



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 033 208 A1** 2009.02.05

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 033 208.9**

(22) Anmeldetag: **15.07.2008**

(43) Offenlegungstag: **05.02.2009**

(51) Int Cl.⁸: **B23K 26/38** (2006.01)
B23K 26/42 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2007-197859 30.07.2007 JP

(71) Anmelder:
Honda Motor Co., Ltd., Tokyo, JP

(74) Vertreter:
**Mitscherlich & Partner, Patent- und
Rechtsanwälte, 80331 München**

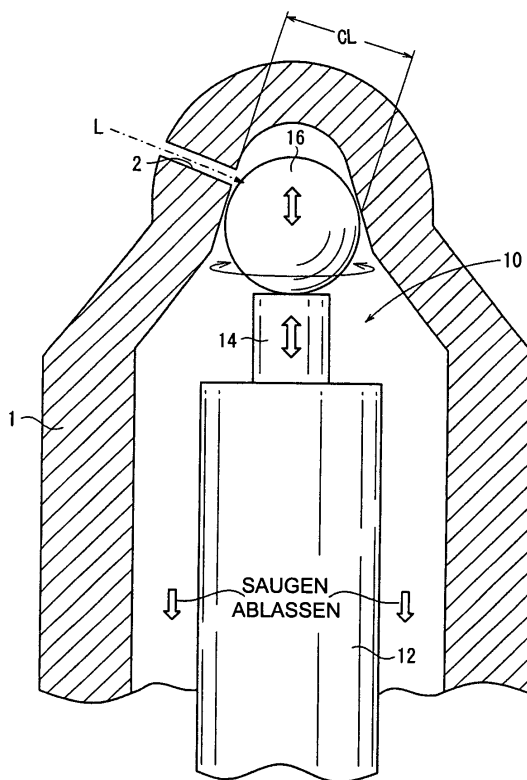
(72) Erfinder:
**Kobayashi, Takashi, Tochigi, JP; Nemoto, Akihiro,
Tochigi, JP; Yamagishi, Hiroaki, Tochigi, JP;
Nakajima, Katsuyuki, Tochigi, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Perforierverfahren und Perforiervorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Ein Perforierverfahren und eine Perforiervorrichtung, bei denen ein hohles Element einer Kraftstoffeinspritzdüse (1) mit einem Füller, wie einer Zirkoniumdioxid-Kugel (16), gefüllt wird, und ein Laserlicht (L) auf das hohle Element einwirkt, um ein Einspritzloch (2) zu bilden, während die Zirkoniumdioxid-Kugel (16) unter Verwendung eines Ultraschallschwingers (12) in Schwingungen versetzt wird. Nachdem das Einspritzloch (2) ausgebildet ist, wird Laserlicht (L) durch das Einspritzloch (2) ins Innere der Kraftstoffeinspritzdüse (1) eingebracht und wirkt dadurch auf die in Schwingung versetzte Zirkoniumdioxid-Kugel (16).



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung:

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Perforierverfahren zum Ausbilden eines Durchgangslochs in einer Wand eines hohlen Elements durch Laserbestrahlung und eine Vorrichtung zum Perforieren.

Beschreibung des Standes der Technik:

[0002] Ein Endbereich einer Kraftstoffeinspritzdüse **1**, die in Automobilen zu installieren ist, ist in [Fig. 3](#) gezeigt. Der Endbereich der Kraftstoffeinspritzdüse **1** weist einen hohlen Aufbau auf, wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist.

[0003] Mehrere Einspritzlöcher **2** erstrecken sich durch die Wand des Endbereichs der Kraftstoffeinspritzdüse **1**. In den vergangenen Jahren wurden solche Löcher unter Verwendung von Laserlicht **L** ausgebildet.

[0004] Der Endbereich wird mit Laserlicht **L** von außen bestrahlt. Daher wird die Wand des Endbereichs durch das Laserlicht **L** von außen nach innen geschmolzen. Schließlich wird die Innenwandoberfläche geschmolzen, um das Einspritzloch **2** zu bilden. Wenn die Bestrahlung mit Laserlicht **L** sogar für nur eine kurze Dauer fortgesetzt wird, nachdem die Innenwand geschmolzen wurde, um das Einspritzloch **2** auszubilden, erreicht das Laserlicht **L** die gegenüberliegende Innenwand an einer Stelle auf einer Linie die aus dem Einspritzloch **2** verläuft. In diesem Fall wird die gegenüberliegende Innenwand (gegenüberliegende Wand) an der Stelle selbstverständlich geschmolzen. Somit ist es schwierig, ein Durchgangsloch auszubilden, ohne die gegenüberliegende Wand im Perforiervorgang mit Verwendung von Laserlicht **L** zu beschädigen.

[0005] Ein Verfahren zum Ausbilden des Einspritzlochs in dem Endbereich der Kraftstoffeinspritzdüse durch Laserlicht, bei dem ein Spiegelreflektor in den Endbereich eingesetzt wird, ist in der japanischen offengelegten Patentveröffentlichung Nr. 09066381 beschrieben. Bei diesem Verfahren wird das durch das Einspritzloch eingebrachte Laserlicht durch den Spiegelreflektor auf einen Lichtabsorber reflektiert, wodurch verhindert wird, dass das Laserlicht die gegenüberliegende Wand erreicht. Ferner wird ein Verfahren, bei welchem ein Fluid (insbesondere eine Flüssigkeit) in den Endbereich der Kraftstoffeinspritzdüse eingebracht wird, um das Laserlicht streuende Kavitation zu bewirken, in der japanischen offengelegten Patentveröffentlichung mit der Nr. 2001-526961 (PCT) vorgeschlagen.

[0006] Bei dem in der japanischen, offengelegten Patentveröffentlichung mit der Nr. 09-066381 beschriebenen Stand der Technik wird, wenn der Einfallswinkel des Laserlichts oder der Reflexionswinkel des Spiegelreflektors nicht genau kontrolliert werden, das Laserlicht auf die Innenwand reflektiert. Somit ist es im Stand der Technik nachteilig schwierig, zuverlässig die Reflexion des Laserlichts auf die Innenwand zu verhindern. Bei dem in der japanischen, offengelegten Patentveröffentlichung mit der Nr. 2001-526961 (PCT) beschriebenen Stand der Technik kann ein Teil des gestreuten Laserlichts die Innenwand erreichen, so dass die Innenwand in Abhängigkeit von der Ausgangsleistung des Laserlichts beschädigt werden kann.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0007] Eine allgemeine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Perforierverfahren bereitzustellen, das in der Lage ist, ein Loch durch Laserlicht auszubilden, während die Beschädigung auf einer gegenüberliegenden Wand vermieden wird. Ein hauptsächliche Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Perforiervorrichtung bereitzustellen, die in der Lage ist, ein Loch auszubilden, während die Beschädigung auf einer gegenüberliegenden Wand vermieden wird.

[0008] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Perforierverfahren zur Ausbildung eines Durchgangslochs in einer Wand eines hohlen Elements durch Bestrahlung der Wand mit einem Laserlicht von außen bereitgestellt, das folgende Schritte umfasst, Einbringen eines Füllers, der durch das Laserlicht nicht geschmolzen wird, in das hohle Element, und Bestrahlen der Wand mit dem Laserlicht, während der Füller in Schwingung versetzt wird, worin, wenn das Durchgangsloch ausgebildet ist, das Laserlicht durch das Durchgangsloch auf den Füller einwirkt.

[0009] Bei diesem Perforierverfahren schmilzt das Laserlicht die Wand, erreicht das Innere des hohlen Elements und wirkt auf den Füller in dem hohlen Element. Da der Füller nicht geschmolzen wird, wird das Laserlicht durch den Füller blockiert und dadurch wird verhindert, dass es die gegenüberliegende Wand erreicht.

[0010] Ein Bereich des Füllers, welcher vom Laserlicht bestrahlt wird, wird des Öfteren entfernt (fällt zum Beispiel durch die Bestrahlung zusammen). Jedoch wird der Füller durch die Schwingung andauernd in Drehung versetzt oder in vertikale Richtung bewegt, und die Stelle, auf die das Laserlicht einwirkt, ändert sich andauernd. Anders ausgedrückt, das Laserlicht wirkt nicht fortwährend auf dieselbe Stelle des Füllers ein. Somit kann verhindert werden, dass das Laserlicht die gegenüberliegende Wand durch

den Füller hindurch erreicht.

[0011] Dadurch, dass auf die zuvor beschriebene Weise verhindert wird, dass das Laserlicht die gegenüberliegende Wand erreicht, kann verhindert werden, dass die gegenüberliegende Wand beschädigt wird.

[0012] Der Füller kann ein Pulver umfassen. In diesem Fall wird es bevorzugt, dass das Pulver während des Bestrahlen mit dem Laserlicht mit Druck beaufschlagt wird. Wenn das Pulver zusammenfällt, wird, da feines Pulver erzeugt wird und zwischen die Pulverpartikel eindringt, das scheinbare Volumen des Pulvers verringert, und ein Pore (d. h. ein Laserlichtweg) wird in dem Füller ausgebildet. Wenn jedoch das Pulver mit Druck beaufschlagt wird, wird das Pulver komprimiert, damit sich die Pore (d. h. der Laserlichtweg) schließt, so dass auf wirksame Weise verhindert werden kann, dass die gegenüberliegende Wand beschädigt wird.

[0013] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Perforiervorrichtung zum Ausbilden eines Durchgangslochs in einer Wand eines hohlen Elements durch Bestrahlen der Wand mit einem Laserlicht von außen bereitgestellt, die Folgendes umfasst: einen Füller, der in das hohle Element eingebracht ist und durch das Laserlicht nicht geschmolzen wird, und ein Schwingungsmittel, um den Füller in Schwingung zu versetzen.

[0014] Das hohle Element wird mit dem Laserlicht bestrahlt, während der Füller unter Verwendung des Schwingungsmittels in Schwingung versetzt wird, wie zuvor beschrieben wurde, so dass verhindert werden kann, dass die gegenüberliegende Wand beschädigt wird.

[0015] Der Füller kann ein Pulver aufweisen. In diesem Fall ist es bevorzugt, dass die Perforiervorrichtung ferner ein Druckbeaufschlagungsmittel, um das Pulver mit Druck zu beaufschlagen, aufweist.

[0016] Wie zuvor beschrieben, wird bei der vorliegenden Erfindung das hohle Element mit dem Füller gefüllt und mit Laserlicht bestrahlt, um das Durchgangsloch darin auszubilden, während der Füller in Schwingung versetzt wird, wodurch verhindert werden kann, dass das Laserlicht, das das Loch passiert hat, die gegenüberliegende Wand erreicht. Somit kann besonders leicht verhindert werden, dass die gegenüberliegende Wand beschädigt wird, ohne dass es einer komplizierten Versuch-und-Irrtum-Vorgehensweise bedarf, bei dem die Laserlichtbestrahlungsbedingungen usw. streng kontrolliert werden. Die obige und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden durch die nachfolgende Beschreibung anhand der begleitenden Figuren, in denen eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beispielhaft gezeigt

ist, deutlicher werden.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0017] [Fig. 1](#) ist eine vergrößerte Längsschnittansicht, die einen wesentlichen Teil eines Endbereichs einer Kraftstoffeinspritzdüse zeigt, in welche eine Perforiervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eingeführt ist;

[0018] [Fig. 2](#) ist eine vergrößerte Längsschnittansicht, die einen wesentlichen Teil eines Endbereichs einer Kraftstoffeinspritzdüse zeigt, in welche eine Perforiervorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eingeführt ist; und

[0019] [Fig. 3](#) ist eine vergrößerte Längsschnittansicht, die einen wesentlichen Teil eines Endbereichs einer Kraftstoffeinspritzdüse zeigt, durch welche ein Einspritzloch durch Bestrahlen mit Laserlicht ausgebildet wurde.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0020] Eine bevorzugte Ausführungsform des Perforierverfahrens und der Vorrichtung dafür gemäß der vorliegenden Erfindung wird im Detail nachfolgend anhand der begleitenden Figuren beschrieben.

[0021] [Fig. 1](#) ist eine vergrößerte Längsschnittansicht, die einen wesentlichen Teil eines Endbereichs einer Kraftstoffeinspritzdüse **1** zeigt, in welche eine Perforiervorrichtung **10** gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eingeführt ist. Die Perforiervorrichtung **10** enthält einen Laserlichtemissionsmechanismus (nicht dargestellt), einen Schwingungsmechanismus, der einen Ultraschallschwinger **12** aufweist, und eine Zirconiumdioxid-Kugel **16** (einen Füller), die in den Endbereich eingesetzt ist, wobei sie durch einen Kopf **14** des Ultraschallschwingers **12** abgestützt wird.

[0022] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, weist der Endbereich der Kraftstoffeinspritzdüse **1** einen hohlen Aufbau auf. Bei einem Kraftstoffeinspritzmechanismus ist ein Ventil in den hohlen Endbereich eingesetzt.

[0023] Der Laserlichtemissionsmechanismus kann ein Laserlicht L mit einer Ausgangsleistung emittieren, die ausreicht, ein Einspritzloch **2** durch die Wand der Kraftstoffeinspritzdüse **1** auszubilden. Zum Beispiel kann das Laserlicht L durch Verwendung einer PulsLasereinrichtung mit einer Oszillationsfrequenz von 1 bis 10 kHz und einer Energie von 1 mJ emittiert werden.

[0024] Es wird bevorzugt, dass der Ultraschallschwinger **12** den Füller mit einer Frequenz, die hö-

her als die Oszillationsfrequenz des Laserlichts L ist, in Schwingung versetzt. In diesem Fall wirkt jeder Puls des Laserlicht L auf eine andere Stelle der Zirkoniumdioxid-Kugel **16**, wie nachfolgend beschrieben. Wenn zum Beispiel das Laserlicht L unter den obigen Bedingungen emittiert wird, kann die Zirkoniumdioxid-Kugel **16** durch den Ultraschallschwinger **12** bei einer Schwingungsfrequenz von 64 kHz und einer Amplitude von 14 µm in Schwingung versetzt werden.

[0025] Die Zirkoniumdioxid-Kugel **16** setzt sich aus einem oxidkeramischen Zirkoniumdioxid zusammen. Wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist, weist das Zirkoniumdioxid einen beachtlich hohen Schmelzpunkt auf und wird durch das Laserlicht L nicht geschmolzen. Wenn ein Bereich der Zirkoniumdioxid-Kugel **16** von dem Laserlicht L bestrahlt wird, fällt der Bereich zusammen und erzeugt ein feines Pulver.

[0026] Der Durchmesser der Zirkoniumdioxid-Kugel **16** wird in Abhängigkeit der Bestrahlungsdauer und der Oszillationsfrequenz des Laserlichts L gesteuert, so dass verhindert werden kann, dass das Laserlicht L die gegenüberliegende Wand während der Laserlichtbestrahlung erreicht. Wenn V_0 das Volumen der Zirkoniumdioxid-Kugel **16** vor dem Bestrahlen mit dem Laserlicht L ist, Z das Volumen eines zusammengefallenen Bereichs in der Zirkoniumdioxid-Kugel **16** pro einem Puls ist, t die Dauer der Bestrahlung mit dem Laserlicht L ist und f die Oszillationsfrequenz des Laserlichts L ist, wird ein minimaler Radius R für die Zirkoniumdioxid-Kugel **16** durch die Verwendung der folgenden Gleichung (1) erhalten:

$$R = \{(3V_0 - t f Z) / 4\pi\}^{1/3} \quad (1)$$

[0027] Somit hat die Zirkoniumdioxid-Kugel **16** einen Radius, der größer als der durch die Gleichung (1) erhaltene Radius R ist.

[0028] Bei der ersten Ausführungsform beträgt ein lichtet Maß CL auf eine Linie, die aus dem Einspritzloch **2** verläuft zwischen der Innenwand, in der das Einspritzloch ausgebildet ist, und der gegenüberliegenden Wand etwa 0,8 mm. Des Weiteren weist die Zirkoniumdioxid-Kugel **16** einen Durchmesser von etwa 1 mm auf.

[0029] Die Perforiervorrichtung **10** gemäß der ersten Ausführungsform hat grundsätzlich den obigen Aufbau. Ein Perforierverfahren, welches die Perforiervorrichtung **10** verwendet, wird nachfolgend beschrieben.

[0030] Bei dem Perforierverfahren werden zuerst die Zirkoniumdioxid-Kugel **16** und der Ultraschallschwinger **12** in den Endbereich der Kraftstoffeinspritzdüse **1** eingesetzt. In diesem Schritt wird die Zir-

coniumdioxid-Kugel **16** durch den Kopf **14** des Ultraschallschwingers **12** abgestützt.

[0031] Dann oszilliert der Ultraschallschwinger **12**, um die Zirkoniumdioxid-Kugel **16** in Schwingung zu versetzen. Zum Beispiel kann die Zirkoniumdioxid-Kugel **16** unter den folgenden Bedingungen in Schwingung versetzt werden: eine Schwingungsfrequenz von 64 kHz und eine Amplitude von 14 µm, wie zuvor beschrieben. Bei den Schwingungsbedingungen dreht sich die Zirkoniumdioxid-Kugel **16** mit einem Durchmesser von etwa 1 mm, während sie sich um etwa 0,1 mm aufwärts und abwärts in vertikaler Richtung der [Fig. 1](#) bewegt. Somit wird die Zirkoniumdioxid-Kugel **16** wiederholt in Kontakt mit dem Kopf **14** gebracht und davon getrennt, während sie sich dreht.

[0032] In diesem Zustand wird Laserlicht L von dem Laserlichtemissionsmechanismus emittiert. Die Außenwandoberfläche der Kraftstoffeinspritzdüse **1** wird mit Laserlicht L bestrahlt, und die Wand der Kraftstoffeinspritzdüse **1** wird durch das Laserlicht L von außen nach innen geschmolzen. Das Ausbilden des Einspritzlochs **2** schreitet mit dem Schmelzen der Wand voran.

[0033] Schließlich ist die Innenwandoberfläche der Kraftstoffeinspritzdüse **1** durch das Laserlicht L geschmolzen, und das Laserlicht L dringt in den Hohlraum der Kraftstoffeinspritzdüse **1** ein. In der ersten Ausführungsform ist die Zirkoniumdioxid-Kugel **16** in den hohlen Aufbau, wie zuvor beschrieben, eingesetzt. Somit wird die Zirkoniumdioxid-Kugel **16** mit dem Laserlicht L bestrahlt.

[0034] Die Zirkoniumdioxid-Kugel **16** hat einen beachtlich hohen Schmelzpunkt und wird durch das Laserlicht L nicht geschmolzen. Da jedoch das Laserlicht L eine hohe Energie aufweist, wird die physikalische Bindungskraft in einem Bereich der Zirkoniumdioxid-Kugel **16**, welcher mit dem Laserlicht L bestrahlt wird, gesenkt. Somit fällt der Bereich zusammen und wird von der Zirkoniumdioxid-Kugel **16** entfernt.

[0035] Der zusammengefallene Bereich verbleibt in der Kraftstoffeinspritzdüse **1** im Zustand eines feinen Pulvers.

[0036] Wie zuvor beschrieben wurde, dreht und vertikal bewegt sich die Zirkoniumdioxid-Kugel **16** fortwährend während der Bestrahlung mit dem Laserlicht L. Daher wirkt jeder Puls des Laserlichts L auf eine andere Stelle der Zirkoniumdioxid-Kugel **16**. Anders ausgedrückt, das Laserlicht L wirkt nicht fortlaufend auf dieselbe Stelle der Zirkoniumdioxid-Kugel **16** ein. Somit kann verhindert werden, dass Laserlicht L die gegenüberliegende Wand durch die Zirkoniumdioxid-Kugel **16** hindurch erreicht. Da bei der

ersten Ausführungsform die Zirconiumdioxid-Kugel **16** in Schwingung versetzt wird und sich dabei dreht und vertikal bewegt, kann wirksam verhindert werden, dass das Laserlicht L die gegenüberliegende Wand erreicht. Selbst wenn zum Beispiel das Bestrahlen mit dem Laserlicht L (das Perforieren) für eine vergleichsweise lange Zeitdauer von 1 Minute unter den obigen Bedingungen durchgeführt wird, kann immer noch verhindert werden, dass die gegenüberliegende Wand beschädigt wird.

[0037] Des Weiteren erzeugt im Vergleich zu anderen Keramikugeln die Zirconiumdioxid-Kugel **16** eine kleinere Menge an feinem Pulver. Anders ausgedrückt, im Fall der Verwendung der Zirconiumdioxid-Kugel **16** verbleibt nur eine kleine Menge an feinem Pulver in der Kraftstoffeinspritzdüse **1**. Somit weist die Zirconiumdioxid-Kugel **16** insoweit einen Vorteil auf, dass die Dreh- oder Vertikalbewegung des Füllers nicht durch eine große Menge an abgelagertem, feinem Pulver unterbunden wird. Das feine Pulver kann durch ein Feinpulver-Saug/Ablass-Mittel (nicht dargestellt) abgesaugt und aus der Kraftstoffeinspritzdüse **1** abgelassen werden. In diesem Fall kann leichter verhindert werden, dass Feinpulver in der Kraftstoffeinspritzdüse **1** zurückbleibt.

[0038] Die Zirconiumdioxid-Kugel **16** kann bestrahlt werden, bis der Radius der Zirconiumdioxid-Kugel **16** den zuvor erwähnten minimalen Radius R erreicht, der durch die Gleichung (1) beschrieben ist. Anders ausgedrückt, die Zeit, bis die Zirconiumdioxid-Kugel **16** ihr Haltbarkeitslimit erreicht und das Laserlicht L die gegenüberliegende Wand erreicht, kann abschätzend aus dem praktischen Radius der Zirconiumdioxid-Kugel **16** und mittels der Gleichung (1) berechnet werden. Die Zirconiumdioxid-Kugel **16** kann zum Perforieren einer anderen Kraftstoffeinspritzdüse **1** bis zu diesem Zeitpunkt verwendet werden. Die Zirconiumdioxid-Kugel **16**, die wiederholt zum Perforieren mehrerer Kraftstoffeinspritzdüsen **1** verwendet wird, kann bei ihrer Haltbarkeitsgrenzdauer ersetzt werden.

[0039] Eine Perforiervorrichtung **20** gemäß einer zweiten Ausführungsform wird im Detail anhand der [Fig. 2](#) nachfolgend beschrieben. Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, wird ein Pulver **22** mit einem mittleren Durchmesser von etwa 30 bis 70 μm , typischerweise etwa 50 μm , in der Perforiervorrichtung **20** verwendet. Das Pulver **22** umfasst Zirconiumdioxid.

[0040] In dieser Ausführungsform beinhaltet die Perforiervorrichtung **20** einen Laserlichtemissionsmechanismus (nicht dargestellt), einen Halter **24**, eine Hülse **26**, die in den Halter **24** eingesetzt ist, und einen Kolben **28**, der verschiebbar in der Hülse **26** aufgenommen ist.

[0041] Eine Einsetzöffnung **30** ist in etwa im Mittel-

punkt des Halters **24** in der Durchmesserrichtung ausgebildet. Die Hülse **26** ist in die Einsetzöffnung **30** so eingesetzt, dass das Ende der Hülse **26** von der Einsetzöffnung **30** freigegeben wird. Ein konischer Bereich **32** ist im Ende des Halters **24** ausgebildet und berührt die Innenoberfläche der Kraftstoffeinspritzdüse **1**.

[0042] Die Hülse **26** weist einen kugelförmig erweiterten Bereich **34** mit einer Öffnung auf. Die Höhe der Wand des erweiterten Bereichs **34** variiert allmählich um die Öffnung, so dass die Höhe der Wand von links nach rechts in [Fig. 2](#) zunimmt. Ein Wärmesensor **36** ist in dem erweiterten Bereich **34** in einem Bereich, der der gegenüberliegenden Wand zugewandt ist, angeordnet.

[0043] Der Kolben **28** für einen Zylinder (nicht dargestellt) ist in den Bereich mit konstantem Durchmesser der Hülse **26** eingesetzt. Der Kolben **28** wird nach oben in [Fig. 2](#) bewegt, um das Pulver **22** zu pressen.

[0044] Ein Ultraschallschwinger (nicht dargestellt) ist in einem oberen Bereich des Kolbens **28** angeordnet. Somit wird in der zweiten Ausführungsform das Pulver **22** durch den Ultraschallschwinger in Schwingung versetzt.

[0045] Ein Perforierverfahren, bei dem die Perforiervorrichtung **20** verwendet wird, wird nachfolgend beschrieben.

[0046] Bei dem Perforierverfahren wird zuerst der Kolben **28** zurück bewegt, und das Pulver **22** wird in die Hülse **26** eingebracht. Das Pulver **22** und die Hülse **26** werden zusammen mit dem Halter **24** in den Endbereich der Kraftstoffeinspritzdüse **1** eingesetzt. Dann, während der Kolben **28** nach oben in [Fig. 2](#) vorrückt, wird das Pulver **22** aus der Öffnung des erweiterten Bereichs **34** der Hülse **26** ausgeschüttet, so dass die Kraftstoffeinspritzdüse **1** mit dem Pulver **22** gefüllt wird. An den Kolben **28** wird eine Antriebskraft aufrechterhaltend weiter angelegt, wodurch das Pulver **22** konstant durch den Kolben **28** gepresst wird.

[0047] Der Ultraschallschwinger oszilliert, um das Pulver **22** in Schwingung zu versetzen. Das Pulver **22** kann zum Beispiel unter den folgenden Bedingungen in Schwingung versetzt werden: bei einer Schwingungsfrequenz von 64 kHz und einer Amplitude von 14 μm , in derselben Weise wie bei der ersten Ausführungsform. Das Pulver **22** wird in der Kraftstoffeinspritzdüse **1** in Bewegung versetzt, während sich die Positionen der Partikel unter den Schwingungsbedingungen ändern.

[0048] Dann wird das Laserlicht L von dem Laserlichtemissionsmechanismus emittiert. Die Bedingungen der Bestrahlung mit dem Laserlicht L können dieselben sein wie jene bei der ersten Ausführungsform.

[0049] Die Außenwandoberfläche der Kraftstoffeinspritzdüse **1** wird mit dem Laserlicht L bestrahlt, und die Wand der Kraftstoffeinspritzdüse **1** schmilzt durch das Laserlicht L von außen nach innen. Schließlich wird die Innenwandoberfläche der Kraftstoffeinspritzdüse **1** geschmolzen, und das Laserlicht L dringt in den Hohlraum der Kraftstoffeinspritzdüse **1** ein. Die Wand des erweiterten Bereichs **34** in der Hülse **26** ist so angeordnet, dass die Wand das Eindringen nicht unterbindet.

[0050] Das Laserlicht L, das in die Kraftstoffeinspritzdüse **1** eingebracht wird, trifft auf das sich bewegende Pulver **22**. Das Pulver **22** weist Zirconiumdioxid auf, und es fällt daher durch das Laserlicht L zusammen, während verhindert wird, dass das Laserlicht L die gegenüberliegende Wand erreicht. Ein feines Pulver, das aufgrund des Zusammenfallens des Pulvers **22** erzeugt wird, dringt zwischen die Partikel des Pulvers **22** ein. Wenn das Pulver **22** zusammenfällt, wird ein Hohlraum (eine Pore) erzeugt. Da sich jedoch das Pulver **22** fortwährend bewegt, wird die Pore schnell gefüllt. Somit durchdringt das Laserlicht L nicht das Pulver **22** durch die Poren.

[0051] Wenn das feine Pulver erzeugt wird und zwischen die Partikel des Pulvers **22** eindringt, wird das scheinbare Volumen des Pulvers **22** verringert. In der zweiten Ausführungsform wird durch den Kolben **28** ein Druck auf das Pulver **22** ausgeübt. Daher wenn das scheinbare Volumen des Pulvers **22** verringert ist, und die Poren sich vergrößern, wird der Kolben **28** nach oben bewegt, um das Pulver **22** zu komprimieren. Im Ergebnis wird die Pore gefüllt, und der Weg des Laserlichts L wird geschlossen. Es wird angemerkt, dass das Pulver **22**, das Zirconiumdioxid aufweist, nur eine kleine Menge an feinem Pulver auf dieselbe Weise wie die Zirconiumdioxid-Kugel **16** der ersten Ausführungsform erzeugt.

[0052] Bei der zweiten Ausführungsform kann auf die zuvor beschriebene Weise verhindert werden, dass das Laserlicht L die gegenüberliegende Wand erreicht, so dass die gegenüberliegende Wand nicht beschädigt wird.

[0053] In einem Fall, bei dem das Pulver **22** verschlechtert ist und das Laserlicht L das Pulver **22** durchdringen kann, erreicht das Laserlicht L das Gebiet in dem erweiterten Bereich **34**, entsprechend der gegenüberliegenden Wand. Die Temperatur des Gebiets steigt durch das Laserlicht L an, und der Temperaturanstieg wird durch den Wärmesensor **36** detektiert, der in diesem Gebiet angeordnet ist. Somit kann mittels des Wärmesensors **36** beurteilt werden, ob das Laserlicht L die Wand des erweiterten Bereichs **34** erreicht oder nicht. Es kann zuverlässig verhindert werden, dass die gegenüberliegende Wand beschädigt wird, so dass das Laserlicht L abgeschaltet wird, falls festgestellt wird, dass das Laserlicht L das Ge-

biet erreicht.

[0054] Obwohl die Kugel- und Pulverfüller, die in der ersten und zweiten Ausführungsform verwendet werden, sich aus Zirconiumdioxid zusammensetzen, ist das Material des Füllers nicht darauf eingeschränkt. Beispiele des Materials beinhalten Keramiken, wie Aluminiumoxide, Siliziumnitride und Siliziumkarbide und hochschmelzende Metalle. Es wird angenommen, dass die zuvor beschriebenen Laserlichtbestrahlungsbedingungen und Schwingungsbedingungen in jeglicher Hinsicht veranschaulichend und nicht einschränkend sind, und diverse Änderungen können diesbezüglich in Abhängigkeit der Dicke eines zu perforierenden Werkstücks vorgenommen werden.

[0055] Ferner ist das zu perforierende Werkstück nicht auf eine Kraftstoffeinspritzdüse **1** eingeschränkt und kann ein jegliches Element mit einem hohlen Aufbau sein.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 09066381 [0005]
- JP 2001-526961 [0005, 0006]
- JP 09-066381 [0006]

Patentansprüche

10. Perforiervorrichtung (**10**) gemäß Anspruch 9, worin das Pulver (**22**) ein Zirconiumdioxid-Pulver ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

1. Perforierverfahren zum Ausbilden eines Durchgangslochs (**2**) in einer Wand eines hohlen Elements (**1**) durch Bestrahlen der Wand mit einem Laserlicht (L) von außen, umfassend die folgenden Schritte:

Einbringen eines Füllers, der durch das Laserlicht (L) nicht geschmolzen wird, in das hohle Element (**1**), und

Bestrahlen der Wand mit dem Laserlicht (L), während der Füller in Schwingung versetzt wird, worin, wenn das Durchgangsloch (**2**) ausgebildet ist, das Laserlicht durch das Durchgangsloch (**2**) auf den Füller einwirkt.

2. Perforierverfahren gemäß Anspruch 1, worin der Füller mittels Ultraschall in Schwingung versetzt wird.

3. Perforiervorrichtung (**10**) zum Ausbilden eines Durchgangslochs (**2**) in einer Wand eines hohlen Elements (**1**) durch Bestrahlen der Wand mit einem Laserlicht (L) von außen, umfassend:

einen Füller, der in das hohle Element (**1**) eingebracht ist und durch das Laserlicht (L) nicht geschmolzen wird, und ein Schwingungsmittel, um den Füller in Schwingung zu versetzen.

4. Perforiervorrichtung (**10**) gemäß Anspruch 3, worin das Schwingungsmittel einen Ultraschallschwinger (**12**) umfasst.

5. Perforiervorrichtung (**10**) gemäß Anspruch 3, worin der Füller einen kugelförmigen Körper umfasst.

6. Perforiervorrichtung (**10**) gemäß Anspruch 5, worin ein minimaler Radius R für den kugelförmigen Körper unter Verwendung der folgenden Gleichung (1) erhalten wird:

$$R = \{(3V_0 - t f Z) / 4\pi\}^{1/3} \quad (1)$$

Worin V_0 das Volumen des kugelförmigen Körpers vor dem Bestrahlen mit dem Laserlicht (L) ist, Z ein Volumen eines zusammengefallenen Bereichs in dem kugelförmigen Körper pro einem Puls ist, t die Dauer der Bestrahlung mit dem Laserlicht (L) ist, und f eine Oszillationsfrequenz des Laserlichts (L) ist.

7. Perforiervorrichtung (**10**) gemäß Anspruch 5, worin der kugelförmige Körper eine Zirconiumdioxid-Kugel (**16**) ist.

8. A Perforiervorrichtung (**10**) gemäß Anspruch 5, ferner umfassend ein Feinpulver-Saug/Ablass-Mittel.

9. Perforiervorrichtung (**10**) gemäß Anspruch 3, worin der Füller ein Pulver (**22**) umfasst.

FIG. 1

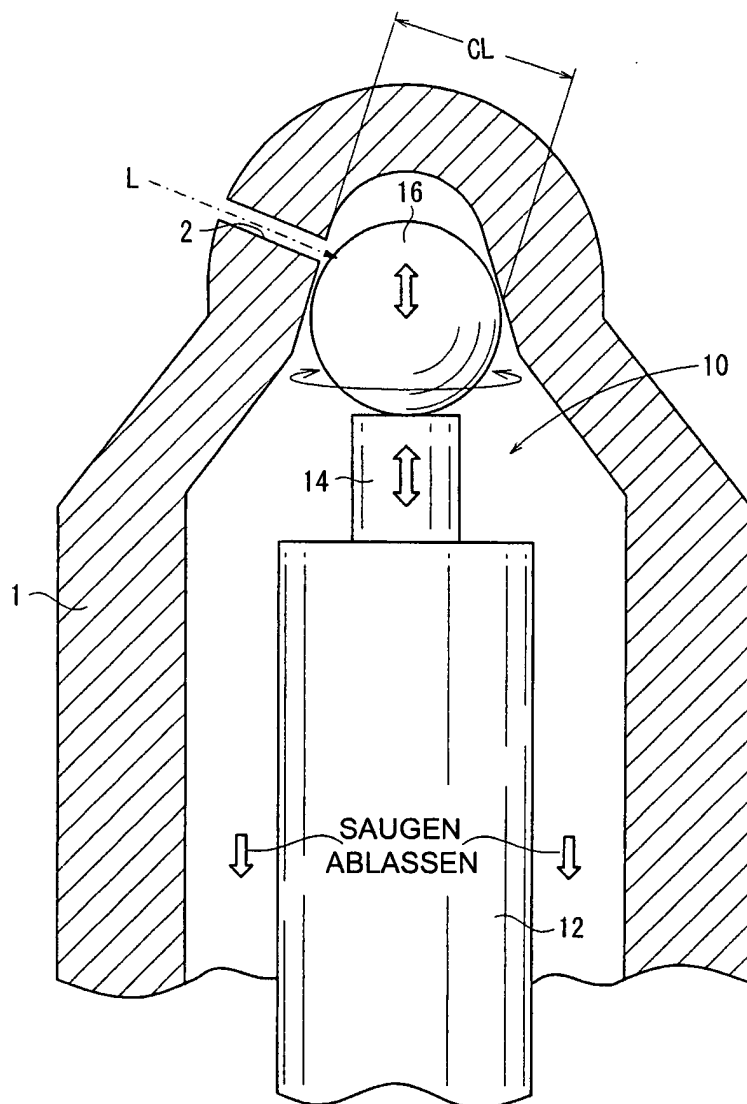


FIG. 2

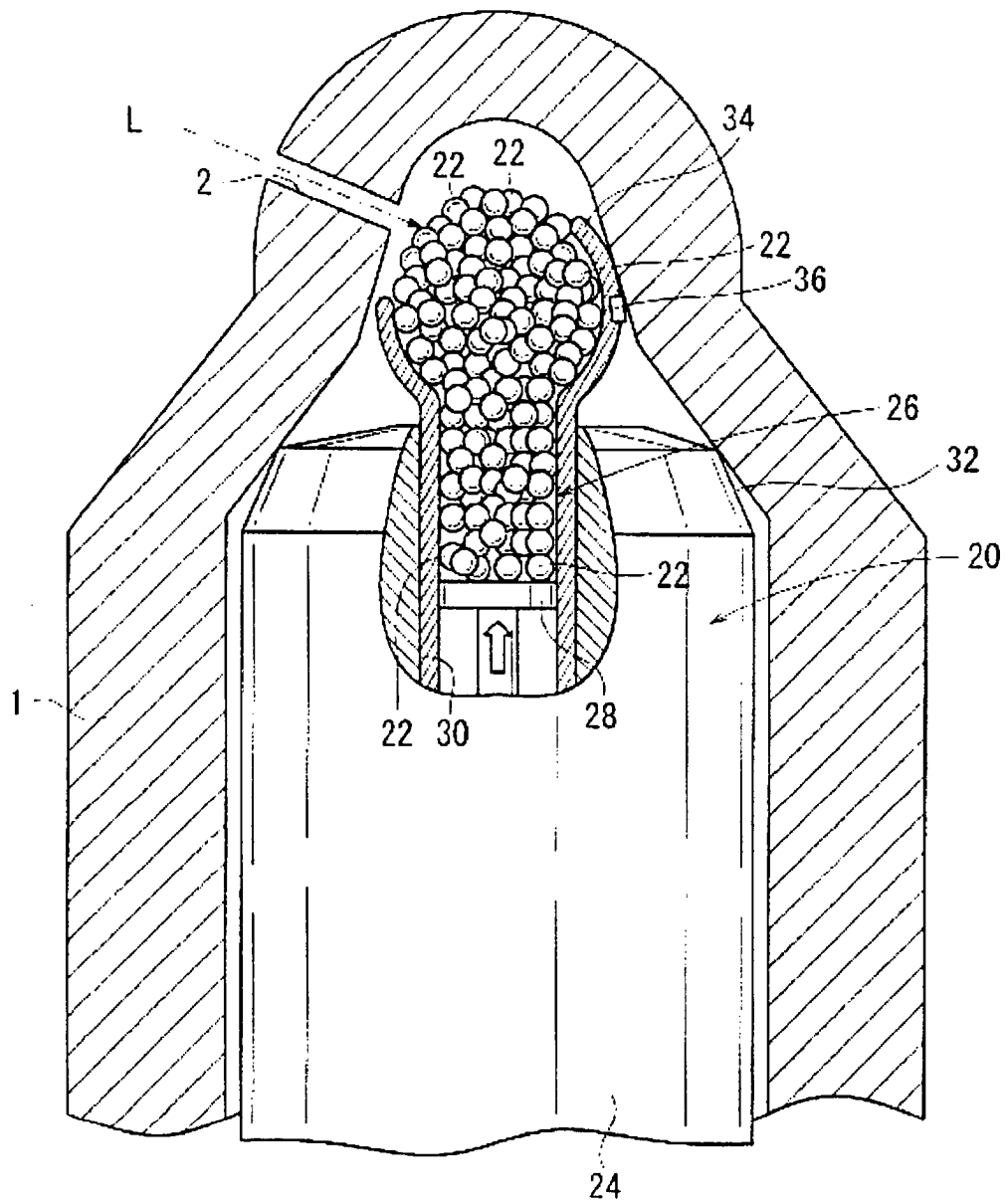


FIG. 3
STAND DER TECHNIK

