

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第6092011号  
(P6092011)

(45) 発行日 平成29年3月8日 (2017.3.8)

(24) 登録日 平成29年2月17日 (2017.2.17)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 3 K 26/21 (2014.01)

B 2 3 K 26/14 (2014.01)

F O 2 M 61/18 (2006.01)

B 2 3 K 26/21 G

B 2 3 K 26/21 N

B 2 3 K 26/14

F O 2 M 61/18 3 1 O C

F O 2 M 61/18 3 4 O D

請求項の数 5 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2013-125926 (P2013-125926)	(73) 特許権者	509186579
(22) 出願日	平成25年6月14日 (2013.6.14)		日立オートモティブシステムズ株式会社
(65) 公開番号	特開2015-415 (P2015-415A)		茨城県ひたちなか市高場2 5 2 〇番地
(43) 公開日	平成27年1月5日 (2015.1.5)	(74) 代理人	110001807
審査請求日	平成27年10月30日 (2015.10.30)		特許業務法人磯野国際特許商標事務所
		(74) 代理人	100064414
			弁理士 磯野 道造
		(74) 代理人	100111545
			弁理士 多田 悦夫
		(72) 発明者	張 旭東
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
			式会社日立製作所 日立研究所内
		(72) 発明者	矢出 典洋
			群馬県伊勢崎市柏川町1 6 7 1番地1 日
			立オートモティブシステムズ株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 溶接部材、燃料噴射弁、および、レーザ溶接方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料を旋回させる旋回室が設けられたノズルプレートと、  
ノズル本体と、  
前記ノズルプレートと前記ノズル本体とを重ね合わせて、前記ノズルプレートの側から  
レーザ光を照射して深溶込み型レーザ溶接により形成された溶接ビードと、を備え、  
前記溶接ビードは、  
前記溶接ビードの表面幅をW 1 とし、前記ノズルプレートと前記ノズル本体の境界面  
における前記溶接ビードの幅である溶込み幅をW 2 とし、前記ノズルプレートの板厚をtと  
して、  
前記表面幅W 1 と、前記板厚tと、の比率である $W 1 / t$ が1 . 0 以下であり、  
前記表面幅W 1 と前記溶込み幅W 2 との差分と、前記板厚tの比率である $(W 1 - W 2 ) / t$ が0 . 4 以下である  
ことを特徴とする燃料噴射弁。

【請求項 2】

前記ノズル本体の前記ノズルプレートと重ね合わされる面の縁端部に形成される面取り  
は、  
0 . 1 mm 以下とする

ことを特徴とする請求項 1 に記載の燃料噴射弁。

【請求項 3】

燃料噴射弁の噴射ノズルを溶接するレーザ溶接方法であって、  
燃料を旋回させる旋回室が設けられたノズルプレートとノズル本体を重ね合わせて、前記ノズルプレートの側からレーザ光を照射して深溶込み型レーザ溶接により溶接ビードを形成し、

前記溶接ビードは、

前記溶接ビードの表面幅を $W1$ とし、前記ノズルプレートと前記ノズル本体の境界面における前記溶接ビードの幅である溶込み幅を $W2$ とし、前記ノズルプレートの板厚を $t$ として、

前記表面幅 $W1$ と、前記板厚 $t$ と、の比率である $W1/t$ が $1.0$ 以下であり、

前記表面幅 $W1$ と前記溶込み幅 $W2$ との差分と、前記板厚 $t$ の比率である $(W1 - W2)/t$ が $0.4$ 以下である  
ことを特徴とするレーザ溶接方法。 10

【請求項4】

前記深溶込み型レーザ溶接は、

シールドガスとして酸素と窒素の混合ガスを用いる  
ことを特徴とする請求項3に記載のレーザ溶接方法。

【請求項5】

前記深溶込み型レーザ溶接は、

シールドガスを使用せず、空気雰囲気中で行う  
ことを特徴とする請求項3に記載のレーザ溶接方法。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の被溶接材をレーザ溶接した溶接部材、この溶接部材を備える燃料噴射弁、および、レーザ溶接方法に関する。

【背景技術】

【0002】

レーザ溶接は、熱源となるレーザ光のエネルギー密度が高いため、低歪み、高速度、高精度の溶接継手が得られることから各方面で使用されている。自動車分野においては、ステンレス鋼や炭素鋼などの鉄鋼材料や、アルミニウム合金や、ニッケル合金などの金属材料に対し、複数の被溶接材を重ねて溶接することが行われている。 30

【0003】

例えば、燃料噴射弁の噴射ノズル（溶接部材）は、燃料噴射孔を有するノズルプレート（被溶接材）と、燃料経路を提供するノズル本体（被溶接材）と、を溶接して製造される。ノズルプレートとノズル本体との溶接には、低歪み、高精度が要求され、また、溶接速度が高速であることが望ましいから、レーザ溶接が用いられている。

【0004】

特許文献1には、アシストガスの酸素ガス含有量を5～50容量%に調整して、溶接ビードの表面幅と複数部材（被溶接材）の接合部（境界面）の幅（溶込み幅）との比率をほぼ1に近くすることが開示されている。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平10-85974号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、レーザ溶接の方法には、熱伝導型レーザ溶接と、深溶込み型（キーホールモード）レーザ溶接と、の2種類の方法がある。ちなみに、特許文献1で開示されたレーザ溶接方法は、熱伝導型レーザ溶接である。 50

## 【 0 0 0 7 】

熱伝導型レーザ溶接は、被溶接材の表面にレーザ光を照射し、照射されたレーザ光が被溶接材に吸収され、レーザ光が熱に変換されることで熱エネルギーが材料内部まで熱伝導して被溶接材を溶融することにより、被溶接材を溶接する方法である。この溶接方法は、溶接ビードの溶込み深さより溶接ビードの表面幅が広いタイプの溶接であり、溶込み深さが浅く、表面幅が広い溶接ビードが形成しやすい。このため、溶込み深さが深く、表面幅が狭く、溶接変形が小さい溶接が要求されている場合には、熱伝導型レーザ溶接を適用することはできない。

## 【 0 0 0 8 】

一方、深溶込み型（キーホールモード）レーザ溶接は、被溶接材の表面に照射されるレーザ光のパワー密度（単位面積当たりのレーザ出力）が  $10^6 \text{ W/cm}^2$  以上になると、金属材料からなる被溶接材の金属表面の温度が金属の沸点以上になり、プラズマの発生とともに金属蒸気がレーザ光の照射点から激しく飛び出し、その金属蒸気の反動力で溶融金属面が凹む。そして、レーザ光が凹み（キーホール）の中で反射を繰り返しながら入射して、深く細いキーホールを形成することにより、被溶接材を溶接する方法である。この溶接方法は、熱伝導型レーザ溶接よりも溶接ビードの溶込み深さを深くすることができる。また、この溶接方法は、溶接ビードの溶込み深さを溶接ビードの表面幅の数倍以上とすることができる。

## 【 0 0 0 9 】

ここで、従来の深溶込み型（キーホールモード）レーザ溶接の溶接ビード3の断面形状について図10を用いて説明する。図10は、従来の深溶込み型（キーホールモード）レーザ溶接の溶接ビード3の断面図である。なお、図10は断面図を示しているが、説明の便宜上ハッチングの図示を省略している。ここでは、被溶接材（ノズルプレート）1と被溶接材（ノズル本体）2とが、深溶込み型（キーホールモード）レーザ溶接により溶接され、溶接ビード3が形成されている。なお、W1は溶接ビード3の表面幅であり、W2は被溶接材1と被溶接材2との境界面4における溶接ビード3の幅（溶込み幅）であり、Hは溶接ビード3の溶込み深さであり、Dは境界面4からの溶込み深さであり、tは被溶接材1の板厚である。

## 【 0 0 1 0 】

図10に示すように、従来の深溶込み型（キーホールモード）レーザ溶接では、溶接ビード3の表面幅W1が溶接ビード3の溶込み幅W2より大きく上回るワインカップ状の溶接ビード3の断面形状が形成しやすい。これは、深溶込み型（キーホールモード）レーザ溶接時に、キーホールから噴出される高温の金属蒸気（プラズマ）から被溶接材1の金属表面に伝熱して、溶融池表面を広げる効果があるためである。また、金属蒸気の噴出によりキーホール周辺の溶融池をキーホールから外側へ押し出すことにより、溶融金属の流れが外向きになるためである。この二つの作用により、溶接ビード3の断面形状は、表面幅W1が広く、溶込み幅W2が狭いワインカップ状の断面形状となる。

## 【 0 0 1 1 】

このようなワインカップ状の断面形状を有する溶接ビード3は、レーザ溶接中の被溶接材（ノズルプレート）1の表面付近に溶融された面積が、被溶接材（ノズルプレート）1と被溶接材（ノズル本体）2の境界面4の付近に溶融された面積より大幅に上回る。このため、被溶接材（ノズルプレート）1の表面付近と、被溶接材（ノズルプレート）1と被溶接材（ノズル本体）2の境界面4の付近と、の収縮量が大きく異なるため、溶接変形が発生するおそれがある。

## 【 0 0 1 2 】

そこで、本発明は、溶接変形を低減した溶接部材、この溶接部材を備える燃料噴射弁、および、レーザ溶接方法を提供することを課題とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 3 】

このような課題を解決するために、本発明に係る溶接部材は、凹部が設けられた第1被

10

20

30

40

50

溶接材と、第2被溶接材と、前記第1被溶接材と前記第2被溶接材とを重ね合わせて、前記第1被溶接材の側からレーザ光を照射して深溶込み型レーザ溶接により形成された溶接ビードと、を備え、前記溶接ビードは、前記溶接ビードの表面幅を $W1$ とし、前記第1被溶接材と前記第2被溶接材の境界面における前記溶接ビードの幅である溶込み幅を $W2$ とし、前記第1被溶接材の板厚を $t$ として、前記表面幅 $W1$ と、前記板厚 $t$ と、の比率である $W1/t$ が第1閾値以下であり、前記表面幅 $W1$ と前記溶込み幅 $W2$ との差分と、前記板厚 $t$ の比率である $(W1 - W2)/t$ が第2閾値以下であることを特徴とする。

【0014】

また、本発明に係る燃料噴射弁は、燃料を旋回させる旋回室が設けられたノズルプレートと、ノズル本体と、前記ノズルプレートと前記ノズル本体とを重ね合わせて、前記ノズルプレートの側からレーザ光を照射して深溶込み型レーザ溶接により形成された溶接ビードと、を備え、前記溶接ビードは、前記溶接ビードの表面幅を $W1$ とし、前記ノズルプレートと前記ノズル本体の境界面における前記溶接ビードの幅である溶込み幅を $W2$ とし、前記ノズルプレートの板厚を $t$ として、前記表面幅 $W1$ と、前記板厚 $t$ と、の比率である $W1/t$ が第1閾値以下であり、前記表面幅 $W1$ と前記溶込み幅 $W2$ との差分と、前記板厚 $t$ の比率である $(W1 - W2)/t$ が第2閾値以下であることを特徴とする。

【0015】

また、本発明に係るレーザ溶接方法は、凹部が設けられた第1被溶接材と第2被溶接材とを重ね合わせて、前記第1被溶接材の側からレーザ光を照射して深溶込み型レーザ溶接により溶接ビードを形成し、前記溶接ビードは、前記溶接ビードの表面幅を $W1$ とし、前記第1被溶接材と前記第2被溶接材の境界面における前記溶接ビードの幅である溶込み幅を $W2$ とし、前記第1被溶接材の板厚を $t$ として、前記表面幅 $W1$ と、前記板厚 $t$ と、の比率である $W1/t$ が第1閾値以下であり、前記表面幅 $W1$ と前記溶込み幅 $W2$ との差分と、前記板厚 $t$ の比率である $(W1 - W2)/t$ が第2閾値以下であることを特徴とし、燃料を旋回させる旋回室が設けられたノズルプレートとノズル本体を重ね合わせて、前記ノズルプレートの側からレーザ光を照射して深溶込み型レーザ溶接により溶接ビードを形成し、燃料噴射弁の噴射ノズルを溶接する。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、溶接変形を低減した溶接部材、この溶接部材を備える燃料噴射弁、および、レーザ溶接方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】(a)は本実施形態に係る溶接部材の縦断面図であり、(b)は本実施形態に係る溶接部材の先端側から見た平面図である。

【図2】本実施形態に係る溶接部材の重ね溶接継手の構造を説明する断面図である。

【図3】深溶込み型レーザ溶接の概要を示す断面図である。

【図4】溶融池3aの温度と表面張力との関係を示すグラフである。

【図5】本実施形態に係る溶接部材の溶接ビードの形状を説明する断面図である

【図6】比較例1に係る溶接部材の溶接ビードの形状を説明する断面図である。

【図7】比較例2に係る溶接部材の溶接ビードの形状を説明する断面図である。

【図8】溶接変形による変形量と、溶接ビードの表面幅とノズルプレートの板厚の比率と、の関係を示すグラフである。

【図9】溶接変形による変形量と、溶接ビード幅変化率と、の関係を示すグラフである。

【図10】従来の深溶込み型レーザ溶接の溶接ビードの断面図である。

【図11】従来の深溶込み型レーザ溶接を用いた溶接部材の重ね溶接継手の構造を説明する断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明を実施するための形態(以下「実施形態」という)について、適宜図面を

10

20

30

40

50

参照しながら詳細に説明する。なお、各図において、共通する部分には同一の符号を付し重複した説明を省略する。

【0019】

燃料噴射弁の噴射ノズル（溶接部材）F

本実施形態に係る溶接部材Fについて、図1を用いて説明する。なお、本実施形態に係る溶接部材Fは、例えば、自動車の内燃機関に使用される燃料噴射弁（インジェクタともいう）の噴射ノズルFである。以下、本実施形態に係る溶接部材Fは、燃料噴射弁の噴射ノズルFであるものとして説明する。図1（a）は本実施形態に係る溶接部材Fの縦断面図であり、図1（b）は本実施形態に係る溶接部材Fの先端側から見た平面図である。なお、図1（a）は図1（b）のA-A線で切断した縦断面図であり、図1（b）は溶接部材Fを図1（a）の矢印B方向に見た平面図である。

10

【0020】

図1（a）に示すように、燃料噴射弁の噴射ノズル（溶接部材）Fは、ノズルプレート（被溶接材）1とノズル本体（被溶接材）2とを、深溶込み型（キーホールモード）レーザ溶接により溶接ビード3を形成して、重ね継手（重ね溶接継手）で接合した溶接部材である。なお、図1では、燃料噴射弁の先端部の噴射ノズルFのみを図示しており、燃料噴射弁の他の構成部分である、ニードル（弁体）、プランジャ、ソレノイドなどは、公知の技術によって構成されているものとして説明を省略する。

【0021】

<ノズルプレート1、ノズル本体2>

20

ノズルプレート1は、オーステナイト系ステンレス鋼などの鉄鋼材料で円板形状に形成され、板厚tが例えば0.35mmの薄板材である。ノズル本体2は、マルテンサイト系ステンレス鋼などの鋼鉄材料で略筒状に形成されている。

【0022】

図1（a）に示すように、略筒状に形成されるノズル本体2は、その内部の連通路にニードル（弁体）が当接する弁座21を有し、先端中心部に後述するノズルプレート1の中央室11と連通する連通孔22が形成されている。

【0023】

図1（a）に示すように、ノズルプレート1の裏面（ノズル本体2と接する側の面）には、凹部が設けられており、ノズルプレート1とノズル本体2を接合することにより、中央室11と、連通路12（図1（b）参照）と、スワール室（旋回室）13と、が形成される。また、スワール室13からノズルプレート1の表面（ノズル本体2と接する側と反対側の面）に連通する噴射孔14が形成されている。中央室11は、ノズル本体2の連通孔22に対応する位置に形成されている。図1（b）に示すように、連通路12は、中央室11からノズルプレート1の径方向に延びて、スワール室13と連通するように形成されている。スワール室13は、4つ形成されており、各スワール室13の中心に燃料を噴射する噴射孔14が形成されている。

30

【0024】

噴射ノズル（溶接部材）Fから噴射される燃料は、ノズル本体2の連通孔22から、ノズルプレート1の中央室11に流れ、その後、4つの連通路12を経由してスワール室13に流れる。そして、連通路12からスワール室13に流入した燃料は、スワール室13の内部で旋回し、スワール室13の中心にある噴射孔14から噴射されるようになっている。なお、図1（a）において、燃料は噴射孔14から紙面の上方に噴射される。

40

【0025】

なお、図1において、噴射ノズル（溶接部材）Fは、ノズルプレート1に4つの噴射孔14が形成されているものとして説明したが、これに限られるものではなく、3つ以下であってもよく、5つ以上であってもよい。また、1つのスワール室13に対して1つの噴射孔14が形成されているものとして説明したが、これに限られるものではなく、1つのスワール室13に対して2つ以上の噴射孔14が形成されていてもよい。また、中央室11に噴射孔14が形成されていてもよい。また、噴射孔14の形状は、円形に限定される

50

ものではなく、楕円形、多角形、長孔形状、円弧形状など適宜変更することができる。また、噴射孔 14 の位置や径についても適宜変更することができる。

【0026】

<溶接ビード3>

図2は、本実施形態に係る溶接部材Fの重ね溶接継手の構造を説明する断面模式図である。

図2に示すように、燃料噴射弁の噴射ノズル（溶接部材）Fは、ノズルプレート1とノズル本体2とを重ね合わせて、その重ね面のノズルプレート1の表面（ノズル本体2と接する側と反対側の面）側からレーザ光5を照射して金属材料が溶融した溶融池3aを形成することにより、深溶込み型（キーホールモード）レーザ溶接で溶接ビード3（図1（a）参照）が形成され、ノズルプレート1とノズル本体2とが重ね継手（重ね溶接継手）で接合されている。また、図1（b）に示すように、溶接ビード3は、ノズルプレート1の周縁部（中央室11、連通路12、スワール室13を囲む範囲）に沿って周溶接（全周溶接）されている。このようにして周溶接することにより、ノズルプレート1とノズル本体2との境界面4の隙間が封止されることにより、境界面4から燃料が漏れ出るのを確実に防止できる。

【0027】

なお、レーザ溶接の途中でノズルプレート1とノズル本体2の滑りや、ずれなどの発生を防ぐために、レーザ溶接前に、あらかじめ拘束治具（図示せず）を使用して、ノズルプレート1とノズル本体2を重ね合わせた継手を拘束（固定）している。

【0028】

ここで、ノズルプレート1とノズル本体2とを拘束治具（図示せず）で拘束（固定）する際、ノズルプレート1とノズル本体2と間に隙間を形成させないために、ノズルプレート1とノズル本体2の縁端部の面取りLを、可能な限り、ゼロとしている。例えば、面取りLを0.1mm以下とすることが望ましい。これは、ノズル縁端部の面取りLを0.1以上と設定した場合、溶接前に、拘束治具（図示せず）の影響によりノズルプレート1のスワール室13付近位置において、ノズル本体2の間に隙間が生じ、溶接後にこの隙間が残ってしまい、燃料の流れに大きく影響するためである。

【0029】

拘束治具（図示せず）の取り付け終了後にレーザ溶接の工程に入る。図3を用いて、深溶込み型（キーホールモード）レーザ溶接について更に説明する。図3は、深溶込み型（キーホールモード）レーザ溶接の概要を示す断面図である。なお、図3は断面図を示しているが、説明の便宜上ハッチングの図示を省略している。

ノズルプレート1の表面に照射されるレーザ光のパワー密度（単位面積当たりのレーザ出力）が例えば $10^6 \text{ W/cm}^2$ 以上になることで、ノズルプレート1およびノズル本体2の金属表面の温度が金属の沸点以上になり、プラズマの発生とともに金属蒸気7がレーザ光5の照射点から激しく飛び出し、その金属蒸気7の反動力で溶融池3aの溶融金属面が凹んでキーホール6を形成する。そして、レーザ光5がキーホール6の中で反射を繰り返しながら入射して、深く細いキーホール6を形成することにより、深く細い溶融池3aを形成する。その後、深く細い溶融池3aが再凝固することにより、深く細い溶接ビード3（図1（a）参照）を得ることができる。

【0030】

この深溶込み型（キーホールモード）レーザ溶接では、例えば、波長が $1070 \sim 1080 \text{ nm}$ のファイバーレーザを用いることができるが、他の波長のレーザ光5を使用してもよい。また、図示しないレーザ発信器からレーザ光を発生させ、転送経路を経由し、集光レンズ（図示せず）により集光し、ノズルプレート1の表面にレーザ光5を照射する。

【0031】

また、溶接条件としては、例えば、レーザピーク出力を $100 \text{ W} \sim 600 \text{ W}$ 、溶接速度を $4.0 \text{ mm/s} \sim 100 \text{ mm/s}$ 、ノズルプレート1の表面に照射されるレーザ光5のスポット径を $0.05 \text{ mm} \sim 0.3 \text{ mm}$ で適宜設定することができる。なお、このレーザ

10

20

30

40

50

溶接では、連続波、またはパルス波のいずれを使用してもよい。

【 0 0 3 2 】

また、シールドガスとして窒素と酸素の混合ガスを用いる。なお、シールドガスとしては、窒素と酸素の混合ガスに限定されるものでなく、窒素、A r ( アルゴン )、H e ( ヘリウム )、A i r またはこれら混合ガスを使用してもよい。

【 0 0 3 3 】

ここで、本実施形態では、シールドガスとして酸素と窒素の混合ガスを使用しているが、シールドガスを使用しないでも構わない。つまり、F e ( 鉄 ) などの金属元素と酸化反応できるガス ( 例えば、酸素、C O<sub>2</sub> ) を含有するシールドガスを使用した結果得られるものである。すなわち、シールドガスを使用しない場合、前記のようなシールドガスを使用する場合には、適切な被溶接材を選択する必要がある、実施形態のように、鉄 ( F e ) を多く含むステンレス鋼などに適用することができる。

【 0 0 3 4 】

図 4 は、溶融池 3 a の温度と表面張力との関係を示すグラフである。

一般的に、シールドガス ( 窒素など : 酸素量低 ) を使用した場合、図 4 のグラフ A ( 実線 ) に示すように、溶融鉄 ( F e ) の表面張力は、温度 T の上昇とともに低下する。そのため、溶融池 3 a の表面における湯流れ ( 溶融金属の流れ ) は、温度の高い中央部から温度の低い外周部に向かって流れることになる。その結果、溶接幅 ( 表面幅 W 1 ) が広く形成される。これに対して、シールドガスに酸素や C O<sub>2</sub> を含有させると、溶融金属の酸素量が多くなる ( 酸素量高 )。これにより、図 4 のグラフ B ( 破線 ) に示すように、溶融金属の表面張力は、グラフ A とは逆に、温度 T の上昇とともに増加する。その結果、溶融池 3 a の表面における湯流れが、温度が低い溶融池 3 a の外周から、温度の高い中央部に向かって流れることになる。このように、中央部に向かった湯流れの結果、溶融池 3 a の幅が狭くなり、凝固後形成される溶接ビード 3 の表面幅 W 1 の広がりを抑制することができる。なお、シールドガスを使用しない場合においても、空気に含まれる酸素によって溶融金属の酸素量が多くなるので、同様に、表面幅 W 1 の狭い溶接ビード 3 が得られることになる。

【 0 0 3 5 】

[ 従来例の溶接ビード ]

ここで、従来のワインカップ状の溶接ビード 3 ( 図 1 0 参照 ) をノズルプレート 1 とノズル本体 2 の溶接に適用した場合について図 1 1 を用いて説明する。図 1 1 は、従来の深溶込み型 ( キーホールモード ) レーザ溶接を用いた溶接部材の重ね溶接継手の構造を説明する断面図である。なお、図 1 1 の X 方向はノズルプレート 1 およびノズル本体 2 の軸方向であり、R 方向はノズルプレート 1 およびノズル本体 2 の径方向である。

【 0 0 3 6 】

前述したように、このようなワインカップ状の断面形状を有する溶接ビード 3 は、レーザ溶接中のノズルプレート 1 の表面付近に溶融された面積が、ノズルプレート 1 とノズル本体 2 の境界面 4 の付近に溶融された面積より大幅に上回る。このため、ノズルプレート 1 の表面付近と、ノズルプレート 1 とノズル本体 2 の境界面 4 の付近と、の収縮量が大きく異なるため、溶接変形が発生する。特に、本実施形態に係るノズルプレート 1 とノズル本体 2 の溶接に適用した場合、溶接ビード 3 の表面幅 W 1 が広くなり、スワール室 1 3 との距離が非常に小さくなる。また、ノズルプレート 1 に凹部を形成してスワール室 1 3 としているため、スワール室 1 3 の板厚  $t_{13}$  はノズルプレート 1 の板厚  $t$  よりも薄くなっている。このため、スワール室 1 3 付近に変形が生じやすくなっている。

【 0 0 3 7 】

ここで、有限要素法を利用して溶接変形のシミュレーションを実施した結果、図 1 1 に示すように、溶接後にスワール室 1 3 付近に軸方向 ( X 方向 ) のマイナス方向に変形  $x$  が生じている。すなわち、ノズルプレート 1 の表面からみると、ノズルプレート 1 の中心付近に凹み変形が生じる。

また、ノズルプレート 1 の表面付近は径方向 ( R 方向 ) のマイナス方向に変形  $y_1$  が

生じ、ノズルプレート1とノズル本体2の境界面4の付近に径方向(R方向)のプラス方向に変形 $y_2$ が生じている。その結果、ノズルプレート1全体にうねり変形が発生し、燃料を旋回させるスワール室13も変形するため、燃料の旋回パターンまたは旋回安定性に大きな影響を及ぼす。その結果、燃料噴射弁の燃料噴射性能も低下するおそれがある。

【0038】

[本実施形態の溶接ビード]

これに対し本実施形態では、ノズルプレート1およびノズル本体2を、酸化反応するガスを含むシールドガスを使用して溶接し、または、シールドガスを使用することなく空気雰囲気中で溶接して、溶接ビード3を得ることで、細い溶接ビード3を得ることができる。これにより、噴射ノズルFのような、溶接幅(表面幅W1)を広くできない部分の溶接に好適に適用できる。また、溶接ビード3の表面幅W1の広がりを抑制することにより、溶接ビード3の幅が、深さ方向について、均一に近づけることができる。即ち、ノズルプレート1の一端面側の溶接ビード3の幅である表面幅W1と、ノズルプレート1の他端面側の溶接ビード3の幅である溶込み幅W2と、の差を小さくするようにすることにより、スワール室13に生じる変形を抑制し、燃料噴射弁の燃料噴射性能を確保することができる。

【0039】

(本実施形態に係る溶接ビード3の断面形状)

図5は、本実施形態に係る溶接部材Fの溶接ビード3の形状を説明する断面図である。なお、図5(および後述する図6、図7)は断面図を示しているが、説明の便宜上ハッチングの図示を省略している。

【0040】

図5に示すように、本実施形態に係る深溶込み型(キーホールモード)レーザ溶接により、溶接ビード3を備えた重ね溶接継手を得た。この重ね溶接継手において、例えば、ノズルプレート1の表面に形成される溶接ビード3の断面形状の表面幅W1は、0.32mmであり、ノズルプレート1の表面から溶接ビード3の底部までの全体の溶込み深さHは、0.42mmであった。また、ノズルプレート1とノズル本体2との境界を形成する境界線(境界面4)の深さ位置における溶接ビード3の溶込み幅W2は、0.28mmであった。また、ノズルプレート1の厚みtが0.35mmであり、境界線(境界面4)から溶接ビード3の底部までの深さD(境界面4以下のノズル本体2側の溶込み深さ)は、0.07mmであった。

【0041】

その結果、溶接ビード3の表面幅W1とノズルプレート1の板厚tの比率 $W1/t$ は、0.91であり、閾値1.0以下であった。また、溶接ビード3の表面幅W1、ノズルプレート1とノズル本体2との境界面4の溶接ビード3の溶込み幅W2とノズルプレート1の板厚tの関係 $(W1 - W2)/t$ は、0.114であり、閾値0.4以下であった。

なお、以下の説明において、 $(W1 - W2)/t$ を溶接ビード幅変化率を称する。また、比率 $W1/t$ の閾値1.0および溶接ビード幅変化率の閾値0.4の意義については、図8および図9を用いて後述する。

【0042】

このような溶接ビード3(溶接ビード3の断面形状)を有する重ね溶接継手について、溶接後にノズルプレート1、特に、スワール室13付近の変形を測定した。その結果、ノズルプレート1またはスワール室13にほとんど変形が生じていないことを確認した。また、顕微鏡で溶接部の組織および欠陥を観察した。その結果、溶接部に溶接割れ、ポロシティ、接合不良などの溶接欠陥は認められなかった。

【0043】

(比較例に係る溶接ビード3の断面形状)

図6は、比較例1に係る溶接部材Fの溶接ビード3の形状を説明する断面図である。図7は、比較例2に係る溶接部材Fの溶接ビード3の形状を説明する断面図である。

【0044】



図 6 に示す比較例 1 の溶接ビード 3 の断面形状は、表面幅  $W_1$  が 0.65 mm であり、全体の溶込み深さ  $H$  が 0.46 mm であり、溶込み幅  $W_2$  が 0.53 mm であり、深さ  $D$  が 0.11 mm であった。なお、ノズルプレート 1 の厚み  $t$  は 0.35 mm である。

【0045】

その結果、溶接ビード幅変化率  $(W_1 - W_2) / t$  は 0.34 であり、閾値 0.4 以下であった。一方、比率  $W_1 / t$  は 1.86 であり、閾値 1.0 より大きかった。

このように、溶接ビード 3 の表面幅  $W_1$  および溶込み幅  $W_2$  が共にノズルプレート 1 の板厚  $t$  より大きくなると、溶接途中でスワール室 13 の周縁の熱影響が大きくなり、スワール室 13 の溶接変形も大きくなっている。

【0046】

図 7 に示す比較例 2 の溶接ビード 3 の断面形状は、表面幅  $W_1$  が 0.30 mm であり、全体の溶込み深さ  $H$  が 0.38 mm であり、溶込み幅  $W_2$  が 0.12 mm であり、深さ  $D$  が 0.03 mm であった。なお、ノズルプレート 1 の厚み  $t$  は 0.35 mm である。

【0047】

その結果、比率  $W_1 / t$  は 0.86 であり、閾値 1.0 以下であった。一方、溶接ビード幅変化率  $(W_1 - W_2) / t$  は 0.51 であり、閾値 0.4 より大きかった。

このような溶接ビード 3 の形状は、表面幅  $W_1$  がノズルプレート 1 の板厚  $t$  より小さく、スワール室 13 に対しての熱影響が小さいが、表面幅  $W_1$  と溶込み幅  $W_2$  の差が大きいため、ノズルプレート 1 の表面付近（スワール室 13 上部付近）の変形と、ノズルプレート 1 とノズル本体 2 の境界面 4 付近（スワール室 13 下部付近）の変形と、の差が大きくなり、スワール室 13 の内周縁部に凹みのような変形を生じる可能性が大きくなる。

【0048】

これらの結果をまとめたものを図 8 および図 9 に示す。図 8 は、溶接変形による変形量と、溶接ビード 3 の表面幅  $W_1$  とノズルプレート 1 の板厚 5 の比率  $W_1 / t$  と、の関係を示すグラフである。図 9 は、溶接変形による変形量と、溶接ビード幅変化率  $(W_1 - W_2) / T$  と、の関係を示すグラフである。

【0049】

図 8 に示すように、比率  $W_1 / t$  が閾値 1.0 以下の場合、溶接変形による変形量は変形許容量よりも小さくなり、燃料噴射弁の噴射性能を確保することができる。一方、比率  $W_1 / t$  が閾値 1.0 より大きくなると、溶接変形による変形量は変形許容量よりも大きくなり、変形量も急に大きくなっている。

【0050】

また、図 9 に示すように、溶接ビード幅変化率  $(W_1 - W_2) / t$  が閾値 0.4 以下の場合、溶接変形による変形量は変形許容量よりも小さくなり、燃料噴射弁の噴射性能を確保することができる。一方、溶接ビード幅変化率  $(W_1 - W_2) / t$  が閾値 0.4 より大きくなると、溶接変形による変形量は変形許容量よりも大きくなり、変形量も急に大きくなっている。

【0051】

以上に説明したように、比率  $W_1 / t$  および溶接ビード幅変化率  $(W_1 - W_2) / t$  を所定の範囲内に設定することにより、スワール室 13 を設けたノズルプレート 1 とノズル本体 2 のレーザ溶接において、スワール室 13 の溶接変形を抑制することができ、高品質な燃料噴射弁が得られる。

【0052】

変形例

なお、本実施形態に係る溶接部材 F は、上記実施形態の構成に限定されるものではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲内で種々の変更が可能である。

【0053】

比率  $W_1 / t$  の閾値は 1.0 であるものとして説明したが、これに限られるものではなく、スワール室 13 の変形許容量に応じて変更してもよい。

【0054】

10

20

30

40

50

溶接ビード幅変化率  $(W1 - W2) / t$  の閾値は  $0.4$  であるものとして説明したが、これに限られるものではなく、スワール室 13 の変形許容量に応じて変更してもよい。

【符号の説明】

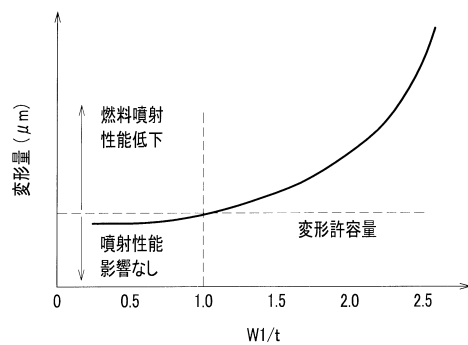
【 0 0 5 5 】

- 1 ノズルプレート（被溶接材、第 1 被溶接材）
- 2 ノズル本体（被溶接材、第 2 被溶接材）
- 3 溶接ビード
- 3 a 溶融池
- 4 境界面
- 5 レーザ光
- 6 キーホール
- 7 金属蒸気
- 1 1 中央室
- 1 2 連通路
- 1 3 スワール室（凹部、旋回室）
- 1 4 噴射孔
- 2 1 弁座
- 2 2 連通孔
- F 噴射ノズル（溶接部材、燃料噴射弁）
- W 1 表面幅
- W 2 溶込み幅
- H 溶込み深さ
- D 深さ
- t 板厚
- L 面取り

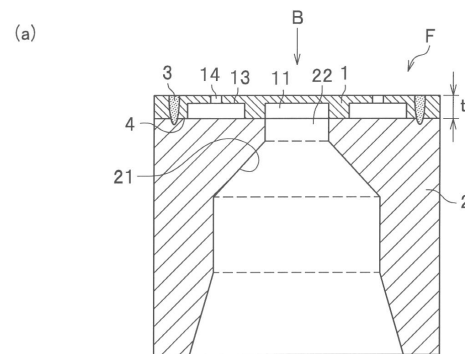
10

20

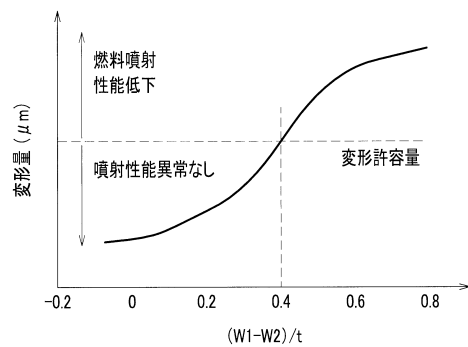
【図 8】



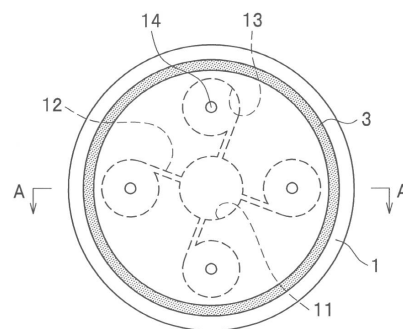
【図 1】



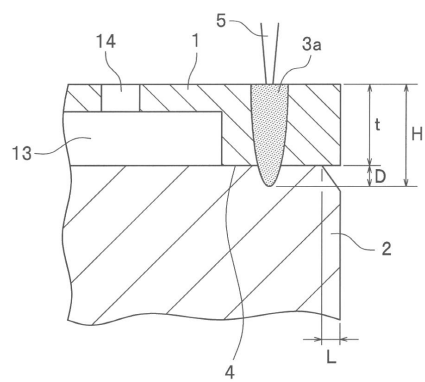
【図 9】



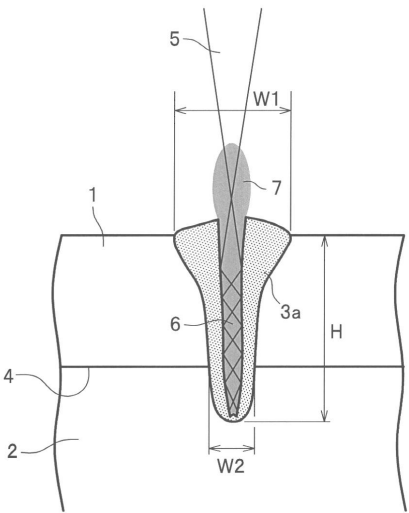
(b)



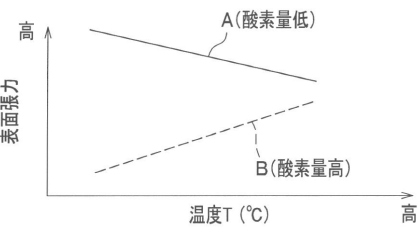
【図 2】



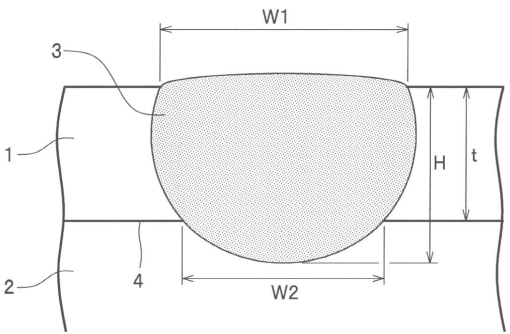
【図 3】



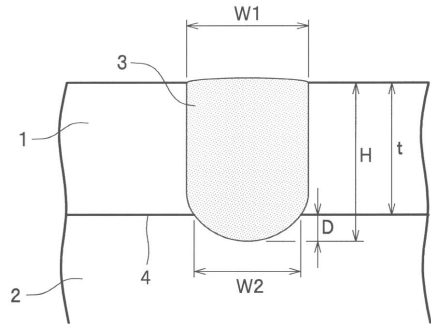
【図 4】



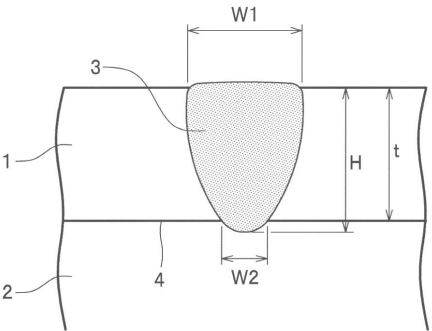
【図 6】



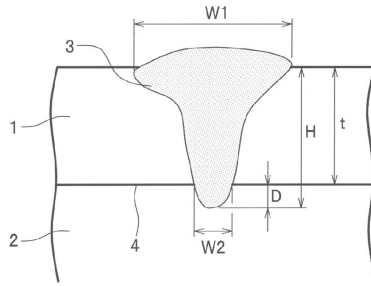
【図 5】



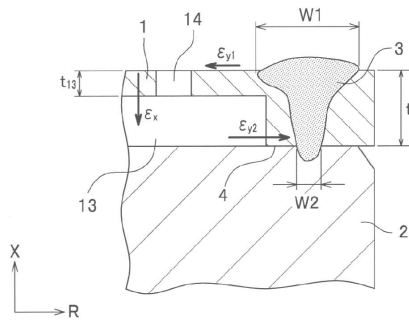
【図 7】



【図 10】



【図 11】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
F 0 2 M 61/18 3 6 0 D

(72)発明者 小林 信章  
群馬県伊勢崎市粕川町1671番地1 日立オートモティブシステムズ株式会社内  
(72)発明者 茂木 康広  
群馬県伊勢崎市粕川町1671番地1 日立オートモティブシステムズ株式会社内

審査官 青木 正博

(56)参考文献 特開2013-024176(JP,A)  
特開2012-200768(JP,A)  
特開2003-088969(JP,A)  
特開2012-158995(JP,A)  
特開平06-079484(JP,A)  
特開2003-320468(JP,A)  
特開2012-211541(JP,A)  
特開2010-158717(JP,A)  
米国特許出願公開第2012/0298638(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)  
B 2 3 K 2 6 / 0 0 - 2 6 / 7 0  
F 0 2 M 6 1 / 1 8