



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

**⑫ PATENTSCHRIFT A5**

⑯ Gesuchsnummer: 5920/84

⑯ Inhaber:  
M.A.N. Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg  
Aktiengesellschaft, München 50 (DE)

⑯ Anmeldungsdatum: 13.12.1984

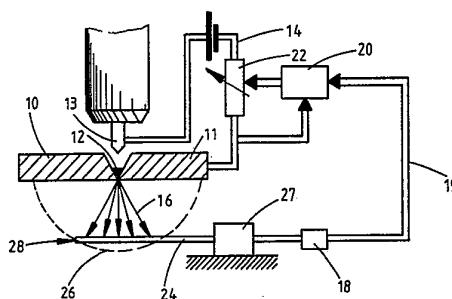
⑯ Erfinder:  
Nold, Ernst, Dr. rer. nat., Petershausen (DE)  
Eckert, Manfred, Dr. Dipl.-Ing., Dachau (DE)  
Radtke, Wulf, Dr.-Ing., Planegg (DE)  
Riedl, Reinhard, Grossinzemoos (DE)

⑯ Patent erteilt: 29.02.1988

⑯ Vertreter:  
Dipl.-Ing. H.R. Werffeli, Zollikerberg

**⑤4) Vorrichtung zur Regelung eines Schweißvorganges.**

⑤7) Zur Regelung von Schweißvorgängen wird eine Vorrichtung vorgeschlagen, die aus einem Sensorstab (24) mit einem nahezu durchsichtigen, mit fluoreszierenden Partikeln versetzten Polymer besteht, der unterhalb der Schweißnaht (12) angeordnet wird, um die von der Schmelzstelle emittierte Strahlung (16) aufzunehmen und durch Totalreflexion an einen Fotosensor (18) weiterzugeben. Mit den Messungen des Fotosensors wird über einen Regler (20) die Schweißstromstärke in Abhängigkeit der Einbrandtiefe geregelt. Der Sensorstab ist gestellfest angebracht und entsprechend der Geometrie der Schweißnaht geformt.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur Regelung von Schweißvorgängen bei vorwiegend einlagigen I-Massverbindungen und ersten Nähten mehrlagiger Schweißungen, mit einer wurzelseitig angeordneten Einrichtung zur Erfassung des Schweißvorganges, die einen Fotosensor aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass für die wurzelseitig angeordnete Einrichtung ein annähernd transparenter Sensorstab (24, 30, 51, 55) vorgesehen ist, der durch Strahlenabsorption mindestens eines Bandbereiches aus dem Strahlungsspektrum des Wurzelbereiches die Temperatur und Grösse des momentanen wurzelseitigen Aufschmelzpunktes erfasst, und dass der Fotosensor (18) die vom Sensorstab absorbierte Strahlung zur Regelung des Schweißstromes aufnimmt und in elektrische Spannung umwandelt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensorstab (24, 30, 51, 55) so hergestellt ist, dass er ein kurzwelliges Band aus dem Strahlenspektrum absorbiert und es in eine längerwellige Strahlung umwandelt und zum Fotosensor (18) weiterleitet.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensorstab (24, 30, 51, 55) ein Vollstab aus einem nahezu transparenten Polymer ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensorstab (24, 30, 51, 55) fluoreszierende Partikeln enthält, die optische Strahlung im Bereich des Grün- bis Lilatones absorbiert und in längerwellige Strahlung ausstrahlt.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Fotosensor eine Si-Fotodiode (18) ist, die an einer Stirnseite des Sensorstabes (24, 30, 51, 55) angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass an der dem Fotosensor (18) entgegengesetzten Stirnseite des Sensorstabes (30) eine Reflektionsschicht (34) vorgesehen ist, an der die an dieser Stirnseite an kommenden Strahlen (38) im Stab zurückreflektiert (36) werden.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensorstab (30, 51, 55) Blenden (35, 52 bzw. 56) aufweist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Blenden entlang des Sensorstabes (51) regelmässig verteilte, konzentrisch zur Stabachse (53) angeordnete Ringscheiben (52) vorgesehen sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass radial gerichtete Blenden in regelmässigen Abständen am Umfang des Sensorstabes angeordnet sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensorstab (30, 55) bis auf einen Spalt (37 bzw. 57) in Umfangsrichtung oder entlang einer Mantellinie mit einem lichtundurchlässigen Material (35 bzw. 56) umgeben ist.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensorstab (24, 51) ortsfest angeordnet ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensorstab (51) parallel zum Schweißnahtverlauf (50) gebogen ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensorstab (30) der Schweißnaht nachführbar angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensorstab (30) von einem Rohr (62) umgeben ist, das bevorzugt nur im kurzwelligen und vom Stab absorbierbaren Strahlenbereich transparent ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Sensorstab (30) und umgebenden Rohr (62) ein inertes Gas strömt.

16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensorstab einen polygonalen Querschnitt hat.

17. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensorstab ein mit einer nahezu transparenten Flüssigkeit gefülltes Rohr ist.

## BESCHREIBUNG

15 Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Regelung von Schweißvorgängen bei vorwiegend einlagigen I-Massverbindungen und ersten Nähten mehrlagiger Schweißungen, mit einer wurzelseitig angeordneten Einrichtung zur Erfassung des Schweißvorganges, die einen Fotosensor aufweist.

Bei nahezu allen Schweißverbindungen kommt der Wurzelausbildung besondere Bedeutung zu. Nicht verschweisste Kanten im Wurzelbereich, aber auch zu grosser Wurzeldurchhang, sind meist unzulässig und führen zu zeitaufwendigen, teuren Reparaturen oder gar zum Ausschuss eines Teiles. Durch unterschiedliche Materialdicken, unterschiedliche Fertigungstoleranzen, veränderte Wärmeableitung, OXidschichten sowie Schwankungen des Schweißstromes, der Schweißspannung und dergleichen kommt es bevorzugt 25 beim Schweißen der Nahtwurzel oft zu Schweißfehlern. Es werden daher vielseitig Lösungen gesucht, mit denen durch eine Beobachtung der Schweißwurzel und einer Regelung des Schweißvorganges Fehler in der Schweißnaht weitgehend verhindert werden.

30 Im Aufsatz «Selbsttätige Regelung des Einbrands beim Lichtbogenschweißen» der Fachzeitschrift «Swarotschnoje Proiswodstwo» (Schweißproduktion), Nr. 8, 1961, UdSSR, Seiten 23 bis 25 ist ein Lösungsbeispiel dazu beschrieben. Bei der darin beschriebenen Einrichtung wird der Einbrand bzw.

40 eine unveränderliche Tiefe des Einbrands bei einer veränderlichen Grösse des Nahtspalts zwischen den Schweißkanten selbsttätig geregelt. Es handelt sich dabei um ein System der selbsttätigen Steuerung der Pendelbreite einer schwenkbaren Schweißelektrode in Abhängigkeit von der Tiefe des Einbrands der Schweißwurzel. Dazu ist wurzelseitig eine kristalline fotoelektrische Diode an einer relativ zum Schweißlichtbogen fixierten Position als Strahlungsführer angeordnet, der ein Signal in Abhängigkeit der Intensität der Lichtausstrahlung bevorzugt im langwelligen Spektralbereich aus 45 der Schweißwurzel zum Steuern eines Antriebs für die Pendelbewegung ausgibt. Bei dieser bekannten Einrichtung muss der Fühler sowohl bei einer Rundnaht als auch bei einer geraden Naht mit dem wandelnden Wurzelschmelzfleck mitbewegt und möglichst genau justiert werden.

50 Eine weitere Lösung ist aus der JA-PS 5 542 111 bekannt, bei der die Schweißnahtregelung nicht mittels einer komplizierten Pendelbewegung der Schweißelektrode, sondern durch Regelung des Schweißstromes in Abhängigkeit der Ausstrahlungen aus einem vom Aufschmelzpunkt relativ

60 weit entfernten Bereich der Schweißwurzel erfolgt. Jedoch ist auch hier eine Mitführung des Fühlers mit dem Schweißvorgang erforderlich. Der Fühler besteht aus 6 Fotosensoren, die in 2 Reihen auf empirisch bestimmten Abständen in einer bandartigen Halterung versenkt sind. Zwischen

65 Schweißnahtwurzel und Sensorhalterung befindet sich lichtdurchlässiges Material (Glaswolle).

Auch eine in der US-PS 3 702 915 vorgeschlagene Lösung erfordert eine genaue Fixierung des Sensorsystems un-

ter dem Winkel A. Zur Regelung werden alle Wellenlängen, für die die Fotodiode empfindlich ist, benutzt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, mit der eine genaue Regelung des Schweißvorganges erreicht werden kann, bei der die Sensoren gegenüber der Schweißwurzel nicht justiert oder mitgeführt werden müssen.

Die Aufgabe wird erfundungsgemäß durch das Kennzeichen des Anspruches 1 gelöst.

Die erfundungsgemäße Vorrichtung nutzt die von der Schweißstelle emittierte Strahlung zur Regelung des Schweißvorganges, indem der Stab die auf dessen Außenumfang bzw. -mantel auftreffende Strahlung zumindest teilweise aufnimmt und sie an den Fotosensor weiterleitet. Ein derartiger Lichtleiter der einen runden oder polygonalen Querschnitt haben und gerade oder gebogen ausgestaltet sein kann, kann gestellfest angebracht werden, wobei der Fotosensor beliebig entfernt von der heißen Schweißzone angeordnet sein kann. Die Geometrie des Sensorstabes richtet sich nach dem Verlauf der Schweißnaht derart, dass die Strahlung der sich bewegenden Schmelzstelle trotz nicht mitlaufenden Stabes stets auf den Stab auftrifft. Außerdem ist eine genaue Positionierung im Gegensatz zu den bekannten Verfahren nicht notwendig. In Abhängigkeit der absorbierenden Strahlenenergie wird der Schweißstrom oder die Dauer von Stromimpulsen geregelt, womit eine rasche und präzise Steuerung des Schweißvorganges möglich ist.

Der Sensorstab ist vorzugsweise so hergestellt, dass er ein kurzwelliges Band aus dem Strahlenspektrum absorbiert und es in eine langwellige Strahlung umwandelt und zum Sensor weiterleitet.

Mit der kurzweligen Strahlung wird der Zustand des Schmelzpunktes mit geringstmöglicher Verfälschung durch Fremdeinflüsse erfasst. Die nachträgliche Anhebung der Wellenlänge durch den Sensorstab hat den Vorteil, dass die Strahlung in einen Wellenlängenbereich gebracht wird, der für Fotosensoren, z. B. Si-Fotodioden günstig ist. Fotosensoren sind empfindlich für grössere Wellenlängen.

Der Sensorstab kann einen grossen Teil des transformierten Lichtes aufgrund seines hohen Berechnungsindexes im Stab durch Totalreflexion verlustarm über weite Strecken zu dessen Stirnflächen leiten.

Der Sensorstab kann dazu einen Durchmesser zwischen etwa 3 bis 15 mm haben. Er empfängt radial einfallende Strahlung aus allen Winkelstellungen mit gleicher Empfindlichkeit.

Mit der erfundungsgemässen Ausgestaltung ist somit eine fertigungstechnisch einfache Lösung zur genauen Regelung des Schweißstromes und damit zur zuverlässigen Steuerung der Schweißnaht geschaffen, bei der kein Mechanismus für einen Vorschub des Fühlers sowie keine genau einzuhaltene Positionierung des Sensors notwendig ist.

Für den Sensorstab kann jedes durchsichtige Polymer verwendet werden, das Lichtstrahlungen absorbiert und innerhalb des Materials durch Totalreflexion in bestimmte Richtungen weiterleiten kann. Dazu sind beispielsweise Polycarbonade, Polymethylmethacrylat, Zellulose geeignet.

Für die Filterung der Strahlung ist es vorteilhaft, den Sensorstab mit lumineszenzfähigen Partikeln zu durchsetzen, die die für den Anwendungsfall günstigen Wellenlängen absorbiert und umgewandelt wieder abstrahlt.

Hiermit wird erreicht, dass nur ein enges Strahlenspektrum bzw. nur eine Wellenlänge absorbiert und zum Fotosensor geleitet wird, so dass ohne zusätzliche Filter einfache, auf eine Wellenlänge abgestimmte Sensoren verwendbar sind. Für die anderen Wellenlängen ist der Sensorstab transparent.

Bei einem Schweißvorgang trifft das gesamte vom Aufschmelzpunkt an der Nahtwurzel und seiner Umgebung emittierte Licht den Sensorstab, durch die lumineszenzfähigen Teilchen werden nur die Strahlungen absorbiert, die bevorzugt vom Aufschmelzpunkt und nicht von der Umgebung emittiert werden. Das von den Teilchen wieder emittierte Licht ist längerwelliger und liegt damit im Bereich der erhöhten Empfindlichkeit einer Fotodiode. Durch Totalreflexionen wird ein grosser Teil des emittierten Lichts an die Stirnflächen geleitet. Ein an mindestens einer Stirnseite des Sensorstabes angeordneter Fotosensor reagiert sehr empfindlich auf Intensitätsschwankungen des vom Aufschmelzpunkt emittierten und von den lumineszenzfähigen Stoffen absorbierten Lichtes. Damit steht für die Regelung ein bezüglich der Schweißnahtwurzelbreite empfindliches Signal zur Verfügung.

Mit den als Filter wirkenden Partikeln können die warmen Infrarotstrahlungen ausgefiltert werden, so dass Fehler durch Fremdstrahlungen, insbesondere die von den der Schweißnaht umgebenen Werkstoffbereichen emittierten Wärmestrahlungen, ausgeschaltet werden.

Ein so ausgebildeter Stab hat die Eigenschaften, Licht selektiv zu absorbieren, zu transformieren und zu leiten, er ist besonders bei Rohrrundnähten vorteilhaft, da hier nach dem Schweißen von etwa 300° Umfang der Rest der Schweißung in einem durch Wärmeleitung schon heißen Bereich stattfindet. Gerade in diesem heißen Überlappungsbereich von Nahtanfang und -ende ist der Anteil des längerwelligen, von der Umgebung des Aufschmelzpunktes emittierten Lichtes am Gesamtspektrum wesentlich grösser und würde auch bei nur teilweiser Berücksichtigung im Fotosensor zur Verfälschung der Messung und damit zu einer ungleichmässigen Schweißnahtwurzelbreite führen.

Dadurch, dass der Sensorstab bevorzugt nur kurzwelliges, vom Schmelzpunkt emittiertes Licht zum Fotosensor leitet, ist es dem Sensor möglich, ein Signal zu liefern, mit Hilfe dessen ein Regler den Schweißstrom so verändert, dass auch unter ungünstigsten Randbedingungen eine Schweißnaht mit gleichmässiger schmaler Wurzel über der gesamten Länge entsteht.

Eine zusätzliche Filterung der langweligen Strahlen kann mittels eines nur für die gewünschte Wellenlänge transparenten, den Stab umgebenden Rohr erreicht werden. Hierzu ist Quarz besonders gut geeignet. Damit wird der Sensorstab gegen Hitze geschützt.

Die von einem Sensorstab eingefangene Strahlung wird an den Stirnenden wieder ausgestrahlt. Um die aus der von der Fotoelektrode entferntliegenden Stirnende austretende Strahlung ebenfalls zu nutzen, wird an dieser Stirnseite eine Spiegelfläche vorgesehen, die die Strahlungen wieder zurück in den Stab reflektiert.

Gemäss einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der Sensorstab mit Blenden versehen, die je nach Anwendungsfalls unterschiedlich ausgebildet sind. Mit den Blenden werden Fremdstrahlungen, z. B. Licht aus der Umgebung, Wärmestrahlungen aus aufgeheizten Werkstückbereichen in der Umgebung des Schweißpunktes abgehalten und damit Verfälschungen der Messdaten, insbesondere durch sich zeitlich und örtlich ändernden Fremdstrahlungen weitestgehend ausgeschaltet.

Die erfundungsgemäße Ausführung ist daher geeignet, um präzise Messungen der Einbrandtiefe einer Schweißwurzel und eine genaue Regelung des Schweißvorganges mit sehr einfachen Mitteln durchzuführen.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 eine allgemeine Anordnung des Regelsystems,  
Fig. 2 bis 4 je ein Ausführungsbeispiel.

Bei einem Schweißvorgang, bei dem zwei Werkstücke 10 und 11 miteinander verbunden werden sollen, kommt der Herstellung der Schweißnahtwurzel 12 eine besondere Bedeutung zu. Die Schweißnaht im Wurzelbereich muss möglichst durchgehend homogen verlaufen, um eine zuverlässige Verbindung der Werkstückteile 10 und 11 zu gewährleisten. Wird der Schweißpunkt zu stark erhitzt, dann besteht die Gefahr, dass das Lot durchsickert. Bei zu geringer Aufschmelzung wiederum können unverschweißte Stellen die Folge sein.

Um derartige Unregelmäßigkeiten zu vermeiden, wird die Schweißnaht gemäß Fig. 1 ständig beobachtet und der Schweißvorgang über den an der Schweißelektrode 13 anliegenden Strom 14 geregelt.

Die Regelung des Schweißstromes 14 erfolgt dadurch, dass die Intensität der Strahlung 16, die von der aufgeheizten Schweißwurzel 12 emittiert wird und die ein Mass für die Einschmelztiefe ist, mit einem Fotosensor 18, beispielsweise einer Si-Fotodiode gemessen wird. Der Fotosensor 18 gibt ein Signal 19 aus, das der aufgenommenen Strahlungsintensität entspricht.

Mittels eines Reglers 20 wird aufgrund des Signals 19 ein Potentiometer 22 zur Einstellung des für den jeweiligen Zustand erforderlichen Schweißstromes 14 angesteuert. Es kann auch die Dauer eines Schweißimpulses beeinflusst werden.

Um den Fotosensor 18 einerseits fern von der heißen Schweißstelle anordnen zu können und eine ausreichende Strahlungsenergie aufnehmen zu können, wird ein strahlsammelnder ausgebildeter Sensorstab 24 verwendet, der die aufgenommene Strahlung 16 vom Bereich des Schweißpunktes an eine davon entferntgelegene Stelle leitet. Mit dem Sensorstab 24 kann über eine grössere Umfangsfläche Strahlungen absorbiert und an die verhältnismässig kleine Fläche der Stirnseiten des Stabes konzentriert werden. Der Fotosensor 18 ist an einem dem warmen Bereich 26 des Schmelzpunktes entferntliegenden Stirnende des Stabes 24 angeordnet, um dort die konzentrierte Strahlungsenergie aufzunehmen und in elektrische Spannung umzuwandeln.

Der Lichtleiterstab 24 wird so ausgebildet, dass er unbeweglich angeordnet imstande ist, die Strahlung des sich bewegenden Einbrandbereiches durchweg aufnehmen zu können.

Wie in Fig. 1 mit der Bezugsziffer 27 angedeutet, ist der Stab gestellfest angebracht. Die geometrische Ausgestaltung des Lichtleiterstabes 24 richtet sich nach dem Anwendungsfall bzw. der Geometrie des Schweißnahtverlaufes. Der Lichtleiterstab 24 kann ebenfalls in Abhängigkeit des Verlaufes der Schweißwurzel mit Blenden versehen werden, mit denen die Strahlenabsorption auf einen gezielten Strahlenkonus eingeschränkt wird.

Durch im Stabmaterial enthaltene fluoreszierende Partikeln wird die Strahlung nur einer bestimmten Bandbreite vom Stab absorbiert. Bei der Wahl der Partikeln mit einer Absorptionsfähigkeit im Bereich der niedrigeren optischen Wellenlängen bis etwa 500 nm lassen sich die langwelligen, insbesondere Wärmestrahlungen ausfiltern, wodurch eine Beeinträchtigung der fremden Wärmestrahlung weiter reduziert wird.

Um die absorbierte Strahlung möglichst vollständig zum Fotosensor 18 zu leiten, ist am dem Fotosensor 18 entgegengesetzten Ende 28 des Lichtleiterstabes 24 eine Reflektionschicht vorgesehen, mit der die diesem Ende 28 ausgerichteten Strahlen in den Lichtleiterstab 24 zurückreflektiert werden.

Verschiedene Ausführungen des Lichtleiterstabes sind in den Fig. 2 bis 4 gezeigt.

Gemäß Fig. 2 ist ein gradliniger Lichtleiterstab 30 gezeigt, der beispielsweise für eine Rundschweißnaht 31 zum Zusammenfügen von Rohren 32 vorgesehen werden kann. Der Lichtleiterstab 30 ist am freien Stirnende mit einer Spiegelschicht 34 versehen, die an dieser Stirnseite ankommenden Strahlen 38 zurückreflektiert (36), so dass ein Austritt von Strahlenenergie an dieser Stirnseite verhindert wird. Die zurückreflektierten Strahlen 36 werden ebenfalls wie die direkt absorbierten Strahlen 38 durch Totalreflexion innerhalb des Stabes zur entgegengesetzten Stirnseite des Stabes 30 und damit zum Fotosensor 18 geleitet.

Der Lichtleiterstab 30 ist mit einer als Blende ausgebildeten, lichtundurchlässigen Ummantelung 35 umgeben, die lediglich in dem Bereich der Schweißnahtwurzel 31 eine Ringöffnung 37 hat, durch die ein Strahlenkonus 39 von der unteren Schmelzstelle 40 in den Lichtleiterstab 30 durchdringen kann. Durch die Blende 35 wird verhindert, dass ein grosser Anteil von Fremdstrahlungen, z. B. Wärmestrahlungen 42 aus dem Umgebungsbereich des Schmelzpunktes 40, von aussen kommende Lichtstrahlen 43 in den Stab 30 eindringen und das Messergebnis verfälschen, zumal diese Strahlungen im Regelfall keine konstante Intensität haben. Die Aufwärmung des Werkstückes 32 in der Umgebung des Schweißpunktes 40 schwankt nämlich im allgemeinen, und das von aussen eindringende Licht 43 wird durch unregelmässige Abschattungen ebenfalls in ihrer Intensität stark schwanken.

Durch die Blende 35 wird somit vorwiegend die von der Schmelzstelle 40 emittierte, die Temperatur und den Zustand 30 bzw. die Grösse der momentanen Schmelzzone charakterisierende Strahlung 39 an den Fotosensor 18 weitergeleitet und verarbeitet. Hiermit kann eine sehr genaue Messung der Einbrandtiefe im Werkstück 32 durchgeführt und folglich eine genaue Regulierung des Schweißstromes 14 vorgenommen werden, die es erlaubt, eine über die Schweißnahtlänge gleichmässige Einbrandtiefe und damit eine gleichmässige Schweißnahtwurzel herzustellen.

Mit der Vorrichtung können Rundnähte von Kugeln, Rohren, Kegeln mit Durchmessern von 30 bis 3.000 mm 40 überwacht werden.

Beim Schweißen von Rohren mit sehr grossen Durchmessern, d. h. oberhalb 3 m wird die Intensität der auf einen axialen Lichtleiterstab gemäß Fig. 2 auftreffende Schmelzstellenstrahlung zu gering sein, um eine genaue Messung 45 bzw. Regelung durchzuführen. In diesem Fall könnte der Lichtleiterstab als offener Ringstab ausgebildet werden, dessen Durchmesser entsprechend niedriger als der Durchmesser der zusammenzufügenden Rohre ist.

Bei sehr langen Rohren 32 wird das aus Sensorstab 30 50 und Fotosensor 18 bestehende Sensorsystem verschiebbar angebracht, so dass es der Schweißnaht nachgeführt wird, wenn eine Längsschweißung vorgenommen wird. In diesem Fall wird der Sensorstab in der Art nach Fig. 4 ausgestattet sein. In Fig. 2 ist ein für eine Rundnaht 31 ausgebildeter Sensorstab 30 gezeigt, der für so eine Naht nach dessen Positionierung – die nicht exakt sein muss – ortsfest verankert. Für eine Längsnaht wird der Sensorstab ausgetauscht, die nicht dargestellte Verankerung gelöst und das Sensorsystem entlang einer Führung 61 dem Schweißvorgang mit Motor 55 oder per Hand nachgeführt.

In Fig. 3 ist ein Beispiel gezeigt, bei dem ein unregelmässiger Werkzeugkantenverlauf 50 zu verschweissen ist. Für so einen Fall kann der Lichtleiterstab 51 mit entsprechend gebogener Kontur ausgebildet werden, so dass der Schweißweg stets oberhalb des Lichtleiterstabes 51 zu liegen kommt. Als Blenden sind hier Ringscheiben 52 vorgesehen, die in regelmässigen Abständen über die Länge des Stabes 51 hinweg senkrecht zur Stabachse 53 mit dem Stab befestigt sind.

Bei geradlinigen Schweißnähten kann der Lichtleiterstab 55 gemäß Fig. 4 mit einer lichtundurchlässigen Ummantelung 56 umschlossen sein, die einen Spalt 57 für den Zutritt von Strahlungen 58 freiläßt. Diese Blendenausführung eignet sich auch für den Ringstab für Rohr-Schweißnähte mit grossen Durchmessern.

Je nach Anwendungsfall kann ein Sensorsystem verwendet werden, das die für den Anwendungsfall günstige Absorptions- bzw. Wirkbänder hat. Die gewünschte Absorption wird durch entsprechende Pigmentierung des Sensorstabmaterials erreicht. Es ist aber auch möglich, einen nahezu alle optischen Wellenlängen absorbierenden Stab zu verwen-

den und die Wellenlängenselektierung durch ein als Filter dienendes Rohr 62 (Fig. 2) zu erreichen. In so einem Fall kann ein den Stab kühlendes Inertgas durch den Ringspalt geführt werden, das nach Austritt des Ringspaltes die Schweißstelle umspült und damit einer Korrosion entgegenwirkt.

Der Sensorstab kann im Rahmen der Erforderung, Lichtstrahlen zu absorbieren und weiterleiten, jede erdenkliche Ausgestaltung haben. So ist es auch denkbar, einen Flüssigkeitsstab vorzusehen, bei dem durch entsprechende Wahl der Flüssigkeit und des Materials des die Flüssigkeit tragenden Rohres ein für die Totalreflexion günstiger Berechnungsindex gegeben ist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

664 316

1 Blatt\*

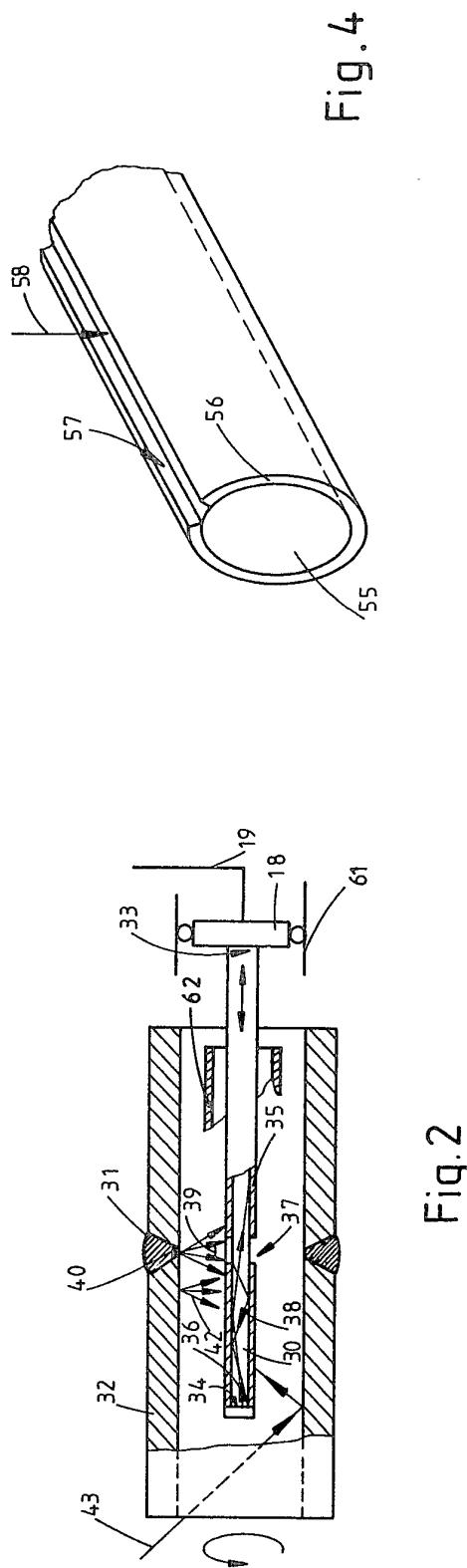
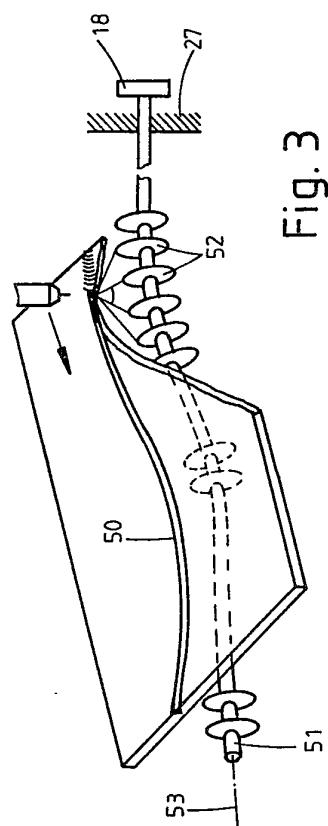
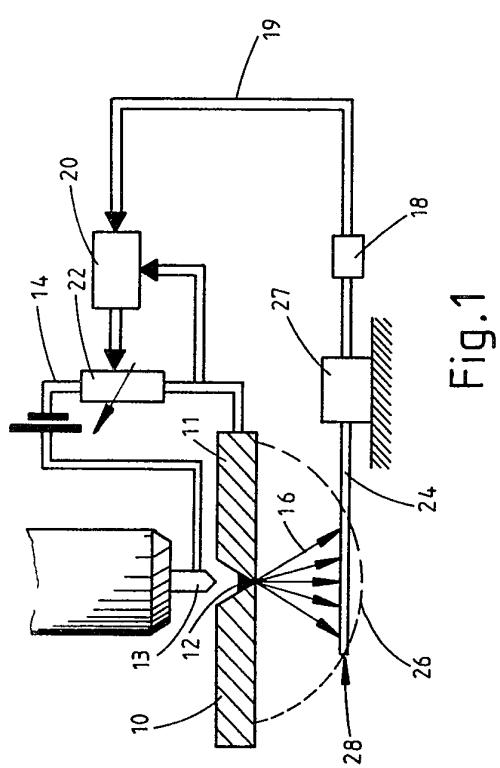


Fig. 4