, レーザー学会研究会報告, 2009. 10. 14, 393, 21-22	1, 2
Y	JP 2009-45911 A (トヨタ自動車株式会社) 2009. 03. 05, 【0025】, 【0035】, 【0036】 (ファミリーなし)	1, 2
Y	JP 2008-6471 A (株式会社スギノマシン) 2008. 01. 17, 【0014】 - 【0029】, 図 1-4 (ファミリーなし)	2

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。

* 引用文献のカテゴリー
 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの
 「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
 「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)
 「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日の後に公表された文献
 「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「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
 「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
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
 22. 11. 2010

国際調査報告の発送日
 07. 12. 2010

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 齊藤 公志郎
 電話番号 03-3581-1101 内線 3364

C (続き) . 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 6-142961 A (三菱重工業株式会社) 1994.05.24, 【0021】 (ファ ミリーなし)	1,2