

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6917809号  
(P6917809)

(45) 発行日 令和3年8月11日(2021.8.11)

(24) 登録日 令和3年7月26日(2021.7.26)

(51) Int.Cl.	F I
<b>B 2 3 K 26/064 (2014.01)</b>	B 2 3 K 26/064 A
<b>B 2 3 K 26/14 (2014.01)</b>	B 2 3 K 26/14
<b>B 2 3 K 26/00 (2014.01)</b>	B 2 3 K 26/00 M

請求項の数 11 外国語出願 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2017-131212 (P2017-131212)	(73) 特許権者	508138955
(22) 出願日	平成29年7月4日(2017.7.4)		アディジェ ソシエタ ペル アチオニ
(65) 公開番号	特開2018-20373 (P2018-20373A)		イタリア国 イー38056 レヴィコ
(43) 公開日	平成30年2月8日(2018.2.8)		テルメ(トレント)、ヴィア ペル バル
審査請求日	令和2年6月17日(2020.6.17)		コ 11
(31) 優先権主張番号	102016000070259	(74) 代理人	100101454
(32) 優先日	平成28年7月6日(2016.7.6)		弁理士 山田 卓二
(33) 優先権主張国・地域又は機関	イタリア(IT)	(74) 代理人	100081422
			弁理士 田中 光雄
		(74) 代理人	100112911
			弁理士 中野 晴夫
		(72) 発明者	マウリツィオ・ズベッティ
			イタリア、イー38056レヴィコ・テル
			メ(トレント)、ヴィコロ・デル・クロー
			チェフィツソ36番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アシストガス流に対するレーザの光軸位置制御による金属材料のレーザ加工方法並びに該方法の実施のための機械およびコンピュータプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

- ・レーザビーム放射源を提供するステップと、
- ・該レーザビーム放射源によって放射されたレーザビームを、ビーム伝送光路に沿って、金属材料の近くに配置された加工ヘッドまで誘導するステップと、
- ・前記金属材料上に入射する光の伝播軸に沿って前記レーザビームをコリメートさせるステップと、
- ・該コリメートされたレーザビームを前記金属材料の加工面のエリア内に集束させるステップと、
- ・該集束されたレーザビームを、一連の加工エリアを含む前記金属材料上の加工経路に沿って導くステップと、

を含む、前記金属材料の少なくとも1つの加工面上に所定の横モード出力分布を有する集束された前記レーザビームによる、特に前記金属材料のレーザ切断、穿孔または溶接のための、前記金属材料のレーザ加工方法であって、

前記レーザビームを成形するステップを含み、該レーザビームを成形するステップは、

- ・独立に移動可能な複数の反射エリアを含み連続的な曲率を備えた反射面を有する変形可能な制御表面反射素子によって、前記コリメートされたビームを反射するステップと、

・前記反射エリアの配置を制御して、前記金属材料の少なくとも1つの加工面上に、前記金属材料上の現在の加工面のエリアの関数および/または現在の加工経路の方向の関数としての前記レーザビームの所定の横モード出力分布を達成する配置制御ステップと、

を含み、

前記レーザー加工方法は、中心エリアと、該中心エリアと同心の複数のランクの円形冠状扇形と、を含む対応する複数の移動モジュールによって独立に移動可能な複数の反射エリアを含む、連続的な曲率を備えた反射面を有する変形可能な制御表面反射素子を提供するステップを更に含み、

前記同心の円形冠状扇形のランクの数は6個であり、各ランクに対する前記円形冠状扇形の数は8個であり、前記円形冠状扇形の高さは、前記制御表面反射素子の外側に向かって、径方向に第1ランクから第3ランクまで増加し、かつ第4ランクから第6ランクまで増加しており、第4ランクの前記円形冠状扇形の高さは、第1ランクの前記円形冠状扇形の高さと第2ランクの前記円形冠状扇形の高さとの中間であることを特徴とするレーザー加工方法。

10

【請求項2】

レーザービーム放射源を提供するステップと、

前記レーザービーム放射源によって放射されたレーザービームを、ビーム伝送光路に沿って、金属材料の近くに配置された加工ヘッドまで誘導するステップと、

前記金属材料上に入射する光の伝播軸に沿って前記レーザービームをコリメートさせるステップと、

前記コリメートされたレーザービームを前記金属材料の加工面のエリア内に集束させるステップと、

前記集束されたレーザービームを、一連の加工エリアを含む前記金属材料上の加工経路に沿って導くステップと、

20

を含み、前記金属材料の少なくとも1つの加工面上における、所定の横モード出力分布を有する集束された前記レーザービームによる、特に前記金属材料のレーザー切断、穿孔または溶接のための、前記金属材料のレーザー加工方法であって、

前記レーザー加工方法は、前記レーザービームを成形するステップを更に含み、

前記レーザービームを成形するステップは、

・独立に移動可能な複数の反射エリアを含み連続的な曲率を備えた反射面を有する変形可能な制御表面反射素子によって、前記コリメートされたビームを反射するステップと、

・前記反射エリアの配置を制御して、前記金属材料の少なくとも1つの加工面上に、前記金属材料上の現在の加工面のエリアの関数および/または現在の加工経路の方向の関数としての前記レーザービームの所定の横モード出力分布を達成する配置制御ステップと、

30

を含み、

前記レーザー加工方法は、

アシストガス流を、前記アシストガス流の軸に沿って前記金属材料の前記加工面の前記エリアに向けて供給するステップと、

前記反射エリアの配置を制御して、前記アシストガス流の軸の周りの所定の近傍内かつ前記アシストガス流の供給エリア内に含まれる前記金属材料上の前記加工面のエリア内に前記ビームの前記所定の横モード出力分布を達成するステップと、

前記金属材料上の所定の加工経路に沿った前記アシストガス流の軸の相対的な並進と、前記アシストガス流の軸の現在位置の検出および/または現在の並進の方向の検出と、前記アシストガス流の軸の検出された現在位置の関数および/または検出された現在の並進方向の関数としての前記レーザービームの光伝播軸の位置の自動調整と、を含む、

40

レーザー加工方法。

【請求項3】

レーザービーム放射源を提供するステップと、

前記レーザービーム放射源によって放射されたレーザービームを、ビーム伝送光路に沿って、金属材料の近くに配置された加工ヘッドまで誘導するステップと、

前記金属材料上に入射する光の伝播軸に沿って前記レーザービームをコリメートさせるステップと、

前記コリメートされたレーザービームを前記金属材料の加工面のエリア内に集束させるス

50

テップと、

前記集束されたレーザビームを、一連の加工エリアを含む前記金属材料上の加工経路に沿って導くステップと、

を含み、前記金属材料の少なくとも1つの加工面上における、所定の横モード出力分布を有する集束された前記レーザビームによる、特に前記金属材料のレーザ切断、穿孔または溶接のための、前記金属材料のレーザ加工方法であって、

前記レーザ加工方法は、前記レーザビームを成形するステップを更に含み、

前記レーザビームを成形するステップは、

・独立に移動可能な複数の反射エリアを含み連続的な曲率を備えた反射面を有する変形可能な制御表面反射素子によって、前記コリメートされたビームを反射するステップと、

・前記反射エリアの配置を制御して、前記金属材料の少なくとも1つの加工面上に、前記金属材料上の現在の加工面のエリアの関数および/または現在の加工経路の方向の関数としての前記レーザビームの所定の横モード出力分布を達成する配置制御ステップと、

を含み、

前記レーザ加工方法は、

アシストガス流を、前記アシストガス流の軸に沿って前記金属材料の前記加工面の前記エリアに向けて供給するステップと、

前記反射エリアの配置を制御して、前記アシストガス流の軸の周りの所定の近傍内かつ前記アシストガス流の供給エリア内に含まれる前記金属材料上の前記加工面のエリア内に前記ビームの前記所定の横モード出力分布を達成するステップと、

前記金属材料上の所定の加工経路に沿った前記アシストガス流の軸の相対的な並進と、前記アシストガス流の軸の現在位置の検出および/または現在の並進の方向の検出と、前記アシストガス流の軸の検出された現在位置の関数および/または検出された現在の並進の方向の関数としてのレーザビームの横モード出力分布の自動調整と、を含む、

レーザ加工方法。

【請求項4】

前記アシストガス流の軸の検出された現在位置の関数および/または検出された現在の並進の方向の関数としての前記レーザビームの光伝播軸の前記位置の前記自動調整は、所定の調整パターンまたはプログラムを参照して実行される請求項2に記載のレーザ加工方法。

【請求項5】

前記アシストガス流の軸の検出された現在位置の関数および/または検出された現在の並進の方向の関数としての前記レーザビームの前記横モード出力分布の前記自動調整は、所定の調整パターンまたはプログラムを参照して実行される請求項3に記載のレーザ加工方法。

【請求項6】

前記レーザビームの光伝播軸の位置は、前記金属材料の切断加工中、前記加工経路に沿った前記アシストガス流の軸の現在位置に対して前方のエリアと後方のエリアとに交互に調整される請求項2または請求項4に記載のレーザ加工方法。

【請求項7】

前記レーザビームの光伝播軸の位置は、前記金属材料の穿孔加工中の前記アシストガス流の軸の現在位置の周りの円軌道に沿うように調整される請求項2または請求項4に記載のレーザ加工方法。

【請求項8】

前記配置制御ステップは、反射基準平面に対して前記エリアの動きの組合せを制御するステップを含む請求項1～7のいずれかに記載のレーザ加工方法。

【請求項9】

前記制御表面反射素子の前記反射エリアの動きの組合せを制御するステップは、前記制御表面反射素子の光軸に沿った前記エリアの並進移動および/または前記制御表面反射素子の光軸に対して傾斜を得るための前記エリアの回転を制御するステップを含む請求項8

10

20

30

40

50

に記載のレーザ加工方法。

【請求項 10】

・レーザビーム放射源と、  
 ・該レーザビーム放射源によって放射されたレーザビームを、ビーム伝送光路に沿って、金属材料の近くに配置された加工ヘッドまで誘導する手段と、  
 ・前記金属材料上に入射する光の伝播軸に沿って前記レーザビームをコリメートさせる光学的手段と、  
 ・該コリメートされたレーザビームを前記金属材料の加工面のエリア内に集束させる光学的手段であって、少なくとも前記金属材料から制御された距離にある前記加工ヘッドによって支持される光学的手段と、  
 ・前記集束されたレーザビームを、一連の加工エリアを含む前記金属材料上の加工経路に沿って導くように構成された、前記加工ヘッドと前記金属材料との間の距離を調整する手段と、  
 を含む、前記金属材料の少なくとも1つの加工面上に所定の横モード出力分布を有する集束された前記レーザビームによる、特に前記金属材料のレーザ切断、穿孔または溶接のための、前記金属材料のレーザ加工のための機械であって、  
 ・前記レーザビームを成形する光学的手段であって、  
   変形可能な制御表面反射素子を含み、  
   該制御表面反射素子は、連続的な曲率を備えた反射面を有し、  
   該反射面は、前記コリメートされたレーザビームを反射するように構成された、  
 独立に移動可能な複数の反射エリアを含み、  
   該反射エリアの配置は、前記金属材料の少なくとも1つの加工面上に前記レーザビームの所定の横モード出力分布を達成するように構成されている、光学的手段と、  
 ・請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載のレーザ加工方法によって、前記レーザビームの成形を実施するように構成された電子処理および制御手段と、  
 を含むことを特徴とする機械。

10

20

【請求項 11】

金属材料のレーザ加工のための機械の電子処理および制御手段によって実行された場合、請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載のレーザ加工方法によって、前記機械の中でレーザビームを成形する方法を実行する、1つ以上のコードモジュールを含むコンピュータプログラム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属材料のレーザ加工に関し、特に、独立請求項1のプレアンブルに明記されているように、その材料の切断、穿孔または溶接のためのレーザ加工方法に関する。

【0002】

他の態様によると、本発明は、レーザ加工方法を実施するように配置された金属材料のレーザ加工のための機械と、電子処理手段によって実行された場合に前述の方法を実施するための1つ以上のコードモジュールを含むコンピュータプログラムと、に関する。

40

【背景技術】

【0003】

以下の説明および特許請求の範囲において、「金属材料」という用語は、閉断面（例えば、中空の円形、長方形または正方形の形状）や開断面（平坦な断面またはL、C、Uなどの形状の断面）などを有するシートまたは細長いプロファイルなどの、あらゆる金属ワークピースを定義するために使用される。

【0004】

産業上の金属加工方法、特に金属シートおよびプロファイルの加工方法では、レーザは、幅広い用途のための熱工具として使用される。レーザは、加工される材料とレーザビームとの相互作用パラメータに、具体的には材料上のレーザビームの入射体積当たりのエネ

50

ルギー密度と相互作用時間間隔とに依存する。

【 0 0 0 5 】

例えば、低エネルギー密度（表面  $1 \text{ mm}^2$  当たり約数十 W）を長時間（約数秒）指向することにより硬化加工が達成される一方で、およそフェムト秒またはピコ秒の時間に高エネルギー密度（表面  $1 \text{ mm}^2$  当たり約数十 MW）を指向すると、光アブレーション加工が達成される。エネルギー密度の増加と加工時間の短縮の中間的な範囲では、これらのパラメータの制御により、溶接、切断、穿孔、彫刻およびマーキング加工を実施することができる。

【 0 0 0 6 】

穿孔加工および切断加工を含む多くの加工では、レーザービームと材料との間の相互作用が生じる加工領域に、アシストガス流を供給しなければならない。アシストガス流は、溶融材料の推進の機械的機能、または燃焼を助ける化学的機能、または加工領域の周囲の環境から保護する技術的機能を有する。

【 0 0 0 7 】

金属材料のレーザー加工の分野では、レーザー切断、穿孔および溶接は、同じ機械によって実行され得る加工作業である。この機械は、金属材料の少なくとも 1 つの加工面上に所定の横モード出力分布を有する高出力集束レーザービームを、典型的には、 $1 \sim 10000 \text{ kW/mm}^2$  の出力密度を有するレーザービームを生成するように構成されるとともに、ビーム方向と、材料に沿った入射位置と、を制御するように構成される。材料に対して実行され得る異なるタイプの加工間の差異は、使用されるレーザービームの出力と、レーザービームと加工される材料との間の相互作用の時間と、に実質的に起因する。

【 0 0 0 8 】

従来技術によるレーザー加工機が図 1 および図 2 に示されている。

【 0 0 0 9 】

図 1 は、空気中にレーザービームの光路を有する、 $\text{CO}_2$  レーザを備えた産業上の加工機を概略的に示している。これは、シングルモードまたはマルチモードのレーザービーム B を放射することができる  $\text{CO}_2$  レーザ生成デバイスなどの放射源 10 と、放射源から放射されたレーザービームを、ビーム伝送光路に沿って、材料 WP の近くに配置されてまとめて 14 で示されている加工ヘッドに向かって導くように構成された複数の反射ミラー 12 a、12 b、および 12 c と、を含む。加工ヘッド 14 は、金属材料上に入射する光の伝播軸に沿ってレーザービームを集束させるように構成された、一般的に集束レンズから成るレーザービームの光集束システム 16 を含む。ノズル 18 は、集束レンズの下流に配置され、材料の加工面のエリアに向けられたレーザービームによって横切られる。ノズルは、図示しない対応するシステムによって注入されたアシストガスのビームを材料上の加工エリアに向けて構成されている。アシストガスは、加工プロセスの実行と、得られる加工の品質と、を制御するために使用される。例えば、アシストガスは、金属との発熱反応に有利に働き、切断速度を増加させることができる酸素、または窒素などの不活性ガスを含む。不活性ガスは、材料の溶融には寄与しないが、加工断面のエッジにおける望ましくない酸化から材料を保護し、加工ヘッドを溶融材料の飛散から保護するとともに、材料上に形成された溝の側面を冷却するために使用され、熱的に変化したエリアの膨張を制限することができる。

【 0 0 1 0 】

図 2 は、光ファイバを通してレーザービームを導く産業上の加工機を概略的に示している。加工機は、シングルモードまたはマルチモードのレーザービームを放射するように構成され、伝送ファイバ、例えばイッテルビウムでドープされたレーザーファイバにレーザービームを供給することができるレーザー発生デバイスまたは直接型ダイオードレーザーなどの放射源 10 と、放射源 10 から放射されたレーザービームを材料 M の近くに配置された加工ヘッド 14 へ導くように構成された光ファイバケーブル 12 d と、を含む。発散制御されたファイバから出るレーザービームは、コリメート屈折光学システム 20 によってコリメートされ、反射光学システム 22 によって反射された後、放射ノズル 18 を通過して WP 材料上に

10

20

30

40

50

入射する光の伝播軸に沿って、一般的に集束レンズから成る光集束システム 16 を通って加工ヘッドで集束される。

【0011】

図3は、従来技術による例示的な加工ヘッド14を示している。30には、円筒形または円錐形の断面を有する管状の伝送路が示され、その中にBで示すレーザービームが伝送される。放射源10によって生成され、空気中での複数の反射または光ファイバ内の光路によって加工ヘッドに伝送されたレーザービームBは、光伝播軸を加工される材料への入射方向に偏向させる反射偏向要素32上でコリメートされる。光集束システム16は、反射偏向要素32と、下流に配置され、溶融材料の飛散から集束システムを保護するように構成された保護スライド34と、の中間にある。光集束システム16は、ビームの伝播方向(X-Y軸)に対して横方向と、ビームの伝播方向(Z軸)と、にレンズ位置を較正するための機械的調整機構38に結合されたレンズホルダユニット36を含む。

10

【0012】

加工ヘッドの中でレーザービームが受ける光学的処理が、図4と図5に示されている。

【0013】

放射源Sから生じ、自由空間または光ファイバ内の光伝送路を通ったレーザービームBは、所定の拡がり角で加工ヘッドに到達する。図4中にレンズCによって示されている光コリメーションシステムは、レーザービームをコリメートし、レンズFによって表されている下流に配置された光集束システムに向かわせ、集束したレーザービームを作り出すことができる。第1近似では、光集束システムの下流の理想的なレーザービーム、すなわち平行光線に理想的にコリメートされたレーザービームは、幾何光学の法則によって焦点に集まる。しかし、回折の物理法則は、最良のコリメーションと集束構成であっても、レーザービームが、光集束システムの下流で、ウエストに有限の焦点を有することを示している。このことは、図4中にWで示された領域によって表されており、ここはビームBの焦点エリアに対応する。一般的に、産業上の加工用途では、材料の加工面は、ビームのウエストの横方向の面と一致する。

20

【0014】

図5は、正常にコリメートされたレーザービームの出力密度の分布を示している。この分布は、シングルモードのビームの場合、典型的にはガウシアン形状であり、回転対称性を有する。すなわち、出力は、ビームの長手軸(Z軸)の周囲に集中し、周囲のスカートに沿って徐々に減少する。または、この分布は、マルチモードビームの場合、回転対称性を有するガウシアン形状の包絡線として説明することができる。

30

【0015】

シングルモードまたはマルチモードのレーザー放射を備えたビームの使用は、第1近似でガウシアンとして記述され得るものであり、高出力レーザー用途の分野における技術制御要件を満たす。実際、ガウシアンビームは、少しのパラメータによって容易に記述され、放射源から加工機のヘッドまでの光伝送経路に沿った伝播中、容易に制御することができる。なぜなら、ガウシアンビームは、出力分布を変更することなく自身を伝播させる特性を有し、(幾何光学的近似を使用できる場合)遠距離場伝播条件における半径値および発散値によって記述することができるからである。加工経路に沿った近接場における集束ビームの伝播条件であって、幾何光学的近似がもはや有効ではない条件では、いずれの場合もビームは各断面においてガウス出力分布パターンを維持する。

40

【0016】

これらの理由から、レーザー加工の分野では、レーザービームがガウシアン(またはほぼガウシアン)の断面の出力分布を有するようにレーザービームの伝播を制御する必要性と、レーザービーム光伝播軸とアシストガス流の重心軸との間の相対的な相互の位置を一度で確立する必要性と、が常に存在していた。

【0017】

レーザービームの光伝播軸とアシストガスの流出軸との間の位置決め(固定性とまではいかなくても)安定性を提供するように構成された従来技術では、複数の解決策が開発さ

50

れており、これは一般的に2つの軸の一致を含む。レーザービームの光伝播軸とアシストガス流の軸との間の相互位置の調整は、先行技術では、機械（加工ヘッド）の定期的な較正中に、例えば、摩耗によりノズルを交換する必要がある場合に、オペレータによって手動で行われる機械的なセンタリング手順によって実施される。このような機械的なセンタリング手順は、ヘッド上のノズルの位置決めに関連して、レーザービームの光伝播システムの傾斜と中心を調節するための、例えば偏向ミラー上またはコリメーションレンズ上または集束レンズ上のねじ駆動部による、複数の精密な機械的調整を含む。

【0018】

この設計上の選択は、純粹なシングルモードビームの場合に、レーザービームの出力のガウス分布によって、およびアシストガスの流出ノズルの口の円形断面によってそれぞれ決定されるビームとアシストガス流の回転対称性を尊重し、加工が続く方向に関して、各加工プロセス（切断、溶接など）の動作の等方性を保証する。

10

【発明の概要】

【0019】

CAD/CAMシステムであらかじめ定められた経路と幾何学的形状に従い、電子加工手段によってレーザー加工プロセスを制御する場合、材料上の加工経路に関するプロセスの等方性は、常に有利と考えられてきた。

【0020】

物理的に「不均衡」なシステム、または材料上のレーザービームおよびアシストガスの入射点における回転対称性がないシステムは、加工経路を制御することを複雑かつ困難にし、または質の悪い加工結果につながると広く考えられている。

20

【0021】

本発明の目的は、動作速度、結果物の質および加工の費用対効果の点で改善された性能を有するレーザー加工方法を提供することにある。

【0022】

本発明の別の目的は、リアルタイムで制御可能であり、全ての動作条件において正確な加工結果を得ることができ、既存の機械のサイズを増加させることのないレーザー加工方法を提供することにある。

【0023】

本発明によると、これらの目的は、請求項1に記載の特徴を有する金属材料のレーザー加工方法によって達成される。

30

【0024】

特定の具体例は、従属請求項の目的であり、その内容は、本明細書の不可欠な部分として理解されるべきである。

【0025】

本発明の更なる目的は、特許請求の範囲に記載の金属材料のレーザー加工用の機械およびコンピュータプログラムである。

【0026】

要約すると、本発明は、レーザービームとアシストガス流アセンブリの回転対称性の破れ、すなわち、レーザー放射の伝播軸とアシストガス流の流出軸との間の一致条件からのずれにより、同一の性能を有する加工プロセスよりも、速度、品質、および費用対効果の点でより良い利益を得ることができるという考察に基づくものである。

40

【0027】

回転対称性の破れの適用および利用のモードは、異なる場合がある。特に、このようなモードは、アシストガス流の対称軸に対する加工レーザービームの光軸の位置の「静的」変更と、アシストガス流の対称軸に対する加工レーザービームの光軸の位置の「動的」変更または「見かけ上のビーム」（apparent beam）方式と、を含む。

【0028】

「静的」変更の場合、アシストガス流の対称軸に対するレーザービームの光軸の相対的な位置（基準方向とみなされる、加工経路に沿った局所的な進行方向に対する距離、角度）

50

は、固定されるか、または加工プロセスの進行速度に相当する相対速度（すなわち、同じオーダーの大きさの速度）で変化する。

【0029】

アシストガス流の並進方向に、アシストガス流の対称軸よりも前に（すなわち、切断加工の場合に加工される材料の表面上のガス流の対称軸の入射エリアよりも前に）、レーザービームの光軸の位置があるという不均衡の結果、加工速度の点でより良い性能が得られる。このような不均衡は、実際に、アシストガス流によって打たれる溶融した溝エリアを生成する。溶融した溝エリアは、軸が対称的に一致する場合よりも大きい。言い換えれば、ガス流より前の材料へのレーザービームの入射により、軸が対称的に一致する場合と比較して、同じ速度においてより低い圧力でガス供給をすることができ、より低い圧力に比例して低いガス消費を保証することができる。

10

【0030】

「動的」変更または「見かけ上のビーム」方式の場合、アシストガス流の対称軸に対するレーザービームの光軸の相対的な位置（基準方向とみなされる、加工経路に沿った局所的な進行方向に対する距離、角度）は、加工プロセスの進行速度よりも少なくとも1桁大きい相対速度で変化する。レーザービームの光軸は、アシストガス流の軸に対する所定の周囲運動周波数での定期的な運動で制御され、それにより、材料に対する加工プロセスは、周囲運動周波数よりも1桁小さい周波数スケールでのビームの運動の包絡線によって記述可能な見かけ上のビームに見えるようになる。

【0031】

20

アシストガス流の軸の伝播方向に対する光軸の、往復運動すなわち振動の結果、例えば幾分細長い楕円形の見かけ上のビームが決定され、溶融した溝のより大きな照射、すなわち、溝の中でより長く持続する照射を可能にし、その結果、伝播方向内の材料による放射の吸収がより多くなる。この技術により電力を節約することができる。なぜなら、この技術は、レーザービームの出力1ワット当たりの生産量を増加させ、ガスを節約するからである。なぜなら、この技術は、従来技術より粘性の低い材料を維持し、これにより溶融材料をより少ないガス圧で溝から押し出すことができるからである。

【0032】

別の方法では、光軸、すなわち、レーザー出力分布の重心のアシストガス流の軸周りの円振動運動の結果として、円形の見かけ上のビームが決定される。これにより、レーザービームの出力分布の直径（見かけ）を増加させることができ、したがって、同一の圧力で溝内のより大きなガス流を得ることができる。

30

【0033】

本発明によると、従来技術のシステムへの前述の考察の適用は、レーザービームの形状をリアルタイムで制御することによって、すなわち、ビームの横モード出力分布の変更によって、アシストガス流の対称軸に対する加工レーザービームの光軸の位置の効果的な制御を実施することによって達成され、ビームの形状と実効直径を実質的に保持する。

【0034】

本発明は、制御された変形を伴う光学システムを使用する原理に基づくものである。この原理は、産業上の用途の高出力レーザービームを成形するための光信号の（したがって低出力光放射の）処理のための科学的利用においてそれ自体知られている。

40

【0035】

レーザービーム光学伝送システムの中の制御された変形光学システムの適用は、急速に変更可能な方法で得られるレーザービームの成形の範囲を拡大させることと、レーザー放射の伝播軸とアシストガスの流出軸との間の相互位置を極度の精度で調整することと、その結果、機械加工プロセスの性能を改善し、または革新的な機械加工プロセスを実施することと、を可能にする。

【0036】

有利には、本発明の方法は、アシストガス流出領域の中心に高精度でレーザービームを向けることを可能にし、したがって、所定の加工のために機械を設定する場合にオペレータ

50

の介入によって精密な機械調節をする必要があることを防止する。

【0037】

更に有利には、本発明の方法は、レーザビームの光軸の位置を、アシストガス流の軸（これは必ずしも同軸上に整列された位置ではない）に対して所定の空間的關係に従って迅速な調整時間で制御することを可能にする。このような位置制御は、加工サイクルの「前設定」として実行されるだけでなく、材料上の加工経路に沿ったレーザビームの光軸とアシストガス流の軸との間の所望の相互位置を制御するように加工プロセス中にリアルタイムで実施されてもよい。

【0038】

言い換えると、本発明の方法は、加工プロセス中、例えば、アシストガス流の軸から所定の距離にあり、かつ加工経路の現在の方向（加工の進行方向）に対して所定の角度方向にあるレーザビームの光軸の位置を瞬間的に制御することによって、レーザビームの光軸とアシストガス流の軸との間の所定の相互配置ストラテジを自動的に設定して、維持することを可能にする。

【0039】

本発明の方法は、更に、加工プロセス中に、例えば、所定の加工経路に沿った材料上の加工エリアの空間位置の関数としての、または加工経路に沿った進行速度の変化、加工材料の厚さの変化、加工される材料の表面に対するアシストガスの入射角の変化などの他のパラメータの関数としての、レーザビームの光軸とアシストガス流の軸との間の所定の相互配置可変ストラテジを自動的に設定することを可能にする。

【0040】

切断加工と溶接加工の両方において、加工経路に沿った進行速度の変化は、加工ヘッドの様々な機械制御軸の必要的な停止から生じる。停止は、経路自体の定義に寄与する。例えば、停止は、加工方向またはヘッドの向きを逆転に起因する。ヘッドは、停止するまで減速され、その後、加速される。

【0041】

知られかつ期待される加工材料の厚さの変化は、厚さによって異なる材料自体の中の対応する進行速度および焦点スポット位置を必要とするだけでなく、回転対称性を破るために異なるモード、すなわち、前記厚さの関数としてのアシストガス流の対称軸に対する加工レーザビームの光軸の位置の「静的」または「動的」な変更をも必要とする。

【0042】

最後に、加工材料の表面に対するアシストガスの入射角の変化は、ガス流の軸の周りに異なるレーザ出力分布を必要とし、これにより切断性能を改善し、より広い溝に起因して、またはアシストガスのより良好な供給に起因して、より安定した加工を保証する。

【0043】

レーザ放射の伝播軸とアシストガス流の軸との間の相互位置の制御は、アシストガス流の供給エリアを定義するアシストガス流の軸の所定の近傍内で、金属材料上の加工面のエリア内のビームの横モード出力分布を制御する手段によって、本発明によって実施される。アシストガス流の供給エリア（本発明の制御方法の動作のボリュームフィールド（volumetric field）を表すものは、加工ヘッドのノズルの「影響を受けたボリューム」（affected volume）として識別可能である。典型的には、ノズルは、直径が1 mm ~ 3.5 mmである口を有し、円錐台に典型的な寸法である6 mm ~ 20 mmの高さと、口の直径より1 ~ 3 mm大きい直径の（ノズルのある）小底面と、特徴的な寸法が円錐台のボリュームの高さおよび母線の傾斜角（典型的には15° ~ 30°）の関数である大底面と、を有する。適切には、ノズルのボリュームはできる限り小さく、かつ加工される表面の凹部内でも動作することができるようにできる限り薄い外観を有する。

【0044】

有利には、本発明の方法によって実行される自動制御は、100 Hz ~ 10 kHzの動作周波数で、リアルタイムで実行されてもよい。

【0045】

10

20

30

40

50

本発明の方法を実行するように構成された制御システムは、加工ヘッドに一体化することができ、従来技術のシステムとは有利に区別される。すなわち、制御システムは、レーザビームの生成と、およびレーザビームの加工ヘッドへの伝送と、から独立している。

【0046】

さらに、本発明の方法は、特定の加工用の機械を設定しまたは作動させるための既知の解決策とは異なる。既知の解決策では、アシストガス流に対する光ビームの位置は、従来のウォプリング技術の場合と同様に、オペレータによる手動介入の結果として調整可能である。または、光ビームの入射方向の変更は、所定の論理に従って実施される。これにより、加工プログラムを設定するときにプログラムされた高度に動的な振動が、加工全体を通してレーザビームの光伝播軸に繰り返し与えられる。これに対して本発明の方法は、レーザビームの光伝播軸の位置を、加工経路に沿ったビームの位置の関数として、リアルタイムで効果的に制御することを可能にする。それにより、加工経路に沿った所定の位置に生じるプログラムされた加工条件に応じて、光ビームの光伝播軸とアシストガス流の軸との相互位置を適時に変更することができる。このようなプログラムされた加工条件は、説明のための非限定的な例として、所定の加工経路に沿った現在の加工位置（または、より一般的には、現在の加工面のエリア）および/または材料上の加工経路の現在の方向および/またはアシストガス流の軸の並進方向を含む。

10

【0047】

本発明の更なる特徴および利点は、添付の図面を参照して、非限定的な例として与えられた一具体例の以下の詳細な説明の中で、より詳細に説明される。

20

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】従来技術によるレーザ加工のための機械の例を示す。

【図2】従来技術によるレーザ加工のための機械の例を示す。

【図3】従来技術によるレーザ機械の加工ヘッドの構造の例を示す。

【図4】従来技術による金属材料の産業上の加工用途のレーザビーム形状の概略的な表現を示している。

【図5】従来技術による金属材料の産業上の加工用途のレーザビーム形状の概略的な表現を示している。

30

【図6】本発明の方法を実行するように構成された加工ヘッド内のレーザビームの光路の概略的な図である。

【図7】本発明の方法の実施のために光ビームを成形する制御表面反射素子の概略的な表現である。

【図8】本発明による加工方法を実行するように構成されたレーザ加工機の制御電子機器のブロック図である。

【図9】本発明の方法による加工例の概略的な表現である。

【発明を実施するための形態】

【0049】

図1～5は、従来技術に関連して既に説明した。その内容は、本発明の教示による加工プロセスを実行するために制御される加工機の製造に共通であるとしてここで参照される。

40

【0050】

本発明による金属材料のレーザ加工のための機械の加工ヘッド内のレーザビームの光路が図6に示されている。

【0051】

図6の光学システムは、レーザビームBの入力デバイス100を含む。これは例えば光ファイバケーブルの端部または自由空間内の光路に沿って放射源によって伝播されるビームの光ピックアップシステムなどである。そこから所定の拡がり角でレーザビームBが出る。

50

## 【 0 0 5 2 】

入力デバイス 1 0 0 の下流には、光コリメーションシステム 1 2 0、例えばコリメーションレンズ（典型的には、レーザ切断機の加工ヘッド用のコリメーションレンズは、5 0 mm ~ 1 5 0 mm の焦点距離を有する）が配置される。その下流で、コリメートされたレーザビームは、スクリーンまたは保護ガラス 1 6 0 を通して加工面上にビームを集束するように構成された光集束システム 1 4 0、例えば集束レンズ（典型的には、レーザ切断機の加工ヘッド用の集束レンズは、1 0 0 mm ~ 2 5 0 mm の焦点距離を有する）に導かれる。

## 【 0 0 5 3 】

コリメーション光学システム 1 2 0 と光集束システム 1 4 0 との間の光路には、光学的ビーム成形手段 1 8 0 がある。

10

## 【 0 0 5 4 】

特に、図 6 に示されているレーザビームの光路の概略図を参照すると、本発明は、レーザビームを成形するための光学的手段 1 8 0 と、材料の所定の加工平面上において、制御された方法でレーザビームの横モード出力分布を達成するための前記手段の制御と、を構成することに関する。図では、例示的な具体例の中でレーザビームを成形するための光学的手段 1 8 0 が示されている。光学的手段 1 8 0 は、ビームの伝播方向に対して 4 5 ° の対称軸を有するように配置されている。

## 【 0 0 5 5 】

この目的のために、レーザビームを成形する光学的手段 1 8 0 は、制御された表面を有する変形可能な反射素子 2 0 0 として作られており、制御表面は、図 7 に示されているように、静止状態では、基準反射面上にある反射面を形成する、独立して移動可能な複数の反射エリアを含む。上記の変形可能な制御表面反射素子 2 0 0 は、連続的なホイールミラーを提供する。その反射面は、静止状態で採用された基準平坦反射面に対して 3 次元的に変更可能である。上記の変形可能な制御表面反射素子 2 0 0 は、連続的な曲率を備えた反射面を有し、この反射面は、図中に 2 0 0 a、2 0 0 b、... で示された対応する複数の移動モジュールが後方に関連付けられた複数の反射エリアを含む。また、この反射面は、レーザ光の波長の高反射コーティング（少なくとも 9 9 %）を併用し、直接チャネリングにより水で冷却されたコンタクトホルダにマウントすることによって、高い光出力での使用のために適切に処理される。移動モジュールは、連続曲率反射面に不可欠であり、独立して移動可能である。連続的な曲率を有する反射表面の反射エリアは、その間にエッジを有さない。すなわち、全反射面は、全方向に連続的な局所微分を有する。上記の複数の移動モジュール 2 0 0 a、2 0 0 b の移動は、対応する反射エリアの、静止状態で採用された基準平坦反射面に対する前後移動などの並進移動を含み、または対応する反射エリアの、静止状態で採用された基準平坦反射面に対して平行な軸の周りの回転移動を含み、またはそれらの組合せを含む。反射面の変形、すなわち移動モジュール 2 0 0 a、2 0 0 b の移動は、好適には、既知の圧電技術によって行われる。圧電技術により、移動モジュールの移動と、その結果としての反射エリアの位置、すなわち、他から独立に、所定の自由度での各モジュールの並進および/または回転による動きの組合せの結果として生じる反射エリアの位置の変更とを、典型的にはおよそ  $\pm 4 0 \mu\text{m}$  の移動距離で、制御することができる。これにより、ゼルニケ多項式の組合せによって定義される連続曲率面の近似を得ることができ、これにより、所望の処理用途の目的に応じて、レーザビームの光伝播軸の位置調整、またはより一般的には、レーザビームの横モード出力分布の制御を、（少なくとも理論的におよび実際には所望の目的のために十分に近似して）行うことができる。

20

30

40

## 【 0 0 5 6 】

図 7 は、図 6 のダイアグラムに示すように、4 5 ° のコリメートされたレーザビームの入射角に対して採用される、楕円形の輪郭を有する反射素子 2 0 0 および関連する後部移動モジュールの好適な具体例を示している。このような具体例は、単に概略的なものに過ぎず、本発明の実施を限定するものではないことが理解されるべきである。コリメートされたレーザビームの入射が静止状態で素子 2 0 0 の表面に対して垂直またはほぼ垂直であ

50

る別の好適な具体例では、反射素子 200 の輪郭は、円形の輪郭である。

【0057】

楕円形の輪郭を有する反射素子の具体例では、反射素子は、38mmの長軸と27mmの短軸を有する。この輪郭は、コリメーション光学システム120によって得られるミラーに対して入射するレーザービームの最大の横方向開口サイズに対応する、

【0058】

特に、好適な具体例では、上記の変形可能な制御表面反射素子200は、対応する複数の移動モジュールによって独立に移動可能な複数の反射エリアを含む。この移動モジュールは、中心エリアと、中心エリアと同心の複数のランクの円形冠状扇形(circular crown sectors)と、を含むものである。この好適な具体例では、同心の円形冠状扇形のランクの総数は6個であり、各ランクに対して円形冠状扇形の数は8個であり、円形冠状扇形の高さは、反射素子の外側に向かって、径方向に第1ランクから第3ランクまで増加し、かつ第4ランクから第6ランクまで増加する。第4ランクの円形冠状扇形の高さは、第1ランクの円形冠状扇形の高さと同様である。好適には、設計された反射素子200の制御構造を簡単にするために、周囲の円形冠を形成する複数の円形区域は固定され、内側の円形冠状扇形のランクのみが移動可能であることにより、総数が41個に限定されたアクチュエータを使用してもよい。

【0059】

一般的に、円形区域のランクの数、円形冠状扇形の数、および円形冠状扇形の高さは、レーザービームの所定の所望の横モード出力分布を得るために必要な反射面の形状によって、選択された数の反射エリアの反射素子上に入射するレーザービームの横モード出力分布の傾向のシミュレーション手順を用いて、決定される。実際、素子200の反射面の制御された変形可能性は、レーザービームの位相に作用することによって、焦点面上のレーザービームの強度の制御された変化を誘導する。この好適な具体例では、反射素子200の表面の変形は、ゼルニケ多項式の組合せに起因する反射面を決定するように制御される。したがって、反射素子200の反射エリアの移動によって制御される位相変動に応じた焦点面上のレーザービームの強度の分布は、有利には、数学的計算方法を用いてシミュレートされる。

【0060】

図7に示されている反射素子200の表面の下位区分の幾何学的形状は、反射エリアの移動モジュールの幾何学的形状に対応し、ビーム成形において大きな自由度を有し、回転対称性の保持とは関係なく、様々な形態の横モード出力分布を得るためのシミュレーション手順によって発明者らによって決定された。他の、出力分布の形状の変化は必要でないが、光伝搬軸に対する変位のみが変化する必要があるガウス分布に厳密に関連する用途の場合、より単純な形状、例えば等間隔のランク、すなわち、円形冠状扇形の高さが全ての区域のランク間で一定であるランクを使用することができる。ビーム出力分布の回転対称性が保持される用途では、径方向に独立した円形冠状の複数の反射エリアおよび各移動モジュールを設けることができる。

【0061】

図8は、本発明の方法の実施のための金属材料のレーザー加工のための機械の電子制御システムの回路図を示している。

【0062】

システムは、図中にECUでまとめて示されている電子処理および制御手段を含む。これらの手段は、機械に搭載された1つの処理ユニットの中に統合され、または分散型で実装され、したがって、例えば加工ヘッドを含む機械の異なる部分に配置された処理モジュールを含んでもよい。

【0063】

電子処理および制御手段ECUに関連するメモリ手段Mは、例えば加工ヘッドおよび/または加工される材料に対する移動命令の形で所定の加工経路を含む所定の加工パターンまたはプログラムと、光ビームの出力分布、ビームの出力強度、およびレーザービーム活性

10

20

30

40

50

化時間を意味する加工経路の関数としての物理加工パラメータと、を記憶する。

【0064】

電子処理および制御手段 ECU は、メモリ手段 M にアクセスして加工経路を獲得し、かつその経路に沿って加工レーザービームの適用を制御するように構成される。所定の加工経路に沿ったレーザービームの適用の制御は、アシストガス流の供給を制御することと、所定の加工パターンまたはプログラムを参照することによって、すなわち、メモリ手段から獲得した加工経路情報と加工パラメータとによって、所定の加工エリアに向かってレーザービームの所定の出力分布の放射を制御することと、を含む。

【0065】

センサ手段 SENS は、加工ヘッドと加工される材料との間の相互位置と、そのような位置の経時変化と、をリアルタイムで検出するために、機械上に配置される。

10

【0066】

電子処理および制御手段 ECU は、センサヘッドから、加工ヘッドと加工される材料との間の経時的な相互位置、すなわち、現在の加工面のエリアおよび / または現在の加工経路の方向の経時変化を示す SENS 信号を受信するように構成されている。

【0067】

電子処理および制御手段 ECU は、加工の機械パラメータを制御する第 1 制御モジュール CM1 を含む。第 1 制御モジュール CM1 は、第 1 コマンド信号 CMD<sub>1</sub> をアクチュエータ手段の既知のアセンブリに発するように構成されている。このアクチュエータ手段は、機械の特定の具体例によって許容された自由度に沿って加工ヘッドを移動させるアクチュエータ手段と、加工される材料を加工ヘッドの位置に対して移動させるアクチュエータ手段とを含む。第 1 制御モジュール CM1 は、アクチュエータ手段と協働して加工ヘッドを移動させて、加工ヘッドのノズルで加工されている材料上にプログラムされた加工経路を提供するように構成されている。これらのアクチュエータ手段は、当該技術分野において公知であるため、詳細には説明しない。

20

【0068】

電子処理および制御手段 ECU は、加工の物理パラメータを制御する第 2 制御モジュール CM2 を含む。第 2 制御モジュール CM2 は、アシストガス流供給手段と、レーザービームを生成して送信する制御手段と、に対して第 2 コマンド信号 CMD<sub>2</sub> を発するように構成されている。

30

【0069】

電子処理および制御手段 ECU は、光加工パラメータを制御する第 3 制御モジュール CM3 を含む。第 3 制御モジュール CM3 は、制御表面反射素子の独立して移動可能な反射エリアの移動モジュールを実現するための、すなわち、移動モジュールの相互の空間的な移動（反射素子の光軸に沿った並進またはそれに対する傾斜）を制御するための、光学的ビーム成形手段の変形可能な制御表面反射素子 200 に対して、第 3 コマンド信号 CMD<sub>3</sub> を発するように構成されている。コマンド信号 CMD<sub>3</sub> は、1 つ以上のコードモジュールを含むコンピュータプログラムによって処理される。このコードモジュールは、得られるべき所定のレーザービームの成形に従って本発明の方法を実施するための、調整モデルまたはプログラムの命令を有する。すなわち、このコードモジュールは、レーザービームの所定の横モード出力分布と、続いて、金属材料の少なくとも 1 つの加工面のエリア内の材料に対して入射する光伝播軸に沿った瞬間加工条件の関数としての、レーザービームの光伝播軸の所定の位置と、を達成するための、調整モデルまたはプログラムの命令を有する。材料の加工面は、例えば、厚い材料、すなわち、典型的には集束ビームのレイリー長の 1.5 倍を越える厚さ（典型的な事例では、4 mm より大きく 30 mm までの厚さ）を有する材料の切断または穿孔のための、材料の表面平面、または材料の厚さが深さ方向に変化する平面である。前述のコマンド信号 CMD<sub>3</sub> は、コンピュータプログラムによって処理されて、瞬間加工条件、すなわち、金属材料上の現在の加工面および / または現在の加工経路の方向に従って、アシストガス流の軸の所定の近傍内かつアシストガスの供給エリア内で、レーザービームの所定の横モード出力分布を達成する。

40

50

## 【 0 0 7 0 】

したがって、電子処理および制御手段 ECU は、アシストガス流の軸の現在位置および / または現在の並進方向を検出し、金属材料上の所定の加工経路に沿ったアシストガス流の軸の相対的な並進を制御して、アシストガス流の軸の並進の現在位置および / または検出された現在の方向に従って、レーザービームの光伝播軸の位置またはレーザービームの横モード出力分布を自動的に調整するように構成される。

## 【 0 0 7 1 】

レーザービームの光伝播軸の位置は、反射エリアの移動モジュールを制御することによって調節されて、それぞれの静止状態に対して、全体として反射素子の所定の全体的な傾斜移動を実行し、加工される材料上のレーザービームスポットの空間的な並進を決定する。

10

## 【 0 0 7 2 】

1 つの具体例によると、レーザービームの光伝播軸の位置は、金属材料の切断加工中、加工経路に沿ったアシストガス流の軸の現在位置に対して前方のエリアおよび後方のエリアに選択的または交互に調整される。これは、好適には、例えば、切断加工の実行速度と切断される材料の厚さとの関数として、切断経路を求める際に行われる。

## 【 0 0 7 3 】

「静的」変更の場合、アシストガス流の並進方向に、アシストガス流の対称軸よりも前に (すなわち、切断加工の場合に加工される材料の表面上のガス流の対称軸の入射エリアよりも前に)、レーザービームの光軸の位置があるという不均衡の結果、加工速度の点でより良い性能が得られる。このような不均衡は、アシストガス流によって打たれる溶融した溝エリアを生成する。溶融した溝エリアは、軸が対称的に一致する場合よりも大きい、言い換えれば、ガス流の前方の材料へのレーザービームの入射により、軸が対称的に一致する場合と比較して、同じ速度においてより低い圧力でガス供給をすることができ、より低い圧力に比例して低いガス消費を保證することができる。

20

## 【 0 0 7 4 】

「動的」変更または「見かけ上のビーム」方式の場合、アシストガス流の軸の伝播方向に対して往復する光軸の振動運動の結果、例えば細長い準楕円形状を有する見かけ上のビームが決定され、溶融した溝のより良好な照射、すなわち、溝の上でより長く持続する照射が可能となり、その結果、伝播方向内の材料による放射の吸収がより多くなる。この技術により電力を節約することができる。なぜなら、この技術は、レーザービームの出力 1 ワット当たりの生産量と、ガス節約とを増加させるからである。なぜなら、この技術は、従来技術に比べて粘性の低い材料を維持し、これにより溶融材料をより少ないガス圧で溝から押し出すことができるからである。

30

## 【 0 0 7 5 】

別の具体例では、レーザービームの光伝播軸の位置は、金属材料の穿孔加工中のアシストガス流の軸の現在位置の周りの円形の経路に沿うように調整される。これにより、直径がより小さいガウスビームで開始しても、2 つの利点を有し、大きい直径の円対称性を有する「見かけ上のビーム」を生成することができる。第 1 の利点は、加工の終了時に穿孔直径が増加することである。これは、切断動作の開始時のデリケートな段階において、レーザービームと加工される材料の厚さ内の前進する前部との間の良好な結合を可能にするとともに、開始時に溶融材料をより効率的に排出することができるより大きなガス流を可能にする。第 2 の利点は、穿孔加工中、円運動が、必ず材料加工エリアの表面の穿孔が生じる側面から出なければならぬ溶融材料に対して優先的な放出方向を与えることである。これは、より深い層の材料の漸進的な露出効果を促進し、最終的には全体の厚さのより速い破壊を容易にする。

40

## 【 0 0 7 6 】

図 9 は、本発明の方法による加工例を示している。

## 【 0 0 7 7 】

図では、プログラムされた加工経路が T で示されている。加工経路は、例として、閉じたまたは開いた折れ線 (broken line) を形成する一連のカーブ区域 T 1、T 2 または直

50

線区域 T 3 と、一連の凹部、例えば半円形状 R 1、R 2 を備える凹部と、を含む切断形状を含む。加工経路 T はまた、切断形状から所定の距離にある、H で示されている円形の穿孔形状を含む。

【 0 0 7 8 】

前述の経路に沿った加工ヘッドのいくつかの例示的な位置において（加工ヘッドは、図の表示を過度に複雑にしないために、最初の加工位置についてのみ図示されている。）、加工されている材料上のアシストガス流の供給エリアが、G 1、. . .、G n で示されている。レーザビームの光軸の位置の周りを囲む、加工されている材料上へのレーザビームの入射スポットが、S 1、. . .、S n で示されている。典型的には、4 mm ~ 30 mm の厚さの炭素鋼、4 mm ~ 25 mm の厚さのステンレス鋼、4 mm ~ 15 mm の厚さのアルミニウム合金、4 mm ~ 12 mm の厚さの銅および黄銅に対する切断および/または穿孔加工について、アシストガス流の供給エリアの典型的なサイズは、1.8 mm ~ 3 mm の範囲であり、レーザビームの入射スポットは、0.05 mm ~ 0.25 mm の範囲であることに注意しなければならない。

10

【 0 0 7 9 】

加工経路に沿ったいくつかの加工位置またはエリアには、一例として、加工される材料上のアシストガス流の対応する供給エリアが（円形ノズルの最も一般的な具体例では、円形で）示され、かつ 1 つ以上のレーザビームの入射スポットが示されている（ガウシアン形状の横モード出力分布の一般的な事例では、例として円形によって示される）。

【 0 0 8 0 】

20

G 1 は、所定の経路 T に続く切断ラインの第 1 部分 T 1 に沿ったレーザビーム進行区域の中のアシストガス流の第 1 供給領域を示す。この加工エリアでは、レーザビームの光伝播軸の（出力分布の）位置は、加工面上のビームの入射スポット S 1 が、G 1 領域の重心に対応するアシストガス流の軸の現在位置よりも前方の領域の中にあるように調整される。

【 0 0 8 1 】

G 2 は、経路 T の切断ラインの部分 T 1 に沿った減速中のレーザビームの進行区域の中のアシストガス流の第 2 供給領域を示す。この加工エリアでは、レーザビームの光伝播軸の（出力分布の）位置は、加工面上のビームの入射スポット S 2 が、G 2 領域の重心に対応するアシストガス流の軸の現在位置と実質的に一致するように調整される。

30

【 0 0 8 2 】

G 3 は、経路 T の半円の凹部 R 1 におけるアシストガス流の第 3 供給領域を示す。この加工エリアでは、レーザビームの光伝播軸の（出力分布の）位置は、加工面上のビームの入射スポットが、G 3 ゾーンの重心に対応するアシストガス流の軸の現在位置から径方向に等距離にある後続の位置 S 3、S 4、S 5 および S 6 によって示されているように、前述の領域の移動を伴わずに、アシストガス流の供給領域内の所望の切断経路を移動するが、金属材料上の加工経路の現在の方向に関して後方位置から前方位置まで角度的にずれるように調整される。

【 0 0 8 3 】

G 4 は、切断形状の部分 T 2 と部分 T 3 との間の方向の変化点におけるアシストガス流の第 4 供給領域を示し、方向の変化点は小さな曲率半径を有する。この加工エリアでは、レーザビームの光伝播軸の（出力分布の）位置は、加工面上のビームの入射スポットが、G 4 ゾーンの重心に対応するアシストガス流の軸の現在位置と異なる径方向距離と角度位置とを有する後続の位置 S 7、S 8 および S 9 によって示されているように、前述の領域の移動を伴わずに、アシストガス流の供給領域内の所望の切断経路、すなわち、金属材料上の加工経路の現在の方向に関して、それぞれ後方の位置、一致する位置、および前方の位置を移動するように調整される。

40

【 0 0 8 4 】

最後に、G 5 は、円形の穿孔形状 H におけるアシストガス流の第 5 供給領域を示す。ここには、レーザビームの放出を所定の時間中断することによって、切削形状の経路 T から

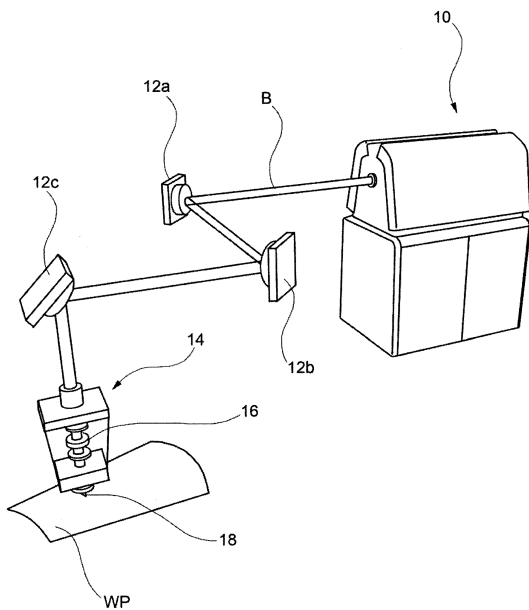
50

所定の距離で到達することができる。この加工エリアでは、レーザービームの光伝播軸の（出力分布の）位置は、加工面上のビームの入射スポットが、前述の領域の移動を伴わずに、アシストガス流の供給領域内の円形の経路を移動し、場合によっては、アシストガス流の軸と同軸であり、G5領域の重心に一致するように調整される。この位置は、後続の位置S10、S11、S12およびS13によって示されている。

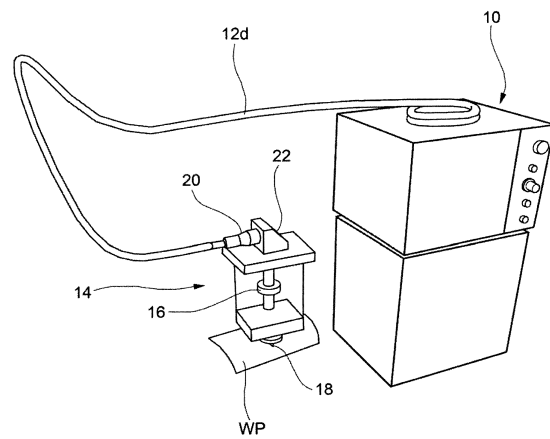
【0085】

当然、本発明の原理を変更することなく、具体例と実施の詳細は、添付の特許請求の範囲によって定義される本発明の保護の範囲から逸脱することなく、単に非限定的な例として説明および図示されているものに対して大幅に変更されてもよい。

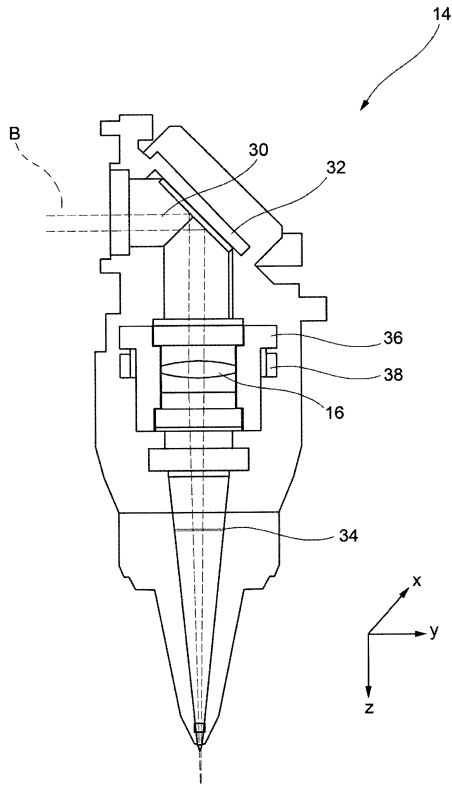
【図1】



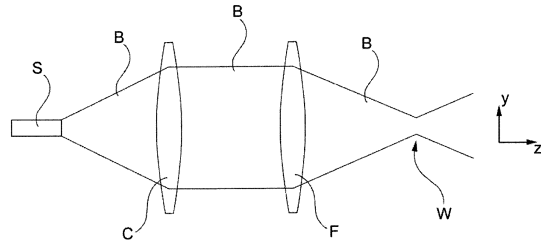
【図2】



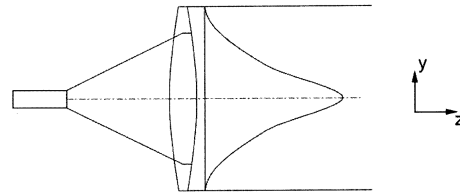
【図3】



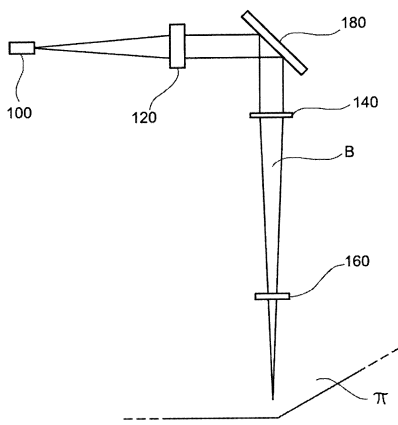
【図4】



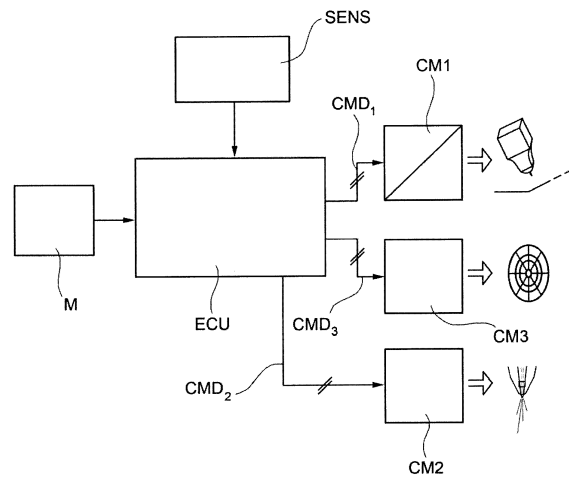
【図5】



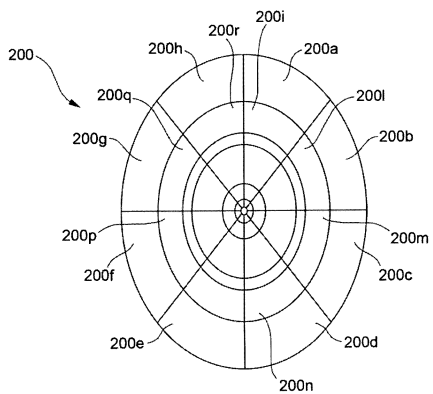
【図6】



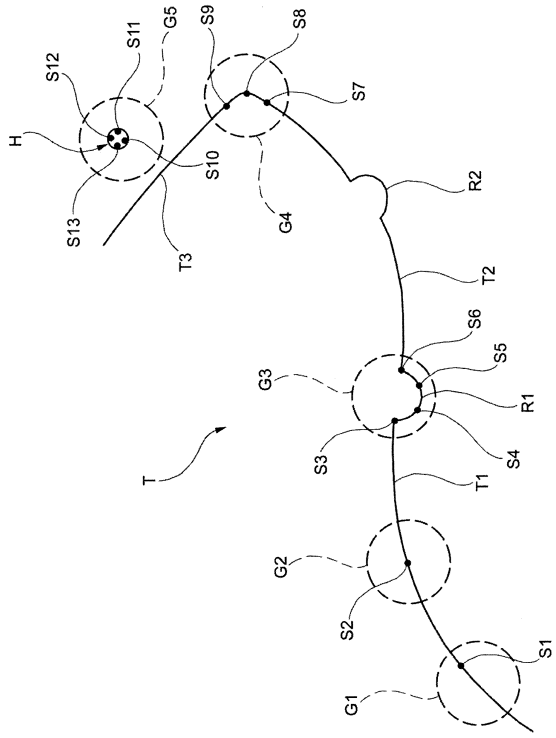
【図8】



【図7】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

審査官 岩見 勤

- (56)参考文献 特開昭62-084889(JP,A)  
米国特許出願公開第2002/0190040(US,A1)  
特表2007-509375(JP,A)  
特表2013-503751(JP,A)  
特開平02-307692(JP,A)  
米国特許出願公開第2002/0008091(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |        |
|------|--------|
| B23K | 26/064 |
| B23K | 26/14  |
| B23K | 26/00  |