



(11)

EP 4 019 837 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
29.06.2022 Patentblatt 2022/26

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23M 5/08 (2006.01) C25D 7/00 (2006.01)
F22B 37/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21214923.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23M 5/08; C25D 7/00; F22B 37/04; F23M 5/085;
F23M 2900/05001

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

BA ME

Benannte Validierungsstaaten:

KH MA MD TN

(30) Priorität: **23.12.2020 DE 102020134899**

(71) Anmelder: **Standardkessel Baumgarte GmbH**
33647 Bielefeld (DE)

(72) Erfinder:

- **Scholz, Siegfried**
 45127 Essen (DE)
- **Foster, Nils**
 33790 Halle/Westfalen (DE)
- **Senff-Wollenberg, Ralf**
 33415 Verl (DE)
- **Ansey, Johann-Wilhelm**
 21435 Stelle (DE)

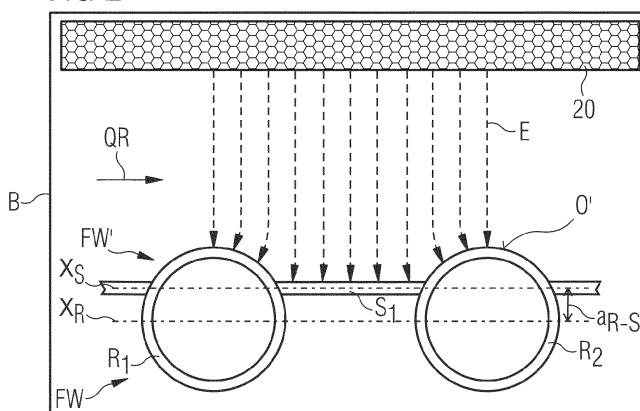
(74) Vertreter: **Beckord & Niedlich Patentanwälte**
PartG mbB
Marktplatz 17
83607 Holzkirchen (DE)

(54) ROHR-STEG-ROHR-WAND

(57) Die Erfindung betrifft eine Rohr-Steg-Rohr-Wand (FW), insbesondere zur Verwendung in einer Verbrennungsanlage, insbesondere in einem Rauchgasraum, wie z. B. einem Feuerraum eines Kessels, einer Verbrennungsanlage, mit zumindest einem Wandteil (FW'), der mehrere in einer Längsrichtung (LR) nebeneinander verlaufende Rohre (R₁, R₂) und jeweils zwischen benachbarten Rohren (R₁, R₂) angeordnete Verbindungsstege (S₁) aufweist, welche Verbindungsstege (S₁) sich in einer Stegebene (X_S) erstrecken, die relativ zu einer zentral durch die nebeneinander ver-

laufenden Rohre (R₁, R₂) definierten Rohrmittelebene (X_R) zur galvanischen Vernickelung der Rohr-Steg-Rohr-Wand (FW) parallel versetzt verschieben ist, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine von der Rohrmittelebene (X_R) abgewandte Oberfläche (O') der Rohr-Steg-Rohr-Wand (FW), insbesondere der Verbindungsstege (S₁) und von relativ zu den Verbindungsstegen (S₁) vorstehenden Rohrscheiteln der Rohre (R₁, R₂), mindestens eine galvanisch aufgebrachte Nickelschicht aufweist.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Rohr-Steg-Rohr-Wand, insbesondere zur Verwendung in einer Verbrennungsanlage, insbesondere in einem Rauchgasraum, wie z. B. einem Feuerraum eines Kessels, einer Verbrennungsanlage, sowie ein Verfahren zur galvanischen Vernickelung einer solchen Rohr-Steg-Rohr-Wand. Die Rohr-Steg-Rohr-Wand umfasst zumindest einen Wandteil, der mehrere in einer Längsrichtung nebeneinander verlaufende Rohre und jeweils zwischen benachbarten Rohren angeordnete Verbindungsstege aufweist.

[0002] Galvanisches bzw. galvanotechnisches Beschichten bzw. Überziehen, wie z. B. galvanotechnisches Vernickeln, bezeichnet ein elektrochemisches Verfahren zur Erzeugung eines metallischen Überzugs auf einem, vorzugsweise stählernen, Werkstück mithilfe der Elektrolyse. Beim galvanischen Vernickeln nach DIN EN ISO 1456 werden die zu vernickelnden Gegenstände nach einer geeigneten Vorbehandlung in einen Nickelelektrolyten, wie z. B. ein galvanisches Bad, eingetaucht. Durch das Anlegen einer elektrischen Spannung scheidet sich auf der Oberfläche des Werkstücks ein Nickelüberzug ab. Insbesondere auf dem Gebiet von Dampferzeugern für Abfall-, Sonderabfall- oder Biomasse-Verbrennungsanlagen zur Verbrennung bzw. Entsorgung fester, flüssiger und/oder gasförmiger, ggf. schadstoffhaltiger Brennstoffe oder auch bei chemischen Reaktoren ist das betreffende Werkstück dabei typischerweise eine sogenannte Rohr-Steg-Rohr-Wand. Für den Begriff "Rohr-Steg-Rohr-Wand" wird im allgemeinen Sprachgebrauch und auch im Folgenden manchmal auch synonym der - historisch aufgrund der ursprünglichen Gussherstellung einmal namensgebende - Begriff einer "Flossenwand" (bzw. Membranwand mit Flossenrohren) verwendet, ohne sich damit auf eben diese Herstellungsart zu beschränken. Die Rohr-Steg-Rohr-Wand muss aufgrund der dort vorherrschenden extremen Bedingungen (u. a. hohe Temperaturen und eine chemisch aggressive Atmosphäre) die Anforderung eines 24/7-Dauerbetriebs der Anlagen möglichst nachhaltig erfüllen und möglichst langfristig gegen Korrosion geschützt sein.

[0003] Genauer gesagt wird in Fachkreisen unter einer solchen Rohr-Steg-Rohr-Wand eine aus Rohren mit dazwischen befindlichen Verbindungsstegen gebaute Wand verstanden, die z. B. zusammengelötet, -verklebt, -verschweißt oder in einem Guss gefertigt werden kann. Sie kommt beispielsweise als Wand eines Feuerraums, eines Strahlzugs oder Leerzugs zum Einsatz, wobei unter einem "Zug" bei einer Feuerung ein Abschnitt eines Rauchgas-Weges bezeichnet wird, den das Rauchgas ohne wesentliche Richtungsänderung durchströmt. Die Konstruktion der Rohr-Steg-Rohr-Wand besteht aus einer Vielzahl parallel verlaufender (Stahl-)Rohre, wobei jeweils zwischen zwei benachbarten Rohren jeweils ein (Stahl-)Steg (beim Gussverfahren die sogenannte "Flosse" bzw. "Membran") eingebracht, z. B. eingeschweißt sein kann. Dadurch wird die Wand rauchgasdicht. Die

übliche Konstruktion sieht vor, dass sich die Stege in derselben Ebene befinden wie die Mittelachse der Rohre. Die Oberfläche einer derartigen Rohr-Steg-Rohr-Wand ist somit nicht flach, sondern folgt der Kontur der Rohre und Stege und hat daher eine reliefartige Struktur. Es handelt sich deshalb genau genommen nicht um eine ebene bzw. flache Wand, sondern vielmehr um eine sich im Wesentlichen in einer Ebene erstreckende Wand mit reliefartigen bzw. profilierten Strukturen. Gerade hierin liegen aber auch die größten Herausforderungen beim Galvanisieren. Je scharfkantiger bzw. unebener die zu galvanisierende Fläche ist, desto schwieriger lässt sich die betreffende Fläche galvanotechnisch mit einem, vorzugsweise gleichmäßig dünnen, Metallüberzug, wie beispielsweise Nickel, überziehen bzw. beschichten. Bei einer ungleichmäßigen, d. h. nicht durchgehend gleichmäßig zu einer Anodenoberfläche (einer beim Galvanisieren stets eingesetzten Anode) bestandenen, Oberfläche des Werkstücks, hier der Rohr-Steg-Rohr-Wand, kommt es aufgrund der Ausbildung ungleichmäßig langer Feldlinien zwischen Anode und Werkstück zu einer unterschiedlich schnellen (bezüglich Härte, Gefüge und Dicke inhomogenen) Abscheidung der Metallionen auf dem Werkstück. Bisher wird diesem Problem auf sehr zeitaufwändige Weise mittels sogenannter Masken begegnet, welche die Abscheidungsmenge auf dem Werkstück lokal regulieren bzw. verändern.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Rohr-Steg-Rohr-Wand zur Verwendung in einem Kesselbereich einer Verbrennungsanlage sowie ein optimiertes Verfahren zur galvanischen Vernickelung einer solchen Rohr-Steg-Rohr-Wand anzugeben.

[0005] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung nach Patentanspruch 1 und ein Verfahren nach Patentanspruch 3 gelöst.

[0006] Auch bei der erfindungsgemäßen Rohr-Steg-Rohr-Wand, welche wie eingangs erwähnt zumindest einen Wandteil umfasst, der mehrere in einer Längsrichtung nebeneinander verlaufende Rohre und jeweils zwischen benachbarten Rohren angeordnete Verbindungsstege aufweist, erstrecken sich die Verbindungsstege in einer Stegebene, d. h. in einer gemeinsamen Flucht bzw. Ebene. Dabei handelt es sich wie üblich nicht um eine tatsächlich durchgängige, gerade flächige Ebene, sondern lediglich um eine virtuelle Ebene, die nämlich durch die dazwischen befindlichen Rohre wechselweise unterbrochen ist.

[0007] Dabei ist die Stegebene relativ zu einer zentral bzw. mittig durch die nebeneinander verlaufenden Rohre definierten gedachten Rohrmittelebene durch die Mittelachse der Rohre zur galvanischen Vernickelung der Rohr-Steg-Rohr-Wand parallel versetzt verschoben. Parallel versetzt verschoben meint hierbei, dass die Stegebene aus der Rohrmittelebene zu den Rohrscheiteln einer Oberfläche der Rohr-Steg-Rohr-Wand gerückt bzw. versetzt angeordnet ist. Es sind also die Verbindungsstege, die ja gemeinsam eine Stegebene bilden, außer mittig, also dezentral zwischen den gegenüberliegenden

Rohrscheiteln der Rohre positioniert. Der Versatz der Rohrmittelebene erfolgt in Richtung derjenigen Seite der Rohr-Steg-Rohr-Wand, welche einer galvanischen Beschichtung unterzogen werden soll, da sie im Einsatzfall erfahrungsgemäß thermischer und/oder chemischer Belastung ausgesetzt ist.

[0008] Im bestimmungsgemäß verbauten Zustand, nämlich z. B. als Wand eines "Rauchgasraums" einer Verbrennungsanlage, bilden somit die parallel nach innen zu den mit Rauchgas in Berührung kommenden bzw. rauchgasseitigen Rohrscheiteln hin verschobenen Verbindungsstege (als Stegebene) und die gegenüber den Verbindungsstegen anteilig hervorstehenden Halbrohre bzw. Rohrscheitel eine "Rauchgasseite" der Rohr-Steg-Rohr-Wand.

[0009] Unter einem "Rauchgasraum" werden im Folgenden nur die Räume verstanden, in denen hohe Rauchgastemperaturen oder sogar Flammen - wie sie typischerweise bei Verbrennungsprozessen entstehen können - auftreten, d. h. bei denen also gewöhnlich eine thermische und/oder chemische Belastung bzw. Beanspruchung zumindest an den Innenseiten des Rauchgasraums, also auf der Rauchgasseite auftritt. Beispiele für solche Rauchgasräume sind z. B. Feuerräume eines Kessels, Leerzüge oder Strahlzüge einer Verbrennungsanlage. Vornehmlich werden solche Rauchgasräume tatsächlich in Verbrennungsanlagen eingesetzt. Sie könnten aber auch in anderen Industrieanlagen, wie insbesondere in chemischen Reaktoren, in Kokereien (z. B. bei der Kokstrockenkühlung), im Stahlwerk (z. B. in Konverterkühlkaminen und/oder bei der Sekundärentstauung) o. Ä. verwendet werden, da dort insbesondere Schutz vor chemischen Angriffen notwendig ist.

[0010] Die Rauchgasseite eines Rauchgasraums wird z. B. in einem Feuerraum auch als "Feuerseite" bezeichnet, da sie gegebenenfalls in Kontakt mit Flammen bzw. Feuer steht.

[0011] Mit anderen Worten ist die Rauchgasseite der Rohr-Steg-Rohr-Wand, die von der Rohrmittelebene der Rohre abgewandte, durch die Stege und (kurzen) weniger hervorstehenden Rohrscheitel gebildete Seite der Rohr-Steg-Rohr-Wand.

[0012] Angesichts der hohen thermischen, u. U. auch korrosiven Belastung, welcher die Rauchgasseite der Rohr-Steg-Rohr-Wand im Betrieb der Verbrennungsanlage oder auch einer der anderen Industrieanlage dauerhaft ausgesetzt ist, weist eine Oberfläche, nämlich die Rauchgasseite der Rohr-Steg-Rohr-Wand - insbesondere die Oberfläche der Verbindungsstege sowie der relativ zu den Verbindungsstegen vorstehenden Rohrscheitel der Rohre - erfahrungsgemäß mindestens eine galvanisch, insbesondere mittels eines galvanotechnischen Verfahrens in einem galvanischen Bad aufgebrachte Nickelschicht auf.

[0013] Unter einem galvanischen bzw. elektrolytischen Bad wird ein Behälter verstanden, in dem eine elektrochemische Abscheidung metallischer Niederschläge stattfindet, also eine Abscheidung von Überzügen auf Substrate (Gegenstände). Es geht hier darum, einen z. B. stählernen Substratkörper mit einem metallischen Werkstoff zu beschichten, um den Substratkörper beispielsweise vor einem chemischen Angriff, wie z. B. Korrosion, zu schützen.

gen auf Substrate (Gegenstände). Es geht hier darum, einen z. B. stählernen Substratkörper mit einem metallischen Werkstoff zu beschichten, um den Substratkörper beispielsweise vor einem chemischen Angriff, wie z. B. Korrosion, zu schützen.

[0014] Wenn durch das galvanische bzw. elektrolytische Bad Strom geleitet wird, wandern die sich an der Anode (Pluspol bzw. positiv geladene Elektrode) befindlichen Metallionen (Kationen), hier Nickel, durch das elektrolytische Bad zur Kathode (Minuspol bzw. negativ geladene Elektrode), d. h. dem zu beschichtenden Substratkörper und lagern sich dort an. Der Substratkörper ist im Rahmen der Erfindung die Rohr-Steg-Rohr-Wand. Mittels des elektrischen Stroms wird aus gelösten Metallionen durch Reduktion auf der Rohr-Steg-Rohr-Wand abgelagertes Metall, z. B. Nickel, erhalten. Neben unterschiedlichen Eigenschaften des Bades, wie z. B. ein pH-Wert oder eine Netzfähigkeit, wirken sich auch die Expositionsduer (des Substratkörpers im galvanischen Bad) und die angelegte Stromstärke auf das Wachstum der Metallschicht auf dem Gegenstand aus. Unter anderem die angelegte Stromstärke beeinflusst wiederum die abstandsabhängige Stromdichte zwischen Anode und Kathode und damit die Schichtdicke, die Härte und die Feinkörnigkeit des sich kolumnar abscheidenden Substrats.

[0015] Das galvanische Bad umfasst eine sich im Wesentlichen in einer Ebene bzw. Fläche erstreckende Anode als Gegenpol zur Rohr-Steg-Rohr-Wand, um die Rohr-Steg-Rohr-Wand als sich ebenfalls im Wesentlichen in einer Ebene erstreckende, flächige Kathode an einer definierten Kathodenposition in einem Abstand von der Anode im galvanischen Bad anzuordnen und mittels einer Stromquelle galvanisch zu beschichten.

[0016] Die Stromquelle bzw. Spannungsquelle des galvanischen Bads ist hierzu wie oben beschrieben an einem Pol mit der Anode verbunden und an einem anderen Pol mit der Rohr-Steg-Rohr-Wand (Kathode) verbindbar, um einen Stromfluss von der Anode zur Kathode zu erzeugen bzw. induzieren.

[0017] Bei einem erfahrungsgemäßen Verfahren (konkret auch als "Überzieh-" bzw. "Beschichtungsverfahren" zu bezeichnen, wie nachfolgend noch erläutert wird) zur galvanischen Vernickelung einer Rohr-Steg-Rohr-Wand wird diese als Kathode (Minuspol bzw. negativ geladene Elektrode) in ein galvanisches Bad eingebbracht bzw. getaucht, in welchem sich in einem Abstand von der Rohr-Steg-Rohr-Wand eine Anode befindet.

[0018] Die Rohr-Steg-Rohr-Wand umfasst wie ebenfalls bereits oben erwähnt zumindest einen Wandteil, der aus mehreren in einer Längsrichtung nebeneinander verlaufenden Rohren mit gemeinsamer Rohrmittelebene und jeweils zwischen benachbarten Rohren parallel zur Rohrmittelebene versetzt angeordneten Verbindungsstegen in einer Stegebene gebildet wird.

[0019] Dabei wird die Kathode so angeordnet bzw. im galvanischen Bad eingetaucht, dass sich die Stegebene näher an der Anode befindet als die Rohrmittelebene.

[0020] Erfindungsgemäß wird dann eine zur Anode weisende Oberfläche des Wandteils der Rohr-Steg-Rohr-Wand galvanisch vernickelt. Mit der Oberfläche ist eine aus der Rohrmittelebene versetzte Oberfläche gemeint, also die Stegebene selbst sowie der der Stegebene vorgelagerte Teil der Rohre der Rohr-Steg-Rohr-Wand, d. h. vom Rohrscheitel bis zur Stegebene.

[0021] Mit der erfindungsgemäßen Konstruktion wird erreicht, dass die zu beschichtende Rohr-Steg-Rohr-Wand bzw. zumindest der betreffende beschichtete Wandteil zumindest der von der Rohrmittelebene abgewandten Rauchgasseite der Rohr-Steg-Rohr-Wand gleichmäßig dick entlang der flächigen Erstreckung bzw. der Oberfläche beschichtet werden kann. Sie ermöglicht zudem, mittels galvanischer Vernickelung in kürzerer Zeit eine möglichst gleichmäßige Nickelschicht auf einer solchen Rohr-Steg-Rohr-Wand aufzutragen, als dies mit den herkömmlichen (nicht-galvanischen) Verfahren bisher möglich ist. Die erfindungsgemäße Konstruktion sorgt weiter für eine gleichmäßigere Stromdichteverteilung, aus der wiederum eine gleichmäßige Schichtdickenbildung und Oberflächenhärteverteilung resultiert. Dadurch kann insgesamt der spezifische Materialeinsatz von Nickel zur Erreichung des Korrosionsschutzes ebenso wie die Badeinsatz- bzw. Expositionsduauer reduziert werden. Es ist davon auszugehen, dass sich damit auch die Lebensdauer der Rohr-Steg-Rohr-Wand verlängert, da die Rohr-Steg-Rohr-Wand somit keine Schwachstellen aufweist, welche zu einem frühzeitigen Versagen der Schutzschicht führen können. Weiter wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erreicht, dass eine üblicherweise notwendige Nacharbeit der Rohr-Steg-Rohr-Wand, z. B. an den stumpferen Innenecken zwischen Rohren und Stegen, nach dem erfindungsgemäßen Beschichtungsverfahren auf ein möglichst kleines Maß reduziert wird. Das Verfahren ist zudem einfacher als die derzeit bekannten Methoden, da es ohne Masken bzw. Abdeckungen oder Hilfsanoden durchgeführt werden kann. Die konstruktive parallele Verschiebung der Stegebene aus der Rohrmittelebene der Rohr-Steg-Rohr-Wand sorgt zudem dafür, dass die Anodenwand für die galvanische Vernickelung ebenfalls weniger stark profiliert konstruiert sein kann.

[0022] Weitere, besonders vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung, wobei die unabhängigen Ansprüche einer Anspruchskategorie auch analog zu den abhängigen Ansprüchen und Ausführungsbeispielen einer anderen Anspruchskategorie weitergebildet sein können und insbesondere auch einzelne Merkmale verschiedener Ausführungsbeispiele bzw. Varianten zu neuen Ausführungsbeispielen bzw. Varianten kombiniert werden können.

[0023] Vorzugsweise kann die Rohr-Steg-Rohr-Wand aus Stahl ausgebildet sein. Dann können beispielsweise Stahlstege bzw. Stahl-Verbindungsstege die virtuelle Stegebene bilden, wobei die Stahlstege zwischen Stahlrohren der Rohr-Steg-Rohr-Wand eingeschweißt sein

können.

[0024] Bevorzugt kann die Stegebene um mindestens 10%, bevorzugt mindestens 20%, besonders bevorzugt mindestens 40%, weiter bevorzugt mindestens 60%, und ganz besonders bevorzugt mindestens 80% aus der Rohrmittelebene in Richtung zu den Rohrscheiteln der Rohre parallel versetzt verschoben bzw. angeordnet sein.

[0025] Zur Unterstützung einer gleichmäßigen Nickelabscheidung entlang der Rohr-Steg-Rohr-Wand kann vorzugsweise auch die Anode an einer zur Rohr-Steg-Rohr-Wand weisenden Oberfläche zumindest bereichsweise profilartig an die Form der zur Anode weisenden profilartigen Oberfläche der Rohr-Steg-Rohr-Wand, also z. B. plateauförmig bzw. unter Bildung voneinander beabstandeter Plateaus, angepasst werden.

[0026] Vorzugsweise kann eine Profilierung bzw. eine Profiltiefe der Oberfläche der Anode im Verhältnis zu einer Profiltiefe der Oberfläche des Wandteils der Rohr-Steg-Rohr-Wand um mindestens 20%, bevorzugt mindestens 40%, besonders bevorzugt mindestens 60%, ganz besonders bevorzugt mindestens 80% reduziert bzw. weniger tief sein. Profilierung bzw. Profiltiefe meint hierbei den Abstand der Stegebene der Verbindungssteg zur Rohrmittelebene der hervorstehenden Rohrscheitel.

[0027] Die Anode kann also ein gegenüber der Rohr-Steg-Rohr-Wand deutlich abgeschwächtes, d. h. weniger tiefes bzw. erhöhtes Relief, nämlich eine verminderte (Rohr-Steg-) Profiltiefe aufweisen, wenn die abgeschwächte Profiltiefe ausreichend ist, dass die Rohr-Steg-Rohr-Wand mit parallel aus der Rohrmittelebene verschobenen Verbindungsstegen ausreichend gleichmäßig galvanisch vernickelt werden kann.

[0028] Die Abstände zwischen der Anode und der Kathode können vorzugsweise derart vergleichmäßig bzw. angepasst werden, dass daraus eine möglichst gleichmäßige Stromdichteverteilung resultiert, da sie im Wesentlichen der entscheidende Faktor für einen gleichmäßigen galvanischen Beschichtungsprozess ist. Dabei können entweder die Stege der Rohr-Steg-Rohr-Wand im Hinblick auf den Abstand zur Anode angenähert werden, also beispielsweise außervertikal zur Rohrmittelebene eingeschweißt werden, und/oder die Kontur der Anode kann an die sich profilartig abzeichnende Rohr-Steg-Rohr-Wand angepasst bzw. angeglichen werden, d. h. die Anode wird entsprechend profiliert.

[0029] Nach einer weiteren besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann die Oberfläche der Anode derart ausgebildet werden, dass sie zumindest im Bereich des

[0030] Wandteils einen im Wesentlichen konstanten, also durchgehend gleichbleibenden Abstand zum Wandteil aufweist. Diese Ausgestaltung wird weiter unten noch anhand einer Zeichnung näher erläutert.

[0031] Vorzugsweise kann die erfindungsgemäße Rohr-Steg-Rohr-Wand mit einer Halterungseinrichtung lösbar an die Anode koppelbar sein. Besonders bevor-

zugt kann die Halterungseinrichtung dabei mechanisch, aber elektrisch isoliert, mit der zu galvanisierenden Rohr-Steg-Rohr-Wand verbunden werden. Zum Abtransport von Gasen, wie beispielsweise Wasserstoff, die üblicherweise beim Galvanisieren entstehen, kann im galvanischen Bad eine "Zwangströmung" erzeugt werden. Die Halterungseinrichtung kann dabei vorzugsweise so gestaltet sein, dass ein Schwingen der Anode bei Bad-durchströmung den Prozess des Galvanisierens nicht beeinträchtigt.

[0032] Vorzugsweise kann die Halterungseinrichtung zumindest ein Kopplungselement zur Kopplung mit der Rohr-Steg-Rohr-Wand aufweisen. Dabei kann das Kopplungselement besonders bevorzugt einen Stopfen umfassen, welcher in ein Ende eines Rohrs der Rohr-Steg-Rohr-Wand einsteckbar und dort festklemmbar bzw. im Rohr verspannbar ist. Dieser kann besonders bevorzugt zugleich das Rohr an diesem Ende dicht verschließen, so dass zumindest an diesem Ende des Rohres möglichst keine Flüssigkeit in das Rohr gelangt, sich also an der Rohrinnenseite des Rohres kein Material ablagern kann.

[0033] Vorzugsweise kann die Halterungseinrichtung zumindest zwei Kopplungselemente mit jeweils zumindest einem Stopfen bzw. Rohrstopfen umfassen. Dabei können jeweils zwei der Stopfen (aus der Praxis auch als Absperrscheiben oder Rohrverschlüsse bekannt) im bestimmungsgemäßen Einsatz so zueinander angeordnet sein, dass sie in gegenüberliegenden Enden desselben Rohrs einsteckbar sind.

[0034] Vorzugsweise kann/können sich zumindest ein Rohr, besonders bevorzugt zumindest zwei, weiter bevorzugt drei, ganz besonders bevorzugt vier Rohre (ohne direkte Verbindung zur Halterungseinrichtung) zwischen zwei weiteren Rohren, an denen die Rohr-Steg-Rohr-Wand rohrendseitig mit den Stopfen der Halterungseinrichtung verbunden ist, befinden. Dabei kann die betreffende Anzahl an Rohren zwischen den beiden ober- und unterseitig an der Halterungseinrichtung gehaltenen seitlichen Rohren jeweils mit einem dicht abschließenden, vorzugsweise konisch zulaufenden, Blindstopfen, insbesondere ohne Verbindung zur Halterungseinrichtung, versehen sein. Damit kann dafür gesorgt werden, dass die jeweils zwei Enden der betreffenden Anzahl an Rohren bedarfsgerecht abgedichtet sind, so dass möglichst kein Material ins Innere der Rohre gelangt und sich dort ablagert bzw. das Innere der Rohre beschichtet.

[0035] Damit wird auch erreicht, dass die Abscheidung der Metallionen auf der Rohr-Steg-Rohr-Wand gleichmäßiger erfolgt, d. h. insbesondere auch im Bereich der Innencken am Übergang zwischen den Rohren und den Verbindungsstegen.

[0036] Für den Neubau und die Instandsetzung von Dampferzeugern, insbesondere von Membranwänden für Dampferzeuger, kann die Erfindung, d. h. insbesondere die Halterungseinrichtung und/oder die Anodenwand, vorzugsweise so ausgebildet bzw. dimensioniert sein, dass zumindest die folgenden üblichen Abmessun-

gen solcher Membranwände damit galvanisiert werden können:

Bevorzugt kann die Erfindung so ausgebildet sein, dass der Rohrdurchmesser bzw. die Wandstärke eines Rohrs 5 $60,3 \times 5,0$ oder $5,6$ mm, besonders bevorzugt $57,0 \times 5,0$ oder $5,6$ mm betragen kann.

[0037] Vorzugsweise kann die Erfindung weiter so ausgebildet sein, dass die Wandstärke der Verbindungsstege 5 mm, besonders bevorzugt 6 mm messen kann.

[0038] Vorzugsweise kann die Erfindung darüber hinaus so ausgebildet sein, dass die Teilung, d. h. der mittlere Abstand zwischen den Rohrmittelpunkten bzw. Mittelachsen, zweier Rohre zwischen 70 und 100 mm betragen kann.

[0039] Liefergrößen für Membranwände hinsichtlich Längs- und Quererstreckung sind zumindest in Deutschland derzeit bestimmt durch die sinnvollen Transportgrößen im Straßenverkehr. Dementsprechend können solche Membranwände für den Neueinbau - sofern sie wie

üblich im Straßenverkehr transportiert werden - vorzugsweise in Abschnitten von höchstens 12 m Länge und 3,6 bis 5 m Breite und besonders bevorzugt von höchstens 6 m Länge und 0,9 m Breite konfektioniert sein. Auch hierfür kann die Erfindung allerdings vorzugsweise ge-

eignet dimensioniert sein. Für die Instandsetzung bzw. den Austausch beschädigter Wandteile von Membranwänden können die Membranwände üblicherweise beschränkt durch die Transportgrößen in der jeweiligen Anlage vorzugweise in Abschnitten von höchstens 6 m Länge und 1,5 m Breite konfektioniert sein.

[0040] Die Erfindung ist aber nicht darauf beschränkt, Werkstücke mit den genannten Abmessungen galvanisieren zu können. Solche Membranwände können auf Wunsch des Kunden auch Sonderabmessungen aufweisen, die insbesondere auch größer ausgebildet sein können als die genannten Abmessungen. Auch für solche Sonderabmessungen kann die Erfindung vorzugsweise geeignet dimensionierbar sein.

[0041] Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Figuren anhand von Ausführungsbeispielen noch einmal näher erläutert. Dabei sind in den verschiedenen Figuren gleiche Komponenten mit identischen Bezugsziffern versehen. Die Figuren sind in der Regel nicht maßstäblich und lediglich als schematische Darstellung zu verstehen. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung des Verlaufs der elektrischen Feldlinien zwischen einem Abschnitt einer Anodenwand und einer Rohr-Steg-Rohr-Wand bei einer Galvanisierung gemäß dem Stand der Technik, in Aufsicht,

Figur 2 eine schematische Darstellung des Verlaufs der elektrischen Feldlinien bei einem ersten Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Rohr-Steg-Rohr-Wand bei der Galvanisierung in einem galvanischen Bad zwischen der Anodenwand und einem Wandteil der Rohr-Steg-Rohr-Wand, in Aufsicht,

Figur 3 eine Darstellung der Rohr-Steg-Rohr-Wand gemäß Figur 2, mit einem Ausführungsbeispiel einer grob an die Rohr-Steg-Rohr-Wand angepassten Anodenwand, in Aufsicht,

Figur 4 eine weitere Darstellung der Rohr-Steg-Rohr-Wand gemäß Figur 2 und 3, mit einer bevorzugten Variante des Ausführungsbeispiels gemäß Figur 3 mit einer konstant zur Rohr-Steg-Rohr-Wand beabstandeten Oberfläche der Anodenwand, in Aufsicht.

[0042] Figur 1 zeigt grob schematisch in der Draufsicht eine Konstruktion gemäß dem Stand der Technik, in der zu sehen ist, wie bisher üblicherweise ein einer Anodenwand 20 gegenüberliegender Wandteil FW' einer Rohr-Steg-Rohr-Wand FW (als Kathode FW) in einem galvanischen Bad B galvanisiert wurde. Eine Rohr-Steg-Rohr-Wand FW wird handelsüblich zuweilen auch als Flossenwand bezeichnet, ohne dass damit ausschließlich nur die historisch ursprüngliche Herstellungsart gemeint ist. Der Einfachheit halber besteht der Wandteil FW' ohne die Erfindung darauf zu beschränken (wie auch in folgenden Abbildungen) repräsentativ nur aus einem ersten Rohr R₁, welches über einen sich in einer Stegebene X_s erstreckenden, ersten Verbindungssteg S₁ bzw. Steg S₁ mit einem weiteren zweiten Rohr R₂ verbunden bzw. verschweißt ist. Die Rohre R₁, R₂ sind nebeneinander angeordnet und definieren damit zusammen eine in Querstreckungsrichtung QR der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW verlaufende Rohrmittelebene X_R. Die Stegebene X_s und die Rohrmittelebene X_R verlaufen in einer Symmetrieebene X_R, X_S der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW.

[0043] In der dargestellten Betriebssituation (wie auch in den anderen Figuren) fließt wie üblich beim Galvanisieren zwischen der Anodenwand 20 und dem Wandteil FW' der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW durch die hier nicht dargestellte Flüssigkeit ein Strom. Dabei bilden sich durch das elektrische Feld E die hier schematisch ange deuteten elektrischen Feldlinien E zwischen Anode 20 und Kathode FW aus, die den (Teilchen- bzw.) Ionenfluss bzw. Stromfluss von der Anodenwand 20 (Anode 20) zum Wandteil FW' (Kathode FW) im Wesentlichen senkrecht zur Querstreckungsrichtung QR der Verbindungsstege S₁ symbolisieren. Dieser Ionenfluss führt dazu, dass der Wandteil FW' der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW, genauer gesagt eine Oberfläche O des Wandteils FW' beschichtet wird, da sich die Teilchen dort ablagern bzw. abscheiden. Da es sich bei den Teilchen um Nickelteilchen handelt, entsteht so eine vor Korrosion schützende, galvanisch aufgebrachte Nickelschicht auf der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW.

[0044] Da die zur Anodenwand 20 weisende Oberfläche O des Wandteils FW' der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW, insbesondere des ersten Rohres R₁, des Verbindungs stegs S₁ dazwischen sowie des zweiten Rohres R₂, aber nicht exakt parallel in einem durchgehend konstanten Abstand zur Anodenwand 20 verläuft, verlängert sich die

Wegstrecke und damit die Dichte der elektrischen Feldlinien E ausgehend von den beiden Rohrscheiteln (also den in der Draufsicht am weitesten zur Anodenwand 20 hervorstehenden Punkten) der Rohre R₁, R₂ zusehends hin zur Mitte zum Verbindungssteg S₁.

[0045] Damit kommt es zum einen aufgrund der unterschiedlichen Stromdichte der elektrischen Feldlinien E bei gleicher Expositionsduer zu unterschiedlichen Materialniederschlägen und Härten (Abscheidung bzw. Ab lagerung der Metallionen) auf dem Wandteil FW' der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW und somit zu unterschiedlichen Schichtdicken im Bereich der Rohre R₁, R₂ bzw. des Verbindungsstegs S₁. Zum anderen verlaufen die elektrischen Feldlinien E, die auf Höhe des Verbindungs stegs S₁ von der Anodenwand 20 abgehen, leicht ge krümmt hin zum jeweiligen Rohr R₁, R₂, da das elektrische Feld E durch die nahezu halbrund hervorstehenden Rohrprofile der Rohre R₁, R₂ entsprechend beeinflusst bzw. abgelenkt wird. Somit werden mehr Metallionen auf den Rohren R₁, R₂ abgeschieden bzw. niedergeschlagen als auf dem dazwischen befindlichen Verbindungs steg S₁. Wie sich anhand von Versuchen und praktischen Erfahrungen gezeigt hat, wirkt sich diese unterschiedliche Schichtdicke entsprechend auch auf die Härtever teilung, Wärmeleitfähigkeit sowie die Lebensdauer der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW im Betrieb aus.

[0046] Figur 2 zeigt einen Wandteil FW' einer erfindungsgemäßen Rohr-Steg-Rohr-Wand FW, welcher aufgrund der Oberflächenstruktur der Anodenwand 20 in einem zumindest abschnittsweise identischen, nur leicht variierenden Abstand von der Anodenwand 20 in einem galvanischen Bad B angeordnet ist. Der Wandteil FW' besteht ebenfalls aus zwei Rohren R₁, R₂, die mittels eines Verbindungsstegs S₁ verbunden sind.

[0047] Im Unterschied zur Konstruktion gemäß Figur 1 ist der mittlere Steg S₁ zwischen den beiden Rohren R₁, R₂ in Figur 2 allerdings nicht exakt mittig in der Rohrmittelebene X_R angeordnet. Er ist außermittig, parallel versetzt zur Anodenwand 20 verschoben angeordnet, um mehr Nickelabscheidung auf dem Steg zu generieren und damit insgesamt eine gleichmäßige Schichtdi ckenverteilung zu erzielen. Dabei stehen die Rohre R₁, R₂ relativ zu den benachbarten bzw. umgebenden Stegen deutlich weniger bogenförmig aus der Stegebene X_s des Stegs S₁ hervor, wie es im Stand der Technik gemäß Figur 1 der Fall ist. Die Stegebene X_s des Stegs S₁ ist damit näher an der Anodenwand 20 als die Rohrmittelebene X_R, aber weiter weg als die beiden Rohrscheitel der Rohre R₁, R₂, also dennoch relativ zu den Rohrscheiteln zurückgesetzt. Sie befindet sich dazwi schen, hier in etwa auf zwei Dritteln der Strecke zwischen der Rohrmittelebene X_R und den Rohrscheiteln der Rohre R₁, R₂. Für den späteren bestimmungsgemäßen Ein satz der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW ist diese Positionie rung des Stegs S₁ in zweierlei Hinsicht vorteilhaft. Bei der Herstellung wird so gegenüber symmetrischen Mem branwänden bzw. Flossenwänden vermehrt Nickel auf dem Steg abgeschieden, so dass die Schichtdickenver

teilung der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW insgesamt sehr ausgeglichen bzw. gleichmäßig ist. Zudem ist im Betrieb durch diese nicht vollständig zu den Rohrscheiteln, also zur späteren Warmseite verschobene Stegebene - wie dies beispielsweise bei sogenannten Ω -förmigen Membranwänden der Fall ist - eine Wärmeübertragung der Wärme aus dem Kessel bzw. einem Rauchgas im Kessel auf die Flüssigkeit in den Rohren deutlich weniger beeinträchtigt bzw. verschlechtert, da nach wie vor ein wesentlicher Teil der Rohre in einen Rauchgasraum, wie z. B. den Feuerraum des Kessels, ragt und so direkt Wärme aufnimmt. Ω -förmige Membranwände sind zudem deutlich schwerer als die hier beschriebene Konstruktion, welche Ω -förmigen Membranwänden lediglich ähnelt. Denn üblicherweise bestehen Ω -förmige Membranwände aus einer Metallplatte mit angeschweißten Metallrohren. Die Metallplatte verschlechtert dabei zusätzlich die Wärmeübertragung auf die Flüssigkeit im Rohr hinter der Metallplatte.

[0048] Die beiden Ebenen X_s, X_R , erstrecken sich folglich nicht in einer gemeinsamen Ebene X_s, X_R , sondern sind voneinander (wie auch in den weiteren Figuren 3 und 4) in einem Abstand $a_{R,S}$ angeordnet. Somit ist die Konstruktion der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW bezüglich der Rohrmittelebene X_R zwar nicht mehr symmetrisch. Dies wirkt sich aber lediglich auf eine Einbaurichtung der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW aus, deren spätere Rauchgasseite in einem Rauchgasraum damit festgelegt ist.

[0049] Figur 3 zeigt ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung, um die Schichtauftragung bei der galvanischen Vernickelung noch gleichmäßiger zu gestalten. Dabei wird bei der galvanischen Vernickelung dieselbe Rohr-Steg-Rohr-Wand FW (aus Figur 2) in einem galvanischen Bad B positioniert, diesmal jedoch mit einer grob an die Oberfläche O' (also später die "Rauchgasseite") der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW angepassten Anodenwand 20 in einem Abstand zur Rohr-Steg-Rohr-Wand FW.

[0050] In Anlehnung an die Rohr-Steg-Rohr-Wand FW ist hier also auch die Anodenwand 20 strukturiert bzw. reliefartig ausgebildet, im Vergleich zur Rohr-Steg-Rohr-Wand FW jedoch in einer geglätteten bzw. abgeschwächten Version. Die Höhen (Rohrscheitel) und Tiefen (Steg S₁) der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW sind hier bei der Anodenwand 20 leicht schräg zulaufend ange deutet, um die Herstellung der Anodenwand 20 besonders einfach zu halten, d. h. nahezu als ebene Fläche. So besteht die reliefartige Oberfläche 20f aus im stumpfen Winkel schräg (dreiecksförmig) ausgesparten Vertiefungen, die gegenüber der übrigen geraden Fläche der Anodenwand 20 negativ, d. h. von der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW weg in die Anodenwand 20 zurückstehen. Die Vertiefungen sind deshalb so zentriert, dass sie jeweils ihren tiefsten Punkt zentral gegenüberliegend der Rohrscheitel der Rohre R₁, R₂ haben, also ein Abstand zwischen Rohr-Steg-Rohr-Wand FW und Anodenwand 20 dort (relativ zu Figur 2) vergrößert ist.

[0051] In erster Näherung ist die Oberfläche 20f der

Anodenwand 20 somit bereits leicht an die Rohr-Steg-Rohr-Wand FW angepasst, so dass dadurch eine gleichmäßige Abscheidung bzw. Ablagerung der Metallionen auf dem Wandteil FW' der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW, insbesondere vermehrt auch auf dem Steg S₁, erfolgt, da die einander gegenüberliegenden Oberflächen zumindest in erster Näherung parallel zueinander verlaufen.

[0052] Figur 4 zeigt noch einmal denselben Wandteil FW' der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW. Gemäß einer besonders bevorzugten Variante des Ausführungsbeispiels aus Figur 3 ist hier die Anodenwand 20 aber noch weiter der Rohr-Steg-Rohr-Wand angepasst, nämlich nahezu exakt gespiegelt zur Rohr-Steg-Rohr-Wand FW ausgebildet. Damit kann die Schichtdickenverteilung noch weiter optimiert werden, also noch gleichmäßiger gestaltet werden.

[0053] Die Oberfläche 20f' der Anodenwand 20 entspricht demnach relativ zur gegenüberliegenden Oberfläche O' der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW gesehen sozusagen einem phasenverschobenen Abbild bzw. Spiegelbild davon. Gegenüber dem Steg S₁ des Wandteils FW' der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW ist die Oberfläche 20f' der Anodenwand 20 ebenfalls gerade. Gegenüberliegend der Rohrscheitel ist die Oberfläche 20f' der Anodenwand 20 eine Art "Rundbogen" übriglassend ausgespart. Damit entspricht die zum Wandteil FW' der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW weisende Oberfläche 20f' der Anodenwand 20 im Wesentlichen der zur Anodenwand 20 weisenden Oberfläche O' des Wandteils FW', insbesondere des Rohres R₁, des Verbindungsstege S₁ sowie des weiteren Rohres R₂, der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW.

[0054] Dadurch liegt zwischen der Oberfläche 20f der Anodenwand 20 und der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW durchgehend, also in Querrichtung QR entlang des Wandteils FW' gesehen, ein nahezu konstanter Abstand vor. Mit anderen Worten ließe sich die Oberfläche 20f' (also das negative Relief) der Anodenwand 20 formschlüssig in die Oberfläche O' (also das positive Relief) des Wandteils FW' der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW einfügen bzw. einschieben, wenn die beiden Wände 20, FW zusammengeschoben würden.

[0055] Daraus ergibt sich eine gleichmäßige StromdichteVerteilung der elektrischen Feldlinien, woraus sich im galvanischen Vernickelungsprozess folglich auch eine besonders gleichmäßige Abscheidung der Nickelteilchen auf der Oberfläche O' des Wandteils FW' der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW ergibt. Dementsprechend wird die Schichtdicke der Oberfläche O' des Wandteils FW' im Bereich des Stegs S₁ genauso dick wie im Bereich der Rohre R₁, R₂.

[0056] Durch die Kombination der Verschiebung des Stegs S₁ der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW mit der Angleichung der Anodenwand 20 an die Rohr-Steg-Rohr-Wand FW kann es aber auch ausreichen, die Anodenwand 20 in der Profiltiefe verhältnismäßig zur Profiltiefe der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW abgeschwächt auszubilden, um den Aufwand bei der Herstellung der Anodenwand 20

gering zu halten. Es können also die Vertiefungen in der Anodenwand 20 auch verhältnismäßig kleiner ausfallen, als die zugehörige Tiefe bzw. der Abstand zwischen den Rohrscheiteln und dem Steg S₁ bei der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW.

[0057] Der in den Figuren lediglich stirmseitig, hier z. B. von oben in Aufsicht, schematisch dargestellte Wandteil FW' der Rohr-Steg-Rohr-Wand FW bzw. die Rohr-Steg-Rohr-Wand FW kann sich nahezu beliebig in die Bildebene bzw. Zeichenebene hinein erstrecken. Der Wandteil FW' kann sich beispielsweise in die Zeichenebene hinein geradlinig fortsetzen. Er könnte aber auch - gegebenenfalls auch erst nachträglich, nach der galvanischen Vernickelung - nach Bedarf gebogen bzw. abgeknickt werden, um eine gewisse Form eines Rauchgasraums, z. B. eines Feuerraums, eines Strahlzugs oder eines Leerzugs eines Kessels, z. B. die eines nach oben hin ab einer gewissen Höhe pyramidenförmig enger werdenden Strahlzugs etc. zu bedienen.

[0058] Es wird abschließend noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei den vorhergehend detailliert beschriebenen Vorrichtungen lediglich um Ausführungsbeispiele handelt, welche vom Fachmann in verschiedenster Weise modifiziert werden können, ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen. Weiterhin schließt die Verwendung der unbestimmten Artikel "ein" bzw. "eine" nicht aus, dass die betreffenden Merkmale auch mehrfach vorhanden sein können.

Bezugszeichenliste

[0059]

20	Anode / Anodenwand	
20f	Oberfläche der Anodenwand, grob angepasst an Rohr-Steg-Rohr-Wand	35
20f'	Oberfläche der Anodenwand, mit konstanten Abstand zur Rohr-Steg-Rohr-Wand	
a _{R-S}	Abstand Rohrmittelebene - Stegebene	
B	Galvanisches Bad	40
E	elektrisches Feld / elektrische Feldlinien	
FW	Rohr-Steg-Rohr-Wand / Kathode	
FW'	Wandteil der Rohr-Steg-Rohr-Wand	
O	Oberfläche der Rohr-Steg-Rohr-Wand gemäß dem Stand der Technik	45
O'	Oberfläche der Rohr-Steg-Rohr-Wand mit zur Anode parallel versetztem Steg	
QR	Querrichtung / Quererstreckungsrichtung	
R ₁ , R ₂	Rohre	
S ₁	Verbindungssteg	50
X _R	Rohrmittelebene	
X _S	Stebene	

Patentansprüche

1. Rohr-Steg-Rohr-Wand (FW), insbesondere zur Verwendung in einer Verbrennungsanlage, insbeson-

dere in einem Rauchgasraum, wie z. B. einem Feuerraum eines Kessels, einer Verbrennungsanlage, mit zumindest einem Wandteil (FW'), der mehrere in einer Längsrichtung (LR) nebeneinander verlaufende Rohre (R₁, R₂) und jeweils zwischen benachbarten Rohren (R₁, R₂) angeordnete Verbindungsstege (S₁) aufweist, welche Verbindungsstege (S₁) sich in einer Stegebene (X_s) erstrecken, die relativ zu einer zentral durch die nebeneinander verlaufenden Rohre (R₁, R₂) definierten Rohrmittelebene (X_R) zur galvanischen Vernickelung der Rohr-Steg-Rohr-Wand (FW) parallel versetzt verschoben ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass zumindest eine von der Rohrmittelebene (X_R) abgewandte Oberfläche (O') der Rohr-Steg-Rohr-Wand (FW), insbesondere der Verbindungsstege (S₁) und von relativ zu den Verbindungsstegen (S₁) vorstehenden Rohrscheiteln der Rohre (R₁, R₂), mindestens eine galvanisch aufgebrachte Nickelschicht aufweist.

2. Rohr-Steg-Rohr-Wand nach Anspruch 1, wobei die Stegebene (X_s) um mindestens 10%, bevorzugt mindestens 20%, besonders bevorzugt mindestens 40%, weiter bevorzugt mindestens 60% und ganz besonders bevorzugt mindestens 80% aus der Rohrmittelebene (X_R) in Richtung zu den Rohrscheiteln der Rohre (R₁, R₂) parallel versetzt verschoben ist.

3. Verfahren zur galvanischen Vernickelung einer Rohr-Steg-Rohr-Wand (FW), insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche, welche zumindest einen Wandteil (FW') aufweist, der aus mehreren in einer Längsrichtung (LR) nebeneinander verlaufenden Rohren (R₁, R₂) mit gemeinsamer Rohrmittelebene (X_R) und jeweils zwischen benachbarten Rohren (R₁, R₂) parallel zur Rohrmittelebene (X_R) versetzt angeordneten Verbindungsstegen (S₁) in einer Stegebene (X_s) gebildet wird,

bei dem die Rohr-Steg-Rohr-Wand (FW) als Kathode (FW) in ein galvanisches Bad (1) eingebracht wird, in welchem sich in einem Abstand von der Rohr-Steg-Rohr-Wand (FW) eine Anode (20) befindet, wobei die Rohr-Steg-Rohr-Wand (FW) so angeordnet wird, dass sich die Stegebene (X_s) näher an der Anode (20) befindet als die Rohrmittelebene (X_R), und dann eine zur Anode (20) weisende Oberfläche (O') des Wandteils (FW') der Rohr-Steg-Rohr-Wand (FW) galvanisch vernickelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Anode (20) an einer zur Rohr-Steg-Rohr-Wand (FW) weisenden Oberfläche (20f') zumindest bereichsweise profilarig an die Form der zur Anode (20) weisenden Oberfläche (O') der Rohr-Steg-Rohr-Wand (FW) ange-

passt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, wobei eine Profiltiefe der Oberfläche (20f) der Anode (20) im Verhältnis zu einer Profiltiefe der Oberfläche (O') des Wandteils (FW') der Rohr-Steg-Rohr-Wand (FW) um mindestens 20%, bevorzugt mindestens 40%, besonders bevorzugt mindestens 60%, ganz besonders bevorzugt mindestens 80% reduziert ist. 5

10

6. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, wobei die Oberfläche (20f) der Anode (20) derart ausgebildet wird, dass sie zumindest im Bereich des Wandteils (FW') einen im Wesentlichen konstanten Abstand zum Wandteil (FW') aufweist. 15

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1 (Stand der Technik)

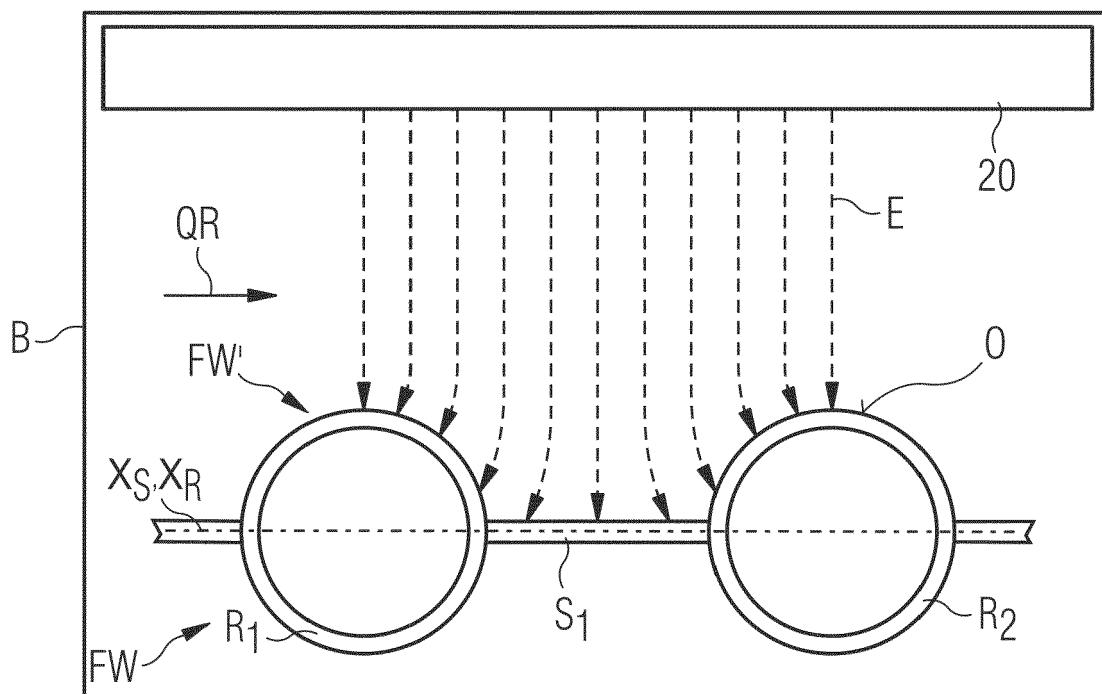


FIG 2

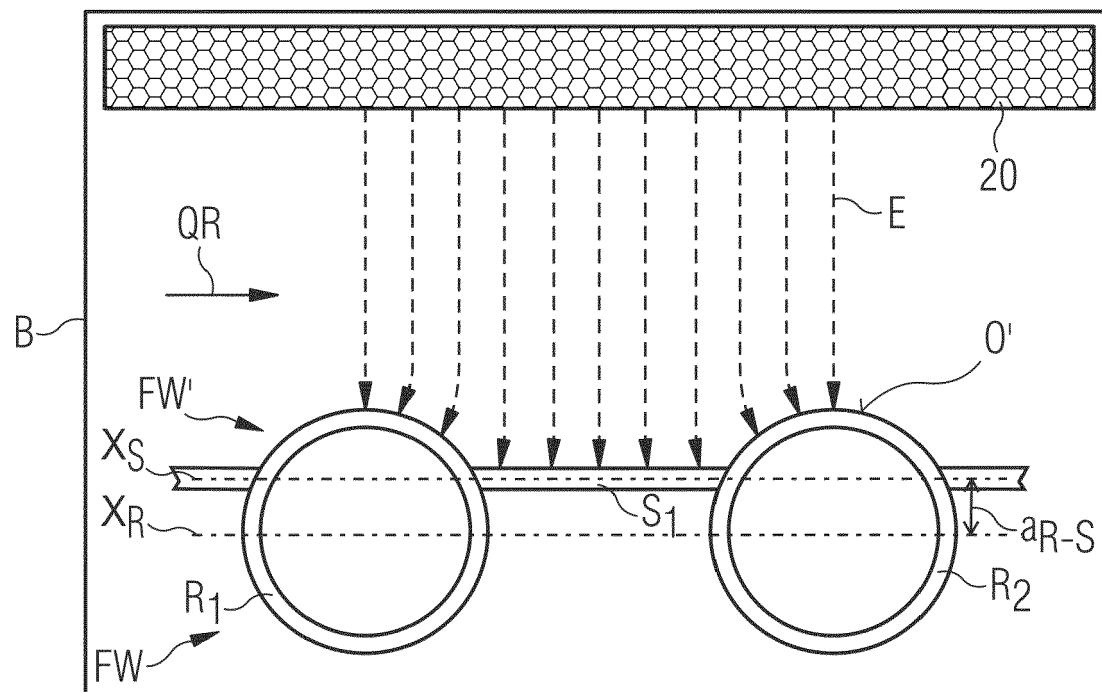


FIG 3

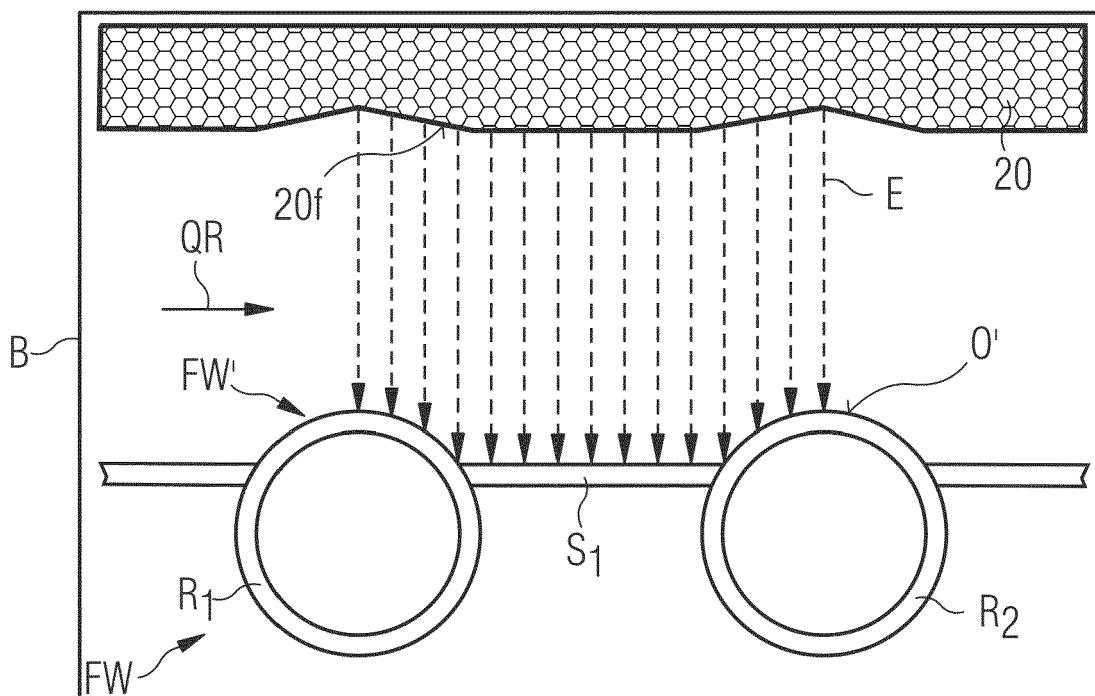
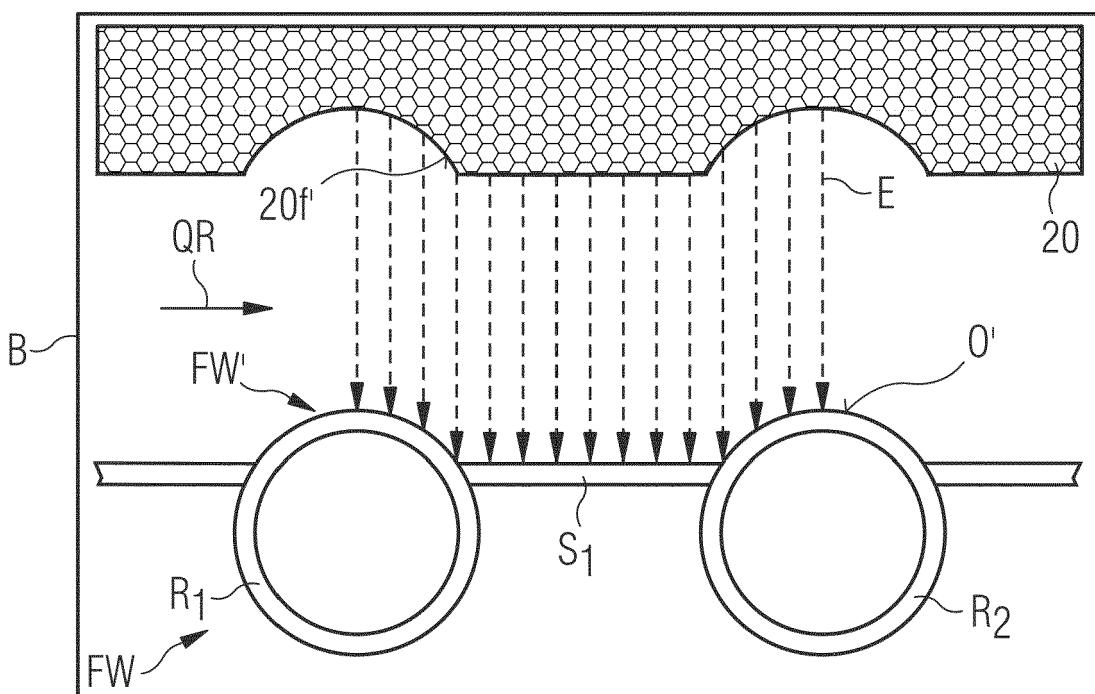


FIG 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 21 4923

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	A	WO 02/068863 A2 (BBP SERVICE GMBH [DE]; ANSEY JOHANN WILHELM [DE]) 6. September 2002 (2002-09-06) * das ganze Dokument * -----	1-6	INV. F23M5/08 C25D7/00 F22B37/04
15	A	ANSEY J-W ET AL: "DICKSCHICHTVERNICKELN ALS KORROSIONSSCHUTZ FUER BAUTEILE IN KESSELANLAGEN", VGB POWERTECH,, Bd. 83, Nr. 12, 1. Januar 2003 (2003-01-01), Seiten 106-110, XP001047236, ISSN: 1435-3199 * das ganze Dokument *	1-6	
20	A	WO 2020/032789 A2 (AWEET B V [NL]) 13. Februar 2020 (2020-02-13) * Seite 13, Zeile 25 - Seite 26, Zeile 22 * * Abbildungen 1, 2, 5, 6, 13, 16 * -----	1-3	
25	A	WO 2009/064415 A1 (SEITZ MICHAEL W [US]) 22. Mai 2009 (2009-05-22) * Seite 4, Zeile 19 - Seite 21, Zeile 14 * * Abbildungen 1-14 * -----	1-3	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
30	A			F23M C23C F22G C25D F22B
35				
40				
45				
50	1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 11. Mai 2022	Prüfer Rudolf, Andreas
		KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
		X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 21 4923

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

11-05-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	WO 02068863 A2	06-09-2002	AU	2002249219 A1	12-09-2002
			CY	1114211 T1	31-08-2016
15			DE	10109138 A1	12-09-2002
			DK	1389285 T3	26-08-2013
			EP	1389285 A2	18-02-2004
			ES	2429511 T3	15-11-2013
			JP	4587138 B2	24-11-2010
20			JP	2004518822 A	24-06-2004
			KR	20020093949 A	16-12-2002
			PL	362291 A1	18-10-2004
			PT	1389285 E	23-08-2013
			US	2004076850 A1	22-04-2004
			WO	02068863 A2	06-09-2002
25	<hr/>				
	WO 2020032789 A2	13-02-2020	BR	112021001987 A2	27-04-2021
			CA	3108377 A1	13-02-2020
			CN	112567174 A	26-03-2021
			EP	3833905 A2	16-06-2021
30			KR	20210041590 A	15-04-2021
			PH	12021550283 A1	13-09-2021
			US	2021325035 A1	21-10-2021
			WO	2020032789 A2	13-02-2020
35	<hr/>				
	WO 2009064415 A1	22-05-2009	US	2008163792 A1	10-07-2008
			US	2013306002 A1	21-11-2013
			WO	2009064415 A1	22-05-2009
40	<hr/>				
45	<hr/>				
50	<hr/>				
55	<hr/>				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82