

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6677085号
(P6677085)

(45) 発行日 令和2年4月8日(2020.4.8)

(24) 登録日 令和2年3月17日(2020.3.17)

(51) Int.Cl.	F I
B 2 3 K 26/073 (2006.01)	B 2 3 K 26/073
B 2 3 K 26/064 (2014.01)	B 2 3 K 26/064 N
B 2 3 K 26/342 (2014.01)	B 2 3 K 26/342
F O 1 L 3/22 (2006.01)	F O 1 L 3/22 B
F O 1 L 3/24 (2006.01)	F O 1 L 3/24 E

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-112721 (P2016-112721)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成28年6月6日(2016.6.6)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2017-217658 (P2017-217658A)	(74) 代理人	100079049 弁理士 中島 淳
(43) 公開日	平成29年12月14日(2017.12.14)	(74) 代理人	100084995 弁理士 加藤 和詳
審査請求日	平成30年10月16日(2018.10.16)	(72) 発明者	長谷川 和男 愛知県長久手市横道41番地の1 株式会 社豊田中央研究所内
		(72) 発明者	加藤 覚 愛知県長久手市横道41番地の1 株式会 社豊田中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置、レーザ加工方法、光学系、及び肉盛り加工品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザ光源と、

前記レーザ光源から発生した光束を被加工物に向けて集光する集光部と、

前記集光部で集光された前記光束に対して不均一な透過率を有すると共に、円柱形状の石英により形成され、集光点における光強度分布を不均一にする光学素子を含む光束変換部と、

を備えたレーザ加工装置。

【請求項2】

前記光強度分布の形状は、外形が略円形状であり前記円形状の直径方向に光強度の低い領域を有することにより、前記光強度分布が不均一にされた

請求項1に記載のレーザ加工装置。

【請求項3】

前記光束変換部は、複数の前記光学素子を含む

請求項1又は請求項2に記載のレーザ加工装置。

【請求項4】

前記レーザ光源と前記集光部との間に、前記レーザ光源から発生した光を平行光とするコリメート部をさらに備えた

請求項1～請求項3のいずれか1項に記載のレーザ加工装置。

【請求項5】

肉盛り加工を行うための肉盛り部材を供給する肉盛り部材供給部を備えた肉盛り加工部をさらに備え、

前記肉盛り加工部は、前記肉盛り部材供給部及び前記光束と、前記被加工物と、を相対的に移動させつつ前記肉盛り部材供給部から前記被加工物上に前記肉盛り部材を供給し、供給された前記肉盛り部材に前記光束を照射して肉盛り加工を行う

請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工装置。

【請求項 6】

前記肉盛り加工部は、前記肉盛り加工を行って、内燃機関用のシリンダヘッドのバルブシートを形成する

請求項 5 に記載のレーザ加工装置。

10

【請求項 7】

光源から発生した光束を集光する集光部と、

前記集光部で集光された前記光束に対して不均一な透過率を有すると共に、円柱形状の石英により形成され、集光点における光強度分布を不均一にする光学素子と、

を含む光学系。

【請求項 8】

集光部により、レーザ光源から発生した光束を被加工物に向けて集光し、

前記集光部で集光された前記光束に対して不均一な透過率を有すると共に円柱形状の石英により形成された光学素子を含む光束変換部により、集光点における光強度分布を不均一にする

20

レーザ加工方法。

【請求項 9】

肉盛り加工を行うための肉盛り部材を供給する肉盛り部材供給部を備えた肉盛り加工部により、前記肉盛り部材供給部及び前記光束と、前記被加工物と、を相対的に移動させつつ前記肉盛り部材供給部から前記被加工物上に前記肉盛り部材を供給し、供給された前記肉盛り部材に前記光束を照射して肉盛り加工を行う

請求項 8 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 10】

第 1 の金属からなる母材と、

前記母材上に第 2 の金属により形成された肉盛り部と、

前記母材と前記肉盛り部との間に配置された前記母材と前記肉盛り部とを溶融接合する合金部と、を含み、前記母材と前記合金部との接合面の形状が楕形状である肉盛り加工品の製造方法であって、

30

前記母材上に肉盛り部材が供給されているときに、集光部により、レーザ光源から発生した光束を被加工物に向けて集光させ、前記集光部で集光された前記光束に対して不均一な透過率を有すると共に円柱形状の石英により形成された光学素子を含む光束変換部により、集光点における光強度分布を不均一にすることにより、供給された前記肉盛り部材に前記光束を照射させ、肉盛り加工を行うことにより前記肉盛り部及び前記合金部を形成する

肉盛り加工品の製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザ加工装置、レーザ加工方法、光学系、及び肉盛り加工品の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

被加工物を加工する装置として、レーザ加工装置がある。レーザ加工装置を用いることにより、金属等の被加工物に対して、穴あけ、切断、溶接、焼入れ、クラディング（肉盛り）等の様々な加工を施すことが可能である。また、施す加工内容等に応じて、レーザ

50

加工装置に用いるレーザ光源の、加工点近傍におけるレーザビームのプロファイル（光強度分布、エネルギー密度）、及びその形成方法についても、さまざま検討されてきている。

【0003】

つまり、レーザ加工においては、加工内容、被加工物、被加工物に対する入熱（加工に際し、外部から加工点近傍に付与される熱量）プロファイル等に応じて、レーザ加工に用いるレーザ光源の望ましいビームプロファイルが異なるため、レーザ光源の加工点近傍におけるビームプロファイル、すなわち光強度分布は、柔軟に変えられることが求められる。

【0004】

レーザビームのプロファイルを変える一手法として、空間変調器（液晶、光学結晶、マイクロマシンなど）を用いる方法がある。つまり、レーザビームを空間変調器に入射させ、空間変調器を透過させたり、反射させたりすることにより、レーザビームに対する透過率やレーザビームの位相を制御して、集光点での強度分布を調整する方法である。

【0005】

また、レーザビームのプロファイルに関する従来技術として、特許文献1に開示されたレーザ加工装置が知られている。特許文献1に開示されたレーザ加工装置は、レーザを出力する固体レーザ発振器と、固体レーザ発振器から出力されたレーザを集光し、被加工物に照射させる光学系と、を有している。そして、固体レーザ発振器は、レーザの進行方向の中心を通る断面におけるビームプロファイルが、中心の外側に中心よりも出力が高い複数のピークが形成される形状のレーザを出力し、光学系は、焦点位置が被加工物の加工位置に対してずれたレーザを被加工物に照射する。特許文献1に開示されたレーザ加工装置では、このような構成を有することにより、被加工物に照射されるレーザを、レーザが照射される領域の端部側の出力がより強い分布とすることができるので、被加工物の加工領域の端部により強いレーザを照射することができ、高い精度で加工を行うことができるとしている。

【0006】

一方、レーザ加工の特質を生かした加工方法として、肉盛り加工がある。肉盛り加工とは、母材の所定部分に、母材とは異なった材料を溶融・凝固させ、母材の所定部分における表面の強度や耐磨耗性を向上させる加工である。レーザ加工では、この肉盛り加工の際の熱源として、レーザ光源が用いられている。

【0007】

肉盛り加工のためのレーザ加工装置を開示した文献として、特許文献2に開示されたレーザ加工装置が知られている。特許文献2に開示されたレーザ加工装置では、シリンダヘッドのバルブシートに回転送りを与えながら、銅系合金粉末を所定量ずつ連続供給するとともに、凹面円柱鏡と、細い平面鏡をセグメントにもつ積分鏡とで線状に形成したレーザビームを銅系合金粉末の上から照射して、バルブシートに銅系合金の肉盛り層を形成する。特許文献2に開示されたレーザ加工装置では、このような構成を有することにより、線状のレーザビームのエネルギー密度特性が肉盛り幅方向でほぼ均一なものとなることから、肉盛り幅方向での入熱量の部分的なばらつきが生じにくく、特に肉盛り幅方向での部分的な母材希釈のない良好な肉盛り層を形成することができるとしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特許第5595573号公報

【特許文献2】特許第3232940号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、空間変調器は、一般に、レーザ加工装置の光出力のような高出力（数k

10

20

30

40

50

W) のレーザービームを照射できるように構成されていないので、レーザー加工装置の光出力の一部を空間変調器のミラー（一般に金属で形成されている）に当てると、溶融してしまう可能性がある。

【0010】

一方、特許文献1に開示されたレーザー加工装置では、レーザービームの焦点をデフォーカスすることによって光強度分布を変えているが、このような方法では、光強度分布を変化させる光軸方向の移動範囲に限界があり、光強度分布の可変幅が小さいという問題がある。従って、入熱プロファイルの柔軟な変更という点からも改善の余地がある。

【0011】

さらに、特許文献2に開示されたレーザー加工装置は、肉盛り加工に特化し、凹面円柱鏡と積分鏡との組合せという特殊な光学系を用いて、光強度分布を均一にすることを意図したものであり、光強度分布の柔軟な変更に対応したものではない。また、特許文献2に開示されたレーザー加工装置は反射型であるので、装置が大型化し、その分コストも高くなるという欠点がある。

10

【0012】

本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、簡易な構成で加工点における光強度分布を柔軟に変えることができ、被加工物に対する入熱を容易に制御することが可能なレーザー加工装置、レーザー加工方法、光学系、及び肉盛り加工品の製造方法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】

20

【0013】

上記目的を達成するために、請求項1に記載のレーザー加工装置は、レーザー光源と、前記レーザー光源から発生した光束を被加工物に向けて集光する集光部と、前記集光部で集光された前記光束に対して不均一な透過率を有すると共に、円柱形状の石英により形成され、集光点における光強度分布を不均一にする光学素子を含む光束変換部と、を備えたものである。

【0015】

また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記光強度分布の形状は、外形が略円形状であり前記円形状の直径方向に光強度の低い領域を有することにより、前記光強度分布が不均一にされたものである。

30

【0016】

また、請求項3に記載の発明は、請求項1又は請求項2に記載の発明において、前記光束変換部は、複数の前記光学素子を含むものである。

【0017】

また、請求項4に記載の発明は、請求項1～請求項3のいずれか1項に記載の発明において、前記レーザー光源と前記集光部との間に、前記レーザー光源から発生した光を平行光とするコリメート部をさらに備えたものである。

【0018】

また、請求項5に記載の発明は、請求項1～請求項4のいずれか1項に記載の発明において、肉盛り加工を行うための肉盛り部材を供給する肉盛り部材供給部を備えた肉盛り加工部をさらに備え、前記肉盛り加工部は、前記肉盛り部材供給部及び前記光束と、前記被加工物と、を相対的に移動させつつ前記肉盛り部材供給部から前記被加工物上に前記肉盛り部材を供給し、供給された前記肉盛り部材に前記光束を照射して肉盛り加工を行うものである。

40

【0019】

また、請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の発明において、前記肉盛り加工部は、前記肉盛り加工を行って、内燃機関用のシリンダヘッドのパルプシートを形成するものである。

【0020】

上記目的を達成するために、請求項7に記載の光学系は、光源から発生した光束を集光

50

する集光部と、前記集光部で集光された前記光束に対して不均一な透過率を有すると共に、円柱形状の石英により形成され、集光点における光強度分布を不均一にする光学素子と、を含むものである。

【0021】

上記目的を達成するために、請求項8に記載のレーザ加工方法は、集光部により、レーザ光源から発生した光束を被加工物に向けて集光し、前記集光部で集光された前記光束に対して不均一な透過率を有すると共に円柱形状の石英により形成された光学素子を含む光束変換部により、集光点における光強度分布を不均一にするものである。

【0022】

また、請求項9に記載の発明は、請求項8に記載の発明において、肉盛り加工を行うための肉盛り部材を供給する肉盛り部材供給部を備えた肉盛り加工部により、前記肉盛り部材供給部及び前記光束と、前記被加工物と、を相対的に移動させつつ前記肉盛り部材供給部から前記被加工物上に前記肉盛り部材を供給し、供給された前記肉盛り部材に前記光束を照射して肉盛り加工を行うものである。

【0023】

上記目的を達成するために、請求項10に記載の肉盛り加工品の製造方法は、第1の金属からなる母材と、前記母材上に第2の金属により形成された肉盛り部と、前記母材と前記肉盛り部との間に配置された前記母材と前記肉盛り部とを溶融接合する合金部と、を含み、前記母材と前記合金部との接合面の形状が楕円形状である肉盛り加工品の製造方法であって、前記母材上に肉盛り部材が供給されているときに、集光部により、レーザ光源から発生した光束を被加工物に向けて集光させ、前記集光部で集光された前記光束に対して不均一な透過率を有すると共に円柱形状の石英により形成された光学素子を含む光束変換部により、集光点における光強度分布を不均一にすることにより、供給された前記肉盛り部材に前記光束を照射させ、肉盛り加工を行うことにより前記肉盛り部及び前記合金部を形成するものである。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、簡易な構成で加工点における光強度分布を柔軟に変えることができ、被加工物に対する入熱を容易に制御することが可能なレーザ加工装置、レーザ加工方法、光学系、及び肉盛り加工品の製造方法を提供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】

【0025】

【図1】第1の実施の形態に係るレーザ加工装置の構成の一例を示す図、光学素子の一例を示す図、及びビームプロファイルの一例を示す図である。

【図2】第1の実施の形態に係るレーザ光源の、加工点における光強度分布の一例を示すグラフ、及び写真である。

【図3】第1の実施の形態に係るレーザ加工装置による焼入れ加工の状態の一例を示す断面図、及び従来技術に係るレーザ加工装置による焼入れ加工の状態を示す断面図である。

【図4】第2の実施の形態に係るレーザ加工装置の構成の一例を示す図、及びビームプロファイルを示す図である。

【図5】第3の実施の形態に係る光学素子の構成の一例を示す図、及びビームプロファイルを示す図である。

【図6】第4の実施の形態に係るレーザ加工装置の構成の一例を示す図である。

【図7】第4の実施の形態に係るレーザ加工装置による肉盛り加工を用いたバルブシートの作製について説明する図である。

【図8】第4の実施の形態に係るレーザ加工装置による肉盛り加工部を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、図面を参照して本発明を実施するための形態について詳細に説明する。

【 0 0 2 7 】

[第 1 の 実 施 の 形 態]

図 1 ~ 図 3 を参照して本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 0 について説明する。図 1 (a)、(c) に示すように、レーザ加工装置 1 0 は、レーザ光源 1 2、集光素子 1 4、及び光学素子 1 6 (光束変換部) を含んで構成されている。

【 0 0 2 8 】

レーザ光源 1 2 は、加工に際しての熱を供給する熱源であり、本実施の形態では、半導体レーザを用いて構成されている。レーザ光源 1 2 は、図示しないコリメートレンズを内蔵し、半導体レーザから出射された平行光を光束 L として出力する。また、レーザ光源 1 2 を構成する半導体レーザは、単体の半導体レーザであってもよいし、発光点が複数配列された半導体レーザアレイであってもよい。また、本実施の形態では、光束 L を平行光としているが、これに限られず、例えば被加工物 W の加工点 P に向けて一定程度集光された光束 L でもよい。

10

【 0 0 2 9 】

なお、本実施の形態では、レーザ光源 1 2 として半導体レーザを用いた形態を例示して説明するが、これに限られず、Nd : YAG (ネオジウム : イットリウム・アルミニウム・ガーネット) 固体レーザ、ファイバレーザ、ファイバ伝送式レーザ (固体レーザの出力や、半導体レーザの出力を光ファイバで伝送する方式の光源) 等、他の形態のレーザ光源を用いてもよい。

【 0 0 3 0 】

集光素子 1 4 は、光束 L を被加工物 W の加工点 P に向けて集光する素子であり、例えばレンズを用いることができる。集光素子 1 4 を構成するレンズは、単体であっても複数枚のレンズ群であってもよい。

20

【 0 0 3 1 】

本実施の形態に係る光学素子 1 6 はレンズ作用を有し、光束 L の一部の光軸を変換することにより、レーザ光源 1 2 のビームプロファイルを変更する素子である。光学素子 1 6 は、例えばレーザ加工装置 1 0 の加工トーチ内に配置される。集光素子 1 4 と光学素子 1 6 とを含んで、本実施の形態に係る光学系 2 0 が構成されている。本実施の形態に係る光学素子 1 6 は、図 1 (e) に示すように、一例として円柱状の外形を有し、レーザ光源 1 2 の波長に対して透明な素材、例えば石英等で形成されている。つまり、本実施の形態に係る光学素子 1 6 は、石英棒 (石英ロッド) である。なお、加工トーチとは、レーザ光を出射するヘッド部分であり、一般に円筒と円錐とが接続された形状をなしている。

30

【 0 0 3 2 】

ここで、高出力 (例えば、数 kW) レーザを有するレーザ加工装置によってレーザ加工を行う場合、加工点での光強度分布を検討しながら加工特性 (穴開け、溶接、焼入れなどの加工状態) を向上させたい場合がある。一般に、集光点 (加工点) の光強度分布を変えるには、特殊レンズなどにより構成されるさまざまな光学系を試作し、加工の状態を観察しながら光学系の適否を判断する必要があった。その結果、従来技術に係るレーザ加工装置では、光学系決定までの試行錯誤のための多大な時間と費用を要した。

【 0 0 3 3 】

そのため、本実施の形態では、簡便にビームプロファイルを変更することが可能な光学系 2 0 を採用した。すなわち、光束 L の光路の途中に、石英棒のようなレンズ効果のある光学部品を配置する。この場合、石英棒のレンズ効果により、石英棒を透過するレーザ光は石英棒を挿入する以前の集光点以外で集光点を作り、本来の集光点では発散される。このようにして、石英棒を通過するレーザ光に部分的な損失を生じさせることにより、本来の集光点での光強度分布を調整している。

40

【 0 0 3 4 】

上記構成を備えるにより、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 0 では、光学系決定までの時間と費用を大幅に削減することが可能となった。また、ビームプロファイルを容易に変更可能とすることによって、本実施の形態に係るレーザ加工装置 1 0 では、被加工物

50

に対する入熱分布も容易に調整可能となっている。以下、本実施の形態に係る光学素子 16 の作用について、より詳細に説明する。

【0035】

図1(b)及び(d)に、光学系20によって加工点Pに形成されるスポットS(ビームプロファイル、あるいは照射パターン)を示す。図1(b)及び(d)に示すように、本実施の形態に係るスポットSは、全体が略円形状をなすと共に、直径方向に延伸するスリット部Bを有している。スリット部Bは、スリット部Bの周辺の領域よりも光強度が低い領域である。つまり、本実施の形態に係るレーザ加工装置10では、スポットSを、中心部分における光強度が線状に低下された不均一な光強度分布を有する形状とすることにより、中心部分にレーザ光のパワーが集中しないようにすることが可能となっている。

10

【0036】

より具体的には、光束Lは、集光素子14によって集光された結果、加工点Pあるいは加工点Pの近傍において集光点(結像点)を形成しようとする。しかしながら、集光点を形成しようとする光束Lは、図1(c)に示すように、光学素子16のレンズ作用によって光学素子16の直径方向に沿って外側に屈折され、散免される。そのため、集光しようとする光束Lの一部が集光点に到達しないので、スポットSは均一な光強度分布とはならず、直径方向に光強度が低下されたスリット部Bを有する形状となる。換言すれば、光学素子16は、略均一な光強度分布を有する光束Lの光路を変換すると共に、光強度分布を2次元的に変換する(光強度分布に偏りをもたせる)素子である。

【0037】

20

なお、本実施の形態では、スポットSが略円形状である形態を例示して説明するが、これに限られず、例えば楕円形状、矩形形状等、加工目的等に応じて適切な形状の形態としてよい。また、本実施の形態では、スリット部BがスポットSの外形端まで到達する形態を例示して説明するが、これに限られず、スリット部BがスポットSの外形に含まれるような形態としてもよい。さらに、本実施の形態では、スリット部BがスポットSの中央部(直径に相当する部分)に配置された形態を例示して説明するが、これに限られず、スリット部BがスポットSの周辺部の偏った位置に配置された形態としてもよい。

【0038】

図2を参照して、レーザ加工装置10におけるレーザビームのスポットSの、実際の観測結果について説明する。図2では、光学素子16と加工点Pとの距離d(図1(a)参照)をパラメータとしている。

30

【0039】

本観察では、図1(a)に示すレーザ加工装置10において、集光素子14の焦点距離fを $f = 380 \text{ mm}$ とし、光学素子16の直径を 1 mm とした。図2(a)は、 $d = 19 \text{ mm}$ とした場合の、図1(b)に示すA-A'方向の光強度分布を、図2(b)は、スポットSの写真を示している。また、図2(c)は、 $d = 64 \text{ mm}$ とした場合の、図1(b)に示すA-A'方向の光強度分布を、図2(d)は、スポットSの写真を示している。

【0040】

図2(a)、(c)に示すように、スポットSの光強度分布は、スリット部Bに対応して、中央付近に凹部Cを有する形状となる。図2(a)と図2(c)とを、また図2(b)と図2(d)とを比較して明らかのように、距離dが 19 mm の場合のスリット部Bは、距離dが 64 mm の場合のスリット部Bよりもスリット部Bの部分の光強度がより低下し、スリット部B以外の領域との境界もより明瞭となっている。換言すれば、距離dを大きくすることにより、スリット部Bでの光強度の低下を抑制すると共に、光強度分布をよりブロードにできることがわかる。つまり、本実施の形態では、一例として、光学素子16と加工点Pとの距離dを調整して、加工点PにおけるスポットSの光強度分布を調整することができる。

40

【0041】

次に、図3を参照して、本実施の形態に係るレーザ加工装置10によって実際に焼入れ加工を行った場合の試行結果について説明する。図3(a)は、本実施の形態に係るレー

50

ザ加工装置 10 で金属母材 104 に焼入れ加工を行った場合の、焼入れ部 100 を示す断面図、図 3 (b) は、従来技術に係るレーザ加工装置で金属母材 104 に金属焼入れ加工を行った場合の、焼入れ部 102 を示す断面図である。なお、従来技術に係るレーザ加工装置は、図 1 (a)、(c) において光学素子 16 を除いた構成を有するレーザ加工装置であり、そのビームプロファイルは、例えば図 2 (a) において中央付近の凹部 C が不在形状となっている。

【0042】

図 3 (a) と (b) とを比較して明らかなように、従来技術に係るレーザ加工装置では中央部に過大な焼入れ加工部 (入熱) が発生するのに対し、本実施の形態に係るレーザ加工装置 10 によれば、浅く広い領域に焼入れが可能となることがわかる。すなわち、本実施の形態に係るレーザ加工装置 10 によれば、加工目的等に応じて最適な入熱プロファイルを設定することが可能である。

10

【0043】

以上、詳述したように、本実施の形態に係るレーザ加工装置、光学系、及びレーザ加工方法によれば、簡易な構成で加工点における光強度分布を柔軟に変えることができ、被加工物に対する入熱を容易に制御することができるという効果を奏する

【0044】

[第2の実施の形態]

図 4 を参照して、本実施の形態に係るレーザ加工装置 10a について説明する。本実施の形態に係るレーザ加工装置 10a は、上記のレーザ加工装置 10 において、光学素子 16 及び光学系 20 を、光学素子 16a 及び光学系 20a に変更したものである。従って、光学素子 16a 及び光学系 20a 以外の構成はレーザ加工装置 10 と同様なので、同様の構成には同じ符号を付し、詳細な説明を省略する。

20

【0045】

図 4 (a)、(c) に示すように、レーザ加工装置 10a の光学素子 16a は、金属で板状に形成されたマスクとされている。金属の材料は、レーザ加工装置 10a のレーザ光の波長に対して、反射特性 (一部吸収特性) を示すような材料が選択される。レーザ加工装置 10a でも、図 4 (b)、(d) に示すように、スリット部 B を有するスポット S を形成することができる。ただし、本実施の形態では、金属が一般に、kW 級のレーザ光の一部を吸収することで熔融することから、レーザ光源 12 の波長と、光学素子 16a の反

30

【0046】

[第3の実施の形態]

図 5 を参照して、本実施の形態に係るレーザ加工装置 10b について説明する。図 5 (a) は、本実施の形態に係る光学素子 16b の平面図、及び側面図であり、図 5 (b) は、光学素子 16b によって形成されるスポット S を示す図である。レーザ加工装置 10b は、上記実施の形態に係るレーザ加工装置 10 において、光学素子 16、光学系 20 を、各々光学素子 16b、光学系 20b に変更したものである。従って、レーザ加工装置 10b のその他の構成はレーザ加工装置 10 と同様なので、図示を省略する。

また、光学系 20b が、集光素子 14 と光学素子 16b を含んで構成されることもレーザ加工装置 10 と同様なので、図示を省略する。

40

【0047】

図 5 (a) に示すように、本実施の形態に係る光学素子 16b は、複数の石英棒、すなわち石英棒 22a、石英棒 22a に交差させて配置した石英棒 22b と石英棒 22c、及び石英棒 22a、22b、22c の各々を固定する保持機構 18 を含んで構成されている。

【0048】

図 5 (b) に示すように、光学素子 16b によるスポット S は、石英棒 22a によって形成されるスリット部 B を有するのみならず、石英棒 22b 及び 22c によって周縁部が削除された形状となる。このように、本実施の形態に係るレーザ加工装置 10b、光学系

50

20bによれば、例えばレーザー加工装置10bの加工トーチ中に、光学素子16bを実装固定することにより、周辺部分も含めてスポットS（照射パターン）の形状をより微細に設定することができる。

【0049】

[第4の実施の形態]

図6～図8を参照して、本実施の形態に係るレーザー加工装置70について説明する。レーザー加工装置70は、本実施の形態に係るレーザー加工装置を肉盛り加工に適用した形態である。図6(a)に示すように、レーザー加工装置70は、上記のレーザー加工装置10に、肉盛り加工を行うための金属粉末供給機構30を追加したものとなっている。従って、レーザー光源12、集光素子14、及び光学素子16を含んで構成されるレーザー加工装置10

10

は、上記の実施の形態に係るレーザー加工装置10と同じものなので、詳細な説明は省略する。

【0050】

金属粉末供給機構30は、ノズル32、及び図示を省略する金属粉末源及びその搬送部、搬送ガス及びその搬送部、遮蔽ガス及びその搬送部を含んで構成されている。

【0051】

図6(a)に示すように、ノズル32は、肉盛り部材としての金属粉末を、搬送ガス（例えば窒素ガス）と共に粉末混合ガスPGとして供給するための金属粉末・搬送ガス流路34と、肉盛り加工に際して、加工作業部位を外部から遮断するための遮蔽ガスSG（例えば窒素ガス）を供給する遮蔽ガス流路36を備えている。図6(b)示すように、ノズル32は、+Y方向から見ると、金属粉末・搬送ガス流路34と遮蔽ガス流路36とが、同心円状に配置された構成となっている。そして、レーザー加工装置70では、光束Lを加工点に照射しつつノズル32から金属粉末を噴射させて肉盛り加工を行う。その際、肉盛り加工を行っている作業部位を遮蔽ガスSGでシールドし、作業部位の周辺が、搬送ガスの雰囲気

20

に維持されるようにしている。

【0052】

肉盛り加工では、粉末あるいはワイヤ等の形態で供給された材料（肉盛り部材）を、母材の表面に溶融接合させる。肉盛り加工におけるスポットSのエネルギー密度は、肉盛り部材を溶融するのに十分であり、かつ入熱される熱量が極力抑制されると共に、熱影響部（入熱に際し、該入熱の影響の及ぶ範囲）が極力狭くされる（母材の入熱による歪が極力少なくされる）程度とされることが望ましい。また、肉盛り加工においては、溶融した母材が肉盛り部材に拡散する、いわゆる希釈という現象が程度の差はあっても必然的に発生する。ところが、この母材の拡散が過度に進み、この希釈部の領域が大きくなると、肉盛り部に割れが発生したり、肉盛り部の特性が劣化し硬くて脆くなるという問題が発生する。

30

【0053】

上記点に関し、光学素子16、光学系20を使用しない従来技術に係るレーザー加工装置のスポットSのエネルギー密度は、一般に、スポットSの中央部分にレーザー光源のエネルギーが集中している。このような従来技術に係るスポットSのエネルギー密度は、上記のようなエネルギー密度が要求される肉盛り加工に適したエネルギー密度とは必ずしも一致していない。また、スポットSの光強度分布を均一な分布にする従来技術もあるが、このような光強度分布を採用したとしても、中心部分で加熱し過ぎる傾向にある。

40

【0054】

そこで、本実施の形態に係るレーザー加工装置70では、光学素子16、光学系20の作用を用いて、加工点及び加工点近傍のスポットSのエネルギー密度を、肉盛り加工において最適となるように調整している。より具体的には、スポットSの中央付近でエネルギー密度を抑制することにより、つまり、線状の中央付近のエネルギーを両側に分散させることにより、加工点及び加工点近傍における入熱分布が均一になるようにしている。その結果、加工点及び加工点近傍における熱の集中が緩和され、肉盛り部材を均一に溶融しつつ、しかも母材を溶融し過ぎることが抑制され、高品質の肉盛り加工品を得ることができる

50

【 0 0 5 5 】

次に、図 7 及び図 8 を参照して、レーザ加工装置 7 0 による肉盛り加工を、エンジン（内燃機関）のシリンダヘッドのバルブシートの形成に適用した場合を例示して、より詳細に説明する。図 7（a）は、シリンダヘッドを示す断面図、図 7（b）は、肉盛り加工を説明するための斜視図である。また、図 8 は、当該肉盛り加工によって形成された肉盛り部の断面の状態を、従来技術による肉盛り部の断面の状態と比較して示した図である。

【 0 0 5 6 】

図 7（a）に示すように、エンジンの一部を構成するシリンダヘッド 6 0 の給排気用バルブ孔 6 4 の周縁部には、肉盛り加工によって形成されたバルブシート 6 6 が設けられている。このバルブシート 6 6 にバルブ 6 8 が当接したり、離間したりして、エンジン動作における吸気及び排気が行われる。従って、このバルブシート 6 6 は、硬度が高くなければならず、また、バルブシート 6 6 には、気密性と共に耐摩耗性が要求される。本実施の形態に係るレーザ加工装置 7 0 を用いた肉盛り加工は、このような特性が要求されるバルブシートの形成に好適に用いることができる。

【 0 0 5 7 】

図 7（b）に示すように、シリンダヘッド 6 0 には、一例として 4 個の給排気用バルブ孔 6 4 が設けられている。各給排気用バルブ孔 6 4 の周縁部には、シート面 6 2 が形成されている。このシート面 6 2 には、肉盛り部を形成するための溝が設けられる場合もある。本実施の形態では、シリンダヘッド 6 0 をアルミニウムで形成し、バルブシート 6 6 を銅で形成する形態を例示して説明する。なお、シリンダヘッド 6 0 を形成するアルミニウムはアルミニウム合金であってもよいし、バルブシート 6 6 を形成する銅は銅合金であってもよい。むろん、金属の組み合わせもこれらに限られず、他の金属の組合せを適用してもよい。

【 0 0 5 8 】

肉盛り加工を行う場合には、図 7（b）に示すように、ノズル 3 2 から粉末混合ガス P G を噴出し、粉末混合ガス P G に含まれる金属粉末（本実施の形態では銅粉末）に、レーザ光源 1 2 からの光束 L を照射する。光束 L の照射を受けて熱せられた銅粉末が溶融し、焼結してシート面 6 2 上に銅の肉盛り部が形成される。この肉盛り部を、給排気用バルブ孔 6 4 の周縁部に沿って形成することにより、バルブシート 6 6 が形成される。同様に光束 L の照射によって熱せられたシート面 6 2 のアルミニウムも溶融し、肉盛り部の下部には合金層が形成される。なお、図 7（b）では、煩雑さを避けるために、図 6 に示すノズル 3 2 を、金属粉末・搬送ガス流路 3 4 に限定し簡略化して示している。

【 0 0 5 9 】

図 8 を参照して、本実施の形態に係るレーザ加工装置 7 0 を用いて形成されたバルブシート 6 6 の断面構造について説明する。

【 0 0 6 0 】

図 8（a）は、レーザ加工装置 7 0 によって、アルミニウムの母材 8 4 上に形成された銅によるバルブシート 6 6 の断面構造を示している。図 8（a）に示すように、バルブシート 6 6 は肉盛り部 8 0 を有し、肉盛り部 8 0 の下部には、母材 8 4 の内部に食い込む形で、銅とアルミニウムの合金層（希釈層） 8 2 が形成されている。この合金層 8 2 は、レーザ光源 1 2 によって入熱された部位に形成されており、合金層 8 2 の輪郭の形状は、熱影響部と略等しくなっている。

【 0 0 6 1 】

図 8（a）に示すように、本実施の形態に係るバルブシート 6 6 の合金層 8 2 の形状は、段等のない、単純な凹形状（椀形状）をなしている。これは、バルブシート 6 6 の形成において、加工点及び加工点近傍におけるスポット S のエネルギー密度を中央部分で抑制することにより、加工点及び加工点近傍における入熱分布を均一化したことの効果によるものである。

【 0 0 6 2 】

これに対し、図8(b)は、従来技術に係るレーザ加工装置によって母材84上に形成されたバルブシート66aを示している。バルブシート66aも肉盛り部80aを有し、肉盛り部80aの下部には合金層82aが形成されている。

【0063】

図8(b)に示すように、バルブシート66aの合金層82aの形状は、バルブシート66の合金層82と異なり、段部Dを有している。これは、先述したように、従来技術に係るレーザ加工装置のビームスポットのエネルギー密度が、中央部分で比較的高いので、加工点の中央部分で過度に入熱されることによる。このような、過度に入熱された段部Dが存在すると、その部分の合金層82aが脆くなってしまう。本実施の形態に係るバルブシート66の合金層82は、段部D等を有さない単純な椀形状のため、このような問題の発生が抑制されている。

10

【0064】

なお、上記実施の形態では、光学素子を石英棒、又は金属マスクで形成する形態を例示して説明したが、これに限られず、他の材料、例えば、誘電体多層膜を用いた形態としてもよい。誘電体多層膜とは、例えばガラス等の基板の上に、高屈折率と低屈折率の誘電体薄膜を交互に多層重ねた反射膜を有する反射鏡である。誘電体多層膜は、多層膜を構成する材料、及びその膜厚を変えることにより、レーザ加工装置のレーザ光の波長に対する反射率を設計することができる。このような誘電体多層膜を用いて集光途中の光束Lを反射することにより、集光点でのビームプロファイル(スポットSの形状)を調整することができる。

20

【0065】

石英棒による光学素子では、スリット部Bにおける光強度の抑制が顕著なのに対し、誘電体多層膜を用いた光学素子によれば、レーザ光源の波長に対する誘電体多層膜の透過率を変えることができるので、集光点での光強度のプロファイルをより微細に調整することができる。そのため、加工特性(入熱特性)をより緻密に制御することができる。

【符号の説明】

【0066】

- 10、10a、10b レーザ加工装置
- 12 レーザ光源
- 14 集光素子
- 16、16a、16b 光学素子
- 18 保持機構
- 20、20a、20b 光学系
- 22a、22b、22c 石英棒
- 30 金属粉末供給機構
- 32 ノズル
- 34 金属粉末・搬送ガス流路
- 36 遮蔽ガス流路
- 60 シリンダヘッド
- 62 シート面
- 64 給排気用バルブ孔
- 66、66a バルブシート
- 68 バルブ
- 70 レーザ加工装置
- 80、80a 肉盛り部
- 82、82a 合金層
- 84 母材
- 100、102 焼入れ部
- 104 金属母材
- B スリット部

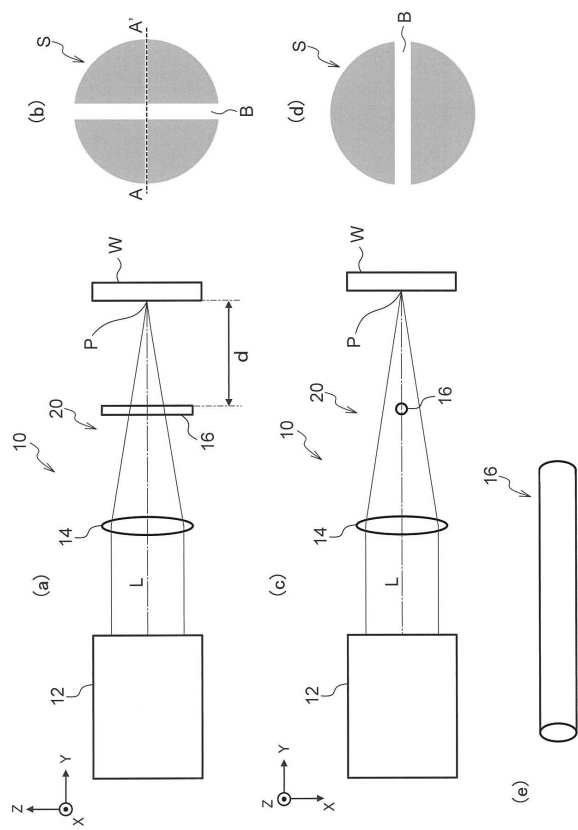
30

40

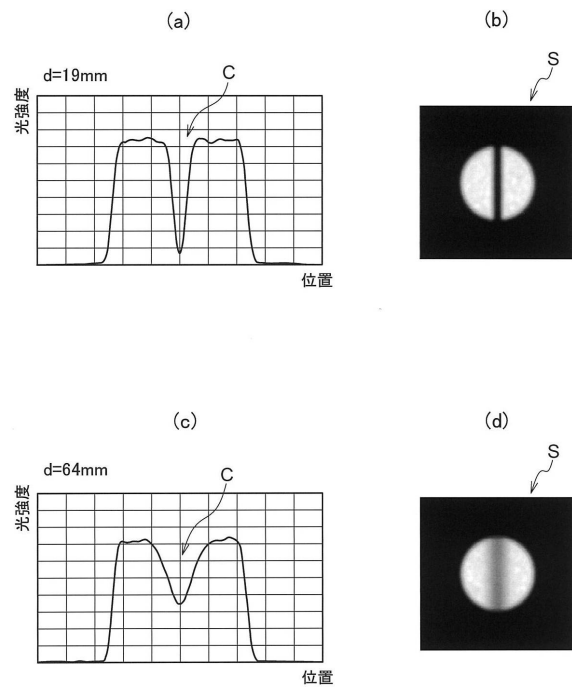
50

- C 凹部
- D 段部
- L 光束
- P 加工点
- P G 粉末混合ガス
- S G 遮蔽ガス
- S スポット
- W 被加工物

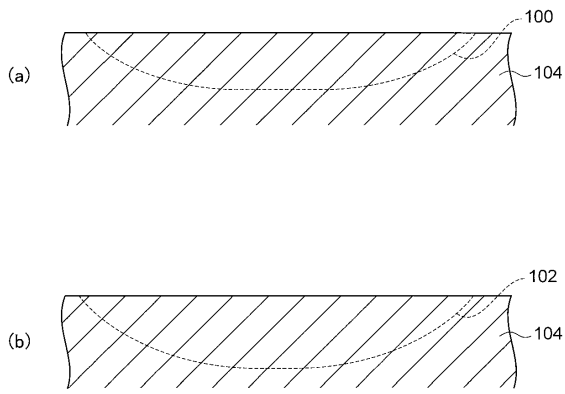
【 図 1 】



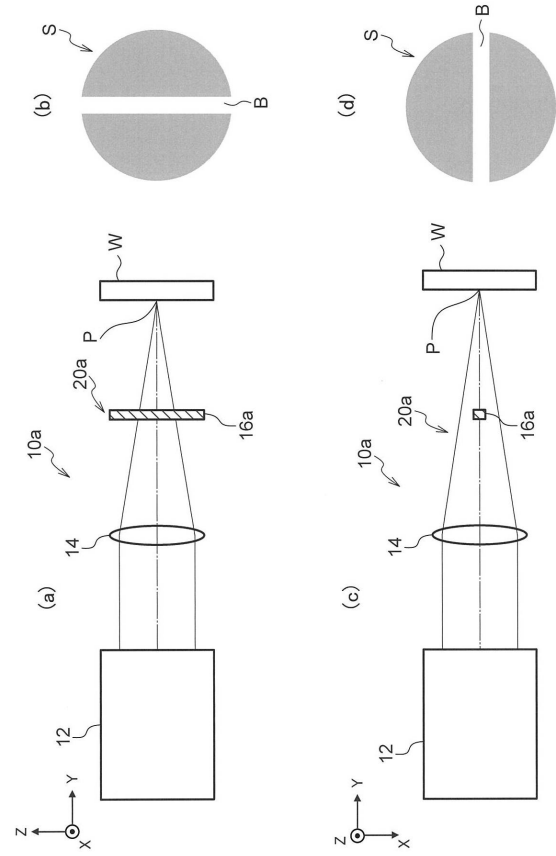
【 図 2 】



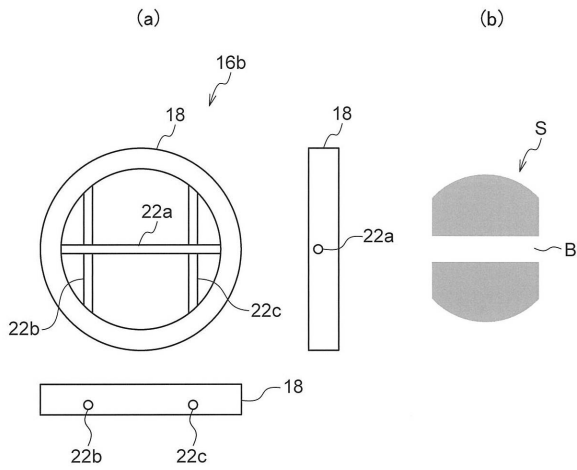
【図3】



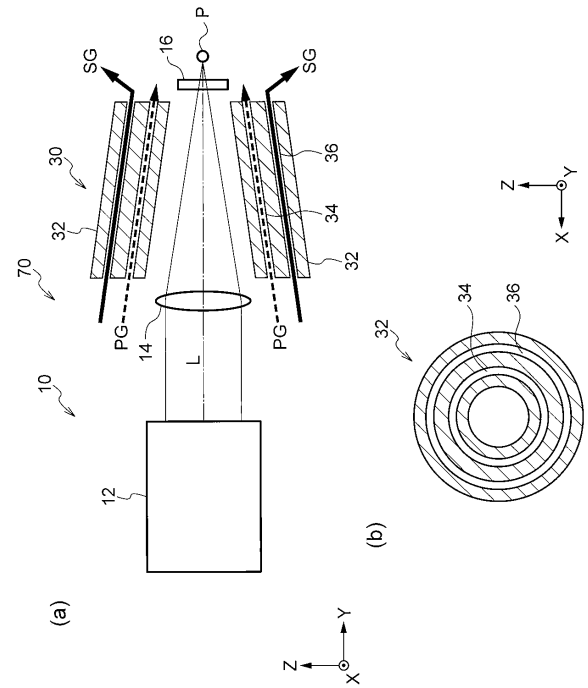
【図4】



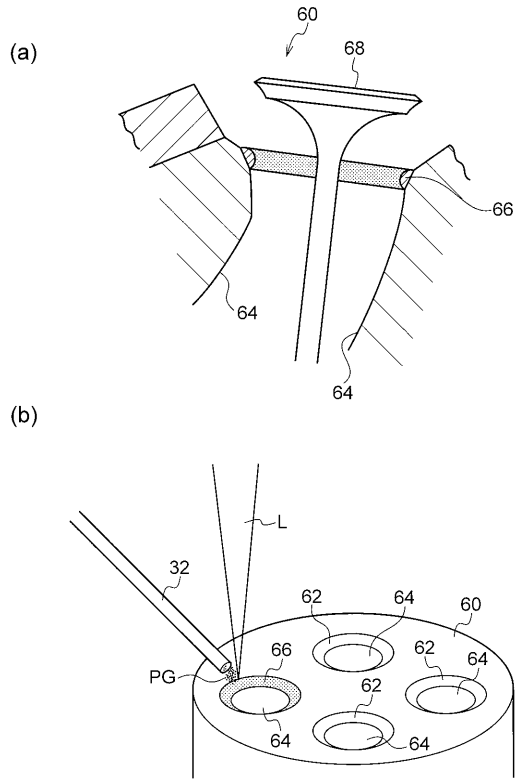
【図5】



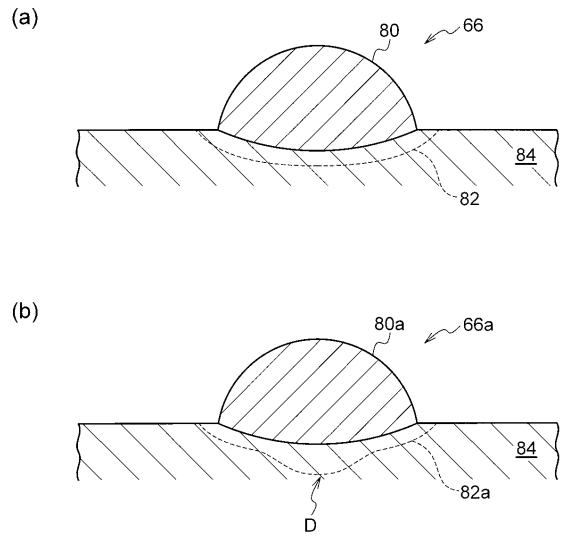
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

- (72)発明者 豊田 千恵
愛知県長久手市横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内
- (72)発明者 岡崎 朋也
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社
- (72)発明者 藤笠 雄太
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社

審査官 柏原 郁昭

- (56)参考文献 特開平05-154680(JP,A)
特開昭63-224890(JP,A)
特開昭63-220989(JP,A)
特表2003-509222(JP,A)
特開平04-242644(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23K 26/073
B23K 26/064
B23K 26/342
F01L 3/22
F01L 3/24