

**AT 412 456 B**



(19)

REPUBLIK  
ÖSTERREICH  
Patentamt

(10) Nummer:

**AT 412 456 B**

(12)

## PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 541/2003

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **B23K 26/00**

(22) Anmeldetag: 07.04.2003

B23K 9/00

(42) Beginn der Patentdauer: 15.08.2004

(45) Ausgabetag: 25.03.2005

(56) Entgegenhaltungen:

US 6531861B1 US 5877960 JP 10180446A

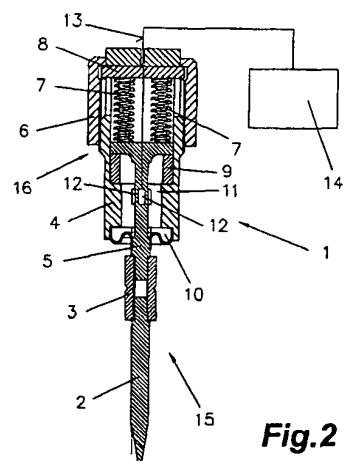
(73) Patentinhaber:

FRONIUS INTERNATIONAL GMBH  
A-4643 PETTENBACH, OBERÖSTERREICH  
(AT).

### (54) NAHTVERFOLGUNGSSENSOR

(57)

Die Erfindung betrifft einen Nahtverfolgungssensor (1) für Schweißroboter zum Nachführen einer Bearbeitungsbahn an Werkstücken, mit einer Sensorspitze (2), die mit dem Werkstück in Berührung steht und mit Messmitteln zur Aufnahme der Abweichung von der Bearbeitungsbahn. Zur Schaffung eines derartigen Nahtversorgungssensors (1) mit einem sehr einfachen und kompakten Aufbau ist vorgesehen, dass ein an sich bekannter DMS-Aufnehmer 5 für zumindest ein Messelement 11 mit der Sensorspitze 2 zur Bildung eines Biegebalkens 15 verbunden ist, so dass mit dem zumindest einen Messelement 11 eine elastische Verformung des Biegebalkens 15 aufgenommen werden kann, wobei der Biegebalken 15 federnd gelagert und bzw. oder in sich federnd ausgebildet ist.



**Fig.2**

Die Erfindung betrifft einen Nahtverfolgungssensor für Schweißroboter zum Nachführen einer Bearbeitungsbahn an Werkstücken mit einer Sensorspitze, die mit dem Werkstück in Berührung steht und mit Messmitteln zur Aufnahme der Abweichung von der Bearbeitungsbahn.

Auf Grund des steigenden Automatisierungsgrades in Produktionsbetrieben gewinnen Roboter gestützte Schweißsysteme immer mehr an Bedeutung. Hierzu ist es jedoch erforderlich, dass in der Schweißtechnologie der Roboterkopf entlang der Schweißnaht geführt wird. Die Vorteile solcher Systeme liegen in der hohen Wirtschaftlichkeit und der sehr guten Reproduzierbarkeit. Diese Reproduzierbarkeit kann jedoch nur dann erreicht werden, wenn die Abmessungen der Bauteile bzw. der Spannvorrichtungen eingehalten werden und damit die Differenz zwischen Bauteilgeometrie und der programmierten Bahn nahezu Null ist. Moderne Schweißverfahren, wie beispielsweise das Laserhybrid-Schweißen bzw. Laserlöten, sind besonders auf hohe Maßhaltigkeit angewiesen, da die Schweißparameter, wie Abstand zum Bauteil und seitlicher Versatz, exakt eingehalten werden müssen.

Um dennoch die hohen Qualitätsanforderungen der Betreiber solcher Anlagen einzuhalten, gibt es verschiedene Sensorsysteme, die Abweichungen von der Schweißnaht Online erfassen.

Eine sehr billige und effiziente Methode zur Nahtverfolgung ist die Verwendung des Schweißlichtbogens als Sensor. Dabei werden Veränderungen im Schweißstrom gemessen und zur Längsregelung herangezogen. Die dabei gemessenen Ströme sind indirekt proportional zur Lichtbogenlänge, wodurch der Abstand zur Schweißnahtkontur berechnet werden kann. Die seitliche Lage der Schweißnaht wird über eine Pendelbewegung des Roboters bestimmt. Durch diese Bewegung des Schweißkopfes erhält man ein oszillierendes Schweißstromsignal, mit dem auf die laterale Position der Schweißnaht geschlossen werden kann. Der Abstand zum Werkstück äußert sich dabei als Offset im Signalverlauf. Das größte Problem dieses Sensorsystems liegt in der richtigen Auswertung der Signale. Bei sinkender Blechdicke wird die Bestimmung der lateralen Position immer schwerer, da der Unterschied zwischen Messsignal und Rauschen immer geringer wird.

Weiters sind für die Nahtverfolgung noch optische Systeme bekannt, wobei hierbei eine Kamera zur Aufnahme der Schweißnaht angeordnet wird und das aufgenommene Bild ausgewertet wird. Problematisch wirken sich bei diesem optischen Messsystem die Störeinflüsse des Schweißprozesses aus. Besonders aufsteigender Rauch, Schweißspritzer und natürlich das grelle Licht des Lichtbogens erschweren das richtige Erkennen der Schweißnaht. Ein weiteres Problem optischer Systeme sind die hohen Datenmengen. Moderne Computer haben bis zum heutigen Zeitpunkt Schwierigkeiten ein 14 Mbyte/s Signal, wie es beispielsweise bei den aus dem Stand der Technik bekannten Systemen mit Kameras geliefert wird, in Echtzeit auszuwerten, wodurch hohe Hardwarekosten entstehen.

Weiters werden taktile Sensoren zur Nahtverfolgung eingesetzt. Diese arbeiten hauptsächlich nach dem Prinzip der elektrischen Abtastung, indem ein Abtaststift über die Schweißfuge gezogen wird und ein Signal abgegeben wird, das der Auslenkung entspricht. Auf Grund ihres berührenden Messprinzips sind sie sehr störsicher und arbeiten daher auch bei schwierigen Umgebungsbedingungen sehr zuverlässig. Grundsätzlich sind taktile Sensoren für jedes Schweißverfahren geeignet. Wie bei allen anderen Nahtverfolgungssensoren können auch elektrische Tastfinger nicht alle Nahtgeometrien verfolgen. Speziell Stumpfstöße mit einer Spaltbreite unter 1 mm sind mechanisch kaum zu erfassen.

Die aus dem Stand der Technik bekannten taktilen Sensoren zur Nahtverfolgung arbeiten mit Differentialwandlern. Dabei wird über eine spezielle Mechanik die Auslenkung des Tastfingers an einen Eisenkern übertragen, der sich innerhalb von Spulen bewegt, deren Ausgangssignal entsprechend der Lage des Eisenkerns verändert wird. Bei derartigen taktilen Sensoren ist die Mechanik des Sensors relativ aufwendig, was sich negativ auf die Baugröße auswirkt, wodurch ein großer Abstand zur Schweißstelle resultiert.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Nachführen von Werkzeugen mittels Kantenverfolgung an einem zu bearbeitenden Werkstück ist aus der DE 196 15 069 A1 bekannt. Das Werkzeug wird dabei von einer Handhabungsvorrichtung bzw. einem Roboter entlang einer Bearbeitungsbahn am Werkstück bewegt. Ein Messtaster zur Erfassung der Ist-Lage der Kante wird in einem bestimmten Abstand zur Bearbeitungsstelle des Werkzeuges, der Bearbeitungsteile vorlaufend, an der Kante des Werkstückes entlang geführt. Eine Steuervorrichtung, die mit dem Messtaster verbunden ist und die Messdaten des Messtasters mit den vorgegebenen Daten der Bearbeitungsbahn.

bahn vergleicht und auswertet, erzeugt Steuersignale, welche einer Antriebsvorrichtung zugeführt werden. Die Antriebsvorrichtung führt das Werkzeug senkrecht (Z-Achse) zur Oberfläche des Werkstückes und/oder quer (Y-Achse) zur Bearbeitungsrichtung des Werkzeuges von der erfassten Ist-Lage der Kante des Werkstückes nach.

5 Ein weiteres Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen des Schweißverlaufs ist aus der US 5 877 960 A bekannt, bei dem optische Sensoren die Schweißnaht vor und nach dem Schweißkopf erfassen und bei Abweichungen der Schweißnaht von der gewünschten Bahn eine entsprechende Korrektur vorgenommen wird.

10 Die JP 10-180446 A zeigt ein Schweißgerät mit einem Detektor, der Abweichungen des Schweißbrenners von der gewünschten Schweißnaht erfasst. Über den Aufbau des Detektors ist keine Information enthalten.

15 Eine Möglichkeit zur Erfassung der Verformung eines Stabes ist aus der US 6 531 861 B1 bekannt, wobei an einem einseitig eingespannten Stab am Umfang mehrere Dämmungsmessstreifen angeordnet sind, welche eine Verformung des Stabes aufgrund einer an dessen freien Ende einwirkenden Kraft erfassen können.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung eines Nahtverfolgungssensors der angegebenen Art, mit einem sehr einfachen und kompakten Aufbau.

20 Die erfindungsgemäßen Aufgaben werden dadurch gelöst, dass ein an sich bekannter DMS-Aufnehmer für zumindest ein Messelement mit der Sensorspitze zur Bildung eines Biegebalken verbunden ist, so dass mit dem zumindest einen Messelement eine elastische Verformung des Biegebalkens aufgenommen werden kann, wobei der Biegebalken federnd gelagert und bzw. oder in sich federnd ausgebildet ist. Durch den Kontakt der Sensorspitze mit dem Werkstück entstehen in der Sensorspitze und in der Folge in dem mit der Sensorspitze verbundenen DMS-Aufnehmer mechanische Spannungen, welche durch das zumindest eine Messelement erfasst werden. Somit 25 können Auslenkungen des durch die Sensorspitze und den DMS-Aufnehmer gebildeten Biegebalkens direkt festgestellt werden. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass dadurch eine sehr kleine Baugröße des Sensors geschaffen wird. Durch die federnde Lagerung des Biegebalkens und bzw. oder in sich federnde Ausbildung des Biegebalkens wird eine Erhöhung des Messweges erreicht. Dabei ist das zumindest eine Messelement vorteilhafterweise in einem Gehäuse angeordnet.

30 Es ist aber auch eine Ausbildung von Vorteil, bei der das Messelement durch einen Dehnungsmessstreifen gebildet ist, da dadurch eine sehr einfache Auswertung der Biegebewegung möglich ist und ein kostengünstiger Aufbau geschaffen wird.

35 Von Vorteil ist eine Ausgestaltung, bei der der DMS-Aufnehmer über eine Sollbruchstelle mit der Sensorspitze verbunden ist. Durch die elektrisch isolierende Ausbildung der Sollbruchstelle kann der Grundkörper bzw. das Gehäuse des Nahtverfolgungssensors von der Sensorspitze, die mit dem stromführenden Werkstück in Verbindung steht, galvanisch getrennt werden. Somit können keine Störströme auf Messelemente bzw. auf die Auswerteelemente einwirken.

40 Alternativ dazu kann der DMS-Aufnehmer über eine Biegefeder mit der Sensorspitze verbunden sein, wodurch ein Ausweichen der Sensorspitze über die Biegefeder ermöglicht wird.

45 Im Gehäuse kann ein Federelement, insbesondere eine Druckfeder, angeordnet sein, das Aufnehmer gegen einen Auflagering drückt, so dass der DMS-Aufnehmer bzw. der Biegebalken bei Angriff einer Normalkraft an der Sensorspitze die größer ist als die Federkraft des Federelements, insbesondere der Druckfeder, vom Auflagering abhebt. Dadurch kann ein wesentlich größerer Biegeweg erreicht werden und bei zu großer Krafteinwirkung auf die Sensorspitze eine Beschädigung des Nahtverfolgungssensors vermieden werden.

50 Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung sind die Messelemente über Leitungen mit einer Auswerteelektronik verbunden. Wenn die Auswerteelektronik innerhalb des Gehäuses des Nahtverfolgungssensors angeordnet ist, entsteht ein kompakter Aufbau.

Alternativ dazu kann die Auswerteelektronik natürlich auch extern angeordnet sein.

55 Wenn am Gehäuse eine Überwurfmutter samt einer Verstellscheibe angeordnet ist, kann eine Verstellung der Vorspannung des Federelements, insbesondere der Druckfeder, durchgeführt und die Empfindlichkeit des Nahtverfolgungssensors in einfacher Form eingestellt werden.

Von Vorteil ist eine Ausbildung, bei der die Verstellung der Vorspannung des Federelements bzw. der Druckfeder derart erfolgt, dass die Überwurfmutter über ein Gewinde mit dem Gehäuse verbunden ist, so dass durch entsprechendes Verdrehen der Überwurfmutter das Federelement,

insbesondere die Druckfeder, zusammenpressbar ist. Dadurch wird ein sehr einfacher und kosten-günstiger Aufbau erreicht.

Vorteilhafterweise weist die Sensorspitze, der DMS-Aufnehmer sowie allenfalls die Sollbruchstelle oder die Biegefeder, die Verstellscheibe und die Überwurfmutter eine Bohrung zur Durchführung eines Schweißdrahtes bzw. Lötdrahtes auf. Dadurch kann der Nahtverfolgungssensor direkt für die Zuführung des Schweißdrahtes verwendet werden und kann dieser somit sehr nahe am Bearbeitungsprozess, insbesondere Lötprozess, positioniert werden.

Weitere Vorteile zu den einzelnen Ansprüchen sind aus der Beschreibung zu entnehmen.

Die vorliegende Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen, welche Ausführungsbeispiele des Nahtverfolgungssensors zeigen, näher erläutert.

Darin zeigen:

Fig. 1 eine schematische perspektivische Darstellung eines Nahtverfolgungssensors;

Fig. 2 eine Schnittdarstellung des Nahtverfolgungssensors in vereinfachter, schematischer Darstellung;

Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Nahtverfolgungssensors in vereinfachter, geschnittener, schematischer Darstellung; und

Fig. 4 ein anderes Ausführungsbeispiel eines Nahtverfolgungssensors in vereinfachter, geschnittener, schematischer Darstellung.

In den Fig. 1 und 2 ist ein Nahtverfolgungssensor 1 dargestellt, der im Wesentlichen aus den Teilen Sensorspitze 2, Sollbruchstelle 3, Gehäuse 4, DMS-Aufnehmer 5, Überwurfmutter 6, Druckfeder 7, Verstellscheibe 8, Auflagering 9 und einer Gummimuffe 10 besteht. Weiters sind Messelemente 11 zur Erfassung einer Biegebewegung am DMS-Aufnehmer 5 befestigt. Selbstverständlich ist es möglich, dass der Auflagering 9 direkt durch das Gehäuse 4 ausgebildet wird. Es ist auch möglich, dass die Verstellscheibe 8 von der Überwurfmutter 6 verwirklicht wird.

Auf Grund eines physischen Kontaktes zwischen Tastfinger bzw. Sensorspitze 2 und Bauteil bzw. Werkstück (nicht dargestellt), entstehen in der Sensorspitze 2 und somit auch am DMS-Aufnehmer 5 mechanische Spannungen. Je nach Auslenkung der Sensorspitze 2 ändert sich die Anpresskraft und in weiterer Folge die mechanischen Spannungen. Eine einfache und kostengünstige Möglichkeit Spannungen bzw. Dehnungen in Bauteilen zu messen, sind Dehnungsmessstreifen 12, wie dies schematisch in Fig. 2 eingezeichnet ist. Diese bestehen aus einer Grundfolie, auf die mäanderförmige Leiterbahnen aufgedampft sind. Die Dehnungsmessstreifen 12 haben die Eigenschaft, dass sie bei minimaler Stauchung bzw. Dehnung den Widerstand ändern. Werden also die Dehnungsmessstreifen 12 auf einen Tastfinger aufgeklebt, sind sie in der Lage minimale elastische Verformungen im Tastfinger zu erkennen und als Widerstandsänderung auszugeben.

Die Dehnungsmessstreifen 12 werden bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel als Messelemente 11 eingesetzt und dienen zur Gewinnung eines Z-Signals und eines X-Signals. Dabei werden die Dehnungsmessstreifen 12 in einfacher Form am DMS-Aufnehmer 5 befestigt bzw. aufgeklebt.

Bei den Ausführungsbeispielen werden bevorzugt vier Messelemente 11 bzw. Dehnungsmessstreifen 12 eingesetzt, welche über Leitungen 13 mit einer Auswerteelektronik 14, wie schematisch bei einem Dehnungsmessstreifen 12 angedeutet, verbunden sind. Die Auswerteelektronik 14 kann innerhalb des Gehäuses 4 des Nahtverfolgungssensors 1 oder auch extern angeordnet sein. Selbstverständlich ist es möglich weniger bzw. mehr Dehnungsmessstreifen 12 einzusetzen.

Wie aus dem Ausführungsbeispiel ersichtlich, wird ein sehr kompakter Aufbau mit wenigen Teilen geschaffen, wodurch die Baugröße des Nahtverfolgungssensors 1 sehr klein gehalten werden kann. Dadurch wird erreicht, dass der Nahtverfolgungssensor 1 sehr nahe an der Bearbeitungsstelle, also beispielsweise am Schweißprozess, positioniert werden kann und somit eine sehr gute und exakte Positionserkennung und Nahtverfolgung eines Schweißkopfes (nicht dargestellt) ermöglicht wird.

Weiters bildet der DMS-Aufnehmer 5 samt Sollbruchstelle 3 und Sensorspitze 2 einen Biegebalken 15. Dieser wird über ein Federelement, beispielsweise über Druckfedern 7, gegen den Auflagering 9 gedrückt. Greift nun eine Normalkraft an der Sensorspitze 2 an, so wird sich der DMS-Aufnehmer 5 wie ein Biegebalken 15 elastisch verformen. Ist die Normalkraft größer als die Federkraft der Druckfedern 7, so hebt der DMS-Aufnehmer 5 vom Auflagering 9 ab. Durch diese Maßnahme wird der Messweg wesentlich erhöht.

Der Einsatz des Nahtverfolgungssensors 1 erfolgt derartig, dass die Sensorspitze 2 entlang

eines Werkstückes, insbesondere an Kanten der zu verschweißenden bzw. zu bearbeitenden Kanten des Werkstückes geführt wird. Zu diesem Zweck wird die Sensorspitze 2 leicht an das Werkstück angedrückt und von den Messelementen 11 ein bestimmtes Signal erzeugt. Anschließend folgt die Sensorspitze 2 der Naht, wobei bei Abweichung der Sensorspitze 2 von der Naht ein

5 Korrektursignal vom Nahtverfolgungssensor 1 bzw. der Auswertelektronik 14 ermittelt wird und somit eine Korrektur des Bearbeitungskopfes bzw. des Schweißkopfes vorgenommen werden kann. Bevorzugt erfolgt die Bearbeitung des Werkstückes über einen Roboter (nicht dargestellt), bei dem eine entsprechende Bearbeitungsbahn programmiert wird und diese über den Nahtverfolgungssensor 1 überwacht und gegebenenfalls korrigiert wird. Bevorzugt wird dabei der Nahtverfolgungssensor 1 am Schweißbrenner oder am Schweißkopf (nicht dargestellt) befestigt.

10 Die Überwurfmutter 6 samt Verstellscheibe 8 dient zur Verstellung der Vorspannung der Druckfedern 7. Dadurch kann die Kraft, bei der sich der DMS-Aufnehmer 5 vom Auflagering 9 abhebt, eingestellt werden. Somit kann über die Überwurfmutter 6 bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel die Auslenkkraft des über die Teile Sensorspitze 2, Sollbruchstelle 3 und DMS-Aufnehmer gebildeten Biegebalkens 15 eingestellt werden, wodurch die Empfindlichkeit, also das Ansprechverhalten, des Nahtverfolgungssensors 1 eingestellt werden kann. Die Verstellung der Vorspannung der Druckfeder 7 erfolgt derartig, dass die Überwurfmutter 6 über ein Gewinde 16 mit dem Gehäuse 4 verbunden wird, wodurch durch entsprechendes Verdrehen der Überwurfmutter 6 die Druckfeder 7 zusammengepresst wird und somit eine höhere Kraft auf den Biegebalken 15 ausgeübt wird.

15 20 Selbstverständlich ist es möglich, dass der Nahtverfolgungssensor 1 auch ohne eine derartige Einstellmöglichkeit gebildet werden kann, wobei hierzu lediglich die Überwurfmutter 6 nicht verstellbar am Gehäuse 4 befestigt werden kann.

Durch die federnde Aufhängung des Biegebalkens 15 hat man den Vorteil, dass man das Sensorverhalten den jeweiligen Bedingungen anpassen kann. Eine Veränderung der Vorspannung führt zu einer Anhebung des linearen Bereiches, d.h., dass die Kraft, bis der Nahtverfolgungssensor 1 anspricht, erhöht wird. Weiters kann die Steigung des Signals verändert werden. Je höher die Federkonstante der Druckfeder 7, umso höher die Steigung und damit die Genauigkeit des Nahtverfolgungssensors 1.

Um die Dehnungsmessstreifen 12 vor Überdehnung zu schützen, kann zwischen DMS-Aufnehmer 5 und Sensorspitze 2 eine Sollbruchstelle 3 angeordnet sein. Wenn die Sollbruchstelle 3 aus Kunststoff gefertigt ist, wird eine thermische und elektrische Verbindung von der Sensorspitze 2 zu daran angeschlossenen Komponenten verhindert.

Bei der Auswertelektronik 14 kann zur Messung der minimalen Widerstandsänderungen der Dehnungsmessstreifen 12 eine Wheatstonsche-Brückenschaltung verwendet werden. Da bei dem Nahtverfolgungssensor 1 eine Biegespannung gemessen wird, wird eine Halbbrückenschaltung oder Vollbrückenschaltung bevorzugt. Dabei können überlagerte Normaldehnungen kompensiert werden. Da sich gleichgerichtete Widerstandsänderungen aufheben, werden darüber hinaus auch Wärmedehnungen sehr gut kompensiert. Da das gemessene Brückensignal in weiterer Folge zur Positions korrektur herangezogen wird, wird das gelieferte Signal bevorzugt auf 0 bis 10 V verstärkt, wobei ein zweistufiger Verstärker, der die Spannungsdifferenz der Messbrücke auf die gewünschte Ausgangsspannung verstärkt, eingesetzt werden kann. Um hochfrequente Störungen auszufiltern, wird in der zweiten Verstärkerstufe ein Tiefpassfilter integriert. Grundsätzlich ist der elektronische Aufbau bereits aus dem Stand der Technik bekannt, so dass nicht mehr näher darauf eingegangen wird.

45 Grundsätzlich kann also gesagt werden, dass bei Kraftänderung an der Sensorspitze 2 eine elastische Verformung an den DMS-Aufnehmer 5 übertragen wird, welche von den Dehnungsmessstreifen 12 aufgenommen wird. Diese bilden ein elektrisches Signal, das zur Generierung eines Korrektursignals in der Auswertelektronik 13 herangezogen wird. Damit kann beispielsweise eine Positions korrektur über Ausgleichsachsen am Roboter vorgenommen werden bzw. die Roboterbahn direkt korrigiert werden.

50 55 In Fig. 3 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Nahtverfolgungssensors 1 gezeigt, bei dem anstelle der Sollbruchstelle 3 eine Biegefeder 17 eingebaut wurde. Durch diese Maßnahme wird ebenfalls der Messweg erhöht. Die Biegefeder 17 übernimmt die Funktion der Druckfeder 7, weshalb diese entfallen kann. Es ist jedoch möglich, die Druckfeder 7 bzw. ein anderes Federelement zusätzlich zur Biegefeder 17, wie dargestellt, einzusetzen.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist in Fig. 4 dargestellt, wobei der Aufbau des Nahtverfolgungssensors 1 grundsätzlich jenem gemäß den Fig. 1 und 2 entspricht. Bei diesem Ausführungsbeispiel weisen die Sensorspitze 2, die Sollbruchstelle 3, der DMS-Aufnehmer 5 sowie die Verstellscheibe 8 und die Überwurfmutter 6 eine Bohrung 18 auf, durch die ein Schweißdraht 19, wie schematisch eingezeichnet, geführt wird. Dieses Ausführungsbeispiel wird speziell bei einem Laserlöt-Prozess eingesetzt, bei dem der Schweißdraht 19 an das Werkstück herangeführt und über den Laser aufgeschmolzen wird.

Um einen Heißdraht-Lötprozess durchführen zu können, muss der Schweißdraht 19 vorgewärm werden. Dies geschieht derartig, dass zwischen Werkstück und Schweißdraht 19 eine elektrische Energiequelle (nicht dargestellt) angeschlossen wird, wobei zwischen dem Werkstück und dem Schweißdraht 19 eine Potentialdifferenz erzeugt wird. Dabei ist die Energiequelle mit der Sensorspitze 2 verbunden, so dass über die Sensorspitze 2 die Kontaktierung zum Schweißdraht 19 erfolgt. Da die Sollbruchstelle 3 aus Kunststoff gebildet ist, wird die Sensorspitze 2 gegenüber den nachfolgenden Komponenten des Nahtverfolgungssensors 1 isoliert.

Durch eine derartige Ausbildung wird nunmehr die Krafteinwirkung auf den Nahtverfolgungssensor 1 über den Schweißdraht bzw. einen Lötdraht aufgenommen.

#### PATENTANSPRÜCHE:

20

1. Nahtverfolgungssensor (1) für Schweißroboter zum Nachführen einer Bearbeitungsbahn an Werkstücken, mit einer Sensorspitze (2), die mit dem Werkstück in Berührung steht und mit Messmitteln zur Aufnahme der Abweichung von der Bearbeitungsbahn, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein an sich bekannter DMS-Aufnehmer (5) für zumindest ein Messelement (11) mit der Sensorspitze (2) zur Bildung eines Biegebalkens (15) verbunden ist, sodass mit dem zumindest einen Messelement (11) eine elastische Verformung des Biegebalkens (15) aufgenommen werden kann, wobei der Biegebalken (15) federnd gelagert und bzw. oder in sich federnd ausbildet ist.
2. Nahtverfolgungssensor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zumindest eine Messelement (11) in einem Gehäuse (4) angeordnet ist.
3. Nahtverfolgungssensor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Messelement (11) durch einen Dehnungsmessstreifen (12) gebildet ist.
4. Nahtverfolgungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der DMS-Aufnehmer (5) über eine Sollbruchstelle (3) mit der Sensorspitze (2) verbunden ist.
5. Nahtverfolgungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der DMS-Aufnehmer (5) über eine Biegefeder (17) mit der Sensorspitze (2) verbunden ist.
6. Nahtverfolgungssensor nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Gehäuse (4) ein Federelement, insbesondere eine Druckfeder (7) angeordnet ist, das den DMS-Aufnehmer (5) gegen einen Auflagering (9) drückt, sodass der DMS-Aufnehmer (5) bzw. der Biegebalken (15) bei Angriff einer Normalkraft an der Sensorspitze (2), die größer ist als die Federkraft des Federelements, insbesondere der Druckfeder (7), vom Auflagering (9) abhebt.
7. Nahtverfolgungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messelemente (11) über Leitungen (13) mit einer Auswertelektronik (14) verbunden sind.
8. Nahtverfolgungssensor nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswertelektronik (13) innerhalb des Gehäuses (4) angeordnet ist.
- 50 9. Nahtverfolgungssensor nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswertelektronik (13) extern angeordnet ist.
10. Nahtverfolgungssensor nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Gehäuse (4) eine Überwurfmutter (6) samt einer Verstellscheibe (8) zur Verstellung der Vorspannung des Federelements, insbesondere der Druckfeder (7), angeordnet ist.

11. Nahtverfolgungssensor nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Überwurfmutter (6) über ein Gewinde (16) mit dem Gehäuse (4) verbunden ist, so dass durch entsprechendes Verdrehen der Überwurfmutter (6) das Federelement, insbesondere die Druckfeder (7), zusammenpressbar ist.
- 5 12. Nahtverfolgungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensorspitze (2), der DMS-Aufnehmer (5) sowie allenfalls die Sollbruchstelle (3) oder die Biegefeder (17) die Verstellscheibe (8) und die Überwurfmutter (6) eine Bohrung (18) zur Durchführung eines Schweißdrahtes (19) bzw. Lötdrahtes aufweist.

10

**HIEZU 2 BLATT ZEICHNUNGEN**

15

20

25

30

35

40

45

50

55

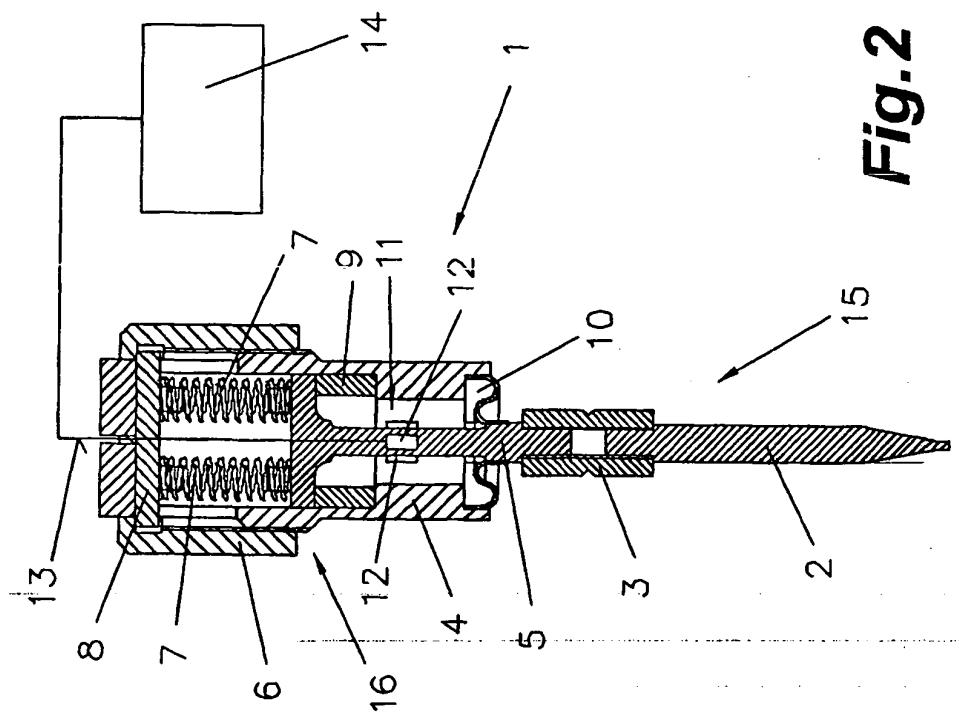


Fig. 2

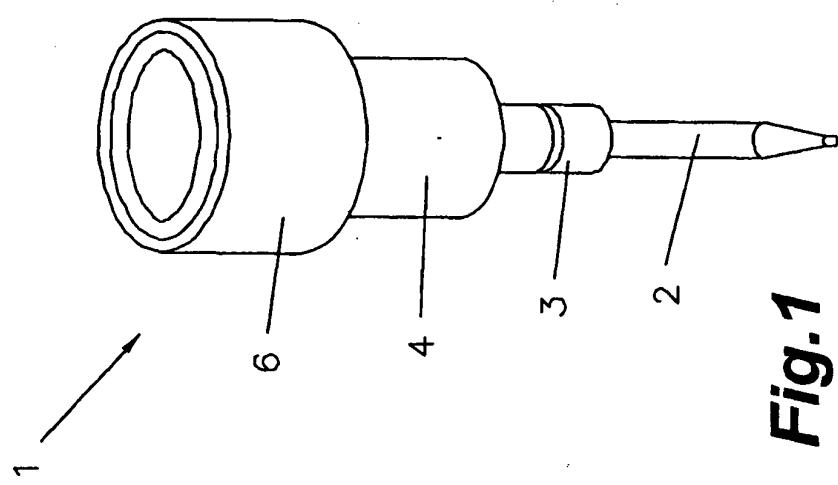
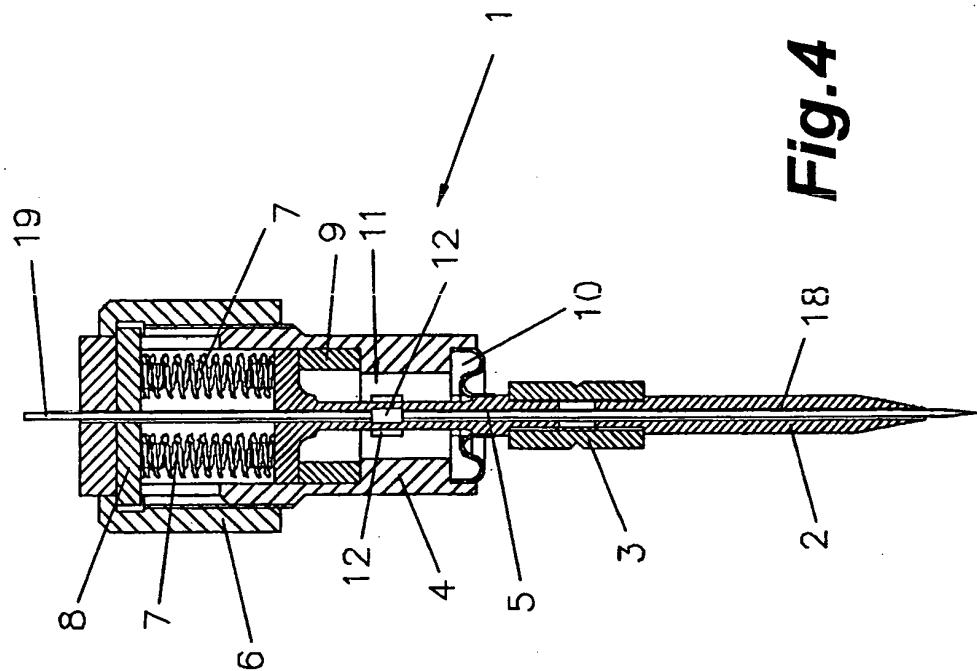
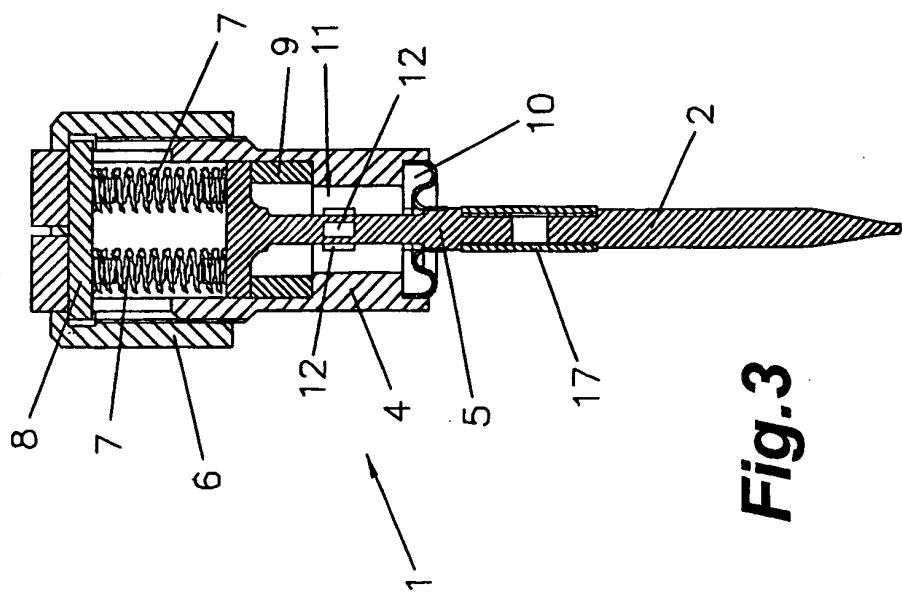


Fig. 1



*Fig. 4*



*Fig. 3*