



(19)

REPUBLIK  
ÖSTERREICH  
Patentamt

(10) Nummer:

AT 411 396 B

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer:

A 977/99

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: F28F 9/18

(22) Anmeldetag:

01.06.1999

(42) Beginn der Patentdauer:

15.05.2003

(45) Ausgabetag:

29.12.2003

(56) Entgegenhaltungen:

WO 98/38002A1 EP 660064A2

(73) Patentinhaber:

SCHOELLER-BLECKMANN NOOTER  
APPARATETECHNIK GMBH  
A-2630 TERNITZ, NIEDERÖSTERREICH (AT).

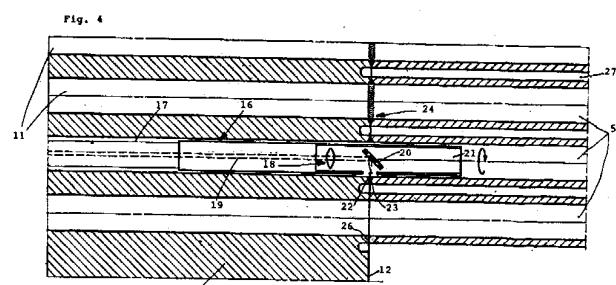
---

(54) WÄRMETAUSCHER UND VERFAHREN ZUM ANSCHWEISSEN VON WÄRMETAUSCHERROHREN  
AN EINER ROHRPLATTE

---

AT 411 396 B

(57) Beschrieben sind ein Wärmetauscher (1), beispielsweise für die Harnstofferzeugung, mit an einer mit Bohrungen (11) versehenen Rohrplatte (8) druckdicht angeschweißten Wärmetauscherrohren (5) innerhalb eines Gehäuses (3), sowie ein Verfahren zum Anschweißen der Wärmetauscherrohre (5) an der Rohrplatte (8), wobei die Wärmetauscherrohre (5) in einem Stumpfstoß durch Laserschweißung von der Bohrungsseite her an der einen, unter Belassung von Stutzen (26) für die Wärmetauscherrohre (5) bearbeiteten Seite der Rohrplatte (8) spaltfrei angeschweißt sind.



Die Erfindung betrifft einen Wärmetauscher, beispielsweise für die Harnstofferzeugung, mit an einer mit Bohrungen versehenen Rohrplatte druckdicht angeschweißten, Wärmetauscherrohren innerhalb eines Gehäuses.

Weiters bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Anschweißen von Wärmetauscherrohren eines insbesondere für die Harnstofferzeugung vorgesehenen Wärmetauschers an einer mit Bohrungen versehenen Rohrplatte.

Aus der EP 780 656 A ist ein Wärmetauscher bekannt, bei dem die Wärmetauscherrohre in entsprechende Bohrungen in der Rohrplatte eingesetzt sind, wobei sie die Rohrplatte durchsetzen, und an der Vorderseite mit einer Rohrplatten-Auflage verschweißt sind. Zufolge dieser Technik existiert ein Spalt zwischen Rohr und Rohrplatte zu deren Rückseite hin. Bei diesem Wärmetauscher befindet sich das zum Wärmeaustausch dienende Medium (beim bekannten Wärmetauscher ein Kühlmedium) außerhalb der Wärmetauscherrohre innerhalb des Wärmetauschergehäuses, und in den Rohren, die insbesondere U-förmig verlaufen, strömt das zu kühlende Medium, welches demgemäß nur mit der aus einem korrosionsbeständigen Material bestehenden vorderen Platte rung der Rohrplatte sowie mit dem aus ferritischem Werkstoff bestehenden Rohren in Kontakt gelangt.

Derartige Wärmetauscher, wie sie in der chemischen Industrie Verwendung finden, wie insbesondere im Zuge der Harnstofferzeugung für die Düngemittelherstellung können beispielsweise hundert oder zweihundert Tonnen wiegen, und die Wärmetauscherrohre können Längen in der Größenordnung von 10 m und mehr aufweisen. Beispielsweise sind U-förmige Wärmetauscherrohre mit Schenkellängen von 12 m üblich. Diese Wärmetauscherrohre werden an Rohrplatten angebracht, die entsprechend massiv sind, beispielsweise Dicken von 400 mm bis 600 mm aufweisen können, wobei an einer solchen Rohrplatte mehrere tausend Wärmetauscherrohre oder -rohrschenkel angeschweißt werden. Dementsprechend ist es schwierig, die erforderlichen Schweißverbindungen zwischen den Rohren und der Rohrplatte herzustellen, wobei bei Anwendung üblicher Schweißtechniken eine hängende Anordnung, mit vertikal verlaufenden Wärmetauscherrohren, erforderlich ist, damit beim Schweißen die Schmelze des Schweißbades nicht auf Grund des Einflusses der Schwerkraft durchhängen kann. Ein großes Schweißbad ergibt sich bei den herkömmlichen Schweißtechniken jedoch bereits deshalb, da die Rohre im Hinblick auf die erforderliche Druck- und Korrosionsfestigkeit (beispielsweise liegen im Betrieb Drücke von 160 oder 180 bar vor, wobei der Temperaturbereich 160°C -180°C betragen kann) große Wandstärken, beispielsweise ungefähr 3 mm bei einem Durchmesser von 18 mm, aufweisen. Die Schweißverbindung muss dabei durch die Rohrwandung hindurchgehen, d.h. es muss die gesamte Wandstärke durchgeschweißt werden.

Im Hinblick auf die Verwendung der Wärmetauscher in der chemischen Industrie, wo oft aggressive, d.h. sehr reaktive Medien gegeben sind, muss selbstverständlich die Schweißung fehlerlos sein, wobei wegen der Unzugänglichkeit der Schweißnähte auch eine nachträgliche Reparatur, sollten bei einer Überprüfung Fehler festgestellt werden, praktisch nicht möglich ist.

Im Zuge der Neuentwicklung von chemischen Verfahren besteht überdies der Bedarf an Wärmetauschern, bei denen entgegen früheren Techniken das aggressive Medium nunmehr außerhalb der Rohre im Wärmetauschergehäuse vorliegt, wogegen das Kühlmedium durch die Rohre geführt wird. Dies bedeutet, dass abgesehen von den Rohren auch die Rückseite der Rohrplatte aus einem entsprechenden korrosionsbeständigen Material bestehen muss, und dass die Schweißverbindung der Wärmetauscherrohre mit der Rohrplatte an dieser Rückseite der Rohrplatte - von wo sich die Wärmetauscherrohre wegerstrecken - herzustellen wäre, wobei auch kein Spalt vorliegen darf. Dort ist jedoch die Anbringung der Schweißverbindungen wegen der engen Abstände zwischen den Wärmetauscherrohren nicht möglich, wenn von der Außenseite der Wärmetauscherrohre her geschweißt wird, wie sich dies an sich aufdrängen würde. Bei einem Schweißen von der Rohrinnenseite her sind jedoch die engen Platzverhältnisse problematisch, auch was das Einbringen von Schweißzusätzen betrifft.

Zusätzlich erschwerend kommt hinzu, dass die im Hinblick auf die Korrosionsbeständigkeit verwendeten Materialien (ferritische, ferritisch-austenitische oder austenitische Stähle) ohne Zusatz nur schwer schweißbar sind, wobei der Kontrolle des Schweißvorganges große Bedeutung zukommt.

Es ist nun Ziel der Erfindung, einen Wärmetauscher bzw. ein Schweißverfahren wie eingangs

angegeben vorzusehen, bei dem die gewünschten Schweißverbindungen zwischen den Wärmetauscherrohren und der Rohrplatte an der Rückseite derselben mit großer Sicherheit und Reproduzierbarkeit auf wirtschaftliche Weise hergestellt werden können.

Der erfindungsgemäße Wärmetauscher der eingangs angeführten Art ist dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmetauscherrohre in einem Stumpfstoß durch Laserschweißung von der Bohrungsseite her an der einen, unter Belassung von Stutzen für die Wärmetauscherrohre bearbeiteten Seite der Rohrplatte spaltfrei angeschweißt sind.

In entsprechender Weise ist das erfindungsgemäße Verfahren der eingangs erwähnten Art dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmetauscherrohre in einem Stumpfstoß mittels Laserstrahl von der Innenseite der Bohrungen her an Stutzen spaltfrei angeschweißt werden, die zuvor durch Bearbeiten der Rohrplatte erzeugt werden.

Bei der erfindungsgemäßen Technik wird somit eine Laserschweißung für die Wärmetauscherrohre an der Rückseite der Rohrplatte vorgesehen, wobei diese Laserschweißung von der Innenseite der Bohrungen in der Rohrplatte bzw. von der Innenseite der Wärmetauscherrohre her vorgenommen wird.

Hierzu wird ein entsprechender Laserkopf eines Laserschweißgeräts von der Vorderseite der Rohrplatte her in die jeweilige Bohrung bis zur Rückseite der Rohrplatte eingeführt, wo das Wärmetauscherrohr an der bearbeiteten Rückseite, nämlich an den genannten Stutzen, angesetzt wird, und es wird an dieser Stelle eine spaltfreie, fehlerlose Stumpfstoß-Schweißung bewirkt, wobei die Schweißnaht durchgeschweißt hergestellt wird, d.h. von der Innenseite bis zur Außenseite reicht. Durch die Laserschweißung wird eine vergleichsweise zarte, gleichmäßige, materialschonende, sehr charakteristische, von anders hergestellten Schweißnähten unterscheidbare Schweißnaht erzielt, wobei mit geringeren Stromleistungen beim Schweißen das Auslangen gefunden wird. Auch sind die Regelungsmöglichkeiten beim Laserschweißen genauer, und es kann das Schmelzbad während des Schweißens auf einen relativ engen Raum beschränkt werden.

Versuche haben überdies gezeigt, dass im Vergleich zu herkömmlichen Schweißtechniken mit wesentlich kürzeren Schweißzeiten, z.B. 5 bis 15 Sekunden statt 50 bis 60 Sekunden pro Wärmetauscherrohr, das Auslangen gefunden werden kann. Die Schweißanschlüsse können mit hoher Reproduzierbarkeit bezüglich der Sicherheit der Schweißstelle ebenso wie in metallurgischer Hinsicht hergestellt werden, so dass sich bei nachfolgenden Untersuchungen keine Analysenschwankungen ergeben. Dies gilt insbesondere auch, wenn für die Wärmetauscherrohre und die Rohrplatte, zumindest für eine Plattierung, d.h. Auflage, derselben an der Rückseite ein korrosionsbeständiger Stahl verwendet wird. Überdies können die Schweißungen bei horizontaler Ausrichtung der Einheit, d.h. der Wärmetauscherrohre, in normaler Arbeitshöhe vorgenommen werden, wogegen bei den früheren Schweißtechniken, wegen der hängenden Anordnung der Wärmetauscherrohre an der oberhalb von ihnen befindlichen Rohrplatte, große Montagehöhen (12 m und mehr) erforderlich waren. Was die Laserschweißeinrichtung betrifft, so können im Prinzip derartige Schweißvorrichtungen verwendet werden, wie sie beim Laserschweißen von Rohren an sich bereits bekannt sind, vgl. beispielsweise die DE 39 10 098 A bzw. die WO 92/032 48 A und WO 92/032 49 A.

Im Hinblick auf die im vorliegenden Wärmetauscher im besonderen gegebene Situation im Betrieb, dass nämlich das aggressive Medium außerhalb der Wärmetauscherrohre vorliegt, wogegen das Kühlmedium im Inneren der Rohre strömt, wird mit Vorteil vorgesehen, dass die Wärmetauscherrohre und die Rohrplatte, zumindest eine Auflage derselben auf der Wärmetauscherrohr-Seite, aus einem voll-austenitischen oder einem ferritisch-austenitischen Stahl bestehen.

Für den spaltfreien Anschluss der Wärmetauscherrohre mittels Stumpfstoß ist es auch günstig, wenn die Stutzen denselben Außen- und Innendurchmesser wie die Wärmetauscherrohre aufweisen.

Für die Schweißnaht-Vorbereitung werden wie erwähnt auf der Wärmetauscherrohr-Seite der Rohrplatte rund um die Anschlüsse Nuten eingefräst, so dass Stutzen (Ringe) für das Ansetzen der Wärmetauscherrohre stehenbleiben. Für das Ansetzen der Wärmetauscherrohre können dann überdies an diesen Stutzen stirnseitig Zentrier- und Fixierhilfen gebildet werden, die mit den entsprechend ausgebildeten Stirnseiten der Wärmetauscherrohre bei deren Ansetzen zusammenarbeiten. Als derartige Zentrier- und Fixierhilfen können beispielsweise zusammenpassende, komplementäre Abstufungen an den Stirnseiten von Stutzen und Rohren oder aber zusammenpassende Abschrägungen, d.h. konische Stirnflächen, vorgesehen werden. Auf diese Weise wird eine Art

Sitz an der Stirnseite des jeweiligen Stutzens gebildet, der ein sicheres Einsetzen und Zentrieren des Wärmetauscherrohres ermöglicht.

Um das Laserschweißen zu erleichtern, ist es auch zweckmäßig, die Wärmetauscherrohre vorläufig an den Stutzen zu fixieren, und demgemäß werden sie vorzugsweise mit einzelnen, z.B. jeweils zwei, Schweißpunkten an den Stutzen vor dem Anschweißen angeheftet. Nach Anbringen dieser Heftpunkte kann die jeweilige Position des Wärmetauscherrohres am Anschlussstutzen optisch überprüft werden, um sicherzugehen, dass ein richtiges Positionieren des Wärmetauscherrohres erfolgt ist, wonach das Laserschweißen für den spaltfreien Anschluss der Rohre durchgeführt werden kann.

Bei der vorliegenden Schweißtechnik mittels Laserschweißgerät von der Innenseite der Bohrungen bzw. Rohre her ist eine Anwendung von Schutzgas im Inneren der Bohrungen bzw. Rohre möglich, wobei ein entsprechendes Inertgas über dem Laserkopf eingeleitet werden kann, wie dies aus den vorgenannten Schriften an sich bekannt ist. Es ist jedoch vor allem im Hinblick darauf, dass das aggressive Medium wie erwähnt an der Außenseite der Rohre und an der Rückseite der Rohrplatte vorliegt, auch von Bedeutung, an der Außenseite der Schweißnaht eine Schutzgasatmosphäre während des Schweißvorganges vorliegen zu haben, und in dem Zusammenhang ist es daher von besonderem Vorteil, wenn während des Schweißens um die Enden der Wärmetauscherrohre und die Stutzen herum eine Schutzgasatmosphäre, durch Anbringen von Schutzgashülsen, aufrechterhalten wird. Dabei werden zweckmäßig der Länge nach geteilte Schutzgashülsen eingesetzt, deren Hälften über ein achsparalleles Scharniergelenk miteinander verbunden sind; auf diese Weise können diese Schutzgashülsen im geöffneten Zustand, mit auseinandergeklappten Hüllsenhälften, von der Seite her über das jeweilige Rohrende und den zugehörigen Stutzen geschoben werden, wonach die Schutzgashülsen geschlossen werden; sodann kann über eine Anschlussbohrung oder dgl. dem Inneren der Schutzgashülsen das Inertgas unter Druck zugeführt werden, so dass die Luft im Bereich der Schweißstelle verdrängt und eine Schutzgasatmosphäre erhalten wird. Dabei kann im Bereich der Stellen der Anlage der Schutzgashülsen am Rohr bzw. an der Rohrplatte Gas entweichen.

Die Erfindung wird nachfolgend an Hand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen noch weiter erläutert. Es zeigen: Fig.1 einen axialen Schnitt eines erfindungsgemäßen Wärmetauschers; Fig.2 einen Querschnitt durch diesen Wärmetauscher auf Höhe des laufenden Rohrbündels benachbart der Rohrplatte, gemäß der Linie II-II in Fig.1; Fig.2A die Anordnung der Wärmetauscherrohre des in Fig.2 dargestellten Rohrbündels in einer schematischen Detailansicht; Fig.3 eine schematische Darstellung einer Rohrplatte und einiger beispielhaft dargestellter Kühlrohre in Verbindung mit einer Laserquelle, während des Anschweißens eines Rohres; Fig.4 die in Fig.3 bei IV dargestellte Schweißverbindungsstelle zwischen Wärmetauscherrohr und Rohrplatte im Detail in einem Axialschnitt; Fig.5 schematisch eine der in Fig.4 gezeigten Verbindungsstellen zwischen einem Wärmetauscherrohr und der Rohrplatte mit einer aufgesetzten Schutzgashülse im Detail; und Fig.6 einen Querschnitt der in Fig.5 gezeigten Schutzgashülse, gemäß der Linie VI-VI in Fig.5.

In Fig.1 ist eine schematische Schnittdarstellung eines typischen Wärmetauschers 1 gezeigt, bei dem das zu kühlende (oder zu erwärmende) Medium durch eine Einlassöffnung 2 in den durch einen z.B. zylindrischen Gehäuse-Mantel 3 begrenzten Innenraum 4 des Wärmetauschers 1 eintritt. Das Medium füllt den vom Mantel bzw. Gehäuse 3 umschlossenen Raum 4 aus und kommt dabei mit in einem Rohrbündel 5A angeordneten Wärmetauscherrohren 5 in Berührung, wobei es zu einem Wärmeaustausch zwischen dem Medium im Innenraum 4 und einem die Wärmetauscherrohre 5 durchfließenden Kühl- bzw. Heizmedium, z.B. Kühlwasser oder aber Dampf kommt. Das gekühlte (oder erwärmte) Medium kann über eine Auslassöffnung 6 wieder aus dem Wärmetauscher 1 austreten.

Nachfolgend wird der Einfachheit halber nur auf ein Kühlmedium bzw. ein zu kühlendes Medium bezogenenommen, jedoch gelten die Ausführungen selbstverständlich in gleicher Weise für ein Heizmedium bzw. ein zu erwärmendes Medium.

Das Kühlmedium tritt durch eine Einlassöffnung 7 in den Wärmetauscher 1, genauer in einen mit einer Rohrplatte 8 verbundenen Kühlwassergefüllten Einlassbereich 9, ein, der durch eine Trennwand 10 von einem auslassseitigen Bereich 9A getrennt ist. Das Kühlwasser gelangt sodann vom Einlassbereich 9 durch Bohrungen 11 (s. Fig. 3) in der Rohrplatte 8 zu den Wärmetauscher-

rohren 5. Diese sind beispielsweise U-förmig ausgebildet (wobei aber auch gerade Rohre denkbar wären), und das Kühlwasser gelangt nach dem Wärmeaustausch mit dem zu kühlenden Medium durch die entsprechenden Bohrungen 11 in der Rohrplatte 8 in den Auslassbereich 9A zurück, von wo es über eine Auslassöffnung 7A abgeführt wird.

5 Fig.2 zeigt einen Querschnitt durch das Rohrbündel 5A des in Fig.1 dargestellten Wärmetauschers 1, wobei das Rohrbündel 5A beispielsweise 1000 oder mehr Rohre 5 enthalten kann. Die Rohre 5 können beispielsweise gemäß einer rechteckigen Anordnung vorgesehen sein, wobei die Rohre 5 eng aneinander angeordnet sind, wodurch ein Anschweißen der Wärmetauscherrohre 5 an der Rohrplatte 8 auf der den Rohren 5 zugewandten Rückseite 12 (s. Fig.3) praktisch unmöglich ist. Des Weiteren zeigt Fig.2 die Aufteilung des Rohrbündels 5A in Einlass-Rohrschenkel und Auslass-Rohrschenkel, getrennt durch einen rohrfreien Bereich 13, auf dessen Höhe sich auf der Vorderseite der Rohrplatte 8 die Trennwand 10 (s. Fig.1) befindet.

10 In Fig.2A ist in einem Prinzipschema die Anordnung der Wärmetauscherrohre 5 (d.h. der Schenkel der U-Rohre) des in Fig.2 dargestellten Rohrbündels 5A im Detail gezeigt, wobei eine Anordnung von jeweils drei benachbarten Rohren 5 gemäß einem gleichseitigen Dreieck vorliegt. Dies ermöglicht eine optimale Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Raumes. Diese Anordnung der Rohre 5 bringt den Vorteil mit sich, dass ein Wärmeaustausch wegen der vielen Rohre an einer insgesamt großen Oberfläche möglich ist, so dass eine gute Wärmetauschwirkung erzielt wird.

15 20 Fig.3 zeigt eine schematische Darstellung des Rohrbündels 5A und der Rohrplatte 8, wobei nur einige U-förmige Wärmetauscherrohre 5 beispielhaft dargestellt sind. Die Bohrungen 11 in der Rohrplatte 8 sind koaxial zu den Rohren 5, wobei sie bevorzugt denselben Innendurchmesser wie die Rohre 5 aufweisen. Die Rohre bzw. die Rohrschenkel 5 werden in einem Stumpfstoß in der koaxialen Ausrichtung zu den jeweiligen Bohrungen 11 in der Rohrplatte 8 an der Rückseite. 12 der Rohrplatte 8 angeschweißt, wozu eine Laserschweißvorrichtung verwendet wird, die in Fig.3 schematisch bei 14 veranschaulicht ist. Diese Laserschweißvorrichtung 14 enthält eine Laserquelle 15, von der ein Laserstrahl über entsprechende Einrichtungen, etwa Glasfaserkabel bzw. Spiegel, einem Laserkopf innerhalb derjenigen Bohrung 13 zugeführt wird, wo der Rohrschenkel gerade angeschweißt wird, s. auch im Detail IV in Fig.3 sowie die zugehörige detailliertere Darstellung in Fig.4, wo eine Laserschweißsonde bei 16 veranschaulicht ist. Das Zuleitungspaket für den Laserstrahl und das Schutzgas, das beispielsweise ebenfalls im Bereich der Laserquelle 15 in einem Speicher vorhanden ist, ist in Fig.3 und 4 schematisch bei 17 angegeben.

25 30 35 Aus Fig.4 ist ersichtlich, dass die Laserschweißsonde 16 mit einer geeigneten, mit einer einfachen Linse nur schematisch angedeuteten Optik 18 für den Laserstrahl 19 sowie weiters einen Ulenkspiegel 20 innerhalb eines rotierenden Laserkopfes 21 aufweist. Dieser Ulenkspiegel 20 bestreicht somit während der Drehbewegung des Laserkopfes 21 mit dem durch eine Öffnung 22 im Kopf 21 austretenden Laserstrahl 19 einen kompletten Kreis, wobei zwischen dem jeweiligen Rohr 5 und der Rohrplatte 8 die gewünschte Schweißverbindung hergestellt wird, wie beispielsweise bei 23 veranschaulicht ist. Eine fertige Schweißnaht ist in Fig.4 bei 24 gezeigt.

40 45 Zur Vorbereitung der Schweißverbindung wird die Rückseite 12 der Rohrplatte 8 bearbeitet, wobei Nuten oder Vertiefungen 25 derart eingearbeitet, z.B. gefräst, werden, dass Ringe oder Stutzen 26 belassen werden, die exakt zum jeweils anzuschweißenden Rohr 5 passen. Dadurch wird die vorerwähnte Stumpfstoß-Schweißverbindung ermöglicht, wobei in Fig.4 beispielhaft für drei übereinander gezeigte Rohre 5 verschiedene Stufen während des Schweißvorganges gezeigt sind: Beim in Fig.4 untersten Rohr 5 wurde die Schweißnahtvorbereitung beendet, d.h. es liegen die Stutzen 26 vor, an die das unterste Rohr 5 angesetzt ist. Beim gemäß Fig.4 mittleren Rohr 5 ist das Laserschweißen gerade in Gang, wobei die Schweißnaht 23 hergestellt wird. Beim in Fig.4 obersten Rohr 5 liegt bereits die fertige Laserschweißnaht 24 vor. Die jeweilige Schweißnaht 23 bzw. 24 erstreckt sich durch die gesamte Dicke im Bereich des Stumpfstoßes vom Stutzen 26 und Rohr 5, so dass an der Außenseite, wo im Betrieb des Wärmetauschers 1 das zu kühlende aggressive Medium vorliegt, eine bündige Schweißfläche gegeben, und kein Spalt oder Riss vorhanden ist.

50 55 Die Rohrplatte 8 kann zur Gänze aus einem korrosionsbeständigen Material bestehen, wie beispielsweise aus einem voll-austenitischen Stahl oder aber aus einem ferritisch-austenitischen Stahl; sie kann jedoch auch im Bereich ihrer Rückseite 12 mit einer Plattierung aus einem solchen

Material versehen sein und im Übrigen aus einem Kohlenstoffstahl bestehen, da sie dort nur mit dem Wärmetauschmedium, in der Regel Kühlwasser bzw. Dampf, in Kontakt gelangt. Da derartige Aufplattierungen auf Rohrplatten an sich bekannt sind, kann sich eine nähere Beschreibung hievon erübrigen.

5 Die Rohre 5 bestehen in vergleichbarer Weise aus einem voll-austenitischen oder ferritisch-austenitischen Stahl und im Übrigen auch aus einem Kohlenstoffstahl, und sie gelangen mit ihren Außenseiten in Kontakt mit dem zu kühlenden (bzw. zu erwärmenden) Medium, welches in den Zwischenräumen, etwa bei 27 in Fig.4, gezeigt ist. Wie somit ersichtlich, wird beim vorliegenden Wärmetauscher das Anschweißen der Rohre 5 an der Rückseite 12 der Rohrplatte 8 in einem spaltfreien Stumpfstöß von der Vorderseite der Rohrplatte 8 her, durch die darin enthaltenen Bohrungen 11, vorgenommen, wobei sicherzustellen ist, dass die Laserschweißsonde 16 bzw. der Kopf 21 mit dem Umlenkspiegel 20 genau auf dem Niveau der Stoßstelle zwischen den Stutzen 26 und den Rohren 5 in Position kommt. Dies kann dadurch bewerkstelligt werden, dass die in die Bohrung 11 eingeführte Laserschweißsonde 16 im Bereich des aus der Bohrung 11 herausragenden Teiles mit einem verstellbaren Anschlag (nicht gezeigt) ausgebildet wird, wobei dieser Anschlag derart eingestellt wird, dass die Sonde 16 gerade soweit in die Bohrung 11 eingeschoben werden kann, dass, wenn der Anschlag an der Vorderseite der Rohrplatte 8 anliegt, der Umlenkspiegel 20 bzw. die Austrittsöffnung 22 des Laserkopfes 21 zur Stumpfstöß-Stelle ausgerichtet ist. Dies kann vor Beginn der Schweißarbeiten ausgemessen bzw. überprüft werden, und bei einer entsprechend genau gefertigten Rohrplatte 8 kann die eingestellte Position des Anschlages für alle anzuschweißenden Rohre 5 beibehalten werden.

Über das Zuleitungspaket 17 wird auch Schutzgas, z.B. Argon, der Schweißstelle von innen her zugeführt, und eine vergleichbare Schutzgasatmosphäre ist an der Außenseite der Schweißstelle vorzusehen. Hierzu kann, wie in der Detaildarstellung von Fig.5 gezeigt ist, eine Schutzgashülse 30 außen um das anzuschweißende Wärmetauscherrohr 5 herum angebracht. Diese Schutzgashülse 30 liegt mit einem oberen, einwärts gerichteten radialen Flansch 31 am Rohr 5 an und wird möglichst dicht in die Nut 25 eingesetzt, die den jeweiligen Stutzen 26 umgibt. Bei 32 ist weiters ein Anschlussnippel für die Schutzgaszuführung zum Inneren der Schutzgashülse 30 schematisch gezeigt.

30 Gemäß Fig.6 besteht die Schutzgashülse 30 aus zwei Hülsenteilen 30A, 30B, die über ein Scharniergegenstück 30C miteinander schwenkbar verbunden sind. Die Achse des Scharniergegenstücks 30C verläuft parallel zur Achse der Schutzgashülse 30. Gegebenenfalls kann, um eine möglichst gute Abdichtung zu erreichen, ein Verschluss 33 zum Schließen der beiden Schutzgashülsenteile 30A, 30B vorgesehen sein.

35 Es ist jedoch auch möglich, die Schutzgashülse 30 einteilig aus keramischem Material herzustellen, diese vor dem Ansetzen des anzuschweißenden Rohres 5 an die Rohrplatte 8 aufzuschieben und nach erfolgter Schweißung zu zerstören.

Aus Fig.5 ist sodann noch ersichtlich, dass an den Stirnseiten der Stutzen 26 und der Wärmetauscherrohre 5 Zentrier- und Fixierhilfen, beispielsweise in Form von Abschrägungen 34 oder aber in Form von Abstufungen 35, vorgesehen werden können. Dadurch wird das korrekte Ansetzen des jeweiligen Wärmetauscherrohrs 5 stirnseitig am Stutzen 26 erleichtert. Zusätzlich kann ein rasches Anheften mit Hilfe von Schweißpunkten vorgenommen werden, wenn das Wärmetauscherrohr 5 angesetzt wird, und bevor der Laserschweißvorgang gestartet wird, wobei das Wärmetauscherrohr 5 im so angehefteten Zustand vor dem Laserschweißvorgang visuell hinsichtlich der richtigen Lage überprüft werden kann.

45 Mit der beschriebenen Technik können äußerst verlässlich und reproduzierbar Stumpfstöß-Schweißverbindungen zur Anbringung der Wärmetauscherrohre 5 an der Rohrplatte 8 erhalten werden, wobei die Schweißnähte spaltfrei, vergleichsweise dünn und gleichmäßig, im Gegensatz zu herkömmlichen Schweißtechniken, sind, und wobei überdies die Schweißverbindungen in außerordentlich kurzen Zeiten, beispielsweise in ca. 5 bis 10 oder 15 Sekunden pro Rohr, je nach Wandstärke des Rohres bzw. des Stutzens, und je nach Material, erzielt werden.

**PATENTANSPRÜCHE:**

1. Wärmetauscher, beispielsweise für die Harnstofferzeugung, mit an einer mit Bohrungen versehenen Rohrplatte druckdicht angeschweißten Wärmetauscherrohren innerhalb eines Gehäuses, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmetauscherrohre (5) in einem Stumpfstoß durch Laserschweißung von der Bohrungsseite her an der einen, unter Belassung von Stutzen (26) für die Wärmetauscherrohre (5) bearbeiteten Seite der Rohrplatte (8) spaltfrei angeschweißt sind.
2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmetauscherrohre (5) und die Rohrplatte (8), zumindest eine Auflage derselben auf der Wärmetauscherrohr-Seite, aus einem voll-austenitischen oder einem ferritisch-austenitischen Stahl bestehen.
3. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Stutzen (26) den selben Außen- und Innendurchmesser wie die Wärmetauscherrohre (5) aufweisen.
4. Verfahren zum Anschweißen von Wärmetauscherrohren eines insbesondere für die Harnstofferzeugung vorgesehenen Wärmetauschers an einer mit Bohrungen versehenen Rohrplatte, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmetauscherrohre in einem Stumpfstoß mittels Laserstrahl von der Innenseite der Bohrungen her an Stutzen spaltfrei angeschweißt werden, die zuvor durch Bearbeiten der Rohrplatte erzeugt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass an den Stutzen stirnseitig Zentrier- und Fixierhilfen gebildet werden, die mit den entsprechend ausgebildeten Stirnseiten der Wärmetauscherrohre bei deren Ansetzen zusammenarbeiten.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Stutzen und die Wärmetauscherrohre stirnseitig mit zusammenpassenden Abstufungen versehen werden.
7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Stutzen und die Wärmetauscherrohre mit zusammenpassenden Abschrägungen versehen werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmetauscherrohre vor dem Anschweißen mit einzelnen Schweißpunkten an den Stutzen angeheftet werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass während des Schweißens um die Enden der Wärmetauscherrohre und die Stutzen herum eine Schutzgasatmosphäre, durch Anbringen einer Schutzbashülse, aufrechterhalten wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine längsgeteilte Schutzbashülse eingesetzt wird, deren Hälften über ein achsparalleles Scharniergelenk miteinander verbunden sind.

35

**HIEZU 3 BLATT ZEICHNUNGEN**

40

45

50

55

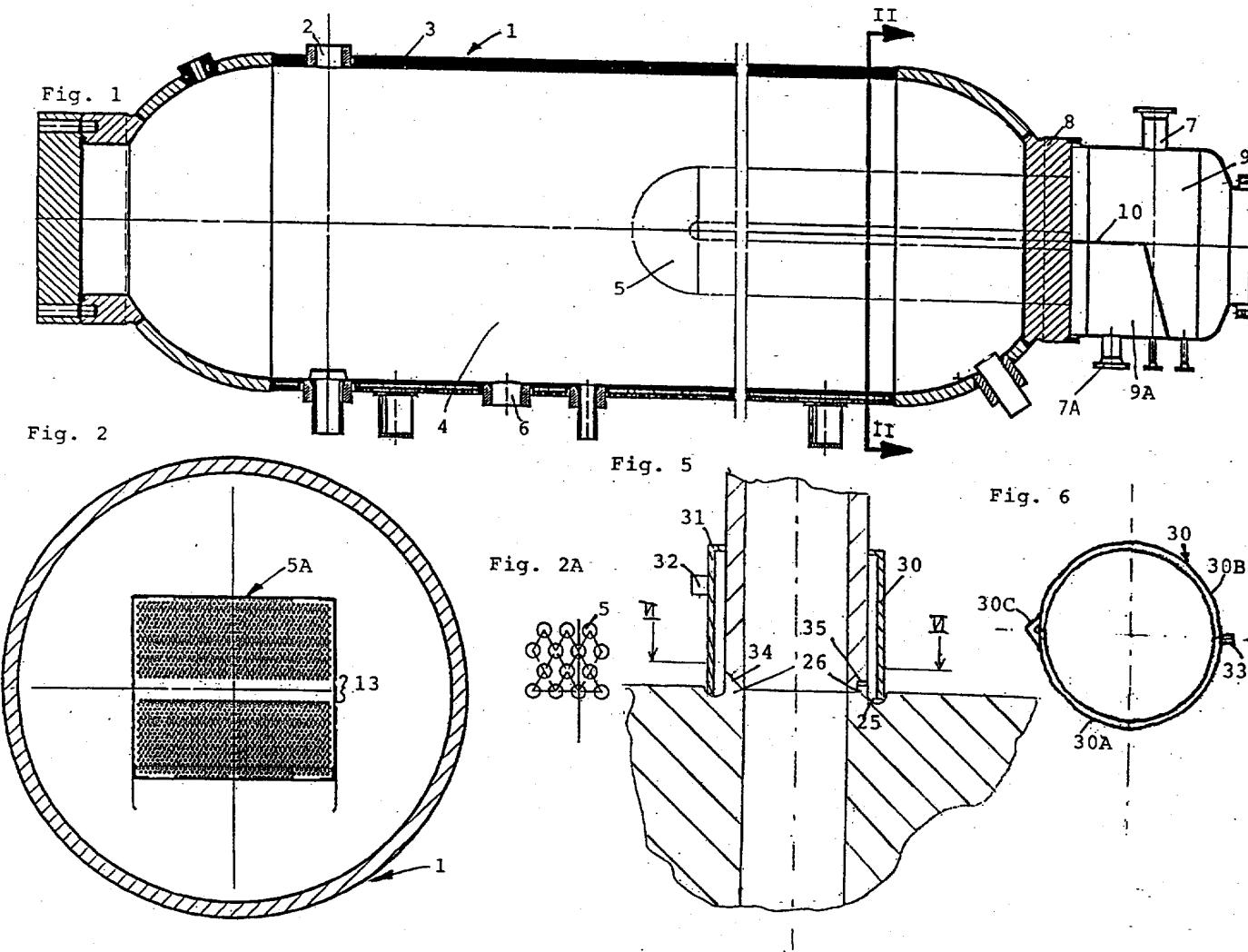


Fig. 3

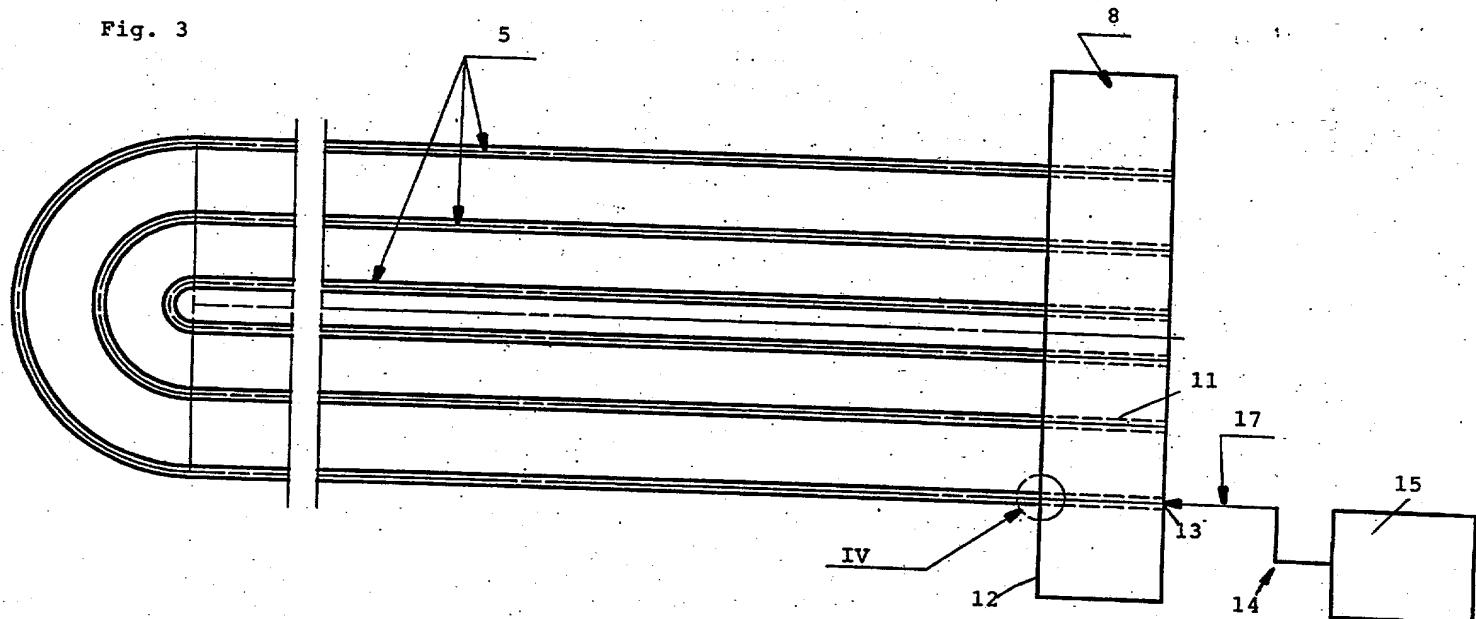


Fig. 4

