

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1592/2011
(22) Anmeldetag: 28.10.2011
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2013

(51) Int. Cl. : **B23K 28/02** (2006.01)
B23K 9/04 (2006.01)
B23K 103/14 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2006133034 A1
WO 2011076109 A1
CN 101811231 A

(73) Patentinhaber:
FRONIUS INTERNATIONAL GMBH
4643 PETTENBACH (AT)

(72) Erfinder:
WALDHÖR ANDREAS
PETTENBACH (AT)
SCHARTNER STEPHAN
WELS (AT)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG EINER SCHWEISSNAHT ODER EINER DREIDIMENSIONALEN STRUKTUR AN DER OBERFLÄCHE EINES METALLISCHEN WERKSTÜCKS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung (1) zur Herstellung einer Schweißnaht oder einer dreidimensionalen Struktur (26) an einer Oberfläche eines metallischen Werkstücks (14) mit Hilfe eines Schweißbrenners (7) zur Durchführung eines Schweißprozesses mit einem im Schweißbrenner (7) geführten Schweißdraht (9), wobei zwischen dem Schweißdraht (9) und dem Werkstück (14) ein Lichtbogen (13) gezündet ist und zur Stabilisierung des Lichtbogens (13) ein Laser (27') zur Aussendung eines Laserstrahls (27) mit einer Leistung von maximal 2000 W angeordnet ist, mit einem Auftreffpunkt an jener Stelle an der Oberfläche des Werkstücks (14), an der die Schweißnaht oder Struktur (26) hergestellt wird. Eine Verbesserung der Stabilisierung des Lichtbogens (13) wird erzielt, wenn der Laser (27') mit einer Einrichtung (28) zur Steuerung des Lasers (27') verbunden ist, welche Steuereinrichtung (28) zur Aktivierung des Laserstrahls (27) vor der Zündung des Lichtbogens (13) ausgebildet ist.

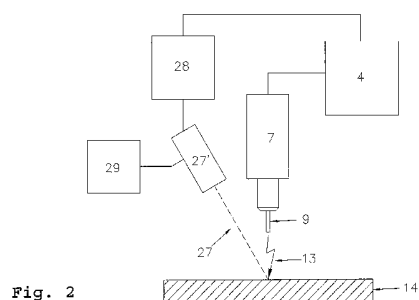


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Schweißnaht oder einer dreidimensionalen Struktur an einer Oberfläche zumindest eines metallischen Werkstücks, vorzugsweise aus Titan oder einer Titanlegierung, mit Hilfe eines Schweißprozesses, wobei zwischen einem in einem Schweißbrenner geführten Schweißdraht und dem Werkstück ein Lichtbogen gezündet wird, und mit dem Schweißdraht die Schweißnaht oder Struktur hergestellt wird, wobei zur Stabilisierung des Lichtbogens ein Laserstrahl mit einer Leistung von maximal 2000 W verwendet wird, welcher Laserstrahl an jene Stelle an der Oberfläche des Werkstücks gerichtet wird, an der die Schweißnaht oder Struktur hergestellt wird.

[0002] Die Erfindung betrifft weiters eine Vorrichtung zur Herstellung einer Schweißnaht oder einer dreidimensionalen Struktur an einer Oberfläche zumindest eines metallischen Werkstücks, vorzugsweise aus Titan oder einer Titanlegierung, mit Hilfe eines Schweißbrenners zur Durchführung eines Schweißprozesses mit einem im Schweißbrenner geführten Schweißdraht, wobei zwischen dem Schweißdraht und dem Werkstück ein Lichtbogen gezündet ist, und zur Stabilisierung des Lichtbogens ein Laser zur Aussendung eines Laserstrahls mit einer Leistung von maximal 2000 W angeordnet ist, mit einem Auftreffpunkt an jener Stelle an der Oberfläche des Werkstücks, an der die Schweißnaht oder Struktur hergestellt wird.

[0003] Vorrichtung und Verfahren bei welchen der Lichtbogen eines Schweißgeräts durch einen Laserstrahl stabilisiert wird, sind beispielsweise aus der WO 2006/133034 A1, der WO 2011/076109 A1 oder der CN 101811231 A bekannt.

[0004] Insbesondere beim Schweißen von Werkstücken aus Titan oder einer Titanlegierung ist die Verwendung von Aktivgasen (z.B. CO₂ oder O₂) nicht erwünscht, da diese mit dem Material des Werkstücks reagieren und zu einer Oxidation und in der Folge zu Versprödungen der Anbindungsstelle führen können. Durch den Wegfall von Aktivgasen entfällt jedoch auch die lichtbogenstabilisierende Wirkung der Aktivgase, weshalb es zu Instabilitäten des Lichtbogens und in der Folge zu Verschlechterungen der Schweißqualität kommt. Damit bleibt der Lichtbogen nicht auf einem Punkt der Oberfläche, sondern wandert auf dieser hin und her.

[0005] Werkstücke aus Titan oder einer Titanlegierung werden aufgrund des niedrigen spezifischen Gewichts häufig in der Flugzeugindustrie eingesetzt. Zur Verbindung derartiger Werkstücke mit Verbundwerkstoffen, insbesondere Kohlenstoff-Verbundwerkstoffen (CFK Carbonfaser verstärkte Kunststoffe), die ebenfalls in der Flugzeugindustrie weit verbreitet sind, ist es üblich an der Oberfläche des metallischen Werkstücks dreidimensionale Strukturen, meist in Form von kurzen Stäbchen oder Pins, anzuordnen, an welchen die Verbundwerkstoffe befestigt werden können. Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung derartiger dreidimensionaler Strukturen an einer Oberfläche eines metallischen Werkstücks ist beispielsweise aus der AT 506 217 B1 bekannt geworden. Aufgrund der oben erwähnten Unzulässigkeit der Anwendung von Aktivgasen kommt es auch bei der Herstellung derartiger dreidimensionaler Strukturen zu Schwierigkeiten aufgrund der Instabilitäten des Lichtbogens. In der Folge kann die Anbindung der dreidimensionalen Strukturen an der Oberfläche des metallischen Werkstücks unzureichend stabil ausfallen. Gegenmaßnahmen, wie zum Beispiel eine Erhöhung der Lichtbogenleistung, durch welche eine Erhöhung der Wärmeeinbringung resultiert, sind insbesondere bei sehr dünnen Werkstücken (z.B. < 1mm) nicht zielführend, da sie zu unzulässigem Verzug der Werkstücke führen würden.

[0006] Auch wenn die gegenständliche Beschreibung auf Werkstücke aus Titan oder einer Titanlegierung gerichtet ist, sind die Maßnahmen auch bei Werkstücken aus anderen, äquivalenten Materialien, wie zum Beispiel Aluminium, Aluminiumlegierungen, verzinktem Stahl, Chrom-Nickel-Stahl oder dergleichen vorteilhaft.

[0007] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung eines oben genannten Verfahrens und einer oben genannten Vorrichtung zur Herstellung einer Schweißnaht oder einer dreidimensionalen Struktur an einer Oberfläche eines metallischen Werkstücks, bei welchen die Schweißqualität erhöht werden kann. Weiters soll die Positionierung der dreidimensio-

nen Struktur verbessert werden, insbesondere eine Verkleinerung der Abstände der einzelnen dreidimensionalen Strukturen zueinander erreicht werden.

[0008] Gelöst wird die erfindungsgemäße Aufgabe in verfahrensmäßiger Hinsicht dadurch, dass der Laserstrahl vor der Zündung des Lichtbogens aktiviert wird. Durch den Laser mit relativ niedriger Leistung kann der Lichtbogen auch ohne den Einsatz eines Aktivgases stabilisiert werden und verhindert werden, dass der Lichtbogen während des Schweißprozesses um den gewünschten Fußpunkt umherspringt. Durch den Einsatz des niedrigerenergetischen Lasers wird die Oxidschicht an der Oberfläche des Werkstücks verdampft und darüber hinaus die Luft oberhalb der Werkstückoberfläche vorionisiert, wodurch optimale Bedingungen für den Lichtbogen des Schweißprozesses geschaffen werden. Die unterstützende Verwendung eines Lasers stellt eine einfache Maßnahme zur Verbesserung der Schweißergebnisse beim Schweißen von Werkstücken insbesondere aus Titan oder Titanlegierungen dar. Durch den unterstützenden Laserstrahl wird die Stelle, an der die Schweißnaht bzw. Struktur hergestellt werden soll, vorgewärmt und der Kontaktwiderstand verringert, wodurch die Schweißnaht bzw. Struktur mit höherer Qualität hergestellt werden kann. Dadurch, dass der Laserstrahl vor der Zündung des Lichtbogens aktiviert wird, kann die Zündung des Lichtbogens unterstützt werden, da die Werkstückoberfläche durch den Laser vorgewärmt und durch Entfernen allfälliger Oxidschichten gereinigt wird. Beim Herstellen dreidimensionaler Strukturen in Form einzelner Pins, ist der Fußpunkt der Pins schmaler, da der Lichtbogen stabilisiert wird und nicht umherspringt, wodurch in der Folge die dreidimensionalen Strukturen bzw. Pins enger an der Oberfläche des metallischen Werkstücks angeordnet werden können. Würde nämlich der Lichtbogen auf der Oberfläche umherspringen und man möchte die dreidimensionalen Strukturen möglichst nahe aneinander setzen, so kann es passieren, dass der Lichtbogen unkontrolliert auf eine bereits gesetzte dreidimensionale Struktur springt und diese zerstört. Daher konnten bisher die dreidimensionalen Strukturen bei derart schwierigen Materialien nur mit relativ großem Abstand aufgebaut werden, was jedoch nicht vorteilhaft ist, da für eine hohe Festigkeit bzw. Verbindungskraft eines anzubindenden Verbundmaterials möglichst viele derartige dreidimensionale Strukturen benötigt werden.

[0009] Vorteilhafterweise wird der Laserstrahl in Abhängigkeit eines Werts eines Schweißparameters, insbesondere in Abhängigkeit einer Erhöhung des Schweißstroms aktiviert. Somit kann eine Stabilisierung des Lichtbogens synchron mit der Aktivierung des Lichtbogens erfolgen.

[0010] Optimale Ergebnisse können dann erzielt werden wenn der Laser bereits eine vorgegebene Zeitdauer vor der Zündung des Lichtbogens, vorzugsweise 30ms bis 60ms vor der Zündung des Lichtbogens, und während der Zündung des Lichtbogens aktiviert wird. Eine derartige vorlaufende Laserbeaufschlagung ist insbesondere bei einer kontaktlosen Zündung des Lichtbogens bei Werkstücken aus verzinktem Stahl, Aluminium oder dergleichen von Vorteil. Damit wird eine Vorerwärmung und Vorionisierung geschaffen, wodurch der Lichtbogen nach dem Zünden sehr rasch stabilisiert ist.

[0011] Bei der Herstellung von dreidimensionalen Strukturen an der Oberfläche des Werkstücks kann der Laserstrahl zusätzlich zur Unterstützung des Abtrennens des Schweißdrahtes in einer vorgegebenen Höhe von der Oberfläche des Werkstücks auf den Schweißdraht gerichtet und aktiviert werden. Die Einstellung der Höhe der Abtrennung des Schweißdrahts beim Stand der Technik ohne Laserstrahleinwirkung wird vor allem über die Dauer der Abkühlphase nach dem Befestigen des Schweißdrahts an der Oberfläche des Werkstücks definiert, wobei die erreichte Endtemperatur am Ende der Abkühlphase maßgeblich ist. Damit ergeben sich geometrie- und materialabhängige Maximal- und Minimalhöhen. Durch gezieltes Positionieren des Laserstrahls am Schweißdraht in der gewünschten Höhe kann zusätzliche Wärme in den Schweißdraht eingebracht und die Abtrennung des Schweißdrahtes in der gewünschten Höhe unabhängig davon eingestellt werden. Auf diese Weise können dreidimensionale Strukturen, insbesondere Pins, mit einer gewünschten Höhe in optimaler Qualität hergestellt werden. Bei der Unterstützung des Abtrennens des Schweißdrahts bleibt der Schweißbrenner in seiner Position unverändert, wohingegen die Richtung des Laserstrahls verändert wird, d.h. der Laserstrahl von der Oberfläche des Werkstückes auf den Schweißdraht umgelenkt wird.

[0012] Gemäß einem Merkmal der Erfindung wird zum Abtrennen des Schweißdrahtes während der Laserstrahl in der vorgegebenen Höhe von der Oberfläche des Werkstücks auf den Schweißdraht gerichtet und aktiviert wird, der Lichtbogen gelöscht wird bzw. die Stromquelle deaktiviert. Dadurch kann eine exakte Abtrennung des Schweißdrahts bei der definierten Höhe erzielt werden.

[0013] Vorteilhafter Weise kann der Auftreffpunkt bzw. Brennpunkt des Laserstrahls justiert werden. Die Justierung kann manuell, beispielsweise mit entsprechenden Stellschrauben, oder auch automatisch mithilfe entsprechender Antriebe erfolgen. Die Justierung kann auch in der Bearbeitungsoptik des Lasers integriert sein.

[0014] Als Schweißprozess eignet sich insbesondere ein sogenannter CMT (Kalt-Metall-Transfer)-Schweißprozess mit einer Vor-/Rückbewegung des Schweißdrahtes, welcher sich durch besonders geringe Wärmeeinbringung auszeichnet. Ein solches Schweißverfahren ist auch bei besonders dünnen Werkstücken in geeigneter Weise anwendbar, da durch die geringe Wärmeeinbringung in das Werkstück kaum ein Verzug am Werkstück auftritt.

[0015] Als Laserstrahl eignet sich insbesondere ein Infrarot-Laserstrahl.

[0016] Auch wenn die Verwendung von Aktivgasen bei Werkstücken insbesondere aus Titan oder einer Titanlegierung aufgrund der oben beschriebenen Problemen unzulässig ist, können zur Verbesserung der Schweißergebnisse Schutzgase eingesetzt werden, wobei sich Edelgase, insbesondere Argon, besonders eignen.

[0017] Gelöst wird die erfindungsgemäße Aufgabe auch durch eine oben genannte Vorrichtung zur Herstellung einer Schweißnaht oder einer dreidimensionalen Struktur an einer Oberfläche eines metallischen Werkstücks, vorzugsweise aus Titan oder einer Titanlegierung, bei der der Laser mit einer Einrichtung zur Steuerung des Lasers verbunden ist, welche Steuereinrichtung zur Aktivierung des Laserstrahls vor der Zündung des Lichtbogens ausgebildet ist. Zu den dadurch erzielbaren Vorteilen wird auf die obige Beschreibung des Verfahrens zur Herstellung einer Schweißnaht oder einer dreidimensionalen Struktur an einer Oberfläche eines metallischen Werkstücks verwiesen.

[0018] Vorteilhafterweise ist die Steuereinrichtung des Lasers zur Aktivierung des Lasers vor der Zündung des Lichtbogens, vorzugsweise in einer Zeitdauer von 30 ms bis 60 ms vor der Zündung des Lichtbogens, und während der Zündung des Lichtbogens ausgebildet.

[0019] Um den Auftreffpunkt bzw. Brennpunkt des Laserstrahls optimal einstellen zu können, ist vorzugsweise eine Einrichtung zur Justierung des Auftreffpunkts des Laserstrahls vorgesehen. Wie bereits oben erwähnt, kann diese Justiereinrichtung durch mechanische Elemente, wie zum Beispiel Stellschrauben oder elektromechanische Elemente, wie zum Beispiel entsprechende Stellantriebe gebildet sein.

[0020] Wenn eine Einrichtung zur Verstellung des Auftreffpunkts bzw. Brennpunkts des Laserstrahls in einer Richtung normal zur Oberfläche des Werkstücks vorgesehen ist, kann eine Unterstützung des Abtrennens des Schweißdrahts in einer gewünschten Höhe von der Oberfläche des Werkstücks erfolgen.

[0021] Eine derartige Verstelleinrichtung kann durch einen gesteuerten Umlenkspiegel, der vor dem Laser angeordnet wird, gebildet sein. Anstelle eines Umlenkspiegels kann auch eine bewegte Linse, ein Prisma oder dergleichen eingesetzt werden.

[0022] Wie bereits oben erwähnt, ist als Laser vorzugsweise ein Infrarot-Laser zur Aussendung eines Infrarot-Laserstrahls vorgesehen.

[0023] Um das Schweißergebnis weiter verbessern zu können, kann der Schweißbrenner mit einer Leitung zu Zuführung von Argon als Schutzgas verbunden sein.

[0024] Schließlich ist auch eine Ausbildung von Vorteil, bei der zum Abtrennen des Schweißdrahtes die Stromquelle für die Beaufschlagung des Schweißdrahtes mit Energie deaktiviert ist, und der Laserstrahl in einer vorgegebenen Höhe von der Oberfläche des Werkstücks auf den

Schweißdraht fokussiert ist, da dadurch eine Abtrennung des Schweißdrahts exakt in der definierten Höhe erzielt werden kann.

[0025] Die vorliegende Erfindung wird anhand der beigefügten, schematischen Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigen:

- [0026]** Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Schweißvorrichtung;
- [0027]** Fig. 2 eine Ausführungsform einer Vorrichtung zum Herstellen einer Schweißnaht oder einer dreidimensionalen Struktur an einer Oberfläche eines metallischen Werkstücks;
- [0028]** Fig. 3a bis 3d schematisch zeitliche Verläufe eines Verfahrens zum Herstellen einer dreidimensionalen Struktur an einer Oberfläche eines metallischen Werkstücks; und
- [0029]** Fig. 4 schematisch die Herstellung einer dreidimensionalen Struktur mit einer vorgegebenen Höhe an der Oberfläche eines metallischen Werkstücks.

[0030] In Fig. 1 ist eine Schweißvorrichtung 1 für verschiedenste Prozesse bzw. Verfahren, wie z.B. MIG/MAG-, WIG/TIG-, Elektroden-, Doppeldraht/Tandem-Schweißverfahren, Plasma- oder Lötverfahren usw., gezeigt.

[0031] Die Schweißvorrichtung 1 umfasst eine Stromquelle 2 mit einem darin angeordneten Leistungsteil 3, einer Steuervorrichtung 4 und weiteren nicht dargestellten Komponenten und Leitungen, wie beispielsweise einem Umschaltglied, Steuerventile, usw. Die Steuervorrichtung 4 ist beispielsweise mit einem Steuerventil verbunden, welches in einer Versorgungsleitung für ein Schutzgas 5 zwischen einem Gasspeicher 6 und einem Schweißbrenner 7 angeordnet ist.

[0032] Zudem kann über die Steuervorrichtung 4 noch eine Vorrichtung 8 zur Förderung eines Schweißdrahts 9 von einer Vorrattstrommel 10 bzw. einer Drahtrolle in den Bereich des Schweißbrenners 7 angesteuert werden, wie es beispielsweise für das MIG/MAG-Schweißen üblich ist. Selbstverständlich kann die Fördervorrichtung 8 auch in der Schweißvorrichtung 1, insbesondere im Gehäuse 11 der Stromquelle 2, integriert und nicht, wie in Fig. 1 dargestellt, als Zusatzgerät auf einem Fahrwagen 12 positioniert sein. Die Fördervorrichtung 8 für den Schweißdraht 9 kann auch direkt auf der Schweißvorrichtung 1 aufgesetzt werden, wobei das Gehäuse 11 der Stromquelle 2 an der Oberseite zur Aufnahme der Fördervorrichtung 8 ausgebildet ist, und der Fahrwagen 12 entfallen kann.

[0033] Der Schweißdraht 9 kann von einer Fördervorrichtung 8 auch außerhalb des Schweißbrenners 7 an die Prozessstelle zugeführt werden, wobei im Schweißbrenner 7 bevorzugt eine nicht abschmelzende Elektrode angeordnet ist, wie dies beim WIG/TIG-Schweißen üblich ist.

[0034] Der Strom zum Aufbauen eines Lichtbogens 13 zwischen dem Schweißdraht 9 und einem aus einem oder mehreren Teilen gebildeten Werkstück 14 wird über eine Schweißleitung (nicht dargestellt) vom Leistungsteil 3 der Stromquelle 2, dem Schweißbrenner 7 zugeführt. Das Werkstück 14 wird über eine weitere Schweißleitung (nicht dargestellt) für das weitere Potential, insbesondere ein Masse-Kabel, mit der Stromquelle 2 verbunden, wodurch über den Lichtbogen 13 ein Stromkreis für einen Prozess aufgebaut werden kann.

[0035] Zum Kühlen des Schweißbrenners 7 wird dieser über ein Kühlgerät 15 unter Zwischenschaltung allfälliger Komponenten, wie beispielsweise einem Strömungswächter, mit einem Flüssigkeitsbehälter, insbesondere einem Wasserbehälter 16 mit einer Füllstandsanzeige 17, verbunden. Bei Inbetriebnahme des Schweißbrenners 7 wird das Kühlgerät 15, insbesondere eine für die im Wasserbehälter 16 angeordnete Flüssigkeit verwendete Flüssigkeitspumpe, gestartet, wodurch eine Kühlung des Schweißbrenners 7 bewirkt wird. Wie bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel gezeigt, wird das Kühlgerät 15 auf den Fahrwagen 12 positioniert, auf das anschließend die Stromquelle 2 gestellt wird. Die einzelnen Komponenten der Schweißvorrichtung 1, also die Stromquelle 2, das Drahtvorschubgerät 8 und das Kühlgerät 15, sind dabei derart ausgebildet, dass diese entsprechende Vorsprünge bzw. Ausnehmungen aufweisen,

sodass sie sicher aufeinander gestapelt bzw. aufeinander gestellt werden können.

[0036] Die Schweißvorrichtung 1, insbesondere die Stromquelle 2, weist weiters eine Ein- und/oder Ausgabevorrichtung 18 auf, über welche die unterschiedlichsten Schweißparameter, Betriebsarten oder Schweißprogramme des Schweißgerätes 1 eingestellt bzw. aufgerufen und angezeigt werden können. Die über die Ein- und/oder Ausgabevorrichtung 18 eingestellten Schweißparameter, Betriebsarten oder Schweißprogramme werden an die Steuervorrichtung 4 weitergeleitet und von dieser anschließend die einzelnen Komponenten der Schweißvorrichtung 1 angesteuert bzw. entsprechende Sollwerte für die Regelung oder Steuerung vorgegeben. Bei Verwendung eines entsprechenden Schweißbrenners 7 können auch Einstellvorgänge über den Schweißbrenner 7 vorgenommen werden, wozu der Schweißbrenner 7 mit einer Schweißbrenner-Ein- und/oder Ausgabevorrichtung 19 ausgestattet ist. Bevorzugt ist dabei der Schweißbrenner 7 über einen Datenbus, insbesondere einen seriellen Datenbus, mit der Schweißvorrichtung 1, insbesondere der Stromquelle 2 oder der Fördervorrichtung 8 verbunden. Zum Starten des Schweißprozesses weist der Schweißbrenner 7 meist einen Startschalter (nicht dargestellt) auf, durch dessen Betätigung der Lichtbogen 13 gezündet werden kann. Um gegen die vom Lichtbogen 13 ausgehende Hitzestrahlung geschützt zu werden, kann der Schweißbrenner 7 mit einem Hitzeschutzschild 20 ausgestattet werden.

[0037] Beim dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Schweißbrenner 7 über ein Schlauchpaket 21 mit der Schweißvorrichtung 1 verbunden, wobei das Schlauchpaket 21 über einen Knickschutz 22 am Schweißbrenner 7 befestigt sein kann. Im Schlauchpaket 21 sind die einzelnen Leitungen, wie beispielsweise die Versorgungsleitung, Leitungen für den Schweißdraht 9, das Schutzgas 5, den Kühlkreislauf, die Datenübertragung, usw., von der Schweißvorrichtung 1 zum Schweißbrenner 7 angeordnet, wogegen das Masse-Kabel bevorzugt gesondert an der Stromquelle 2 angeschlossen wird. Das Schlauchpaket 21 wird vorzugsweise über eine nicht dargestellte Kupplungsvorrichtung an der Stromquelle 2 oder der Fördervorrichtung 8 angeschlossen, wogegen die einzelnen Leitungen im Schlauchpaket 21 mit einem Knickschutz am bzw. im Schweißbrenner 7 befestigt sind. Damit eine entsprechende Zugentlastung des Schlauchpakets 21 gewährleistet ist, kann das Schlauchpaket 21 über eine Zugentlastungsvorrichtung mit dem Gehäuse 11 der Stromquelle 2 oder der Fördervorrichtung 8 verbunden sein (nicht dargestellt).

[0038] Grundsätzlich müssen für die unterschiedlichen Schweißverfahren bzw. Schweißvorrichtungen 1 nicht alle zuvor benannten Komponenten verwendet bzw. eingesetzt werden. Der Schweißbrenner 7 kann auch als luftgekühlter Schweißbrenner 7 ausgeführt werden und das Kühlgerät 15 entfallen. Die Schweißvorrichtung 1 wird zumindest durch die Stromquelle 2, die Fördervorrichtung 8 und allenfalls das Kühlgerät 15 gebildet, wobei diese Komponenten auch in einem gemeinsamen Gehäuse 11 angeordnet sein können. Es können noch weitere Teile bzw. Komponenten, wie beispielsweise ein Schleifschutz 23 am Drahtvorschubgerät 8 oder ein Optionsträger 24 an einer Haltevorrichtung 25 für den Gasspeicher 6 usw., angeordnet werden.

[0039] Die in Fig. 1 dargestellte Ausführungsform einer Schweißvorrichtung 1 stellt nur eine von vielen Möglichkeiten dar. Insbesondere können die Schweißvorrichtungen 1 hinsichtlich der Zuführung des Schweißdrahts 9, der Länge des Schlauchpakets 21, der Art, Position und Anzahl von Fördervorrichtungen 8 für den Schweißdraht 9, dem Vorhandensein eines Drahtpuffers (nicht dargestellt) und vielem mehr variieren.

[0040] Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform einer Vorrichtung zum Herstellen einer Schweißnaht oder einer dreidimensionalen Struktur 26 an einer Oberfläche eines metallischen Werkstücks 14. Demgemäß ist zur Durchführung des Schweißverfahrens ein Schweißbrenner 7 vorgesehen, welcher mit einer Steuervorrichtung 4 verbunden ist. Im Schweißbrenner 7 wird ein Schweißdraht 9 geführt und zwischen dem Schweißdraht 9 und dem Werkstück 14 ein Lichtbogen 13 gezündet. Zur Stabilisierung des Lichtbogens 13 ist erfindungsgemäß ein Laser 27 zur Aussendung eines Laserstrahls 27 mit einer Leistung von maximal 2000 W, vorzugsweise maximal 400 bis 700 W, angeordnet, mit einem Auftreffpunkt des Laserstrahls 27 an jener Stelle an der Oberfläche des Werkstücks 14, an der die Schweißnaht oder Struktur 26 hergestellt

werden soll. Entsprechend ist auch der Lichtbogen 13 auf diesen Auftreffpunkt gerichtet. Der Laser 27' ist mit einer Einrichtung 28 zur Steuerung des Lasers 27' verbunden, welche zur Aktivierung des Laserstrahls 27 vor, während und/oder nach der Zündung des Lichtbogens 13 ausgebildet ist. Dementsprechend ist die Steuereinrichtung 28 des Lasers 27' mit der Steuervorrichtung 4 des Schweißbrenners 7 bzw. des Schweißgeräts 1 verbunden. Zur Justierung des Auftreffpunkts bzw. Brennpunkts des Laserstrahls 27 kann eine entsprechende Justiereinrichtung 29 vorgesehen sein. Diese Justiereinrichtung 29 kann durch entsprechende Stellschrauben oder Stellantriebe (nicht dargestellt) gebildet sein. Erfindungsgemäß wird durch die Aktivierung des Laserstrahls 27 mit niedriger Leistung der Lichtbogen 13 stabilisiert, wodurch auch bei Werkstücken 14 vorzugsweise aus Titan oder Titanlegierungen gute Schweißergebnisse erzielt werden können. Insbesondere beim Herstellen dreidimensionaler Strukturen 26 an der Oberfläche der Werkstücke 14, beispielsweise für die Verbindung eines Werkstücks 14 aus Titan oder einer Titanlegierung mit Kohlenstoffaserverbundwerkstoffen können gute Ergebnisse und optimale Verbindungen der dreidimensionalen Strukturen 26 mit dem Werkstück 14 erzielt werden.

[0041] Die Fig. 3a bis 3d zeigen schematisch zeitliche Verläufe eines Verfahrens zum Herstellen einer dreidimensionalen Struktur 26 an einer Oberfläche eines metallischen Werkstücks 14. Fig. 3a zeigt im Prinzip die Herstellung einer dreidimensionalen Struktur 26 an der Oberfläche eines metallischen Werkstücks 14. Unter dem schematischen Prinzipbild der Position des Schweißdrahts 9 ist in Fig. 3a der zeitliche Verlauf des Schweißstromes I_w dargestellt. Zum Zünden des Lichtbogens 13 wird der Schweißdraht 9 in Richtung der Oberfläche des Werkstücks 14 bewegt und nach der Kontaktierung des Schweißdrahts 9 mit der Oberfläche des Werkstücks 14 dieser wieder vom Werkstück 14 wegbewegt. Während einer Phase erhöhten Schweißstromes I_w wird der Lichtbogen 13 gezündet (Zeitpunkt t_z). Danach wird mit einem entsprechenden Schweißverfahren, insbesondere einem Kalt-Metall-Transfer-Schweißprozess, insbesondere durch definiertes Erhöhen des Schweißstromes I_w , die Spitze des Schweißdrahts 9 angeschmolzen und mit dem Werkstück 14 verbunden.

[0042] Zum Abtrennen des Schweißdrahts 9 wird nach einer allfälligen Abkühlphase der Schweißdraht 9 wiederum erwärmt, beispielsweise durch einen entsprechenden Stromfluss durch den Schweißdraht 9. Dadurch bildet sich in einem bestimmten Bereich oberhalb des Fußpunktes des durch den an der Werkstückoberfläche angeschmolzenen Schweißdrahts 9 bzw. Pins eine Wärmestelle aus. Wird nunmehr der Schweißdraht 9 und/oder der Schweißbrenner 7 zurück gefördert bzw. bewegt, so kann der Schweißdraht 9 an dieser Stelle getrennt werden. Durch Rückbewegung des Schweißdrahtes 9 und entsprechende Regelung der Schweißparameter, insbesondere des Schweißstromes I_w und der Drahtvorschubgeschwindigkeit v kann ein Abtrennen des Schweißdrahts 9 in einer bestimmten Höhe Δx erfolgen und dadurch eine dreidimensionale Struktur 26 in Form eines Pins hergestellt werden. Allerdings ist diese Wärmestelle nicht exakt definierbar, weshalb sich gewisse Abweichungen in der Höhe der hergestellten dreidimensionalen Strukturen 26 ergeben können.

[0043] In Fig. 3b ist das erfindungsgemäße Verfahren, gemäß dem der Laserstrahl 27 zur Unterstützung der Zündung des Lichtbogens 13 eingesetzt wird, dargestellt. Demgemäß wird vor der Zündung des Lichtbogens 13 zum Zeitpunkt t_z der Laserstrahl 27 aktiviert und dadurch die Zündung des Lichtbogens 13 unterstützt. Bevorzugt wird der Laserstrahl 27 im Wesentlichen gemeinsam mit dem Drahtvorschub aktiviert. Das heißt, dass mit dem Start der Vorwärtsbewegung des Schweißdrahts 9 der Laserstrahl 27 aktiviert wird. Somit sind der Laserstrahl 27 und der Drahtvorschub entsprechend synchronisiert. Durch die Vorionisierung der Luft oberhalb des Werkstücks 14 durch den Laserstrahl 27 kann auch eine kontaktlose Zündung des Lichtbogens 13 erzielt werden. Der positive Einfluss des Laserstrahls 27 auf die Vorionisierung konnte mit Hochgeschwindigkeitsaufnahmen des Schweißprozesses deutlich gezeigt werden, sodass der Lichtbogen 13 exakt in jenem Bereich brennt bzw. gezündet wird, der durch den Laserstrahl 27 vorionisiert ist. Entsprechend wird der Laserstrahl 27 nach der Zündung des Lichtbogens 13 deaktiviert. Die Erkennung des Lichtbogens 13 erfolgt beispielsweise über die Messung der Spannung des Lichtbogens 13 und/oder über die Kurzschlusserkennung. Im Kurzschluss steigt

der Strom entsprechend, wodurch über diese Zustandsänderung der Laserstrahl 27 deaktiviert wird. Ebenso ist im Kurzschlussfall die Spannung null, wobei beim bzw. nach dem Zünden des Lichtbogens 13 die Spannung ansteigt, sodass auch durch Überwachung der Spannung des Lichtbogens 13 die Zündung einfach erkannt werden kann.

[0044] Fig. 3c zeigt das erfindungsgemäße Verfahren, wonach der Laserstrahl 27 eine Zeitdauer Δt vor der Zündung des Lichtbogens 13 und während des gezündeten Lichtbogens 13 aktiviert wird und dadurch die Stabilität des Lichtbogens 13 erhöht werden kann. Der Laserstrahl 27 kann in Abhängigkeit des Vorschubs des Schweißdrahts 9 und/oder aufgrund der Kurzschlusserkennung aktiviert werden. Hierbei ist der Laserstrahl 27 auch während des Kurzschlusses aktiv, wobei in diesem Kurzschluss der Zündphase kein Materialübergang erfolgt. Hierzu wird der Laserstrahl 27 bevorzugt seitlich an den Fußpunkt der Struktur gerichtet, sodass dieser möglichst im Übergangsbereich von der Struktur zum Werkstück 14 einwirkt. Die Zeitdauer Δt welche der Laserstrahl 27 vor der Zündung des Lichtbogens 13 aktiviert wird, beträgt vorzugsweise 30 ms bis 60 ms. Entsprechend wird der Laserstrahl 27 mit dem nächst folgenden Kurzschluss mit Materialübergang deaktiviert. Der Laser 27' kann mit jeder Neuzündung des Lichtbogens 13 aktiviert werden, sodass eine entsprechende Stabilisierung des Lichtbogens 13 gewährleistet ist.

[0045] In Fig. 3d ist eine weitere Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt, wobei der Laserstrahl 27 in einer Richtung normal zur Oberfläche des Werkstücks 14 verstellt wird, sodass die Auftreffposition des Laserstrahls 27 in einer vorgegebenen Höhe Δx von der Oberfläche des Werkstücks 14 am Schweißdraht 9 auftrifft. Durch die Wärmeeinbringung in den Schweißdraht 9 in der vorgegebenen Höhe Δx von der Oberfläche des Werkstücks 14 wird das Abreißen bzw. Abtrennen des Schweißdrahts 9 bei der Rückwärtsbewegung des Schweißdrahts 9 in dieser gewünschten Höhe Δx unterstützt und es können somit dreidimensionale Strukturen 26 mit vorgegebener Höhe Δx hergestellt werden. Zum Abtrennen wird entsprechend der Strom für diese Phase erhöht, sodass der Laserstrahl 27 mit der Stromerhöhung aktiviert und der Stromabsenkung wieder deaktiviert wird. Nach einer entsprechenden Auskühlzeit kann der Laser 27' dann wieder zur Stabilisierung des Lichtbogens 13 aktiviert werden. Im Gegensatz zum Stand der Technik gemäß Fig. 3a kann durch die Unterstützung des Lasers 27' die Stelle, an welcher der Schweißdraht 9 abgetrennt werden soll, exakt eingestellt werden. Wenn der Laserstrahl 27 in der gewünschten Höhe Δx von der Oberfläche des Werkstücks 14 auf den Schweißdraht 9 gerichtet bzw. fokussiert wird, findet an dem Auftreffpunkt eine Erwärmung statt, wodurch sich die durch den Stromfluss durch den Schweißdraht 9 gebildete Wärmestelle exakt an der gewünschten Stelle ausbildet.

[0046] Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform einer Vorrichtung zur Durchführung des zuletzt in Zusammenhang mit Fig. 3d beschriebenen Verfahrens zur Herstellung dreidimensionaler Strukturen 26 in Form von Pins mit einer vorgegebenen Höhe Δx . Zur Verstellung des Laserstrahls 27 in einer Richtung normal zur Oberfläche des Werkstücks 14 ist eine entsprechende Verstellvorrichtung 30 angeordnet. Diese kann durch einen gesteuerten Umlenkspiegel 31 gebildet sein. Über den Umlenkspiegel 31 wird der Laserstrahl 27 abgelenkt und an die gewünschte Stelle am Schweißdraht 9 gerichtet und dort entsprechende Wärme eingebracht. Bei der Rückwärtsbewegung des Schweißdrahtes 9 wird der Schweißdraht 9 an der gewünschten Stelle abgerissen beziehungsweise abgetrennt und es resultiert ein Pin mit der gewünschten Höhe Δx . Auf diese Weise kann eine Vielzahl von Pins an der Oberfläche eines Werkstücks 14 hergestellt werden, die beispielsweise zur Verbindung des metallischen Werkstücks 14 mit CFK-Verbundwerkstoffen in der Flugzeugtechnik oder im Schiffsbau dienen können.

[0047] Auch kann bei Ausrichtung bzw. Fokussierung des Laserstrahls 27 auf den Schweißdraht 9 die Energiezuführung über die Stromquelle 2 unterbrochen, d.h. die Stromquelle 2 deaktiviert bzw. der Lichtbogen 13 gelöscht werden und der Schweißdraht 9 vom Laserstrahl 27 in der vorgegebenen Höhe Δx abgetrennt werden.

[0048] Wesentlich bei der erfindungsgemäßen Lösung ist, dass mit dem Laserstrahl 27 ein definierter Bereich am Werkstück 14 ionisiert und gegebenenfalls erwärmt wird, sodass der

Lichtbogen 13 exakt in diesem Bereich gezündet wird und auch innerhalb dieses Bereichs brennt. Somit wird eine exakte Positionierung des Lichtbogens 13 erzielt, der nicht auf der Oberfläche des Werkstückes 14 umherwandert, wie dies beim Stand der Technik ohne Ionisierung und Erwärmung der Fall ist. Durch dieses sogenannte „Einschnüren“ des Lichtbogens 13 können dreidimensionale Strukturen 26 bzw. Pins sehr eng nebeneinander gesetzt werden, da der Lichtbogen 13 nicht mehr die Tendenz hat, auf der Oberfläche des Werkstücks 14 umherzuwandern. Würde nämlich der Lichtbogen 13 umherwandern, wie diese beim Stand der Technik der Fall ist, so müssten die dreidimensionalen Strukturen 26 bzw. Pins in einem ausreichenden Abstand zueinander positioniert werden, sodass der umherwandernde Lichtbogen 13 nicht auf die benachbarten Strukturen 26 bzw. Pins treffen kann. Würde der Lichtbogen 13 bei einem bereits gesetzten Pin auftreffen, würde dieser Pin zerstört, da dieser aufgrund der Wärmeeinwirkung vom Lichtbogen 13 geschmolzen würde. Somit muss sichergestellt sein, dass der Lichtbogen 13 immer auf der gewünschten Stelle auf der Oberfläche des Werkstückes 14 brennt und nicht auf einen anderen bereits gesetzten Pin überspringen kann. Dazu kann entsprechend des verwendeten Materials die Intensität des Laserstrahls 27 für die Ionisierung und Erwärmung angepasst werden. Auch kann bei sehr nahe aneinander zu setzenden Pins die Laserleistung erhöht werden, um einen sehr engen hoch ionisierten Bereich zu schaffen.

Patentansprüche

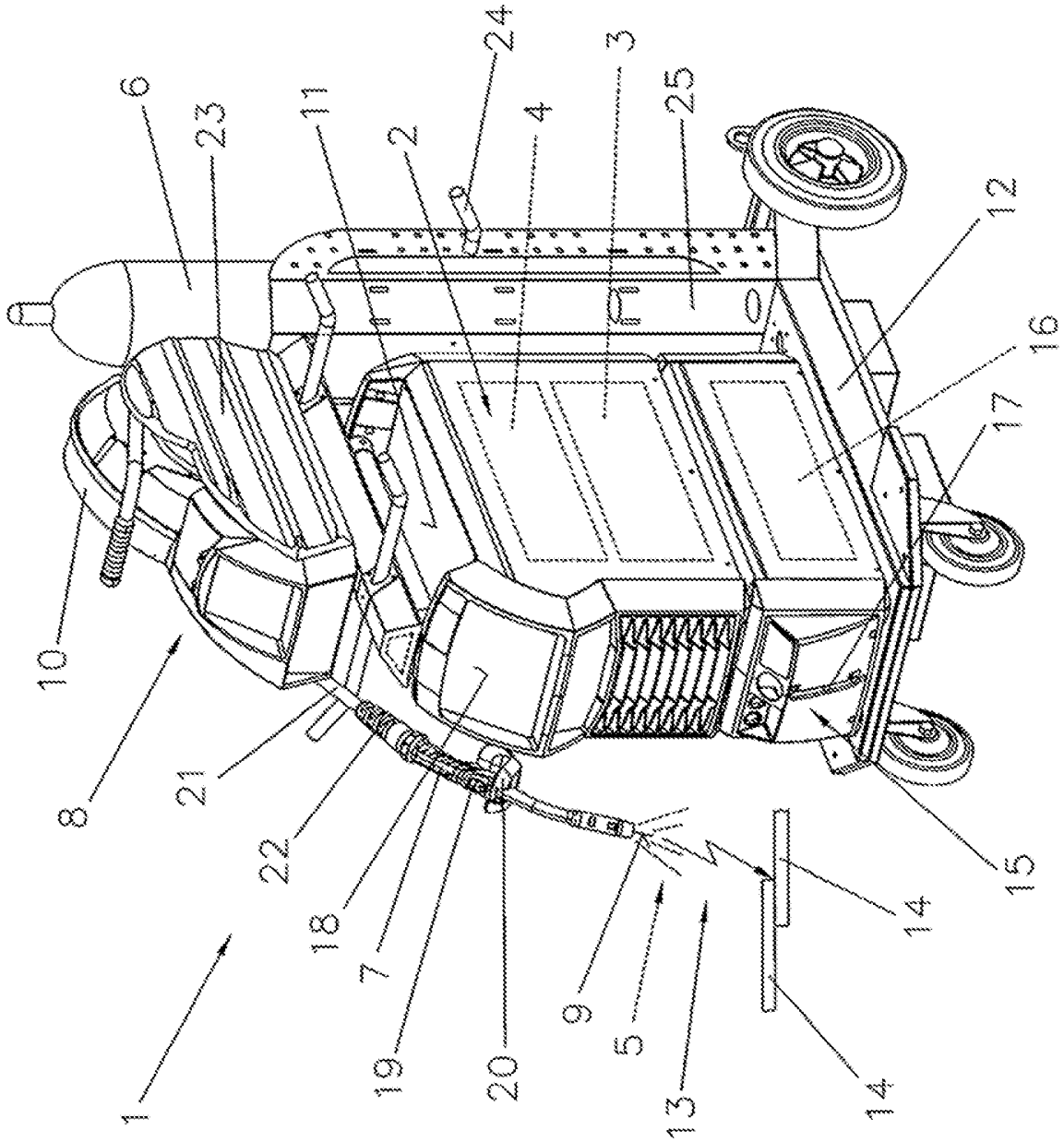
1. Verfahren zur Herstellung einer Schweißnaht oder einer dreidimensionalen Struktur (26) an einer Oberfläche eines metallischen Werkstücks (14), vorzugsweise aus Titan oder einer Titan-Legierung, mit Hilfe eines Schweißprozesses, wobei zwischen einem in einem Schweißbrenner (7) geführten Schweißdraht (9) und dem Werkstück (14) ein Lichtbogen (13) gezündet wird, und mit dem Schweißdraht (9) die Schweißnaht oder Struktur (26) hergestellt wird, wobei zur Stabilisierung des Lichtbogens (13) ein Laserstrahl (27) mit einer Leistung von maximal 2000 W verwendet wird, welcher Laserstrahl (27) an jene Stelle an der Oberfläche des Werkstücks (14) gerichtet wird, an der die Schweißnaht oder Struktur (26) hergestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Laserstrahl (27) vor der Zündung des Lichtbogens (13) aktiviert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Laserstrahl (27) in Abhängigkeit eines Werts eines Schweißparameters, insbesondere in Abhängigkeit einer Erhöhung des Schweißstroms (I_w), aktiviert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Laserstrahl (27) eine vorgegebene Zeitdauer (Δt) vor der Zündung des Lichtbogens (13), vorzugsweise 30ms bis 60ms vor der Zündung des Lichtbogens (13), und während der Zündung des Lichtbogens (13) aktiviert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Unterstützung des Abtrennens des Schweißdrahtes (9) der Laserstrahl (27) in einer vorgegebenen Höhe (Δx) von der Oberfläche des Werkstücks (14) auf den Schweißdraht (9) gerichtet und aktiviert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Abtrennen des Schweißdrahtes (9) während der Laserstrahl (27) in der vorgegebenen Höhe (Δx) von der Oberfläche des Werkstücks (14) auf den Schweißdraht (9) gerichtet und aktiviert wird, der Lichtbogen (13) gelöscht wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Auftreffpunkt des Laserstrahls (27) justiert wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Schweißprozess ein CMT (Kalt-Metall-Transfer)-Schweißprozess mit einer Vor-/Rückbewegung des Schweißdrahtes (9) verwendet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Laserstrahl (27) ein Infrarot-Laserstrahl verwendet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass Argon als Schutzgas (5) verwendet wird.
10. Vorrichtung (1) zur Herstellung einer Schweißnaht oder einer dreidimensionalen Struktur (26) an einer Oberfläche eines metallischen Werkstücks (14), vorzugsweise aus Titan oder einer Titanlegierung, mit Hilfe eines Schweißbrenners (7) zur Durchführung eines Schweißprozesses mit einem im Schweißbrenner (7) geführten Schweißdraht (9), wobei zwischen dem Schweißdraht (9) und dem Werkstück (14) ein Lichtbogen (13) gezündet ist, und zur Stabilisierung des Lichtbogens (13) ein Laser (27') zur Aussendung eines Laserstrahls (27) mit einer Leistung von maximal 2000 W angeordnet ist, mit einem Auftreffpunkt an jener Stelle an der Oberfläche des Werkstücks (14), an der die Schweißnaht oder Struktur (26) hergestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Laser (27') mit einer Einrichtung (28) zur Steuerung des Lasers (27) verbunden ist, welche Steuereinrichtung (28) zur Aktivierung des Laserstrahls (27) vor der Zündung des Lichtbogens (13) ausgebildet ist.
11. Vorrichtung (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (28) zur Aktivierung des Laserstrahls (27) vor der Zündung des Lichtbogens (13), vorzugsweise in einer Zeitdauer (Δt) von 30ms bis 60ms vor der Zündung des Lichtbogens (13), und während der Zündung des Lichtbogens (13) ausgebildet ist.

12. Vorrichtung (1) nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Einrichtung (29) zur Justierung des Auftreffpunkts des Laserstrahls (27) vorgesehen ist.
13. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Einrichtung (30) zur Verstellung des Auftreffpunkts des Laserstrahls (27) in einer Richtung normal zur Oberfläche des Werkstücks (14) vorgesehen ist.
14. Vorrichtung (1) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstelleinrichtung (30) durch einen gesteuerten Umlenkspiegel (31) gebildet ist.
15. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Laser (27') ein Infrarot-Laser zur Aussendung eines Infrarot-Laserstrahls vorgesehen ist.
16. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 10 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schweißbrenner (7) mit einer Leitung (32) zur Zuführung von Argon als Schutzgas (5) verbunden ist.
17. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Abtrennen des Schweißdrahts (9) in einer vorgegebenen Höhe (Δx), während der Laserstrahl (27) in einer vorgegebenen Höhe (Δx) von der Oberfläche des Werkstücks (14) auf den Schweißdraht (9) gerichtet und aktiviert ist, eine Stromquelle zur Bildung des Lichtbogens (13) deaktiviert ist.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

1/5

Fig.1



2/5

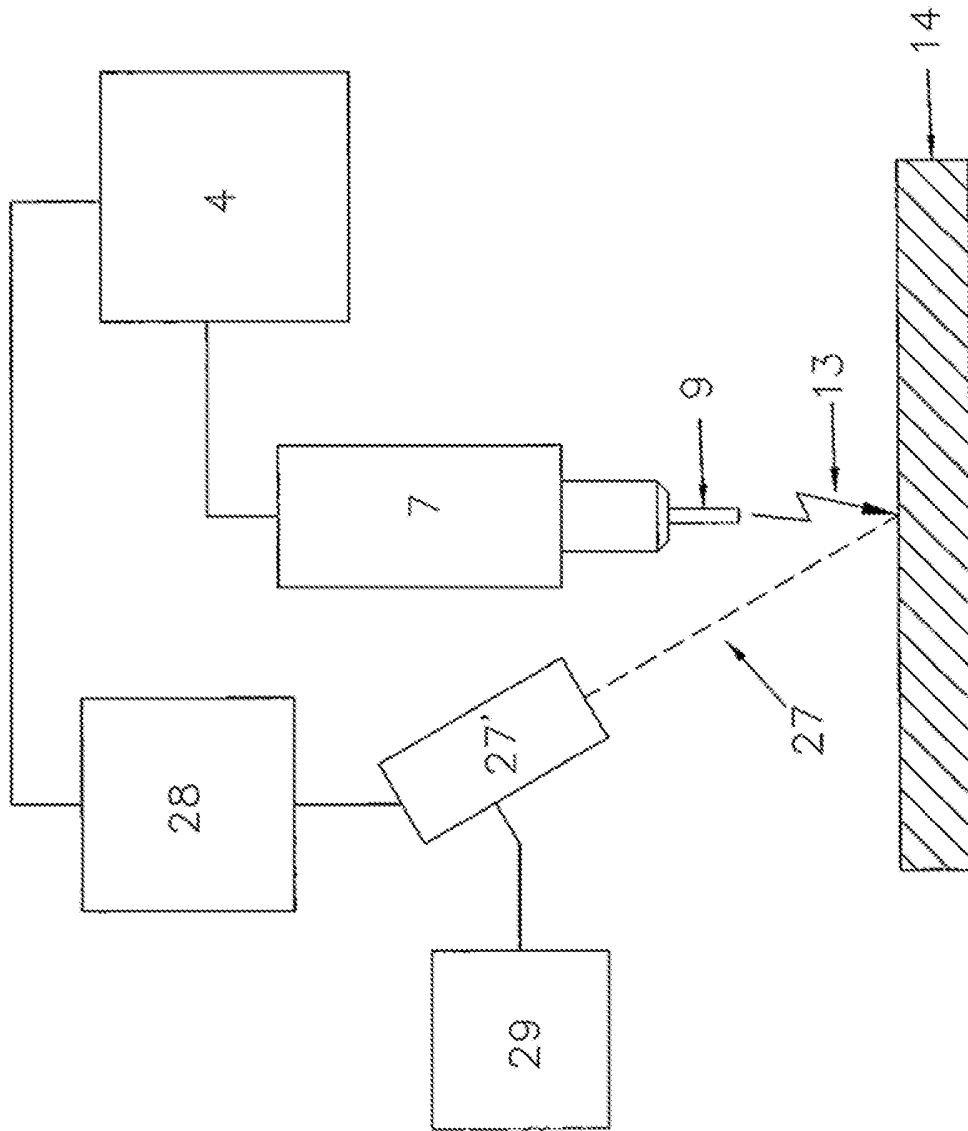


Fig. 2

Fig.3a

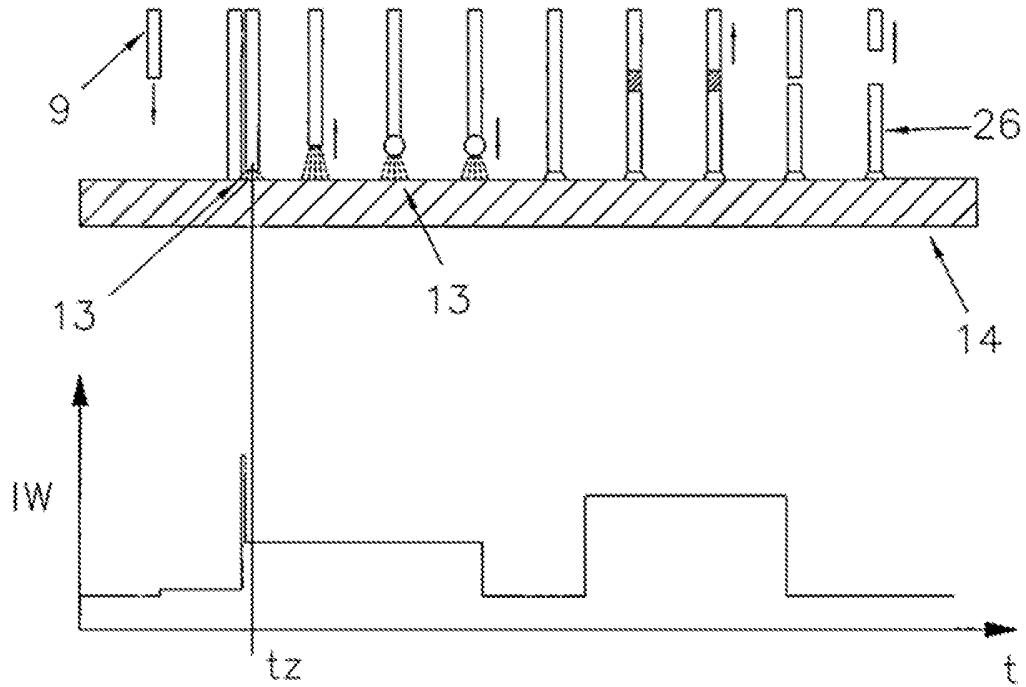
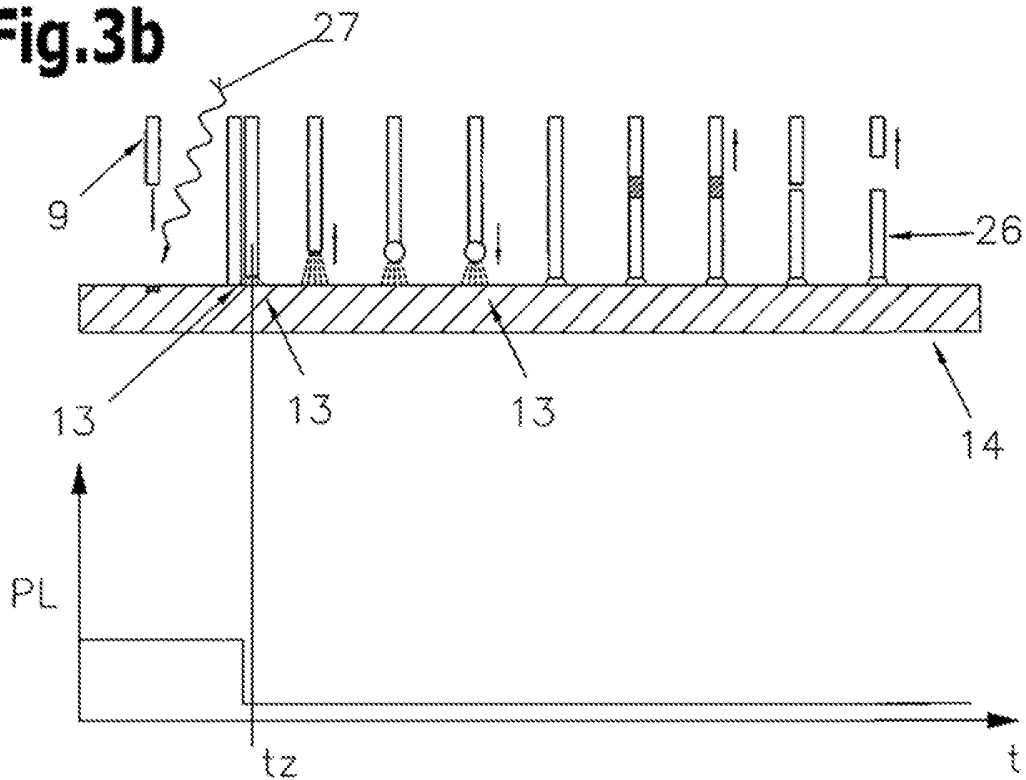


Fig.3b



4/5

Fig.3c

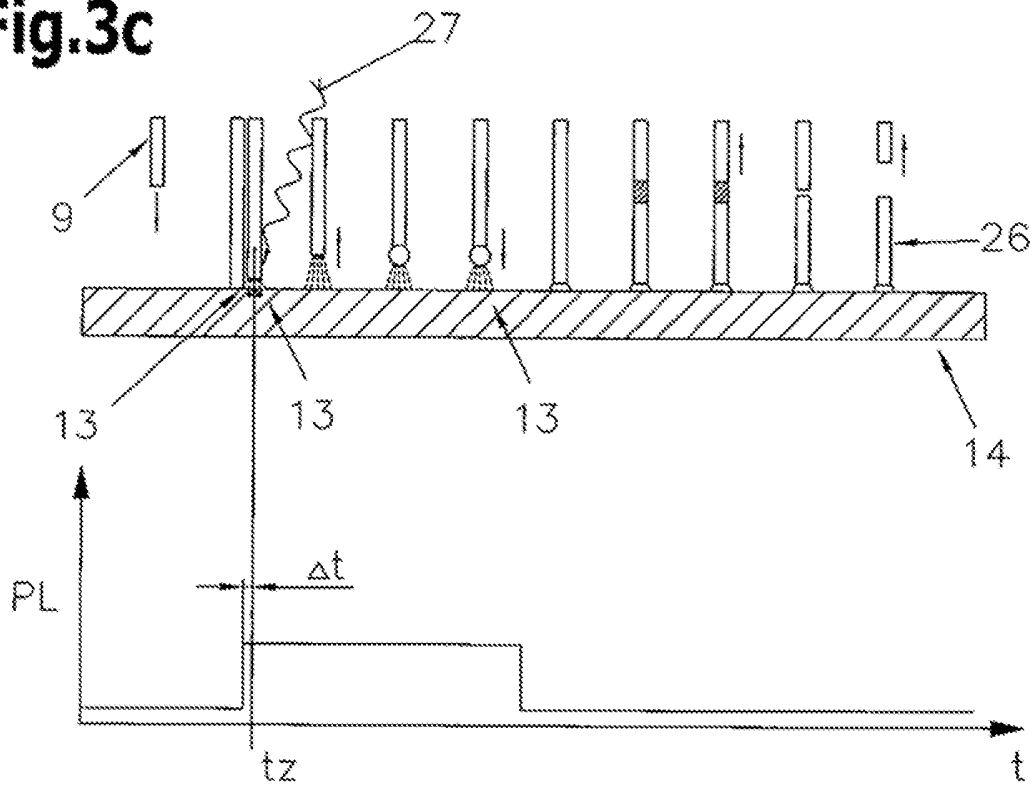
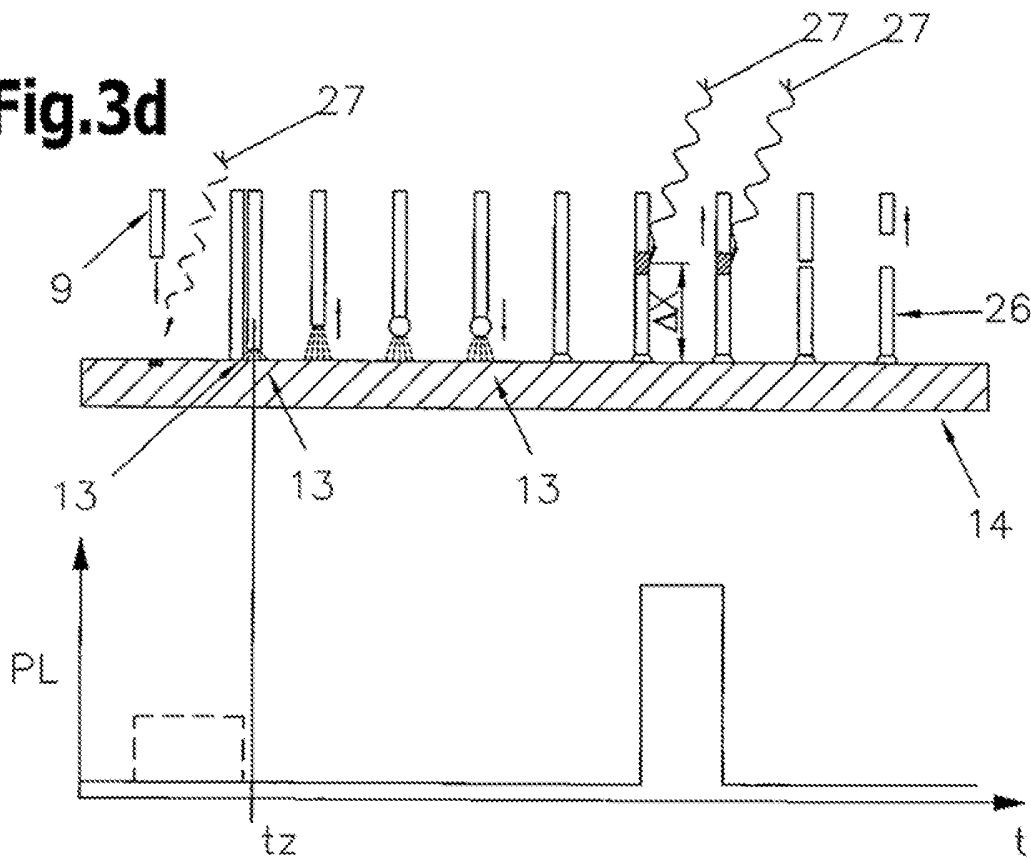


Fig.3d



5/5

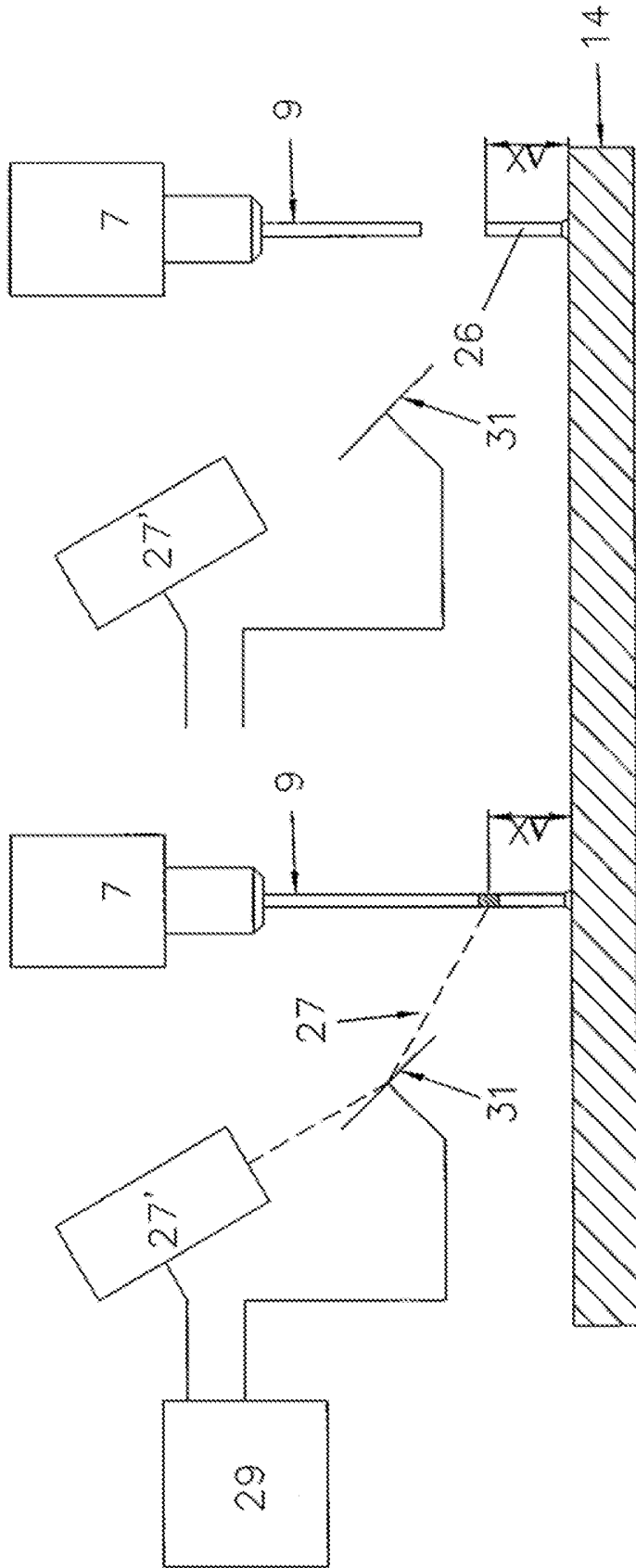


Fig. 4