



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 237 489 A1

4(51) B 23 K 31/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP B 23 K / 276 539 8

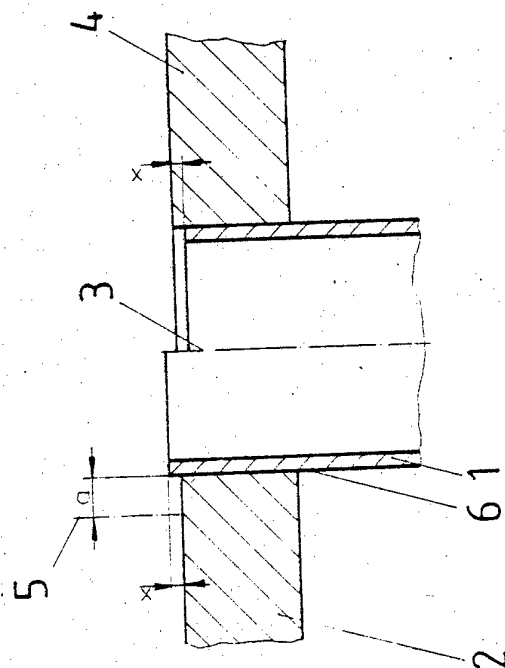
(22) 21.05.85

(44) 16.07.86

(71) VEB Schwermaschinenbau „Karl Liebknecht“ Magdeburg, 3011 Magdeburg, Alt-Salbke 6–10, DD
 (72) Degener, Gerd, Dipl.-Ing.; Marquard, Erwin, Dr.-Ing.; Volke, Reinhard, Dr.-Ing., DD

(54) Verfahren zum endseitigen Einschweißen von Rohren in Bohrungen von Platten

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum endseitigen Einschweißen von Rohren in Bohrungen von Platten, vorzugsweise in Rohrböden größerer Dicke, bei der Herstellung von Rohrbündeln für Rohrbündel-Wärmeübertrager. Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Einschweißen von Rohren in Bohrungen zu schaffen, bei dem ohne Unterbrechung eines gezündeten Schweiß-Lichtbogens eine Anzahl von Rohren nacheinander in die entsprechenden Bohrungen, möglichst ohne Nahtüberhöhung, einschweißbar sind. Erfindungsgemäß wird das dadurch erreicht, daß das Einschweißen einlagig mittels Plasma-Schmelzschweißen ohne Zusatzwerkstoff mit senkrecht zur Rohrbodenoberfläche angeordneter Lichtbogenachse erfolgt und die Energiezuführung über einen impulsmodulierten Plasma-Lichtbogen vorgenommen wird. Dabei wird der Lichtbogen kreisförmig in bestimmtem Abstand um die in einen Endlagentoleranzbereich vorbefestigten Rohrenden herumgeführt. Hauptanwendungsgebiet ist das Einschweißen von Rohren in Rohrböden von Rohrbündel-Wärmeübertragern. Figur



Patentanspruch:

Verfahren zum endseitigen Einschweißen von Rohren in Bohrungen von Platten, vorzugsweise von Rohrböden größerer Dicke, wobei die Rohre nach dem Einführen in die Bohrungen darin positioniert und mechanisch vorbefestigt sind, **gekennzeichnet dadurch**, daß das einlagige Einschweißen mittels Plasma-Schmelzschweißen, vorzugsweise ohne Zusatzwerkstoff, mit senkrecht zum Rohrboden (2) angeordneter Plasma-Lichtbogenachse (5) erfolgt und die Energiezuführung zum Schweißpunkt über einen impulsmodulierten Plasma-Lichtbogen vorgenommen wird, wobei die Plasma-Lichtbogenachse (5) in einem Abstand (a) von 1 bis 4 mm von der Rohrumfangslinie (6) kreisförmig um jedes Rohrende (3) herumgeführt wird und dabei die Rohrenden (3) im Bereich einer Endlagentoleranz (x) von plus/minus 1,5 mm in bezug auf die kammerseitige Rohrbodenwand (4) in den Bohrungen angeordnet sind.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum endseitigen Einschweißen von Rohren in Bohrungen von Platten, vorzugsweise in Rohrböden größerer Dicke bei der Herstellung von Rohrbündeln für Rohrbündel-Wärmeübertrager.

Charakteristik bekannter technischer Lösungen

Zum Einschweißen von Rohren in Rohrböden von Rohrbündel-Wärmeübertragern ist, besonders für höhere Belastungen, gefordert, daß die Nahtdicke mindestens gleich der Wanddicke der einzuschweißenden Rohre ist. Mittels üblicher Lichtbogen-Schmelzschweißverfahren ist diese geforderte Nahtdicke nicht durch einen Rohrumlauf des Schweißlichtbogens zu erzeugen, da die erreichbare Einbrandtiefe der Lichtbogen-Schmelzschweißverfahren das nicht gestatten. Um trotzdem die geforderte Nahtdicke zu erreichen, müssen Nahtvorbereitungsgeometrien durch spanende Formgebung geschaffen werden, um so möglichst tief im Rohrbodenwerkstoff mittels im Schweißlichtbogen übertragenen Zusatzwerkstoffs ein Schmelzbad zu erzeugen und eine feste Verbindung zwischen Rohr und Rohrboden herzustellen. In dieser ersten Schweißlage wird durch den zugeführten Zusatzwerkstoff nicht die gesamte vorgesehene Nahtdicke erreicht, so daß mindestens das Schweißen einer zweiten, in Ausnahmefällen sogar einer dritten Lage erforderlich ist. Besonders nachteilig ist die durch das Mehrlagenschweißen zwangsläufig entstehende Nahtüberhöhung.

Mindestens zum Einschweißen jedes Rohres, wenn nicht sogar jeder einzelnen Lage, muß der Lichtbogen erneut gezündet werden. Das Einschweißen aller Rohre in einen Rohrboden ist also die Aneinanderreihung einer Vielzahl von einzelnen, getrennten Schweißoperationen.

Es ist ein Verfahren zum Einschweißen von Rohren in gelochte Wände bekannt, bei dem das Rohrende jeweils mit Spiel in der entsprechenden Bohrung angeordnet ist. Zur Befestigung wird dann eine spezielle Befestigungseinrichtung zunächst gleichachsig zum Rohrende ausgerichtet und danach wird das Rohrende mittels eines axial verstellbaren Dornes an mindestens zwei Stellen seines Umfanges bis zur Anlage an der Lochwand aufgeweitet. Anschließend wird das Rohr im Bereich seiner Mündung mit der Lochwand verschweißt. (DE-OS 2 020 616)

Dieses Verfahren hat aber den Nachteil, daß ein sehr hoher Aufwand für das Einschweißen der Rohre erforderlich ist, indem nach dem Einführen der einzelnen Rohre in die Bohrungen des Rohrbodens alle Rohre zusammen mit dem Rohrboden im unbefestigten Zustand in die Schweißposition gebracht werden müssen. Danach ist ein Ausrichten der Rohre zum Rohrboden und eine feste Positionierung des Rohrbodens selbst erforderlich. Erst nach diesen Vorbereitungsarbeiten kann die eigentliche Befestigung der Rohre beginnen.

Der Befestigungsvorgang ist so vorgesehen, daß mit einem hohen apparativen Aufwand die eigentliche Schweißeinrichtung mit einem Dorn so kombiniert ist, daß die axiale Verschiebung des Dorns erst die Schweißeinrichtung zum Rohr ausrichtet, die weitere axiale Verschiebung des Dorns das Rohr in der Bohrung aufweitet und damit vorbefestigt und erst dann das Einschweißen jedes Rohres durch einen in sich abgeschlossenen Schweißvorgang mit Zuführung eines Zusatzwerkstoffes vorgenommen wird. Danach wird der Schweißvorgang unterbrochen und nach erneuter Ausrichtung der Schweißeinrichtung auf die nächste Rohrachse und Vorbefestigen dieses Rohres in gleicher Weise kann das Einschweißen dieses Rohres nach erneutem Zünden des Lichtbogens vorgenommen werden.

Dieses Verfahren realisiert also mit einem hohen apparate-technischen Aufwand das Einschweißen aller Rohre eines Rohrbodens indem eine Aneinanderreihung einer Vielzahl einzelner in sich abgeschlossener Schweißvorgänge mit jeweils erneuter Zündung jedes einzelnen Schweißvorganges und dem davor erforderlichen Ausrichten und Vorbefestigen jedes einzelnen Rohres vorgenommen wird.

Weiterhin ist ein Verfahren zum gleichzeitigen Einschweißen kurzer Rohre an ihren beiden Enden zwischen zwei Rohrregister mittels zweier Elektronenstrahlen bekannt. Dabei werden die an beiden Seiten konisch angefasten Rohre in die konisch vorbereiteten Bohrungen der beiden Registerböden eingesteckt. Die Stärke der Rohrregister ist etwa gleich der Wandstärke der Rohre. Das Einschweißen beider Enden eines Rohres erfolgt derart, daß zwei Elektronenstrahler so zu jedem Rohr angeordnet werden, daß sich die Elektronenstrahler und die Rohre gegenüber der Umgebung selbst abdichten und dann evakuiert werden. An den wurzelseitigen Enden der Nahtflächen zwischen Rohr und Registerboden wird eine den Schweißspalt nach unten abdeckende Dichtungsmasse zusätzlich angeordnet. Das Verbinden des schrägliegenden Schweißstoßes erfolgt durch einen sich drehenden nur einmalig schräg einsteichenden Elektronenstrahl (DD-PS 156 352).

Nachteilig bei diesem Verfahren ist, daß es einen sehr hohen Genauigkeitsgrad der Vorbereitungsarbeiten erfordert, da das Schweißverfahren selbst sehr enge Fertigungstoleranzen mit sich bringt. Hinzu kommt, daß die Anwendbarkeit des Verfahrens auf solche Rohr/Rohrbodenkombination beschränkt bleibt, bei denen die Rohrwandstärke und die Rohrbodenstärke etwa gleich groß sind und am wurzelseitigen Ende der Naht ein Freiraum für den Austritt des Elektronenstrahls vorhanden ist. Daraus ergibt sich, daß dieses Verfahren für eine Rohrbündelfertigung mit hoher Rohrpackungsdichte nicht anwendbar ist, da der austretende Elektronenstrahl andere Rohre beschädigen würde.

Ein weiterer Nachteil ergibt sich dadurch, daß für die Anwendung des Elektronenstrahlschweißens immer die Evakuierung des Schweißraumes erforderlich ist, die nur mittels der Anordnung von Dichtungen am Rohrregister und der zusätzlichen Abdichtung des Schweißspaltes mit einer Dichtungsmasse erreichbar ist. Auch dieses Verfahren ist jeweils nur für das Einschweißen eines einzigen Rohres einsetzbar. Zum Einschweißen des nächsten Rohres ist die Einrichtung zu diesem Rohr umzusetzen und neu auszurichten; es ist erneut zu evakuieren, um dann auch dieses Rohr einschweißen zu können, d. h., es ist zum Verschweißen eines Rohrregisters wiederum die Aneinanderreihung vieler einzelner, unabhängiger Schweißoperationen erforderlich, die jeweils auch noch eigener Vorbereitungen bedürfen.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren zum endseitigen Einschweißen von Rohren in Bohrungen von Platten zu schaffen, bei dem ohne Verlöschen des Lichtbogens eine Anzahl von Rohren nacheinander in die entsprechenden Bohrungen möglichst ohne Nahtüberhöhung einschweißbar sind.

Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, das Verfahren so zu gestalten, daß dabei eine Nahtvorbereitung für die Schweißnähte der einzelnen Rohre nicht erforderlich ist.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die technische Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Einschweißen von Rohren in Bohrungen von Platten, vorzugsweise in Rohrböden, zu schaffen, mit dem es möglich ist, die Rohre durch einen einmaligen Schweißvorgang mit der geforderten Einbrandtiefe, die mindestens der Rohrwanddicke des einzuschweißenden Rohres entspricht, fest mit der Platte zu verbinden. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß das einlagige Einschweißen mittels Plasma-Schmelzschweißen, vorzugsweise ohne Zusatzwerkstoff, mit senkrecht zum Rohrboden angeordneter Plasma-Lichtbogenachse erfolgt und die Energiezuführung zum Schweißpunkt über einen impulsmodulierten Plasmalichtbogen vorgenommen wird.

Dabei wird die Plasma-Lichtbogenachse in einem bestimmten Abstand vom Rohrumfang kreisförmig um jedes Rohrende herumgeführt, und die Rohrenden sind dabei in bezug auf die kammerseitige Rohrbodenwand in den Bohrungen mit einer definierten Endlagertoleranz angeordnet.

Dadurch ergeben sich für das Einschweißen von Rohren in Bohrungen von Platten folgende wesentliche Vorteile:

- das Einschweißen kann ohne Nahtvorbereitung an Bohrung oder Rohr vorgenommen werden;
- durch die Anwendung des Plasma-Schmelzschweißens ist das Einschweißen aller Rohre eines Rohrbodens ohne Unterbrechung des einmalig gezündeten Lichtbogens möglich und damit ist die Grundlage für einen kontinuierlich ablaufenden Fertigungsprozeß gegeben;
- die definierte Anordnung der Rohrenden zur kammerseitigen Rohrbodenwand und die kreisförmige Führung der Lichtbogenachse in bestimmtem Abstand zum Rohrumfang in Verbindung mit der einlagigen Schweißung ohne Zusatzwerkstoff gewährleisten das Einschweißen ohne Nahtüberhöhung auf der kammerseitigen Rohrbodenwand um die Rohrenden und damit eine glatte Oberfläche dieser Rohrbodenwand;
- das erfindungsgemäße Verfahren ist für alle für das Plasma-Schmelzschweißen geeigneten Stahlsorten (unlegiert, niedriglegiert, hochlegiert) und für Nichteisenmetalle und deren Legierungen anwendbar.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Die zugehörige Zeichnung zeigt die Anordnung eines Rohrendes in einem Rohrboden größerer Dicke.

In einer Bohrung eines Rohrbodens 2 ist ein Rohr 1 mit seinem Rohrende 3 so zu der kammerseitigen Rohrbodenwand 4 angeordnet, daß das Rohrende 3 eine definierte Endlagertoleranz x zur Rohrbodenwand 4 aufweist. Diese Endlagertoleranz x kann den Wert von 1,5 mm Überstand bis zu 1,5 mm Zurücksetzung gegenüber der Rohrbodenwand 4 einnehmen. Bevorzugt wird dabei jedoch ein bündiger Abschluß des Rohrendes 3 mit der Rohrbodenwand 4.

Der Plasma-Lichtbogen wird mit seiner Lichtbogenachse 5 am Ausgangspunkt der Schweißung in einem Abstand a zur Rohrumfangslinie 6 des Rohres 1 senkrecht zur Rohrbodenwand 4 ausgerichtet. Zur Erzielung einer einwandfreien Einschweißung des Rohres 1 in den Rohrboden 2 sollte der Abstand a die Größe von 1 bis 4 mm aufweisen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum endseitigen Einschweißen von Rohren in einen Rohrboden wird wie folgt durchgeführt, wobei als notwendige Vorbereitungsoperationen, die an sich bekannt sind und nicht zur Erfindung gehören, vorausgesetzt werden:

- Einführen des Rohres 1 mit seinem Rohrende 3 in die entsprechende Bohrung des Rohrbodens 2 ohne Nahtvorbereitung am Rohrende 3 oder an der Bohrung;
- Positionieren des Rohrendes 3 zur kammerseitigen Rohrbodenwand 4, daß ein bündiger Abschluß beider Teile gegeben ist;
- mechanisches Vorbefestigen des Rohrendes 3 in der Bohrung des Rohrbodens 2, beispielsweise durch partielles oder auf den ganzen Umfang des Rohrendes 3 bezogenes Aufweiten.

Der eigentliche Einschweißvorgang erfolgt nun so, daß nach Zünden des energiearmen Hilfslichtbogens der die eigentliche Energie für das Schweißen übertragende Hauptlichtbogen nach Positionieren der Lichtbogenachse 5 eingeschaltet wird. Der Lichtbogen wird nun mit seiner Achse 5 im Abstand a kreisförmig um den Rohrumfang 6 einmalig bis zum Ausgangspunkt herumgeführt und dabei wird der Werkstoff der kammerseitigen Rohrbodenwand 4 mit dem Werkstoff des Rohrendes 3 verschmolzen und dadurch das Rohr 1 in den Rohrboden 2 eingeschweißt.

Nach Beendigung des Einschweißens des ersten Rohres 1 in den Rohrboden 2 wird der energiereiche Hauptlichtbogen ausgeschaltet, während der energiearme Hilfslichtbogen gezündet bleibt. Nun kann die Lichtbogenachse 5 in gleicher Weise wie beim ersten Rohr 1 für das Einschweißen des zweiten Rohres 1 positioniert werden. Der Schweißvorgang läuft nach Einschalten des Hauptlichtbogens dabei in gleicher Weise wie beim ersten Rohr 1 ab.

So werden einzeln nacheinander alle Rohre 1 in den Rohrboden 2 eingeschweißt, ohne daß der zu Beginn gezündete Hilfslichtbogen unterbrochen werden muß. Damit ist das Einschweißen mit unterbrechungslos gezündetem Lichtbogen als Voraussetzung für eine automatisierte Fertigung gewährleistet.

