

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

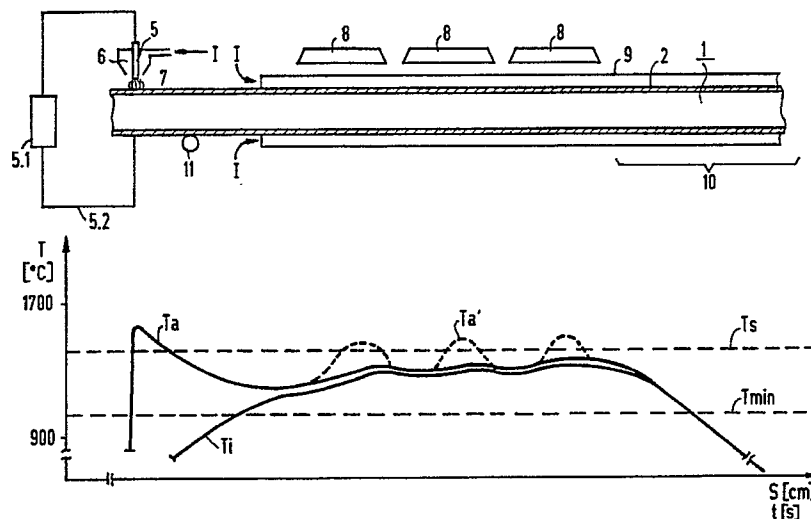
**0 394 754
A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG(21) Anmeldenummer: **90106913.8**(51) Int. Cl.⁵: **C21D 9/50**(22) Anmeldetag: **11.04.90**(30) Priorität: **27.04.89 DE 3913973**(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
31.10.90 Patentblatt 90/44(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES FR GB IT LI NL SE(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)**(72) Erfinder: **Schmitz, Friedhelm
Elisabethstrasse 2
D-4220 Dinslaken(DE)**(54) **Verfahren und Vorrichtung zur selektiven Wärmebehandlung des Schweißnahtbereiches eines längsnahtgeschweißten Rohres.**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum selektiven Lösungsglühen des Schweißnahtbereiches (2, 3) eines längsnahtgeschweißten Metallrohres (1). Insbesondere eignet sich das Verfahren für Rohre (1) mit einem Durchmesser von weniger als 100 mm und einer Wanddicke von weniger als 2,5 mm, vorzugsweise weniger als 0,7 mm. Im Verlauf der Wärmebehandlung wird die Schweißnaht (2) zunächst unter Schutzgas (1) so hoch erhitzt, daß ihr Außenbereich (2.1) aufgeschmolzen wird. Dies kann vorzugsweise durch einen Lichtbogen (7) erfolgen. Anschließend wird die Schweißnaht (2) selektiv durch weitere Heizmittel (8), beispielsweise weitere Lichtbogen, Infrarotstrahler oder Induktionsspulen, für ei-

nen vorgebbaren Zeitraum unter Schutzgas (1) mindestens auf einer für das Lösungsglühen des Rohrmaterials erforderlichen Temperatur (T_{min}), aber zumindest im Innenbereich (2.2) der Schweißnaht (2) unterhalb der Schmelztemperatur (T_s) gehalten und danach unter Schutzgas (1) abgekühlt (10). Das einmalige oder mehrfache Anschmelzen des Außenbereiches (2.1) der Schweißnaht (2) verringert nicht die Qualität der Wärmebehandlung im Innenbereich (2.2), so daß die erstrebte Korrosionsfestigkeit dort nicht leidet. Das teilweise Aufschmelzen erleichtert jedoch eine schnelle Wärmeeinbringung zur Aufheizung der Schweißnaht.

**FIG 2****EP 0 394 754 A2**

Verfahren und Vorrichtung zur selektiven Wärmebehandlung des Schweißnahtbereiches eines längsnahtgeschweißten Rohres

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur selektiven Wärmebehandlung des Schweißnahtbereiches eines längsnahtgeschweißten Metallrohres und eine hierfür geeignete Vorrichtung. Anwendbar ist das Verfahren vor allem auf Rohre mit einem Durchmesser von weniger als 100 mm und einer Wanddicke von weniger als 2,5 mm. Besonders geeignet ist es für Rohre von noch geringeren Dimensionen, wie sie beispielsweise bei Wärmetauschern und Wasserdampf-Kondensatoren Anwendung finden mit Rohrdurchmessern von beispielsweise 10 bis 50 mm und Wanddicken zwischen etwa 0,3 und 1 mm. Besondere Bedeutung hat die Erfindung für Rohre aus nichtrostendem Stahl mit Anteilen an Chrom und Wahlkomponenten wie Nickel und/oder Molybdän bei gleichzeitig geringem Kohlenstoffgehalt. Durch die Wärmebehandlung sollen die Korrosionseigenschaften, insbesondere bezüglich Lochfraßkorrosion, verbessert werden.

Ein prinzipiell geeignetes Verfahren zu einer selektiven Wärmebehandlung des Schweißnahtbereiches von solchen Rohren und eine zugehörige Vorrichtung sind aus der EP-A 0 234 200 bekannt. Dort wird auch auf die Vorteile verwiesen, die eine selektive Lösungsglühung der Schweißnaht in bezug auf den Ausgleich von Chrom- und/oder Molybdän-Seigerungen hat.

Aus der US-PS 2 673 276 ist der prinzipielle Aufbau einer Vorrichtung zum Herstellen von längsnahtgeschweißten Rohren mit integrierter Wärmebehandlungsvorrichtung bekannt.

Fertigungsanlagen für längsnahtgeschweißte Rohre, sogenannte Fertigungsstraßen sind wegen der vielen notwendigen Bearbeitungsschritte relativ langgestreckt und erfordern daher ohnehin schon große Hallen. Wird an die Herstellungsvorrichtung noch eine Wärmebehandlungsvorrichtung angekoppelt, so verlängert sich die gesamte Anlage entsprechend. Bei einer Lösungsglühung des Schweißnahtbereiches muß eine sehr hohe Temperatur über einen längeren Zeitraum, beispielsweise 1250 °C über 25 Sekunden im Schweißnahtbereich aufrechterhalten werden. Je nach der Fertigungsgeschwindigkeit der Rohre kann dies eine relativ lange Wärmebehandlungsstrecke erfordern, der sich dann noch eine Abkühlstrecke anschließt. Hierbei stellt auch die Aufheizung der Schweißnaht auf die zur Lösungsglühung erforderliche Temperatur ein Problem dar, weil das Aufheizen eine höhere Wärmeübertragung auf den Schweißnahtbereich erfordert als das spätere Aufrechterhalten der Temperatur.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die

Schaffung eines Verfahrens, welches eine schnelle Aufheizung der Schweißnaht auf kurzer Strecke ermöglicht und den Aufwand an Heizmitteln gering hält. Zusätzlich soll eine hierfür geeignete Vorrichtung angegeben werden.

Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zum selektiven Lösungsglühen der Schweißnaht, insbesondere einschließlich deren Wärmeeinflußzone, eines längsnahtgeschweißten Metallrohres, wobei das Rohr insbesondere einen Durchmesser von weniger als 100 mm und eine Wanddicke von weniger als 2,5 mm hat und wobei eine Wärmebehandlungsvorrichtung und das Rohr relativ zueinander bewegt werden mit folgenden Merkmalen: Die Schweißnaht wird, vorzugsweise mittels wenigstens eines mit wenigstens einer nicht abschmelzenden Elektrode erzeugten Lichtbogens, unter Schutzgas so hoch erhitzt, daß ihr Außenbereich aufgeschmolzen wird; anschließend wird die Schweißnaht selektiv durch weitere Heizmittel, beispielsweise weitere Lichtbogen, Infrarotstrahler oder Induktionsspulen, für einen vorgebbaren Zeitraum unter Schutzgas mindestens auf einer für das Lösungsglühen des Rohrmaterials erforderlichen Temperatur aber zumindest im Innenbereich unterhalb der Schmelztemperatur gehalten und danach unter Schutzgas abgekühlt. Dabei geht die Erfindung von der Erkenntnis aus, daß es für die meisten Anwendungen der hier betrachteten Rohre nur auf die Korrosionsfestigkeit der Schweißnaht für Angriffe von der Innenseite her ankommt, d. h. die Qualität der Schweißnaht muß vor allen Dingen im Innenbereich durch die Wärmebehandlung verbessert werden, wobei ein geringer Qualitätsverlust in einem relativ kleinen Außenbereich nicht entscheidend ist. Deshalb ist es durchaus zulässig, bei der Aufheizung des Schweißnahtbereiches den äußeren Bereich der Schweißnaht aufzuschmelzen, wodurch eine schnelle Wärmeeinbringung auf kleinem Raum möglich wird. Der Phasenübergang vom festen zum Schmelzflüssigen Zustand bewirkt eine hohe Wärmeaufnahme des Außenbereiches der Schweißnaht, wobei diese Wärmemenge teilweise beim Erstarren des Außenbereiches an den inneren Bereich der Schweißnaht durch Wärmeleitung weitergegeben wird, so daß sich dieser Innenbereich ebenfalls sehr schnell aufheizt, jedoch nicht bis zum dort unerwünschten Schmelzen. Anschließend ist es nur noch nötig, die Temperatur der Schweißnaht im gewünschten, für eine Lösungsglühung notwendigen Temperaturbereich zu halten, was durch weitere Heizmittel, insbesondere durch Induktionsspulen oder die Schweißnaht linienförmig oder punktförmig beleuchtende Infrarotstrahler

möglich ist. Zu beachten ist natürlich, daß sowohl beim Aufheizen z. B. durch einen Lichtbogen, wie auch beim späteren Aufrechterhalten der Wärmebehandlungstemperatur eine Schutzgasatmosphäre vorhanden sein muß, welche mit den im Stand der Technik hinreichend bekannten Mitteln aufrechterhalten werden kann. Es sei darauf hingewiesen, daß auch bei der späteren Wärmebehandlung das periodische Anschmelzen der Außenseite der Schweißnaht zur höheren Wärmeeinbringung im Prinzip zulässig ist, sofern nur sichergestellt wird, daß ein genügend dicker Innenbereich der Schweißnaht nicht aufgeschmolzen wird, wodurch sich sonst die gerade unerwünschten Seigerungen wieder bilden könnten.

Im allgemeinen wird es jedoch günstig sein, den Außenbereich der Schweißnaht nur zu Beginn der Wärmebehandlung einmal aufzuschmelzen und anschließend die Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich durchzuführen, in dem die gesamte Schweißnaht schon wieder verfestigt ist. Wie anhand der Zeichnung näher erläutert wird, gibt es natürlich bei einer Wärmebehandlung von außen immer eine mehr oder weniger große Temperaturdifferenz zwischen dem Außenbereich und dem Innenbereich der Schweißnaht, was jedoch für den Erfolg der Wärmebehandlung keine Rolle spielt, wenn nur der Innenbereich der Schweißnaht sich genügend lange oberhalb der Mindesttemperatur, die für eine Lösungsglühung notwendig ist, befindet.

Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet der Erfindung sind Wärmetauscherrohre aus nichtrostenden, insbesondere molybdänhaltigen Stählen, bei denen eine Lösungsglühung des Schweißnahtbereiches oberhalb von 1200° C oder sogar oberhalb 1300° C durchgeführt werden kann. Je höher die gewählte Temperatur der Wärmebehandlung ist, desto geringer kann die Haltezeit sein, die beispielsweise zwischen 5 und 30 Sekunden, vorzugsweise zwischen 15 und 30 Sekunden, liegen sollte. Bei der Wärmebehandlung heizt sich natürlich auch der übrige Bereich des Rohres auf, jedoch auf einer bedeutend niedrigere Temperatur als die des Schweißnahtbereiches. Eine solche Aufheizung des gesamten Rohres ist durchaus erwünscht und notwendig. Das Rohr wird jedoch außerhalb des Schweißnahtbereiches nicht so warm, daß es durch die Transportmechanik unzulässig verformt werden könnte, so daß eine hohe Qualität der Rohre gewährleistet ist, was den Ausschuß verringert und die später ggf. notwendigen Qualitätsprüfungen erleichtert. Dies spielt insbesondere für besonders dünnwandige Rohre von etwa 0,3 bis 0,5 mm Wanddicke eine wichtige Rolle.

Wie anhand der Zeichnung näher erläutert wird, besteht eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum selektiven Lösungsglühen der Schweißnaht ei-

nes längsnahtgeschweißten Rohres aus wenigstens einem ersten, etwa punktuell wirkenden Heizmittel hoher Energiedichte zum Aufschmelzen des Außenbereiches der Schweißnaht, z. B. wenigstens einer nicht abschmelzenden, einen Lichtbogen erzeugenden Elektrode; weiteren Heizmitteln, vorzugsweise Infrarotstrahlern oder Induktionsspulen, welche eine selektive Aufheizung des Schweißnahtbereiches bewirken können; Mitteln zur Aufrechterhaltung einer Schutzgasatmosphäre im Bereich der ersten Elektrode und in der Umgebung des Metallrohres unterhalb der weiteren Heizmittel und dem Bereich einer anschließenden Abkühlstrecke; Vorrichtungen zum Bewegen der Metallrohre entlang der durch die Heizmittel vorgegebenen Linie. Die vorgeschlagene Kombination einer Elektrode mit anderen Heizmitteln, insbesondere Infrarotstrahlern, ermöglicht einen sehr kompakten Aufbau der Wärmebehandlungsstrecke und verbindet die Vorteile des schnellen Aufheizens durch einen Lichtbogen mit den günstigen Eigenschaften anderer Heizmittel, insb. von Infrarotstrahlern und Induktionsspulen bezüglich des Aufrechterhaltens einer bestehenden Temperatur.

In der Zeichnung ist in Fig. 1 der prinzipielle Aufbau eines längsnahtgeschweißten Metallrohres im Querschnitt dargestellt und in Fig. 2 eine Prinzipdarstellung der Vorrichtung mit einem darunter angeordneten Diagramm der Temperaturverläufe in räumlicher Zuordnung zu der gezeigten Wärmebehandlungsvorrichtung dargestellt.

Der in Fig. 1 dargestellte Querschnitt durch ein längsnahtgeschweißtes Rohr 1 veranschaulicht die für die Erfindung wesentlichen Bereiche des Rohres. Dabei sind die einzelnen Zonen nicht maßstabsgerecht dargestellt, um prinzipielle Dinge besser veranschaulichen zu können. In Wirklichkeit sind die Schweißnaht und die Wärmeeinflußzone kleiner. Die Schweißnaht 2 liegt im allgemeinen bei der Herstellung an der Oberseite des Rohres 1. Sie ist umgeben von einer Wärmeeinflußzone 3, in welcher der Schweißvorgang Veränderungen und Inhomogenitäten hinterlassen hat. Der Rest des Rohres besteht aus unverändertem Grundwerkstoff, wobei es jedoch sinnvoll sein kann, aus Sicherheitsgründen einen Bereich 4 außerhalb der Wärmeeinflußzone 3 bei einer Wärmebehandlung einzubeziehen, da die genaue Ausdehnung der Wärmeeinflußzone 3 nicht immer bekannt ist. Schweißnaht 2, Wärmeeinflußzone 3 und Sicherheitsbereich 4 sind in der Beschreibung als Schweißnahtbereich bezeichnet. Die Schweißnaht 2 selbst hat einen Außenbereich 2.1, dessen Korrosionseigenschaften bei nur innen korrosiv beanspruchten Rohren keine Rolle spielen, und einen Innenbereich 2.2 dessen Eigenschaften entscheidend für die Korrosionsbeständigkeit des ganzen Rohres sein können. Fig. 2 zeigt schematisch eine Wärmebehandlungsstrecke,

die Teil einer vollständigen Produktionsvorrichtung für längsnahtgeschweißte Metallrohre oder auch separat angeordnet sein kann. Das Rohr 1 durchläuft diese Strecke, indem es von Transportrollen 11 oder ähnlichen Mitteln getragen und bewegt wird. Die Schweißnaht 2 bzw. der gesamte Schweißnahtbereich werden zu Beginn der Wärmebehandlung durch einen Lichtbogen 7 aufgeheizt. Für dieses erste Aufheizen können auch andere Mittel mit hoher Energiedichte, wie z. B. Laserstrahlen eingesetzt werden. Eine übliche Stromquelle 5.1, die einerseits über eine Zuleitung 5.2 mit dem Rohr 1 und andererseits mit einer nichtabschmelzenden Elektrode 5 verbunden ist, speist den Lichtbogen 7. Unter Umständen kann es sinnvoll sein, den Lichtbogen in an sich bekannter Weise durch Magnetfelder zu bewegen, um eine gleichmäßige Wärmeübertragung auf den Schweißnahtbereich zu erzielen. Mittels einer üblichen Vorrichtung 6 kann der Umgebungsbereich des Lichtbogens 7 unter Schutzgas 1 gehalten werden. Im weiteren Verlauf der Wärmebehandlungstrecke befinden sich weitere Heizmittel 8, im vorliegenden Ausführungsbeispiel Infrarotstrahler, welche die Temperatur des Schweißnahtbereiches oberhalb der für eine Lösungsglühung notwendigen Mindesttemperatur T_{min} halten. Der Abstand zwischen Lichtbogen 7 und dem ersten Infrarotstrahler 8 ist so gewählt, daß sich der durch den Lichtbogen 7 aufgeschmolzene äußere Bereich 2.1 der Schweißnaht 2.2 auf dem Weg durch Wärmeabgabe an den inneren Bereich 2.2 wieder verfestigen kann, so daß der gesamte Schweißnahtbereich sich etwa auf gleicher Temperatur oberhalb T_{min} befindet. Bei Verwendung von Infrarotstrahlern 8 kann durch ein Quarzglasrohr 9 eine (durch Pfeile angedeutete) Schutzgasatmosphäre um das gesamte Rohr 1 aufrechterhalten werden. An die Wärmebehandlungstrecke schließt sich noch eine ebenfalls unter Schutzgas befindliche Abkühlstrecke 10 an. Unter der Wärmebehandlungsvorrichtung und mit räumlicher Zuordnung zu dieser ist in der Fig. 2 ein Diagramm zur Veranschaulichung der Temperaturverläufe angegeben.

Auf der Abszisse ist die Temperatur aufgetragen, wobei beispielhaft zur Veranschaulichung des in Betracht kommenden materialabhängigen Bereiches zwei Temperaturen angegeben sind. Auf der Ordinate ist die Strecke entsprechend der Länge der Wärmebehandlungsvorrichtung aufgetragen, wobei (unter der Voraussetzung einer konstanten Durchlaufgeschwindigkeit des Rohres dies gleichbedeutend mit der Zeit ist. Das Diagramm stellt daher den zeitlichen bzw. räumlichen Verlauf der Temperaturen bei der Wärmebehandlung dar. Die gestrichelte Linie T_{mir} deutet die Temperatur an, die mindestens zum Lösungsglühen des Rohrmaterials nötig ist, während die Linie T_s die Schmelz-

temperatur des Rohrmaterials andeutet. Die Linie T_a veranschaulicht die Temperatur im Außenbereich 2.1 der Schweißnaht 2 und die Linie T_i veranschaulicht den Temperaturverlauf im Innenbereich 2.2 der Schweißnaht während der Wärmebehandlung. Erkennbar ist aus dem Diagramm, daß im Bereich des Lichtbogens 7 der Außenbereich auf eine Temperatur oberhalb des Schmelzpunktes T_s aufgeheizt wird, der Innenbereich jedoch deutlich unter dieser Temperatur bleibt. Zwischen Lichtbogen 7 und dem ersten Infrarotstrahler 8 gleichen sich die Temperaturen von Außenbereich 2.1 und Innenbereich 2.2 an. Je nach der Strahlungscharakteristik der Infrarotstrahler 8 wird auch bei der weiteren Wärmebehandlung der Außenbereich 2.1 auf höhere Temperaturen als der Innenbereich 2.2 gebracht, wobei jedenfalls sichergestellt sein muß, daß die Temperatur T_i zwischen T_{min} und T_s liegen muß, während es für den Außenbereich 2.1 zulässig ist, daß dieser zwischendurch, wie durch die punktierten Linien T_a' angedeutet, den Schmelzpunkt T_s überschreitet. In der Abkühlstrecke 10 wird schließlich noch unter Schutzgas die Temperatur des Schweißnahtbereiches soweit reduziert bis kein Schutzgas zur Vermeidung von Reaktionen mit der Umgebungsatmosphäre mehr nötig ist.

Die vorliegende Erfindung eignet sich besonders für die einer Rohrproduktionsanlage direkt nachgeordnete Wärmebehandlung.

Ansprüche

1. Verfahren zum selektiven Lösungsglühen der Schweißnaht (2), insbesondere einschließlich deren Wärmeeinflußzone (3), eines längsnahtgeschweißten Metallrohres (1), wobei das Rohr (1) insbesondere einen Durchmesser von weniger als 100 mm und eine Wanddicke von weniger als 2,5 mm hat und wobei eine Wärmebehandlungsvorrichtung (5,8) und das Rohr (1) relativ zueinander bewegt werden, **gekennzeichnet durch** folgende Merkmale:

a) die Schweißnaht (2) wird, vorzugsweise mittels wenigstens eines mit wenigstens einer nicht abschmelzenden Elektrode (5) erzeugten Lichtbogens (7), unter Schutzgas (I) so hoch erhitzt, daß ihr Außenbereich (2.1) aufgeschmolzen wird;

b) anschließend wird die Schweißnaht (2) selektiv durch weitere Heizmittel (8), beispielsweise weitere Lichtbogen, Infrarotstrahler oder Induktionsspulen, für einen vorgebbaren Zeitraum unter Schutzgas (I) mindestens auf einer für das Lösungsglühen des Rohrmaterials erforderlichen Temperatur (T_{min}), aber zumindest im Innenbereich (2.2) der Schweißnaht (2) unterhalb der Schmelztemperatur (T_s) gehalten und danach unter Schutzgas (I) abgekühlt (10).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schweißnaht (2) nicht bis zur Innenseite (2.2) des Metallrohres (1) aufgeschmolzen wird und die Wirkung der weiteren Heizmittel (8) gerade dann einsetzt, wenn der Außenbereich (2.1) der Schweißnaht (2) wieder teigig oder fest wird und durch Wärmeleitung sich der ganze Schweißnahtbereich (2,3) auf einer Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur (T_s) befindet.

5

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Metallrohr (1) aus nichtrostendem Stahl besteht, vorzugsweise aus einer molybdänhaltigen Legierung.

10

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der vorgebbare Zeitraum länger als 5 Sekunden, vorzugsweise 15 bis 30 Sekunden ist.

15

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die weiteren Heizmittel (8) die Schweißnaht (2) in räumlichen Abständen etwa punktuell auf eine Temperatur erheblich über der für das Lösungsglühen des Rohrmaterials notwendigen Mindesttemperatur (T_{min}) aufheizen, wobei durch Wärmeleitung ein Temperatúrausgleich innerhalb der Schweißnaht (2.1, 2.2) erfolgt, während Rohr (1) und Wärmebehandlungsstellen relativ zueinander bewegt werden.

20

25

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der wenigstens eine Lichtbogen (7) und die weiteren Heizmittel (8) ortsfest sind und das Metallrohr (1) unter diesen hindurch bewegt werden.

30

7. Vorrichtung zum selektiven Lösungsglühen der Schweißnaht (2) eines längsnahtgeschweißten Rohres (1), enthaltend folgende Teile:

35

a) wenigstens ein erstes etwa punktuell wirkendes Heizmittel (5, 7) hoher Energiedichte zum Aufschmelzen des Außenbereiches (2.1) der Schweißnaht (2) des Rohres (1), vorzugsweise eine nicht abschmelzende, einen Lichtbogen (7) erzeugende Elektrode (5);

40

b) weitere Heizmittel (8), vorzugsweise Infrarotstrahler oder Induktionsspulen, welche eine selektive Aufheizung des Schweißnahtbereiches (2, 3) bewirken können;

45

c) Mittel (6, 9) zur Aufrechterhaltung einer Schutzgasatmosphäre (I) im Einwirkungsbereich der ersten Elektrode (5) und in der Umgebung des Metallrohres (1) unterhalb der weiteren Heizmittel (8) und im Bereich einer anschließenden Abkühlstrecke (10);

50

d) Vorrichtungen (11) zum Bewegen der Metallrohre entlang der durch die Heizmittel (5, 8) vorgegebenen Linie.

55

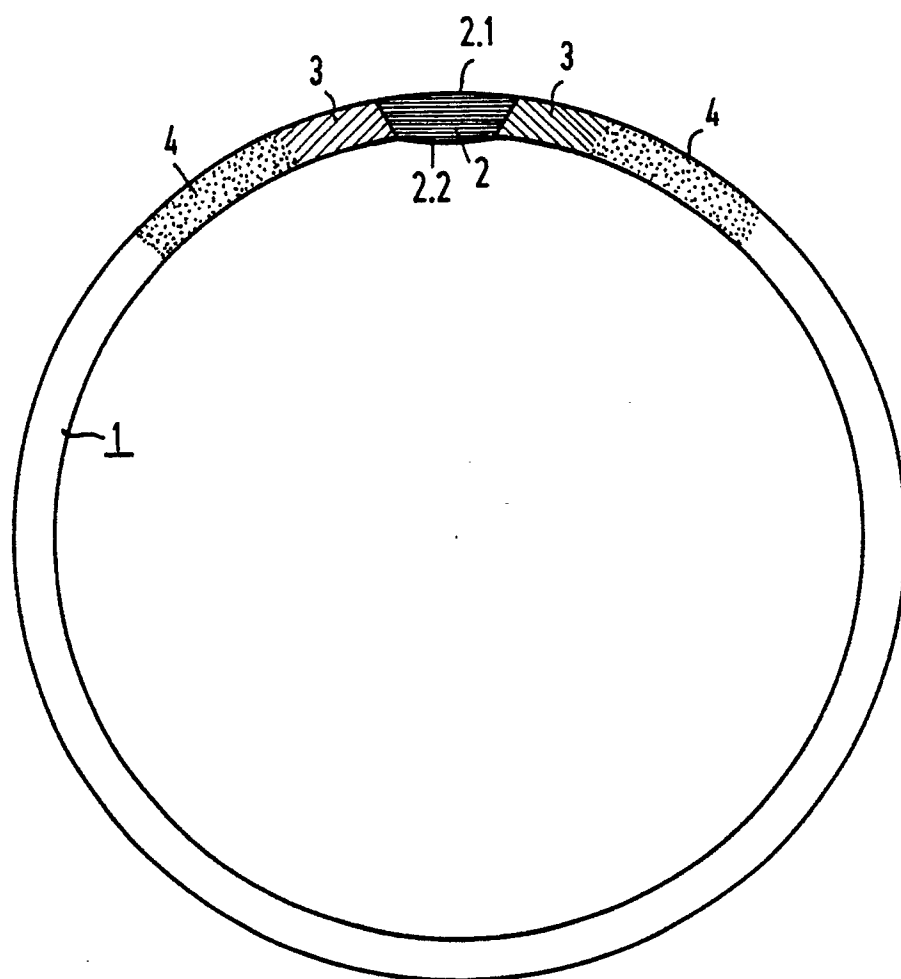


FIG 1

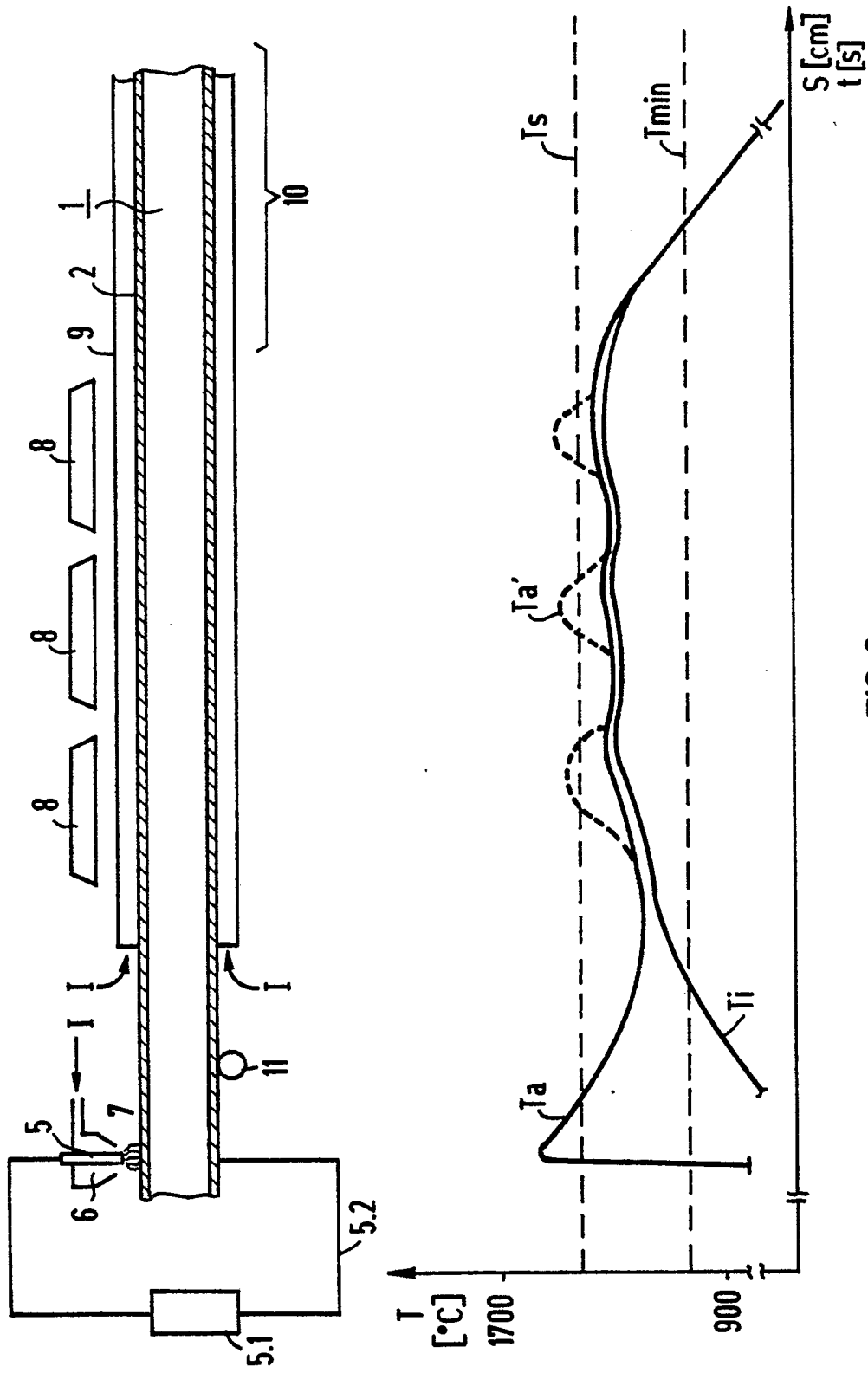


FIG 2