PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6 :		(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 99/47843**
F16L	**A2**	(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 23. September 1999 (23.09.99)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/00577

(22) Internationales Anmeldedatum: 4. März 1999 (04.03.99)

(30) Prioritätsdaten:
198 11 599.7 17. März 1998 (17.03.98) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D–80333 München (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: HEHN, Winfried [DE/DE]; Amselweg 7, D–91091 Großenseebach (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D–80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht
Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

(54) Title: TUBE HAVING AN EXPANSION AREA AND METHOD FOR PRODUCING SUCH A TUBE

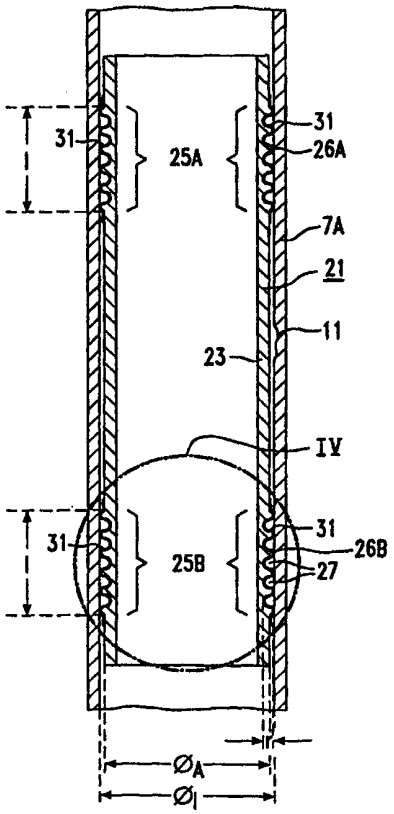
(54) Bezeichnung: ROHR MIT EINEM AUFWEITBEREICH UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES ROHRS MIT EINEM AUFWEITBEREICH

(57) Abstract

The invention relates to a tube (7 or 21) with an expansion area (25 or 25A, 25B) presenting a roughness (26 or 26A, 26B). In this area, for example a heat exchanger tube (7A) can be fixed by expanding the tube wall (23). The roughness (26 or 26A, 26B) is generated by roughening the tube wall (23) and applying a coat (31) of deformable metal, especially a nickel material, onto the roughened tube wall (23). The tube can be used both as a repair sleeve (21) (sleeve tube) for repairing defective heat exchanger tubes (7A) but also as a heat exchanger tube (7) which can easily be fitted into the tube bottom (9) of a steam generator (1). The invention also relates to a method for producing a tube (7 or 21) having an expansion area (25 or 25A, 25B).

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Rohr (7 bzw. 21) mit einem eine Rauhigkeit (26 bzw. 26A, 26B) aufweisenden Aufweitbereich (25 bzw. 25A, 25B), in dem durch Aufweiten der Rohrwand (23) eine Befestigung beispielsweise an einem Wärmetauscherrohr (7A) erreichbar ist. Dabei ist die Rauhigkeit (26 bzw. 26A, 26B) durch eine Aufrauhung der Rohrwand (23) gegeben und auf die aufgerauhte Rohrwand (23) eine Beschichtung (31) aus verformbarem Metall, insbesondere aus einem Nickelwerkstoff, aufgebracht. Das Rohr ist sowohl als Reparaturhülse (21) (Sleeve–Rohr) zur Reparatur defekter Wärmetauscherrohre (7A) aber auch als ein auf einfache Weise in den Rohrboden (9) eines Dampferzeugers (1) einbaubares Wärmetauscherrohr (7) verwendbar. Es ist auch ein Verfahren zur Herstellung eines Rohrs (7 bzw. 21) mit einem Aufweitbereich (25 bzw. 25A, 25B) beschrieben.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	**ES**	Spanien	**LS**	Lesotho	**SI**	Slowenien
AM	Armenien	**FI**	Finnland	**LT**	Litauen	**SK**	Slowakei
AT	Österreich	**FR**	Frankreich	**LU**	Luxemburg	**SN**	Senegal
AU	Australien	**GA**	Gabun	**LV**	Lettland	**SZ**	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	**GB**	Vereinigtes Königreich	**MC**	Monaco	**TD**	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	**GE**	Georgien	**MD**	Republik Moldau	**TG**	Togo
BB	Barbados	**GH**	Ghana	**MG**	Madagaskar	**TJ**	Tadschikistan
BE	Belgien	**GN**	Guinea	**MK**	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	**TM**	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	**GR**	Griechenland			**TR**	Türkei
BG	Bulgarien	**HU**	Ungarn	**ML**	Mali	**TT**	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	**IE**	Irland	**MN**	Mongolei	**UA**	Ukraine
BR	Brasilien	**IL**	Israel	**MR**	Mauretanien	**UG**	Uganda
BY	Belarus	**IS**	Island	**MW**	Malawi	**US**	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	**IT**	Italien	**MX**	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	**JP**	Japan	**NE**	Niger	**UZ**	Usbekistan
CG	Kongo	**KE**	Kenia	**NL**	Niederlande	**VN**	Vietnam
CH	Schweiz	**KG**	Kirgisistan	**NO**	Norwegen	**YU**	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	**KP**	Demokratische Volksrepublik Korea	**NZ**	Neuseeland	**ZW**	Zimbabwe
CM	Kamerun			**PL**	Polen		
CN	China	**KR**	Republik Korea	**PT**	Portugal		
CU	Kuba	**KZ**	Kasachstan	**RO**	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	**LC**	St. Lucia	**RU**	Russische Föderation		
DE	Deutschland	**LI**	Liechtenstein	**SD**	Sudan		
DK	Dänemark	**LK**	Sri Lanka	**SE**	Schweden		
EE	Estland	**LR**	Liberia	**SG**	Singapur		

Beschreibung

Rohr mit einem Aufweitbereich und Verfahren zur Herstellung eines Rohrs mit einem Aufweitbereich

Die Erfindung bezieht sich auf ein Rohr, umfassend eine Rohrwand, eine Beschichtung der Rohrwand und mindestens einen eine Rauhigkeit aufweisenden Aufweitbereich, in dem durch Aufweiten der Rohrwand eine Befestigung an einem Bauteil erreichbar ist.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung eines Rohrs mit einem Aufweitbereich.

Das Rohr ist insbesondere zur Reparatur eines Wärmetauscherrohrs und/oder zur Verwendung als Wärmetauscherrohr geeignet, wobei das Wärmetauscherrohr insbesondere Bestandteil eines nuklearen Dampferzeugers ist.

Wärmetauscherrohre werden in den Rohrboden eines Dampferzeugers bislang entweder in dort eingebrachte Bohrungen eingeschweißt oder in ringförmige Nuten im Inneren solcher Bohrungen im Rohrboden durch Aufweiten des eingesteckten Wärmetauscherrohrs eingepreßt. Das im letztgenannten Fall nötige Einbringen zahlreicher ringförmiger Nuten in Bohrungen im Rohrboden ist besonders teuer und aufwendig.

Bei Dampferzeugern kann es im Laufe ihres Betriebs zu Schäden an den Wärmetauscherrohren kommen. Das betroffene Wärmetauscherrohr kann dann entweder mit einem Rohrstopfen verschlossen oder mit einer Reparaturhülse, einem sogenannten Sleeve-Rohr, repariert werden. Hierzu wird die Reparaturhülse in das Wärmetauscherrohr eingeführt und im Bereich des Schadens an seinen beiden Enden im Wärmetauscherrohr beispielsweise durch ein Walzverfahren befestigt, so daß die schadhafte Stelle von der Reparaturhülse überdeckt wird.

In der Internationalen Patentanmeldung WO 90/06483 ist ein Rohrstopfen zum Verschließen eines defekten Wärmetauscherrohrs beschrieben, der in einem Aufweitbereich auf eine Rauhtiefe von 0,05 bis 0,2 mm aufgerauht ist. Der aufgerauhte Aufweitbereich ist insbesondere mit einer Schicht aus verformbarem Metall versehen. Als verformbares Metall ist insbesondere ein Nickelwerkstoff vorgesehen. Durch die Aufrauhung des Aufweitbereichs wird die Dichtwirkung und die Haltekraft gegenüber dem defekten Wärmetauscherrohr erzielt. Durch den Nickelwerkstoff wird die Dichtwirkung verbessert.

In der Deutschen Patentschrift DE 44 33 501 C2 ist eine Reparaturhülse zur Reparatur eines Wärmetauscherrohrs beschrieben, die an ihren Enden am Außenmantel Mittel zum flüssigkeitsdichten Anbinden an das Wärmetauscherrohr aufweist. Solche Mittel sind beispielsweise Erhebungen oder ein zusätzliches Dichtprofil.

Das in der Britischen Patentanmeldung GB 2 038 976 A beschriebene Sleeve-Rohr hat an seinen beiden Enden jeweils eine Mehrzahl von Wulsten, die dazu bestimmt sind, einen dichtenden Kontakt zwischen der Außenseite des Sleeve-Rohrs und der Innenseite des zu reparierenden Wärmetauscherrohrs herzustellen.

Aus der Europäischen Patentanmeldung 0 446 841 A1 ist eine metallische Hülse zur Überbrückung einer Leckagestelle eines Rohrs bekannt, die mit Hilfe der Aufweittechnik an die Innenwandfläche des Rohrs anlegbar ist. Die Hülse weist mantelseitig mehrere Bauteile aus einer Formgedächtnis-Legierung auf, die beim Erreichen einer vorgebbaren Temperatur eine Dichtung zwischen der Hülse und dem Rohr darstellen. Für einen anderen Fall, daß sich die Hülse mit ihrem einen Ende in den Rohrboden eines Dampferzeugers erstreckt, ist gemäß dieser Europäischen Patentanmeldung in einem der Aufweitbereiche der Hülse eine Schicht aufgetragen. Die Schicht weist eine Profilierung auf und besitzt eine große Oberflächenhärte. Beim Aufweitvor-

gang dringt die Profilierung der Schicht in die Innenwand des Rohrs ein, so daß ein Formschluß zwischen Hülse und Rohr bewirkt wird. Diese für den Einbau in den Rohrboden eines Dampferzeugers vorgesehene Hülse hat den Nachteil, daß sie nur aufwendig und teuer herzustellen ist. Die Profilierung muß nämlich in die Schicht eingebracht werden, was kompliziert ist, da die Schicht eine größere Härte als die Innenwand des Rohrs aufweist. Die Profilierung muß in die Schicht also entweder durch ein Werkzeug eingebracht werden, das eine noch größere Härte als die Schicht aufweist, oder aber es muß bereits beim Aufbringen der Schicht, was gemäß den Angaben in der Europäischen Patentanmeldung vorzugsweise durch Aufspritzen geschieht, in aufwendiger Weise eine Profilierung in der Schicht erzeugt werden.

Der Erfindung liegt demzufolge die Aufgabe zugrunde, ein Rohr mit einem Aufweitbereich anzugeben, das als Reparaturhülse zur Reparatur eines Wärmetauscherrohrs geeignet ist und das auf einfachere Weise und kostengünstiger herstellbar ist.

Es ist ferner Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines Rohrs mit einem Aufweitbereich anzugeben.

Gemäß der Erfindung wird die auf ein Rohr bezogene Aufgabe durch ein solches Rohr gelöst, bei dem die Rauhigkeit durch eine Aufrauhung der Rohrwand im Aufweitbereich gegeben und auf die aufgerauhte Rohrwand die Beschichtung aufgebracht ist, und bei dem die Beschichtung ein verformbares Metall enthält.

Ein solches Rohr ist als Reparaturhülse zur Reparatur eines sich an einer beliebigen Stelle des Wärmetauscherrohrs befindenden Schadens, also nicht ausschließlich im Rohrbodenbereich des Dampferzeugers, verwendbar. Es ist auch als Wärmetauscherrohr in den Rohrboden auf einfache Weise und kostengünstig einsetzbar.

Unter einer Aufrauhung wird hierbei und im folgenden jede Art von Unebenheit, Rauheit oder lokaler Verdickung der Rohrwand verstanden, unabhängig davon, ob das Rohr zunächst mit einer glatten Rohrwand hergestellt und anschließend aufgerauht oder ob das Rohr bei der Herstellung sogleich in aufgerauhtem Zustand erzeugt wurde. Die Aufrauhung kann z.B. mit einem weitgehend regelmäßigen Muster, z.B. einer eingepreßten Rändelung oder dergleichen, realisiert sein. Die Aufrauhung kann aber auch nur durch einen Steg und/ oder eine Nut realsiert sein, die beispielsweise bei einem Guß des Rohrs gleich miterzeugt werden.

Dadurch, daß die Rauhigkeit in der Rohrwand erzeugt ist und erst auf die aufgerauhte Rohrwand die Beschichtung aufgebracht ist, ist ein solches Rohr mit geringem Aufwand und geringem Werkzeugverschleiß herstellbar, da die aufgebrachte Beschichtung selbst nicht notwendigerweise bearbeitet werden muß, um die Rauhigkeit zu erzeugen. Insbesondere ist dies von Vorteil, falls die Beschichtung sehr hart ist.

Die Rauhigkeit befindet sich insbesondere an einer Außenmantelfläche der Rohrwand.

Die Rauhtiefe des aufgerauhten Aufweitbereichs beträgt bevorzugt 0,05 bis 0,25 mm. Eine derartige Rauhtiefe ist einfach und schnell zu realisieren und genügt der Anforderung an die Druckbeständigkeit für die gängigen Wärmetauscherrohre in Dampferzeugern.

Die Rauhigkeit im aufgerauhten Aufweitbereich ist bevorzugt durch Rillen gebildet, die insbesondere in das Rohr eingedreht oder durch ein spanloses Formgebungsverfahren eingebracht sind. Dadurch wird die Herstellbarkeit eines Rohrs nach der Erfindung weiter vereinfacht. Die Rillen können beim Eindrehen beispielsweise derart erzeugt worden sein, daß das Material der Rohrwand teilweise aufgestellt ist, so daß lokal sowohl eine Durchmesserverminderung als auch unmittelbar da-

neben eine Durchmessererhöhung gegenüber einem nicht aufgerauhten Rohr erfolgt. Es ist also unmittelbar benachbart sowohl eine Einkerbung als auch ein Wulst erzeugt.

Beim Aufweiten des Rohrs im aufgerauhten Aufweitbereich dringen zunächst die außenliegenden Spitzen der Rauhigkeit in das Bauteil ein. Bei einem bestimmten Aufweitdruck entsteht durch die geringe Fläche der Spitzen der Rauhigkeit dort eine sehr große Kraft, so daß die Rauhigkeit des Rohrs gut in das Bauteil eindringt und ein Lageschluß zwischen dem Rohr und dem Bauteil erreicht wird. Die Beschichtung aus verformbarem Metall unterstützt dabei den Formschluß zwischen dem Rohr und dem Bauteil und erhöht die Dichtigkeit.

Die Beschichtung kann ohne Unterbrechung, d.h. als zusammenhängende Fläche, auf die aufgerauhte Rohrwand aufgebracht sein. Die Beschichtung kann aber auch nur teilweise oder abschnittsweise auf die Rauhigkeit aufgebracht sein.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung des Rohrs sieht vor, daß die Beschichtung derart aufgebracht ist, daß ihre Außenkontur zumindest teilweise die Rauhigkeit der Rohrwand wiedergibt.

Vorzugsweise ist die Beschichtung mit konstanter Dicke aufgebracht. In diesem Falle gibt das Außenflächenprofil der Beschichtung weitgehend die Rauhigkeit der Rohrwand im Aufweitbereich wieder, d.h. die Schicht hat außen die gleiche Kontur wie die Rauhigkeit der darunterliegenden Rohrwand. Eine Beschichtung mit konstanter Dicke ist - beispielsweise durch Aufspritzen, Bedampfen oder Galvanisieren - in besonders einfacher Weise herstellbar.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Härte der Beschichtung größer als die Härte des Bauteils. Dadurch wird das Eindringen der Rauhigkeit in das Bauteil in vorteilhafter Weise unterstützt und sowohl die Befe-

stigung des Rohrs als auch die Abdichtung des Rohrs gegenüber dem Bauteil verbessert.

Die Härte der Beschichtung ausgedrückt als Brinell-Härte ist bevorzugt größer als 160.

Das verformbare Metall ist bevorzugt ein Nickelwerkstoff, der beispielsweise im wesentlichen aus Nickel besteht. Dabei sind geringe Bemengungen von weniger als einige Prozent möglich.

Der Nickelwerkstoff ist beispielsweise durch Plasmaspritzen aufgebracht.

Ein Nickelwerkstoff eignet sich besonders als verformbares Metall zur Beschichtung der Rauhigkeit, da Nickel sowohl ausreichend verformbar als auch genügend hart ist, um ein gutes Abdichten der aufgerauhten Rohrwand gegenüber dem Bauteil bzw. ein ausreichendes Eindringen der aufgerauhten Rohrwand in das Bauteil zu erreichen. Durch Plasmaspritzen ist der Nickelwerkstoff darüber hinaus einfach und schnell aufbringbar.

Die Schichtdicke der Nickelbeschichtung weist bevorzugt einen Wert im Bereich von 10 µm und 100 µm auf, besonders bevorzugt im Bereich von 40 µm bis 60 µm.

Eine andere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, daß das Rohr mindestens zwei beabstandete Aufweitbereiche aufweist.

Ein solches Rohr ist bevorzugt als Reparaturhülse zur Überbrückung einer Schadstelle des Bauteils, das insbesondere ein Wärmetauscherrohr ist, am Bauteil befestigbar. Anders formuliert heißt dies, daß ein solches Rohr als Sleeve-Rohr zur Reparatur eines Wärmetauscherrohrs verwendet werden kann. Bei der Schadstelle kann es sich z.B. um ein Leck und/oder um eine Wanddickenverschwächung handeln.

Nach einer ganz besonders bevorzugten Ausgestaltung ist das Rohr als Wärmetauscherrohr am Bauteil, das insbesondere ein Rohrboden eines Dampferzeugers ist, befestigbar. Das Rohr ist also hierbei nicht als Sleeve-Rohr für ein Wärmetauscherrohr, sondern als Wärmetauscherrohr selbst verwendbar.

Mit einem Rohr nach der Erfindung, das als Wärmetauscherrohr verwendet wird, ist das Einbringen aufwendiger Nuten in Bohrungen im Rohrboden des Dampferzeugers nicht mehr erforderlich.

Das Wärmetauscherrohr, in das zur Überbrückung einer Schadstelle ein Rohr nach der Erfindung als Reparaturhülse eingebracht wird, oder ein Wärmetauscherrohr, das ein Rohr nach der Erfindung ist, ist bevorzugt Bestandteil eines nuklearen Dampferzeugers.

Die verfahrensbezogene Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß im Aufweitbereich auf die aufgerauhte Rohrwand eine ein verformbares Metall enthaltende Beschichtung aufgebracht wird.

Vorzugsweise wird die Beschichtung derart aufgebracht, daß ihre Außenkontur zumindest teilweise die Rauhigkeit der Rohrwand wiedergibt.

Mit dem Verfahren nach der Erfindung ist ein als Reparaturhülse oder Wärmetauscherrohr geeignetes Rohr besonders einfach und kostengünstig herstellbar.

Bezüglich der vorteilhaften Ausgestaltungen der Beschichtung und der Aufrauhung gilt das oben für das Rohr Gesagte analog.

Zwei Ausführungsbeispiele eines Rohrs nach der Erfindung werden anhand der Figuren 1 bis 4 näher erläutert. Dabei zeigt:

FIG 1 einen Dampferzeuger, bei dem angedeutet ist, an welchen Stellen das Rohr nach der Erfindung bevorzugt eingebaut werden kann,

FIG 2 ein als Reparaturhülse (Sleeve-Rohr) ausgestaltetes Rohr nach der Erfindung,

FIG 3 ein Rohr nach der Erfindung zur Verwendung als ein in den Rohrboden des Dampferzeugers eingebautes Wärmetauscherrohr und

FIG 4 einen Ausschnitt aus Figur 2.

Figur 1 zeigt in stark vereinfachter und schematisierter Weise einen insgesamt mit 1 bezeichneten Dampferzeuger. In den Dampferzeuger 1 tritt Heißwasser durch die Eintrittsöffnung 3 entlang der Einströmrichtung 4 ein und durch die Austrittsöffnung 5 entlang der Ausströmrichtung 6 wieder aus. Die Eintrittsöffnung 3 und die Austrittsöffnung 4 sind über eine Vielzahl von U-förmig gebogenen Wärmetauscherrohren 7, 7A miteinander verbunden. Die Wärmetauscherrohre 7A sind im Rohrboden 9 des Dampferzeugers gas- und flüssigkeitsdicht befestigt und verankert. Die Eintrittsöffnung 3 und die Austrittsöffnung 5 sind durch eine Trennwand 10 voneinander getrennt.

Mit II und III sind zwei Stellen im Dampferzeuger 1 bezeichnet, an denen ein Rohr nach der Erfindung bevorzugt zum Einsatz kommen kann. Die Stellen II und III sind im Ausschnitt in den Figuren 2 und 3 vergrößert wiedergegeben.

Figur 2 zeigt ein Wärmetauscherrohr 7A, das weitab vom Rohrboden 9 eine Schadstelle 11 in Form einer Wanddickenverschwächung aufweist. Die Schadstelle kann auch ein Leck sein. Zur Überbrückung, d.h. Abdichtung, der Schadstelle 11 ist ein als Reparaturhülse (Sleeve-Rohr) ausgestaltetes Rohr 21 nach der Erfindung in das Wärmetauscherrohr 7A eingebracht. Die Rohr-

wand 23 ist in einem ersten Aufweitbereich 25A und in einem zweiten Aufweitbereich 25B, die beidseitig von der Schadstelle 11 angeordnet sind, aufgerauht, so daß eine erste Rauhigkeit 26A bzw. eine zweite Rauhigkeit 26B entstanden sind.

Das Wärmetauscherrohr 7A und die Reparaturhülse 21 sind in einem Zustand vor einem Aufweiten der Reparaturhülse 21 dargestellt. Beim Aufweiten der Reparaturhülse 21, beispielsweise durch eine hydraulische Vorrichtung, wird die Reparaturhülse 21 in den Aufweitbereichen 25A, 25B von innen heraus im Durchmesser vergrößert, so daß die durch Rillen 27 gebildete Rauhigkeit 26A, 26B in den Aufweitbereichen 25A, 25B in die Innenmantelfläche des Wärmetauscherrohrs 7A eindringt. Dadurch kommt es auch zu einer leichten Formveränderung des Wärmetauscherrohrs 7A, die ebenfalls nicht dargestellt ist.

Die Rauhigkeit 26A, 26B in den Aufweitbereichen 25A, 25B ist mit einer Beschichtung 31 aus Nickel versehen. Dadurch wird nach dem Aufweiten der Reparaturhülse 21 eine formschlüssige Dichtung zwischen der Reparaturhülse 21 und dem Wärmetauscherrohr 7A erreicht, die auch den extremen Bedingungen eines nuklearen Dampferzeugers, insbesondere Temperaturen bis 350 °C und Drücken von mehr als 7 MPa (70 bar), standhält. Eine Schweißnahtverbindung zwischen dem Wärmetauscherrohr 7A und der Reparaturhülse 21 ist dabei nicht erforderlich. Eine solche Schweißnaht würde nachteilig zu einer erhöhten Korrosionsanfälligkeit des Wärmetauscherrohrs 7A führen.

Die Länge l der aufgerauhten Aufweitbereiche 25A, 25B beträgt etwa 20 bis 25 mm. Der Innendurchmesser $\varnothing_I$ des Wärmetauscherrohrs 7A beträgt etwa 20 mm. Der Außendurchmesser $\varnothing_A$ der Reparaturhülse 21 ist an den Innendurchmesser $\varnothing_I$ angepaßt und geringfügig kleiner als dieser.

Die Rauhtiefe r der Rauhigkeit 26A, 26B in den Aufweitbereichen 25A, 25B liegt im Bereich 0,05 bis 0,2 mm. Als Rauhtiefe r wird dabei die Differenz zwischen einer mittleren

Spitzenhöhe und einer mittleren Rillentiefe betrachtet. Die Rauhtiefe r ist in den Figuren zur besseren Erläuterung übertrieben dargestellt.

Figur 3 zeigt ein Rohr nach der Erfindung, das als Wärmetauscherrohr 7 verwendet ist und im Rohrboden 9 des Dampferzeugers 1 befestigt ist. Das Wärmetauscherrohr 7 weist einen Aufweitbereich 25 mit einer Rauhigkeit 26 auf. Die Rauhigkeit 26 ist durch Rillen 27 dargestellt. Auf die Rauhigkeit 26 ist eine Beschichtung 31 aus Nickel aufgebracht.

Auch in Figur 3 ist das Rohr nach der Erfindung, das hier ein Wärmetauscherrohr 7 ist, in nicht aufgeweitetem Zustand dargestellt. Bei einem Aufweitvorgang dringt die durch die Nickelbeschichtung 31 gehärtete Rauhigkeit 26 im Aufweitbereich 25 in den Rohrboden 9 des Dampferzeugers ein, so daß ein Lage- und Formschluß erzielt wird. Von Vorteil ist dabei insbesondere, daß der Rohrboden 9 vor der Montage des Wärmetauscherrohrs 7 nicht durch aufwendiges Eindrehen ringförmiger Nuten vorbereitet werden muß.

Für die Rauhtiefe r gilt das bezüglich des in Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiels Gesagte analog.

Figur 4 zeigt einen in Figur 2 angedeuteten Ausschnitt in vergrößerter Darstellung. Dabei ist das Wärmetauscherrohr 7 im Schnitt, die Reparaturhülse 21 ungeschnitten, d.h. von außen betrachtet, dargestellt. Die Rohrwand 23 der Reparaturhülse 21 weist im zweiten Aufweitbereich 25B zahlreiche Rillen 27 auf, die durch Eindrehen oder ähnliche Formgebungsverfahren, wie z.B. Rändeln, erzeugt wurden. Die Rillen 27 sind von einer Beschichtung 31 konstanter Dicke überzogen, so daß die Oberfläche der Beschichtung 31 im wesentlichen der Außenkontur der Rillen in der Rohrwand 23 folgt.

Patentansprüche

1. Rohr (7 bzw. 21), umfassend eine Rohrwand (23), eine Beschichtung (31) der Rohrwand (23) und mindestens einen eine Rauhigkeit (26 bzw. 26A, 26B) aufweisenden Aufweitbereich (25 bzw. 25A, 25B), in dem durch Aufweiten der Rohrwand (23) eine Befestigung an einem Bauteil (9 bzw. 7A) erreichbar ist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Rauhigkeit (26 bzw. 26A, 26B) durch eine Aufrauhung der Rohrwand (23) im Aufweitbereich (25 bzw. 25A, 25B) gegeben und auf die aufgerauhte Rohrwand (23) die Beschichtung (31) aufgebracht ist, und daß die Beschichtung (31) ein verformbares Metall enthält.

2. Rohr (7 bzw. 21) nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Rauhtiefe (r) des aufgerauhten Aufweitbereichs (25 bzw. 25A, 25B) 0,05 bis 0,25 mm beträgt.

3. Rohr (7 bzw. 21) nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der aufgerauhte Aufweitbereich (25 bzw. 25A, 25B) durch Rillen (27) gebildet ist.

4. Rohr (7 bzw. 21) nach Anspruch 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Rillen (27) eingedreht oder durch ein spanloses Formgebungsverfahren eingebracht sind.

5. Rohr (7 bzw. 21) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Beschichtung (31) ohne Unterbrechung aufgebracht ist.

6. Rohr (7 bzw. 21) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Beschichtung (31) derart aufgebracht ist, daß ihre Außenkontur

zumindest teilweise die Rauhigkeit (26 bzw. 26A, 26B) der Rohrwand (23) wiedergibt.

7. Rohr (7 bzw. 21) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung (31) mit konstanter Dicke aufgebracht ist.

8. Rohr (7 bzw. 21) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das verformbare Metall ein Nickelwerkstoff ist.

9. Rohr (7 bzw. 21) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Nickelwerkstoff im wesentlichen aus Nickel besteht.

10. Rohr (7 bzw. 21) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Nickelwerkstoff durch Plasmaspritzen aufgebracht ist.

11. Rohr (7 bzw. 21) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Härte der Beschichtung (31) größer als die Härte des Bauteils (9 bzw. 7A) ist.

12. Rohr (7 bzw. 21) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Härte ausgedrückt als Brinell-Härte größer als 160 ist.

13. Rohr (21) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, gekennzeichnet durch mindestens zwei beabstandete Aufweitbereiche (25A, 25B).

14. Rohr (21) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß es als Reparaturhülse (21) zur Überbrückung einer Schadstelle (11) des Bauteils (7A), das insbesondere ein Wärmetauscherrohr (7A) ist, am Bauteil (7A) befestigbar ist.

15. Rohr (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß es als Wärmetauscherrohr (7) am Bauteil (9), das insbesondere ein Rohrboden (9) eines Dampferzeugers (1) ist, befestigbar ist.

16. Rohr (7 bzw. 21) nach Anspruch 14 oder 15, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das Wärmetauscherrohr (7, 7A) Bestandteil eines nuklearen Dampferzeugers (1) ist.

17. Verfahren zur Herstellung eines Rohrs (7 bzw. 21) mit einem Aufweitbereich (25 bzw. 25A, 25B), wobei im Aufweitbereich (25 bzw. 25A, 25B) auf die aufgerauhte Rohrwand (23) eine ein verformbares Metall enthaltende Beschichtung (31) aufgebracht wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Beschichtung (31) derart aufgebracht wird, daß ihre Außenkontur zumindest teilweise die Rauhigkeit (26 bzw. 26A, 26B) der Rohrwand (23) wiedergibt.

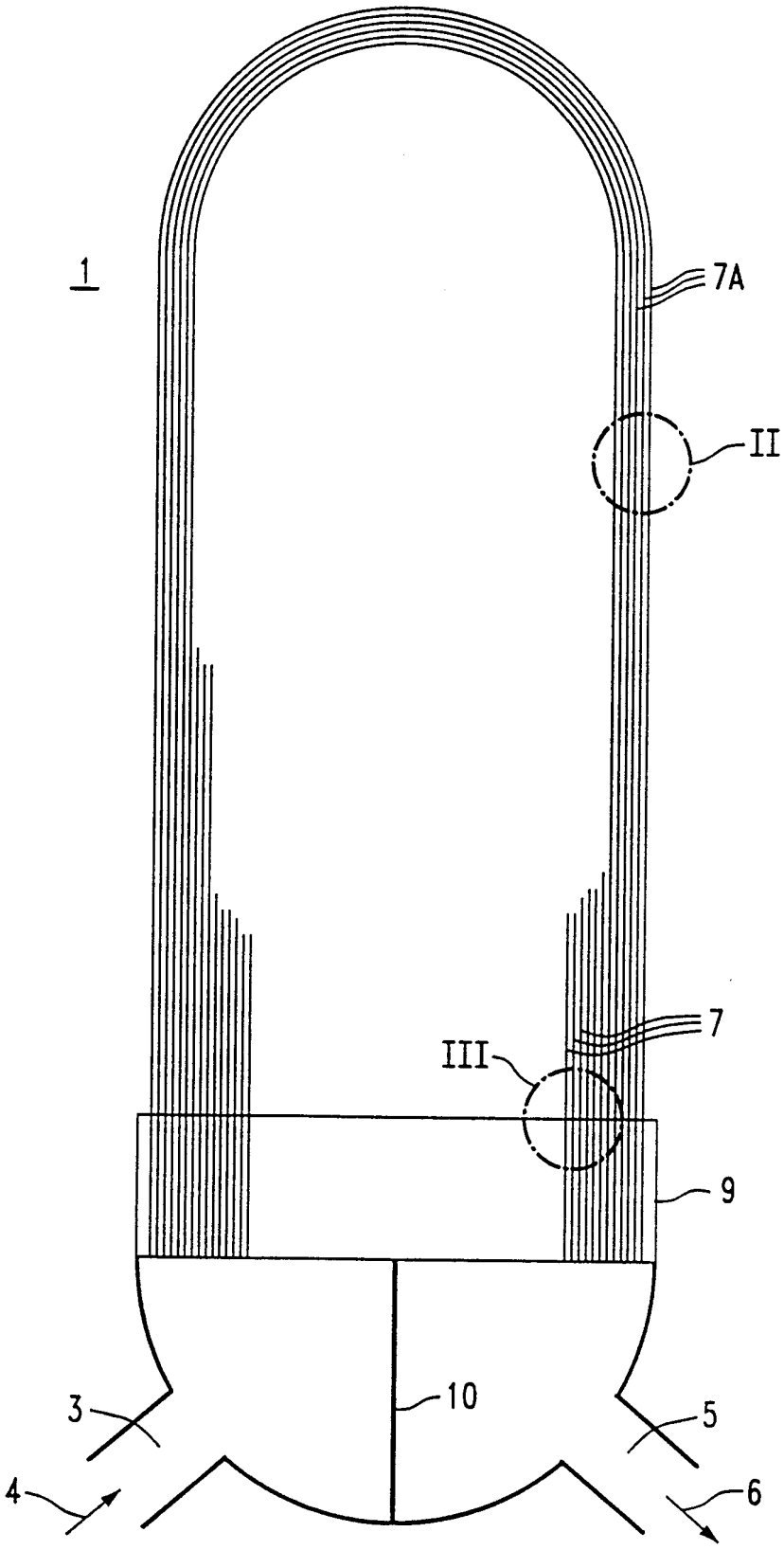


FIG 1

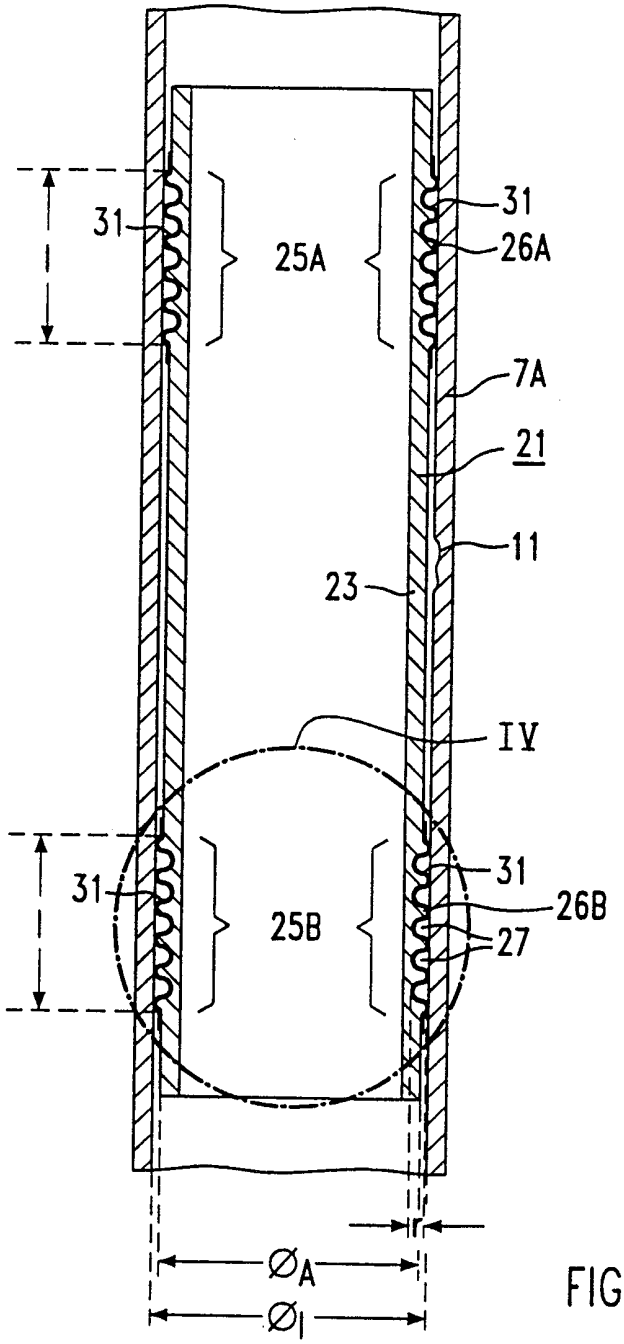


FIG 2

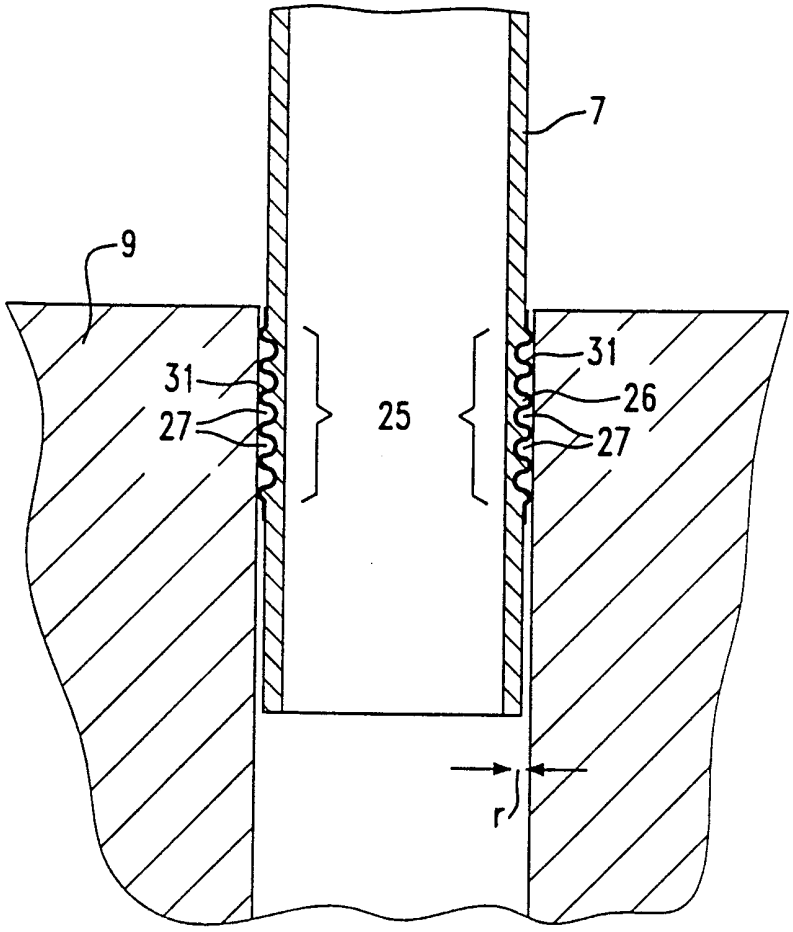


FIG 3

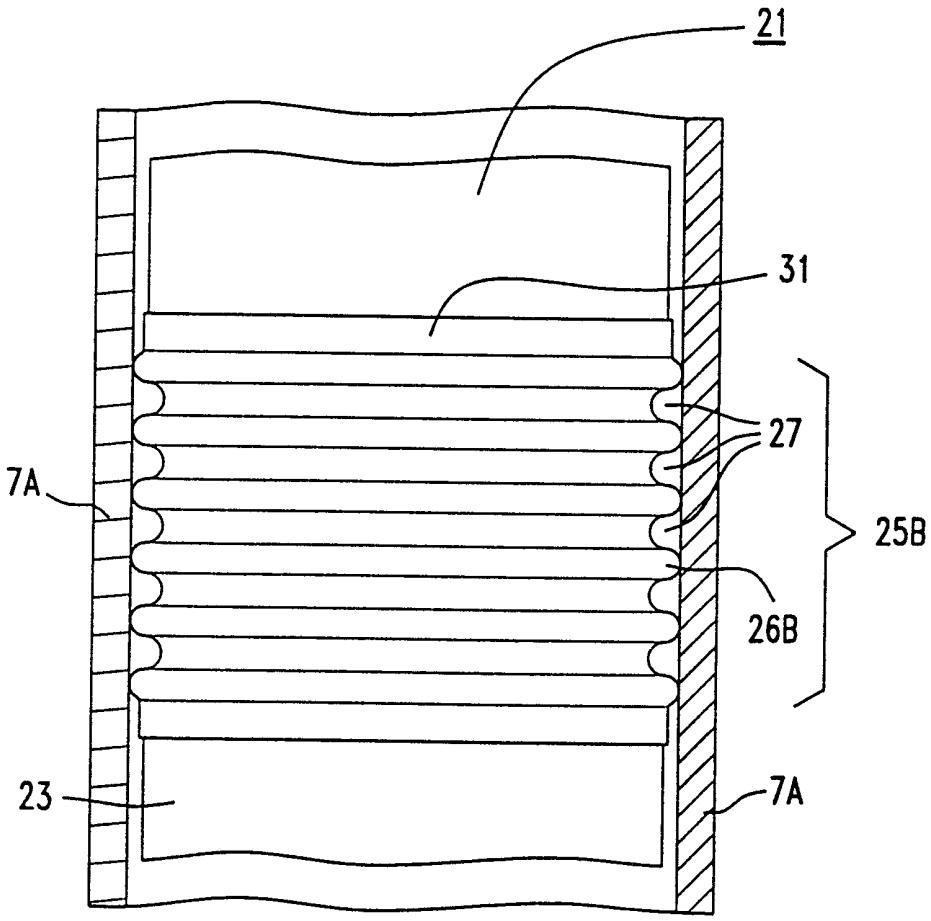


FIG 4