

(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2017-154145

(P2017-154145A)

(43) 公開日 平成29年9月7日(2017.9.7)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 3 K 26/402 (2014.01)	B 2 3 K 26/402	4 E 1 6 8
B 2 3 K 26/00 (2014.01)	B 2 3 K 26/00	G
B 2 3 K 26/14 (2014.01)	B 2 3 K 26/14	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2016-37718 (P2016-37718)
 (22) 出願日 平成28年2月29日 (2016. 2. 29)

(出願人による申告) 平成22年度~27年度、独立行政法人新エネルギー産業技術総合開発機構、高出力多波長複合レーザー加工基盤技術開発プロジェクト/次世代レーザー加工技術の研究開発事業「次世代素材等レーザー加工技術開発プロジェクト」に係る委託業務、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 504176911
 国立大学法人大阪大学
 大阪府吹田市山田丘1番1号
 (71) 出願人 598072179
 株式会社片岡製作所
 京都府京都市南区久世築山町140番地
 (71) 出願人 000005290
 古河電気工業株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
 (74) 代理人 110002147
 特許業務法人酒井国際特許事務所
 (72) 発明者 塚本 雅裕
 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内

最終頁に続く

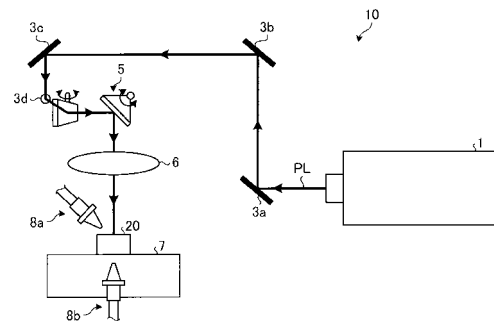
(54) 【発明の名称】 炭素繊維複合材料の加工方法および加工装置

(57) 【要約】

【課題】 炭素繊維複合材料を高品質で加工することができる炭素繊維複合材料の加工方法および加工装置を提供すること。

【解決手段】 炭素繊維複合材料の加工方法であって、板状の炭素繊維複合材料の一方の表面にレーザー光を照射する工程と、前記炭素繊維複合材料の前記レーザー光を照射している表面とは反対側の表面である裏面を冷却する工程と、を含む。好ましくは、前記炭素繊維複合材料の表面において前記レーザー光を照射している部分に向かって、前記炭素繊維複合材料の表面に対して所定の角度だけ傾斜した方向から非酸化性ガスを吹きつける工程をさらに含む。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

炭素繊維複合材料の加工方法であって、
板状の炭素繊維複合材料の一方の表面にレーザ光を照射する工程と、
前記炭素繊維複合材料の前記レーザ光を照射している表面とは反対側の表面である裏面を冷却する工程と、
を含むことを特徴とする炭素繊維複合材料の加工方法。

【請求項 2】

前記炭素繊維複合材料の表面において前記レーザ光を照射している部分に向かって、前記炭素繊維複合材料の表面に対して所定の角度だけ傾斜した方向から非酸化性ガスを吹きつける工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の炭素繊維複合材料の加工方法。

10

【請求項 3】

前記非酸化性ガスは希ガス、窒素ガス、一酸化炭素ガス、および二酸化炭素ガスの少なくともいずれか一つを含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の炭素繊維複合材料の加工方法。

【請求項 4】

前記裏面を冷却する工程は、前記裏面に向かって冷却媒体を吹きつける工程を含むことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一つに記載の炭素繊維複合材料の加工方法。

【請求項 5】

前記冷却媒体は、乾燥空気、圧縮空気、窒素ガス、希ガス、および二酸化炭素ガスの少なくともいずれか一つを含むガスであることを特徴とする請求項 4 に記載の炭素繊維複合材料の加工方法。

20

【請求項 6】

前記冷却媒体は、ゲル状の流動体であることを特徴とする請求項 4 に記載の炭素繊維複合材料の加工方法。

【請求項 7】

前記冷却媒体は、液体であることを特徴とする請求項 4 に記載の炭素繊維複合材料の加工方法。

【請求項 8】

前記冷却媒体は、スラリーであることを特徴とする請求項 4 に記載の炭素繊維複合材料の加工方法。

30

【請求項 9】

前記裏面を冷却する工程は、前記裏面を電子冷却素子で冷却する工程を含むことを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか一つに記載の炭素繊維複合材料の加工方法。

【請求項 10】

炭素繊維複合材料の加工装置であって、
レーザ光を出力するレーザ光源部と、
前記レーザ光が入力され、板状の炭素繊維複合材料の一方の表面に前記レーザ光を照射する照射部と、
前記炭素繊維複合材料の前記レーザ光を照射している表面とは反対側の表面である裏面を冷却する冷却機構と、
を備えることを特徴とする炭素繊維複合材料の加工装置。

40

【請求項 11】

前記炭素繊維複合材料の表面において前記レーザ光を照射している部分に向かって、前記炭素繊維複合材料の表面に対して所定の角度だけ傾斜した方向から非酸化性ガスを吹きつけるガス吹付機構をさらに備えることを特徴とする請求項 10 に記載の炭素繊維複合材料の加工装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

50

【0001】

本発明は、炭素繊維複合材料の加工方法および加工装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

炭素繊維複合材料、たとえば炭素繊維と樹脂との複合材料であるCFRP（Carbon-Fiber-Reinforced Plastic）は、その質量に対する強度が高いため、たとえば自動車の車両の部品（車体等）や航空機の部品（機体等）の構成材料としての利用が拡大している。CFRPを車両部品や航空機部品の構成材料として利用することで、その部品に必要な強度を維持したまま車両や航空機を軽量化でき、これにより燃費の向上が期待される。

【0003】

ここで、CFRPを上記部品の構成材料として利用する場合、CFRPを所望の形状に加工する必要があるが、実用上の観点から、高品質の加工を行うことが求められている。CFRPの加工の方法の一つとして、レーザ光を用いたレーザ加工がある。レーザ加工は、加工対象にレーザ光を照射し、レーザ光のエネルギーにより加工対象を切断、穿孔など加工するものである。レーザ加工は、加工対象と非接触で加工が可能であり、加工形状の自由度が高い等の利点を有する。

【0004】

特許文献1には、繊維強化プラスチックなどの加工材料をパルスレーザ光にてレーザ加工する方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2010-247206号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述したように、CFRPをはじめとする炭素繊維複合材料を高品質で加工することが求められている。

【0007】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、炭素繊維複合材料を高品質で加工することができる炭素繊維複合材料の加工方法および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】

【0008】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の一態様に係る炭素繊維複合材料の加工方法は、板状の炭素繊維複合材料の一方の表面にレーザ光を照射する工程と、前記炭素繊維複合材料の前記レーザ光を照射している表面とは反対側の表面である裏面を冷却する工程と、を含むことを特徴とする。

【0009】

本発明の一態様に係る炭素繊維複合材料の加工方法は、前記炭素繊維複合材料の表面において前記レーザ光を照射している部分に向かって、前記炭素繊維複合材料の表面に対して所定の角度だけ傾斜した方向から非酸化性ガスを吹きつける工程をさらに含むことを特徴とする。

【0010】

本発明の一態様に係る炭素繊維複合材料の加工方法は、前記非酸化性ガスは希ガス、窒素ガス、一酸化炭素ガス、および二酸化炭素ガスの少なくともいずれか一つを含むことを特徴とする。

【0011】

本発明の一態様に係る炭素繊維複合材料の加工方法は、前記裏面を冷却する工程は、前記裏面に向かって冷却媒体を吹きつける工程を含むことを特徴とする。

【0012】

10

20

30

40

50

本発明の一態様に係る炭素繊維複合材料の加工方法は、前記冷却媒体は、乾燥空気、圧縮空気、窒素ガス、希ガス、および二酸化炭素ガスの少なくともいずれか一つを含むガスであることを特徴とする。

【0013】

本発明の一態様に係る炭素繊維複合材料の加工方法は、前記冷却媒体は、ゲル状の流動体であることを特徴とする。

【0014】

本発明の一態様に係る炭素繊維複合材料の加工方法は、前記冷却媒体は、液体であることを特徴とする。

【0015】

本発明の一態様に係る炭素繊維複合材料の加工方法は、前記冷却媒体は、スラリーであることを特徴とする。

【0016】

本発明の一態様に係る炭素繊維複合材料の加工方法は、前記裏面を冷却する工程は、前記裏面を電子冷却素子で冷却する工程を含むことを特徴とする。

【0017】

本発明の一態様に係る炭素繊維複合材料の加工装置は、レーザ光を出力するレーザ光源部と、前記レーザ光が入力され、板状の炭素繊維複合材料の一方の表面に前記レーザ光を照射する照射部と、前記炭素繊維複合材料の前記レーザ光を照射している表面とは反対側の表面である裏面を冷却する冷却機構と、を備えることを特徴とする。

【0018】

本発明の一態様に係る炭素繊維複合材料の加工装置は、前記炭素繊維複合材料の表面において前記レーザ光を照射している部分に向かって、前記炭素繊維複合材料の表面に対して所定の角度だけ傾斜した方向から非酸化性ガスを吹きつけるガス吹付機構をさらに備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、炭素繊維複合材料を高品質で加工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】図1は、実施形態に係る加工装置の模式的な構成図である。

【図2】図2は、ガスノズルと、図1に示す加工装置を用いた切断方法と、を説明する模式図である。

【図3】図3は、図1に示す加工装置を用いた切断方法を説明する模式図である。

【図4】図4は、CFRPの切断面を説明する模式図である。

【図5】図5は、表面からのガス吹き付け角度と加工速度との関係を示す図である。

【図6】図6は、N₂ガス吹き付けによる裏面冷却を行った場合の切断面のSEM像を示す図である。

【図7】図7は、圧縮空気吹き付けによる裏面冷却を行った場合の切断面のSEM像を示す図である。

【図8】図8は、N₂ガスまたは圧縮空気の噴射量と加工速度との関係を示す図である。

【図9】図9は、表面からのガス吹き付けおよび裏面冷却の効果を説明するSEM像を示す図である。

【図10】図10は、裏面をペルチェ素子で冷却する構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下に、図面を参照して本発明に係る炭素繊維複合材料の加工方法および加工装置の実施形態を詳細に説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。また、各図面において、同一または対応する要素には適宜同一の符号を付している。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

(実施形態)

図 1 は、実施形態に係る加工装置の模式的な構成図である。加工装置 10 は、レーザ光源部 1 と、反射ミラー 3 a、3 b、3 c、3 d と、ガルバノスキャナ 5 と、f - レンズ 6 と、ステージ 7 と、複数のガスノズル 8 a、8 b と、を備えている。なお、ステージ 7 は板状の炭素繊維複合材料である CFRP 20 を載置している。

【 0 0 2 3 】

レーザ光源部 1 は、光ファイバレーザ装置を備えており、たとえば 1 . 1 μ m 帯の波長のパルスレーザ光 PL を出力する。パルスレーザ光 PL の特性は、たとえばパルス幅がサブナノ秒オーダー、繰り返し周波数がメガヘルツオーダー、光のパワーが 100 W 以上である。これらのパルスレーザ光 PL の特性は、加工対象である CFRP 20 に応じて、CFRP 20 を適切に加工できるように適宜設定される。

10

【 0 0 2 4 】

反射ミラー 3 a、3 b、3 c、3 d は、レーザ光源部 1 から出力されたパルスレーザ光 PL を反射し、ガルバノスキャナ 5 に導くように配置されている。

【 0 0 2 5 】

照射部としてのガルバノスキャナ 5 は、電動モータにより回転駆動される 2 枚の回転ミラーを備えている。ガルバノスキャナ 5 は、入力されたパルスレーザ光 PL を、2 枚の回転ミラーにより反射して、ステージ 7 に載置された CFRP 20 の表面の任意の位置に照射することができるように構成されている。f - レンズ 6 は、ガルバノスキャナ 5 により反射されたパルスレーザ光 PL を CFRP 20 に集光させる。

20

【 0 0 2 6 】

本実施形態では、図 2 に示すように、ステージ 7 (図 2 では説明のために破線で示している) に載置された CFRP 20 は、加工装置 10 によって、加工予定線としての、直線状の切断予定線 CL に沿って切断加工されるものとする。切断予定線 CL は、パルスレーザ光 PL が照射され、CFRP 20 が切断される位置を示す線である。

【 0 0 2 7 】

図 2 により複数のガスノズル 8 a、8 b について説明する。複数のガスノズル 8 a はガス吹付機構を構成する。

複数のガスノズル 8 a は、8 つのガスノズルで構成されており、これらのガスノズルは、CFRP 20 の一方の表面 21 側に、切断予定線 CL に沿って直列に配置されている。より具体的には、各ガスノズルは、表面 21 に対して所定の角度だけ傾斜して配置されており、かつ各ガスノズルの先端は、切断予定線 CL に向けられている。各ガスノズルには、ガス供給装置から非酸化性ガスである窒素 (N_2) ガスが供給される。

30

【 0 0 2 8 】

複数のガスノズル 8 b は冷却機構を構成する。複数のガスノズル 8 b は、8 つのガスノズルで構成されており、これらのガスノズルは、CFRP 20 の表面 21 とは反対側の表面である裏面 22 側に、切断予定線 CL に沿って直列に配置され、各ガスノズルの先端は、切断予定線 CL の裏側の位置に向けられている。各ガスノズルには、ガス供給装置から冷却媒体としての N_2 ガスが供給される。

40

【 0 0 2 9 】

なお、複数のガスノズル 8 a、8 b を構成するガスノズルの数は、特に限定されず、加工する CFRP のサイズなどに応じて適宜設定される。たとえばガス吹付機構および冷却機構をそれぞれ 1 つのガスノズルで構成してもよい。

【 0 0 3 0 】

つぎに、図 2、3 を用いて、加工装置 10 を用いた CFRP 20 の切断方法について説明する。なお、図 2、3 に示すように、CFRP 20 の幅 (切断予定線 CL が延びる方向における長さ) は W、長さは L、厚さは T である。図 3 は図 2 を矢線 A の方向に見た図である。

【 0 0 3 1 】

50

まず、レーザ光源部 1 からパルスレーザ光を出力させる。つづいて、反射ミラー 3 a、3 b、3 c、3 d とにより、パルスレーザ光 P L をガルバノスキャナ 5 に導く。つづいて、ガルバノスキャナ 5 と f - レンズ 6 とにより、パルスレーザ光 P L を、CFRP 20 の表面 2 1 の切断予定線 C L 上に照射し、さらに切断予定線 C L に沿って、図 2 に示す両矢線 B の方向（すなわち図 3 に示す走査方向 S D の方向）に往復走査する。その結果、パルスレーザ光 P L のエネルギーによって CFRP 20 が加工され、図 3 に示すように切断予定線 C L の位置に溝 G が形成される。溝 G はパルスレーザ光 P L の走査を繰り返すにしたがってその深さが大きくなり、最終的に CFRP 20 は切断される。

【0032】

また、パルスレーザ光 P L の照射と同時に、複数のガスノズル 8 a により、パルスレーザ光 P L を照射している部分（切断予定線 C L およびその近傍）に向かって、表面 2 1 に対して角度 だけ傾斜した方向から N₂ ガスを吹きつける。

10

【0033】

さらに、パルスレーザ光 P L の照射と同時に、複数のガスノズル 8 b により、切断予定線 C L の裏側にあたる裏面 2 2 の位置に向かって N₂ ガスを吹きつけ、裏面 2 2 を冷却する。

【0034】

ここで、CFRP 20 をレーザ加工する場合、レーザ光のエネルギーの一部が熱に変換され、その熱により、CFRP 20 において、炭素繊維よりも大幅に低い融点をもつ樹脂が焼損し、レーザ光の照射箇所の近傍に熱影響領域（Heat Affected Zone：HAZ）Z が形成される。本実施形態の場合は図 3 に示すように熱影響領域 Z は溝 G の両側に形成される。このような熱影響領域 Z は、樹脂が加熱されて酸素と反応することにより燃焼するために発生すると考えられる。本実施形態ではパルスレーザ光 P L を用いているため、CW レーザ光を用いる場合よりも、レーザ光のエネルギーの一部が変換されて発生する熱量が 1 パルスあたりでは小さく、かつ発生した熱はパルスレーザ光 P L が照射されていない期間の間に拡散しやすい。したがって熱影響領域 Z は比較的小さいが、高品質の加工のためには、熱影響領域 Z はできるだけ小さいことが望ましい。

20

【0035】

これに対して、加工装置 10 を用いた CFRP 20 の切断方法によれば、パルスレーザ光 P L を照射している部分に向かって非酸化性ガスである N₂ ガスを吹きつけている。これにより、パルスレーザ光 P L のエネルギーの一部により加熱された樹脂の周囲に存在する酸素を大幅に除去でき、燃焼が起こりづらくなるので、熱影響領域 Z は小さくなる。

30

【0036】

また、加工装置 10 を用いた CFRP 20 の切断方法によれば、冷却媒体としての N₂ ガスにより裏面 2 2 を冷却している。これにより、CFRP 20 における樹脂の加熱がより一層抑制されることとなり、熱影響領域 Z がより一層小さくなるとともに、切断面（加工面）の品質の低下が抑制される。具体的には、裏面 2 2 からの冷却により、切断面において樹脂が加熱されて蒸発や焼損することが抑制されるため、切断面に焼損することなく残存する樹脂が従来よりも多くなり、炭素繊維が樹脂に覆われた状態が従来よりも維持される。このように、加工装置 10 を用いることにより、従来よりも高品質に CFRP 20 の切断を行うことができる。

40

【0037】

なお、このように、レーザ光を照射する表面とは反対側の裏面から CFRP を冷却することで、切断面における加工品質を従来よりも高品質とできることは、本発明者らが初めて発見したものである。

【0038】

つぎに、本発明者らが行った実験結果をもとに、本発明についてより詳細に説明する。

まず、上記実施形態に従い、加工装置を作製した。レーザ光源部は光ファイバレーザ装置を用いて作製した。また、反射ミラー、ガルバノスキャナとしては市販のものを用いた。f - レンズとしては焦点距離が 150 mm のものを用いた。

50

【0039】

なお、レーザ光源部から出力されるパルスレーザ光のパワーは120W、波長は1064nm、偏光状態は円偏光状態、パルス幅は0.4ns、繰り返し周波数は1MHzであった。また、CFRPの表面へ集光させたパルスレーザ光のスポット直径と強度はそれぞれ60 μ m、 1.3×10^{10} W/cm²であった。

【0040】

また、切断するCFRPは、炭素繊維はPAN（ポリアクリロニトリル）系炭素繊維であり、長繊維を0°/90°で8プライ重ね、強化プラスチックにはエポキシ樹脂を含浸硬化させた試料を用い、厚さTは2mm、幅Wは10mm、長さLは100mmとした。

【0041】

切断面の加工品質については、切断面のSEM（Scanning Electron Microscope）像により評価を行った。図4は、CFRP20の切断面を説明する模式図である。切断面CSは表面21に照射されるパルスレーザ光PLの往復走査方向（両矢線Bの方向）に沿って形成される。切断面CSの近傍には熱影響領域Zが形成される。CFRP20は、多層構造を有している。各層は、樹脂Rをマトリックスとして炭素繊維CFが一方向に延伸した構造を有している。そして、CFRP20は、複数の層が、炭素繊維CFの延伸方向が隣接する層で直交するように積層して成る。

【0042】

まず、実験1として、ガス吹付機構としての8つのガスノズルを用い、CFRPの表面に対する角度（ガス吹き付け角度）と、吹き付けるN₂ガスの流量を変化させて、作製した加工装置にてCFRPを切断加工する実験を行った。なお、本実験1では、裏面からの冷却は行わなかった。

【0043】

図5は、表面からのガス吹き付け角度と加工速度との関係を示す図である。図5に示すように、加工速度はガス圧、N₂ガスの流量、ガス吹き付け角度により変化することが確認された。なお、ガス圧は0.5MPaとした。また、加工速度を高くする観点からは、流量が25L/minであればガス吹き付け角度が15°~75°が好ましく、流量が50L/minであればガス吹き付け角度が15°~45°が好ましく、流量が100L/minであればガス吹き付け角度が15°が好ましいことが確認された。また、特に、流量が25L/min、ガス吹き付け角度（ ）が45°において、0.12m/minの加工速度を実現でき、かつHAZの幅も10 μ m以下と十分に小さい値にできることが確認された。

【0044】

つぎに、実験2として、冷却機構としての8つのガスノズルからCFRPの裏面に吹き付ける冷却媒体としてのガスをN₂ガスまたは圧縮空気として、作製した加工装置にてCFRPを切断加工する実験を行った。なお、本実験2では、表面からのガスの吹き付けは行わなかった。また、ガスノズルの先端からCFRPの裏面までの距離は15mmとした。

【0045】

図6は、N₂ガス吹き付けによる裏面冷却を行った場合の切断面のSEM像を示す図である。図6(a)、(b)、(c)、(d)、(e)は、それぞれガス流量（噴射量）を0L/min、25L/min、50L/min、100L/min、150L/minとし、ガス圧は0L/minの場合は0MPa、その他の場合はいずれも0.5MPaとしたものである。また、図7は、圧縮空気吹き付けによる裏面冷却を行った場合の切断面のSEM像を示す図である。図7(a)、(b)、(c)、(d)、(e)は、それぞれガス流量（噴射量）を0L/min、25L/min、50L/min、100L/min、150L/minとし、ガス圧は0L/minの場合は0MPa、その他の場合はいずれも0.5MPaとしたものである。すなわち、図6(a)、図7(a)は、裏面冷却を行っていない場合を示している。

【0046】

図6、7に示すSEM像では、炭素繊維が明瞭に見える程、切断面において樹脂が蒸発していることを意味している。裏面冷却を行っていない図6(a)、図7(a)では炭素繊維がより明瞭に見え、他の図では炭素繊維がより不明瞭に見えることから、裏面冷却を行うことにより樹脂の蒸発が抑制され、高品質の加工を実施することができることが確認された。

【0047】

図8は、N₂ガスまたは圧縮空気の噴射量と加工速度との関係を示す図である。図8に示すように、冷却媒体がN₂ガスの場合と圧縮空気の場合とで加工速度に大きな差は無かった。また、ガス噴射量が100L/minの場合には加工速度が最も小さかった。

【0048】

つぎに、実験3として、ガス吹付機構としての8つのガスノズルからCFRPの表面に吹き付けるガスをN₂ガス、ガス吹き付け角度を45°とし、冷却機構としての8つのガスノズルからCFRPの裏面に吹き付けるガスをN₂ガスとして、作製した加工装置にてCFRPを切断加工する実験を行った。ガスノズルの先端からCFRPの裏面までの距離は15mmとした。

【0049】

図9は、表面からのガス吹き付けおよび裏面冷却の効果を説明するSEM像を示す図である。図9(a)は、表面から吹き付けるガス流量を25L/min、ガス圧を0.5MPaとし、裏面からの吹き付けを行わなかったものである。図9(b)は、表面から吹き付けるガスおよび裏面から吹き付けるガスについて、いずれもガス流量を25L/min、ガス圧を0.5MPaとしたものである。図9(c)は、表面から吹き付けるガスおよび裏面から吹き付けるガスについて、いずれもガス流量を75L/min、ガス圧を0.5MPaとしたものである。

【0050】

裏面冷却を行っていない図9(a)では、炭素繊維がより明瞭に見え、図9(b)、図9(c)のように裏面へ吹き付けるガス流量が増加するにつれて炭素繊維がより不明瞭に見えた。このことから、裏面冷却を行うことにより切断面における樹脂の蒸発が抑制され、高品質の加工を実施することができることが確認された。

【0051】

なお、上記実施形態または実験では、非酸化性ガスとしてN₂ガスを用いたが、非酸化性ガスとしては、アルゴンガスやヘリウムガスなどの希ガス、一酸化炭素ガス、および二酸化炭素ガスの少なくともいずれか一つを含むものを用いることができる。

【0052】

また、上記実施形態または実験では、冷却媒体としてN₂ガスおよび圧縮空気を用いたが、冷却媒体としては、乾燥空気、アルゴンガスやヘリウムガスなどの希ガス、および二酸化炭素ガスの少なくともいずれか一つを含むガスを用いることができる。また、冷却媒体としては、ガスに限らず、ゲル状の流動体や、液体窒素、液体ヘリウム、または水などの液体や、スラリーを用いることができる。これらの流動体、液体、スラリーは、熱容量または熱伝導率が高いものが好ましい。

【0053】

さらに、図10に示すように、CFRP20の裏面22に、冷却機構として、ペルチェ素子などの電子冷却素子8cを設け、電子冷却素子8cにコントローラCから電流を流して裏面22を冷却する構成としてもよい。

【0054】

また、本発明は、CFRPに限らず、他のあらゆる炭素繊維複合材料に適用できる。また、本発明は、パルスレーザー光を用いる場合に限らず、CWレーザー光を用いる場合にも適用できる。また、本発明は、炭素繊維複合材料を直線状に切断する場合に限らず、曲線状に切断したり、点状の孔、丸孔、楕円孔等の孔開け加工をしたりする場合にも適用できる。点状の孔開け加工を行う場合には、レーザー光を走査せずに加工対象の表面の所定位置に照射し続け、点状の孔を開ける。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 5 】

また、上記実施形態により本発明が限定されるものではない。上述した各構成要素を適宜組み合わせて構成したのも本発明に含まれる。また、さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。よって、本発明のより広範な態様は、上記の実施形態に限定されるものではなく、様々な変更が可能である。

【 符号の説明 】

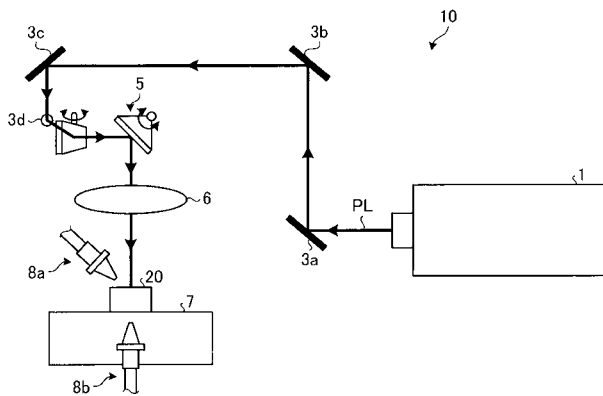
【 0 0 5 6 】

- 1 レーザ光源部
- 3 a、3 b、3 c、3 d 反射ミラー
- 5 ガルバノスキャナ
- 6 f - レンズ
- 7 ステージ
- 8 a、8 b 複数のガスノズル
- 8 c 電子冷却素子
- 10 加工装置
- 21 表面
- 22 裏面
- C コントローラ
- C F 炭素繊維
- C L 切断予定線
- C S 切断面
- G 溝
- P L パルスレーザー光
- S D 走査方向
- Z 熱影響領域

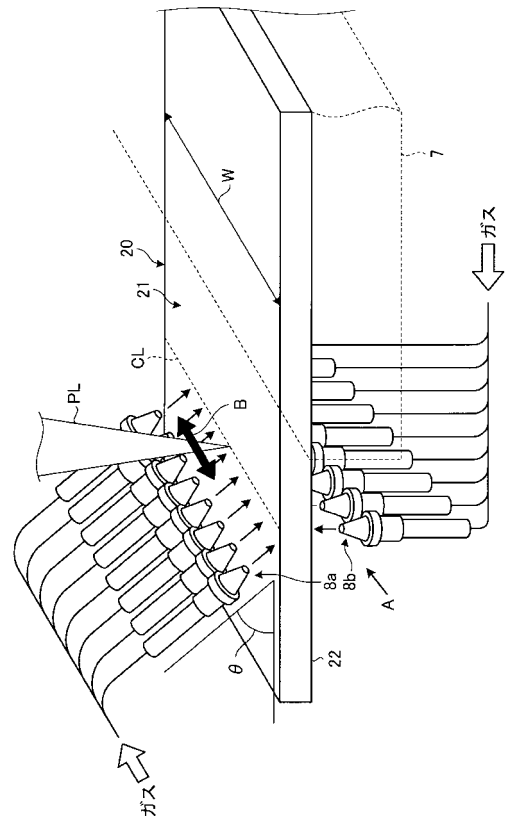
10

20

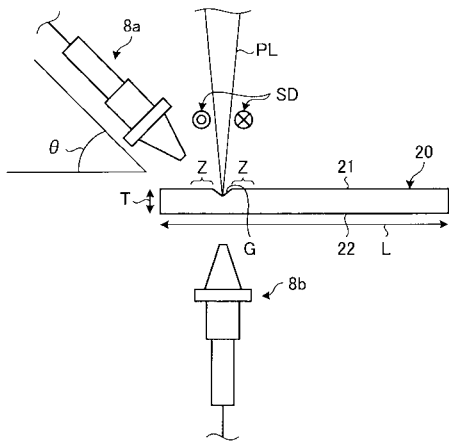
【 図 1 】



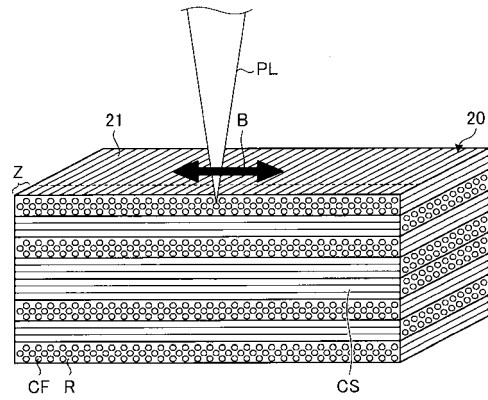
【 図 2 】



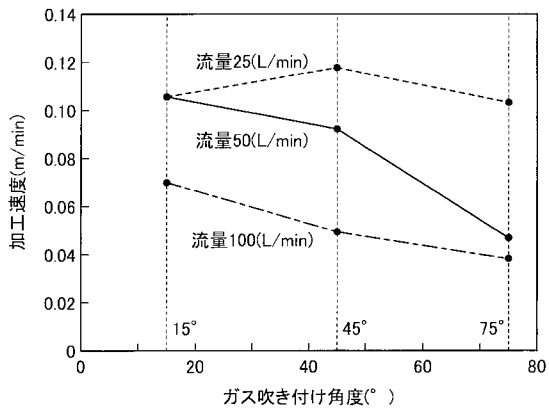
【 図 3 】



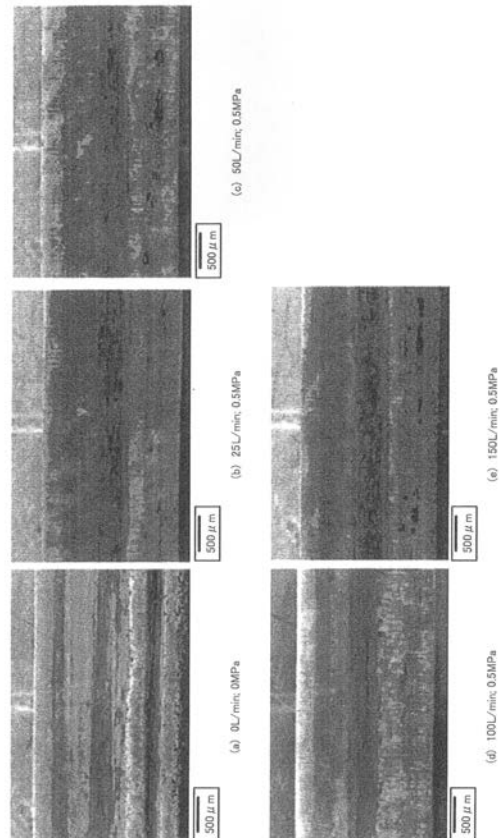
【 図 4 】



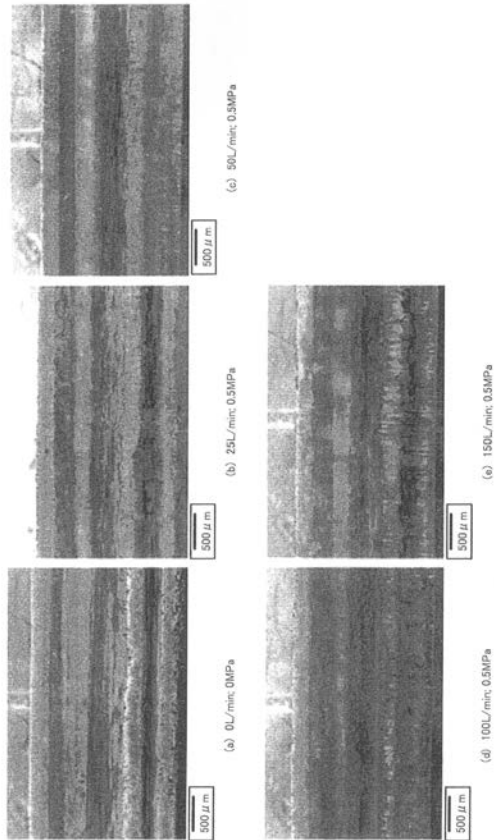
【 図 5 】



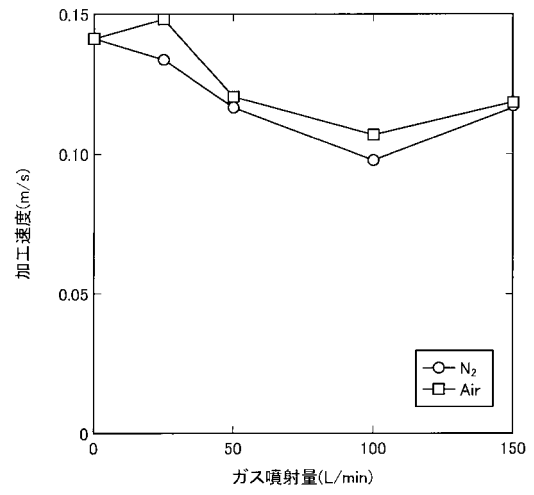
【 図 6 】



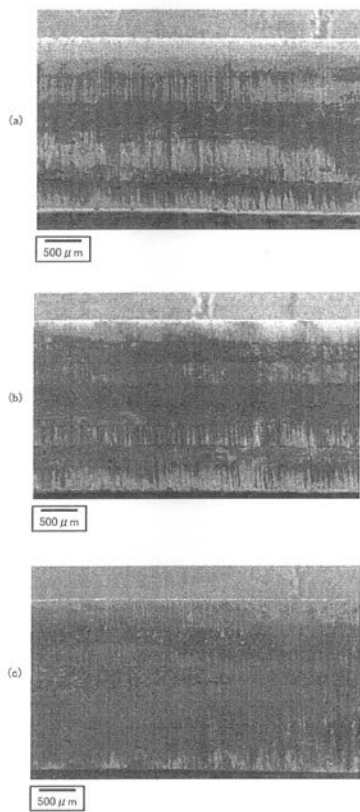
【 図 7 】



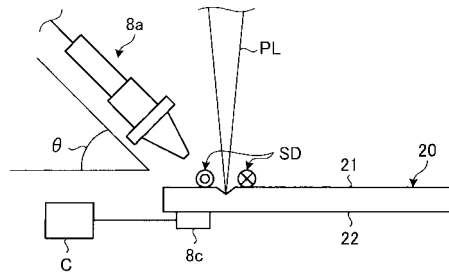
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

- (72)発明者 高 橋 謙次郎
大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 升野 振一郎
大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 佐藤 雄二
大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 酒川 友一
京都府京都市南区久世築山町204-1 株式会社片岡製作所内
- (72)発明者 山村 健
京都府京都市南区久世築山町204-1 株式会社片岡製作所内
- (72)発明者 藤崎 晃
東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内
- (72)発明者 松下 俊一
東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内
- (72)発明者 橋本 博
東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内
- Fターム(参考) 4E168 AD07 AD11 CB04 DA02 DA28 DA32 DA40 DA42 DA45 EA15
FB03 JA16 JA24 KA08 KA17 KB03