



(10) **DE 10 2004 015 492 B4** 2012.12.13

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 015 492.9**

(22) Anmeldetag: **26.03.2004**

(43) Offenlegungstag: **18.11.2004**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **13.12.2012**

(51) Int Cl.: **G01N 27/26 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
10/401645 28.03.2003 US

(73) Patentinhaber:
General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728, Esslingen, DE

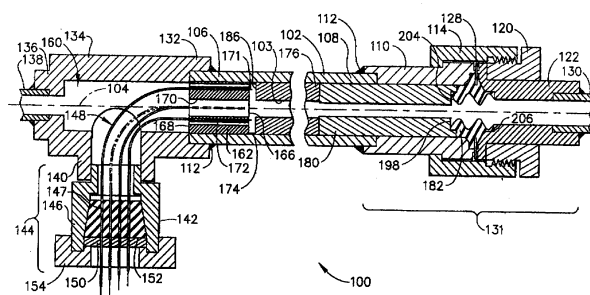
(72) Erfinder:
**Law, Robert James, Livermore, Calif., US;
Siegwart, David Philip, San Jose, Calif., US**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 694 19 786 T2
EP 0 909 945 A2

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Messen eines elektrochemischen Korrosionspotentials innerhalb von kleinen flachen Rissen**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung (100) zum Erfassen eines elektrochemischen Korrosionspotentials einer Materialprobe (176), wobei zu der Vorrichtung gehören:
ein Halter (102) mit einem ersten Ende (106) und einem zweiten Ende (108), wobei das zweite Ende abnehmbar an einen Fluidauslass (130) gekoppelt ist;
ein Detektorarray (162) mit einem Grundkörper, der mehrere Durchgangsöffnungen (169, 170, 172) aufweist, wobei der Grundkörper eine detektierende Fläche (166) und eine entgegengesetzte zweite Fläche (168) aufweist und in dem ersten Ende des Halters aufgenommen ist;
wenigstens eine Elektrode mit einer Elektrodenspitze (171) und einem Draht (148), wobei die Elektrode in einem Bereich mit den mehreren Durchgangsöffnungen (172) so angeordnet ist, dass sich die Elektrodenspitze (171) von der detektierenden Fläche weg nach außen erstreckt, und der Draht (148) sich von der Elektrodenspitze (171) her durch die Durchgangsöffnung (172) hindurch verlaufend von der zweiten Fläche (168) weg erstreckt, wobei die Elektrodenspitze (171) und der Draht (148) innerhalb der...



Beschreibung**HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG**

[0001] Diese Erfindung betrifft ganz allgemein die Überprüfung von Kernreaktoren, und insbesondere die Messung eines elektrochemischen Korrosionspotentials (ECP = Electrochemical Corrosion Potential) einer Materialprobe.

[0002] Die Reaktordruckkammer (RPV = Reactor Pressure Vessel) eines Siedewasserreaktors (BWR = Boiling Water Reactor) weist eine im Wesentlichen zylindrische Gestalt auf und ist an beiden Enden beispielsweise durch einen unteren Kopf und einen abnehmbaren oberen Kopf geschlossen. Eine obere Führung ist gewöhnlich oberhalb einer Kernplatte innerhalb der Reaktordruckkammer beabstandet. Der Kern ist gewöhnlich von einem Kernmantel oder einer Hülle umgeben, die durch einen Mantelträgeraufbau getragen wird. Der Mantel weist insbesondere eine im Wesentlichen zylindrische Gestalt auf und umgibt sowohl die Kernplatte als auch die obere Führung. Zwischen der zylindrischen Reaktordruckkammer und dem zylindrisch geformten Mantel ist ein Zwischenraum oder Ringraum vorhanden.

[0003] Das Strahlungsfeld in einem im Betrieb befindlichen Siedewasserreaktor (BWR) erzeugt stark oxidative Stoffe, z. B. Sauerstoff und Wasserstoffperoxid. Die Anwesenheit derartiger oxidativer Stoffe fördert die aufgrund intergranularer Spannung auftretende Korrosionsrissbildung (IGSCC = Intergranular Stress Corrosion Cracking) bei aus rostfreiem 304-Stahl gefertigten Komponenten in dem Reaktor. IGSCC ist als ein maßgebliches Problem bekannt, das im Zusammenhang mit für die Umwelt relevanten Materialeigenschaften innerhalb von Siedewasserreaktoren auftritt. Ein Reduzieren der Konzentrationen von ionischen Verunreinigungen und oxidativen Stoffen in dem Reaktorwasser kann die IGSCC vermindern. Es ist bekannt, dass sich das elektrochemische Korrosionspotential (ECP = Electrochemical Corrosion Potential) rostfreier Stähle und andere aktiver Metalle durch in dem Wasser des BRW gelöste Konzentrationen von Sauerstoff, Wasserstoff und Wasserstoffperoxid sowie durch die innerhalb des Wasserpfadestalteten hydrodynamischen Strömungsbedingungen kontrollieren lässt. Um ein Verhalten von Materialien (einschließlich von IGSCC als Funktion der Zeit) zu bewerten oder vorauszusagen, ist es erwünscht, den ECP-Wert der strukturellen Materialien zu kennen, die in der Reaktordruckkammer Wasser hoher Temperatur ausgesetzt sind.

[0004] Im Falle von moderater Wasserstoffchemiefahrweise (HWC) wird dem Speisewasser eines BRW Wasserstoff hinzugefügt, um eine Reduzierung der IGSCC zu fördern. Mit der Hinzufügung von Wasserstoff soll die Konzentrationen von in dem Reaktorwas-

ser gelösten Oxidantien reduziert und auf diese Weise das ECP auf einen gegenüber einer Standardwasserstoffelektrode (SHE = Standard Hydrogen Electrode) gemessenen Wert von weniger als etwa -230 mV gesenkt werden, bei dem die IGSCC-Anfälligkeit reduziert ist. Die Pegel der Wasserstoffkonzentration werden in dem Reaktorwasser oberhalb der stöchiometrischen Menge gehalten, die erforderlich ist, um entweder eine Reaktion mit Sauerstoff oder mit Wasserstoff zu ermöglichen, um Wasser zu bilden. Allerdings treten im Zusammenhang mit der Anwendung moderater HWC einige Nebeneffekte auf, z. B. ein erhöhter Stickstoff-16-Übertrag an die Turbine und höhere Abscheidungsraten von Kobalt-60. Außerdem lässt sich der kritische ECP-Wert, der für eine Verhinderung von IGSCC erforderlich ist, in Systemen, die starke Oxidation und/oder Wasserströmung aufweisen, nur schwer erreichen.

[0005] Ein chemisches Hinzufügen von Edelmetall (NMCA = Noble Metal Chemical Addition) verbessert die katalytischen Eigenschaften von Metalloberflächen hinsichtlich der Rekombination von entweder Wasserstoff/Sauerstoff oder Wasserstoffperoxid/Wasserstoff, um Wasser zu bilden; NMCA ermöglicht es, mit geringeren Wasserstoffeintragsraten niedrige ECP-Werte für Metalloberflächen zu erzielen. Diese Katalyse senkt die Sauerstoffkonzentration an der Metalloberfläche bis nahe Null und bewirkt damit, ein Senken des ECP-Wertes auf sein thermodynamisches Minimum, das in Reinwasser bei 288 Grad Celsius gegenüber einer SHE etwa -550 mV beträgt. Um einen stöchiometrischen Überschuss von Wasserstoff zu erreichen, wird der Wasserstoffeintrag in das Speisewasser so bemessen, dass ein molares Verhältnis von Wasserstoff gegenüber Sauerstoff größer 2:1, oder ein Gewichtsverhältnis von Wasserstoff gegenüber Sauerstoff größer 1:8 in dem Reaktorwasser erreicht wird. Ein unmittelbares Einspritzen von NMCA-Chemikalien in das Reaktorwasser bewirkt ein Abscheiden von Edelmetallen auf den dem Reaktorwasser ausgesetzten Oberflächen von Reaktorkomponenten. Die Oberflächen der Reaktorkomponenten sind gewöhnlich mit einer Oxidaußenschicht beschichtet. Die Edelmetalle werden auf der Oxidschicht abgeschieden, und stellen auf diese Weise eine katalytische Umgebung für Rekombinationsreaktionen sowohl zwischen Wasserstoff/Sauerstoff als auch Wasserstoff/Peroxid zur Verfügung. Der für einen sicheren Schutz von Komponenten vor IGSCC erforderliche ECP-Wert, lässt sich in diesem Falle mit geringeren Einträgen von Wasserstoff erzielen, wodurch viele der negativen Nebeneffekte vermieden werden, die häufig bei höheren Wasserstoffkonzentrationen zu bewältigen sind. Ein Bewerten der Effizienz von Edelmetall, das innerhalb vorhandener Risse abgeschieden ist, liegt jenseits der Leistungsfähigkeit gegenwärtiger Technologien.

[0006] Aus DE 69 419 786 T2 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zur elektrochemischen Online-Überwachung der Spannungskorrosionsrisssbildung bei Behälterdurchführungen, die die Wände von Behältern durchqueren, bekannt. Eine oder mehrere Durchführungen einer Behälterwand werden dabei mit einer oder mit mehreren Elektroden versehen, die elektrochemische Fühlerzellen bilden. Dabei sind die Behälterwand und die Elektroden in einen Elektrolyten getaucht.

[0007] EP 0 909 945 A2 betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Korrosionsüberwachung eines flachen Probenkörpers unter Wärmeeinfluss, wobei das Potenzial zwischen dem Probenkörper und einer Referenzelektrode in einem Test-Elektrolyten gemessen wird.

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0008] In einem Aspekt ist eine Vorrichtung, zum Erfassen eines elektrochemischen Korrosionspotentials einer Materialprobe beschrieben. Die Vorrichtung enthält einen Halter mit einem ersten Ende und einem zweiten Ende, wobei das zweite Ende abnehmbar an einen Fluidauslass angeschlossen ist. Der Halter enthält ein Detektorarray mit einem Grundkörper, der mit einer Vielzahl von Durchgangsöffnungen oder Bohrungen ausgebildet ist, wobei der Grundkörper eine detektierende Fläche und eine entgegengesetzte zweite Fläche aufweist. Das Detektorarray ist in dem ersten Ende des Halters untergebracht und weist wenigstens eine Elektrode mit einer Elektrodenspitze und einem Draht auf. Die wenigstens eine Elektrode ist in einem Bereich der Vielzahl von Bohrungen so angeordnet, dass sich eine Elektrodenspitze von der detektierenden Fläche weg nach außen erstreckt, und der Draht sich von der Elektrodenspitze her durch die Bohrung hindurch verlaufend von der zweiten Fläche weg erstreckt, wobei die Elektrodenspitze und der Draht innerhalb der Bohrung reibschlüssig an Ort und Stelle gehalten werden. Ein Fluideinlass ist an den Halter angeschlossen, so dass ein in den Fluideinlass eintretendes Fluid durch einen Teil der Vielzahl von Bohrungen von der zweiten Fläche zu der detektierenden Fläche strömt.

[0009] In einem weiteren Aspekt ist eine Vorrichtung zum Erfassen eines elektrochemischen Korrosionspotentials einer Materialprobe beschrieben. Die Vorrichtung enthält einen Halter, der ein erstes Ende, ein abnehmbar an einen Fluidauslass angeschlossenes zweites Ende und ein zwischen dem Fluidauslass und einem Kompressionsabstandshalter angeordnetes nachgiebiges Element aufweist, das sich mit einem Kompressionsabstandshalter so in Eingriff befindet, dass eine in Längsrichtung wirkende Kompressionskraft von dem Fluidauslass über das nachgiebige Element auf eine erste Fläche des Kompressionsabstandhalters übertragen wird. Das nachgiebi-

ge Element, der Fluidauslassanschluss und der Kompressionsabstandshalter sind koaxial fluchtend angeordnet. Der Halter enthält ein Detektorarray mit einem Grundkörper, der mit einer Vielzahl von Durchgangsöffnungen oder Bohrungen ausgebildet ist, wobei der Grundkörper eine detektierende Fläche und eine entgegengesetzte zweite Fläche aufweist. Das Detektorarray ist in dem ersten Ende des Halters untergebracht. Das Detektorarray enthält wenigstens eine Platindrahtelektrode mit einer Elektrodenspitze, wobei die Elektrodenspitze einen erweiterten Abschnitt und einen Draht aufweist. Die Elektrode ist in einem Bereich der Vielzahl von Bohrungen so positioniert, dass sich eine Elektrodenspitze von der detektierenden Fläche weg nach außen erstreckt, und der Draht sich von der Elektrodenspitze her durch die Bohrung hindurch verlaufend von der zweiten Fläche weg erstreckt, wobei die Elektrodenspitze und der Draht innerhalb der Bohrung reibschlüssig an Ort und Stelle gehalten werden, und ein Fluideinlass ist an den Halter angeschlossen, so dass ein in den Fluideinlass eintretendes Fluid durch einen Teil der Vielzahl von Bohrungen von der zweiten Fläche zu der detektierenden Fläche strömt.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0010] [Fig. 1](#) zeigt eine teilweise aufgebrochene geschnittene Ansicht eines Siedewasserreaktordruckbehälters (RPV = reactor pressure vessel).

[0011] [Fig. 2](#) zeigt eine Schnittansicht einer Messvorrichtung zum Erfassen eines elektrochemischen Korrosionspotentials (ECP).

[0012] [Fig. 3](#) zeigt eine vergrößerte geschnittene Ansicht der in [Fig. 2](#) gezeigten ECP-Messvorrichtung.

[0013] [Fig. 4](#) zeigt eine Stirnansicht eines Detektorarrays, geschnitten entlang einer wie in [Fig. 3](#) gezeigten Schnittlinie A-A.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0014] Ein grundlegendes Prinzip von NMCA beruht darauf, dass ein auf einer Komponentenoberfläche abgeschiedenes Edelmetall ein ECP der Oberfläche mittels eines Hinzufügens von überschüssigen Wasserstoff reduziert, was wiederum eine aufgrund eines chemischen Potentials ausgeübte Kraft reduziert, die in der Lage ist, chemische Innenkonzentrationen an einer Risspitze zu erhöhen. Die Risspitze befindet sich dort, wo sich der Riss in das Material hinein ausbreitet. Dies trifft für die Oberfläche einer Komponente und für eine kleine, flache Rissmündungsöffnung zu, wo Oxidantien (Sauerstoff und Peroxiden) durch den Edelmetallkatalysator veranlasst werden, mit dem überschüssigen Wasserstoff in dem Mas-

senwasser zu reagieren, bis ihre Konzentration weitgehend den Wert Null erreicht.

[0015] In dem Maße, wie sich die Rissmündung weitet, können die Konzentrationen von Oxidantien in dem Massenwasser durch strömungsinduzierte Wirbel (die in Querstromgeometrien entstehen, wo eine Orientierung der Länge eines Risses im Wesentlichen senkrecht zur Strömung verläuft) oder durch eine (zur Risslängsrichtung parallel verlaufende) Expansionsbereichsströmung in den Riss gedrückt werden. Falls die Strömung in der Lage ist, Oxidans in ausreichender Menge in den Riss unterhalb einer Tiefe eines abgeschiedenen Katalysators (nämlich der elektrochemischen Mündung ECM (= Electrochemical Mouth) einzubringen, kann in einem über die Katalysatoreindringtiefe in dem Riss hinausreichenden Bereich eine aufgrund des inneren ECP ausgeübte Kraft vorhanden sein. Diese Bedingung konzentriert Ionen an der Risspitze und führt zu einer Rissbildungsrate, die sich mittels Messungen des ECP an der Oberfläche nicht erfassen lässt.

[0016] Eine einen Riss simulierende Überwachungseinrichtung fängt Edelmetall innerhalb eines simulierten Risses auf, dessen Edelmetallkonzentration abhängig von der Eindringtiefe variiert. Die weiter unten beschriebene ECP-Messvorrichtung führt an simulierten Rissoberflächen, die mittels eines Rissabscheidemonitors erlangt wurden, ECP-Messungen durch, um die Eindringtiefe eines Katalysators zu ermitteln.

[0017] Eine aus dem Rissabscheidemonitor stammende Materialprobe wird in der ECP-Messvorrichtung angeordnet, um die Eindringtiefe eines Katalysators zu ermitteln. In einem Ausführungsbeispiel kommt die Strömung durch die Messvorrichtung von einem Detektorarrayende her, wobei die aufgelösten Gase (Wasserstoff und Sauerstoff) bis kurz vor den Elektroden spitzen in der Regel nicht mit einer Katalysatoroberfläche in Berührung kommen. In noch einem Ausführungsbeispiel verläuft die Strömung von einem Ende her, an dem die Materialprobe in die Messvorrichtung eingeführt wurde.

[0018] Ein Array von Elektroden ist in der Lage, sehr geringe Abstände von ECP im Bereich von etwa 0,005 Zoll bis 0,050 Zoll zu unterscheiden. In einem Ausführungsbeispiel wird eine solche Empfindlichkeit mittels einer winzigen Detektorspitze erreicht, die nahe an einer Messfläche angeordnet ist. In noch einem Ausführungsbeispiel wird eine solche Empfindlichkeit zum Teil durch mathematische Iteration und Kurvensimulation mittels überdimensionierten Bereichen erreicht.

[0019] In dem exemplarischen Ausführungsbeispiel bilden vier Detektoren das Array. In einem alternativen Ausführungsbeispiel ist die Anzahl von Elek-

troden in dem Array erhöht, um eine Verbesserung der Definition und Genauigkeit durch Hinzufügen von Elektroden in zusätzlichen radialen Abständen und Winkeln zu erreichen.

[0020] [Fig. 1](#) zeigt eine teilweise aufgebrochene geschnittene Ansicht eines Reaktordruckbehälters (RPV = Reactor Pressure Vessel) **10** eines Siedewasserreaktors. Der RPV **10** weist eine im Wesentlichen zylindrische Gestalt auf und ist an einem Ende beispielsweise durch einen unteren Kopf **12** und an seinem anderen Ende mit einem abnehmbaren oberen Kopf **14** geschlossen. Eine Seitenwand **16** erstreckt sich von dem unteren Kopf **12** zu dem oberen Kopf **14**. Die Seitenwand **16** ist mit einem oberen Flansch **18** ausgebildet. Der obere Kopf **14** ist an dem oberen Flansch **18** befestigt. Ein zylindrisch geformter Kernmantel **20** umgibt einen Reaktorkern **22** und einen als Reflektor **21** bezeichneten Nebenstromwasserbereich. Der Kernmantel **20** sitzt an einem Ende auf einem Mantelträger **24** und weist ein entgegengesetzt angeordnetes abnehmbares Mantelkopfteil **26** auf. Durch einen zwischen dem Kernmantel **20** und der Seitenwand **16** angeordneten Ringraum wird ein Fallbereich **28** gebildet. Ein Pumpendeck **30**, das eine ringförmige Gestalt aufweist, erstreckt sich zwischen dem Mantelträger **24** und der Seitenwand **16** des Reaktordruckbehälters. Das Pumpendeck **30** weist mehrere kreisförmige Öffnungen **32** auf, wobei in jeder Öffnung eine Strahlpumpe **34** untergebracht ist. Die Strahlpumpen **34** sind rund um den Umfang des Kernmantels **20** verteilt. Ein Einlasssteigrohr **36** ist über eine Übergangsanordnung **38** an zwei Strahlpumpen **34** angeschlossen. Jede der Strahlpumpen **34** weist eine Einlassmischdüse **40** und einen Diffusor **42** auf. Das Einlasssteigrohr **36** und die beiden verbundenen Strahlpumpen **34** bilden eine Strahlpumpenvorrichtung **44**.

[0021] Innerhalb des Kerns **22**, in dem eine Vielzahl von Brennstabbündeln **46** aus spaltbaren Material enthalten sind, entsteht Wärme. In einem Kreislauf durch den Kern **22** nach oben bewegtes Wasser wird zumindest teilweise in Dampf umgewandelt. Mehrere Dampfabscheider **48** trennen Dampf von dem Wasser, das wieder in den Kreislauf zurückgeführt wird. Mehrere Dampftrockner **50** entfernen restliches Wasser aus dem Dampf. Der Dampf verlässt den RPV **10** durch einen Dampfauslass **52** in der Nähe des oberen Kopfes **14** des Druckbehälters.

[0022] Die in dem Kern **22** entstehende Wärmemenge wird durch Einfahren und Zurückziehen mehrerer Steuer-/Regelstäbe **54** kontrolliert, die aus einem Neutronen absorbierenden Material beispielsweise Hafnium gefertigt sind. Abhängig von dem Grad, bis zu dem der Steuer-/Regelstab **54** benachbart zu dem Brennstabbündel **46** eingefahren ist, absorbiert dieser Neutronen, die ansonsten zur Verfügung stün-

den, um die Kettenreaktion zu fördern, die die Wärme in dem Kern **22** erzeugt.

[0023] Jeder der Steuer-/Regelstäbe **54** ist durch ein Steuerstab-Antriebsrohr **56** mit einem Steuerstab-Antriebsmechanismus (CRDM = Control Rod Drive Mechanism) **58** verbunden, um eine Steuer-/Regelstabsvorrichtung **60** zu bilden. Der CRDM **58** bewegt den Steuer-/Regelstab **54** relativ zu einer Kernträgerplatte **64** und benachbarten Brennstoffbündeln **46**. Der CRDM **58** erstreckt sich durch den unteren Kopf **12** und ist in einem Gehäuse **66** der Steuerstab-Antriebsvorrichtung eingeschlossen. Ein Steuerstab-Führungsrohr **56** erstreckt sich vertikal von dem Gehäuse **66** der Steuerstab-Antriebsvorrichtung her zu der Kernträgerplatte **64**. Die Steuerstab-Führungsrohre **56** begrenzen eine von der vertikalen Richtung abweichende Bewegung der Steuer-/Regelstäbe **54** während eines Einfahrens und Zurückziehens der Steuer-/Regelstäbe **54**. Die Steuerstab-Führungsrohre **56** können beliebig gestaltet sein, beispielsweise kreuzförmig, zylindrisch, rechteckig, Y-förmig, und jede beliebige sonstige Gestalt eines Vierecks aufweisen.

[0024] **Fig. 2** zeigt eine Schnittansicht einer Messvorrichtung **100** zum Erfassen eines elektrochemischen Korrosionspotentials (ECP). Die Messvorrichtung **100** enthält einen zylindrischen Halter **102** mit einer durch diesen hindurch ausgebildeten zentrischen Probenbohrung **103**, einer Längsachse **104**, einem ein erstes Ende darstellenden Haltereinlassende **106** und einem ein zweites Ende darstellenden Halterauslassende **108**. Ein Passstückeinlassende **110** ist mit dem Halterauslassende **108**, beispielsweise mittels einer Schweißnaht **112**, verbunden. In einem alternativen Ausführungsbeispiel ist das Passstückeinlassende **110** über ein Gewinde an das Halterauslassende **108** gekoppelt. Das Passstückeinlassende **110** ist an eine Schraubenmutter **114** angeschlossen. Die Schraubenmutter **114** ist beispielsweise über ein Gewinde an dem Schraubenbolzen **120** befestigt. Der Schraubenbolzen **120** ist mit einer Durchbohrung ausgebildet, um ein Passstückauslassende **122** entgegen zu nehmen. Wenn der Schraubenbolzen **120** über das Gewinde mit der Schraubenmutter **114** in Eingriff gelangt, wird das Passstück durch einen Dichtungsring **128** abgedichtet. Das Auslassende des Passstückauslassendes **122** ist beispielsweise durch Schweißen mit einer einen Fluidauslass darstellenden Auslassschlauchverbindung **130** fest verbunden. Die Komponenten Passstückeinlassende **110**, Passstückauslassende **122**, Dichtungsring **128**, Schraubenmutter **114** und Schraubenbolzen **120** bilden ein toleranzfreies Passstück **131** als Fluidauslassanschluss.

[0025] Das Haltereinlassende **106** ist fest mit einem Lauf **132** eines T-Stücks **134** verbunden. Ein weiterer Lauf **136** des T-Stücks **134** ist fest an ei-

ne Einlassschlauchverbindung **138** gekoppelt. Ein Zweig **140** des T-Stücks **134** ist fest an einen Grundkörper **142** eines Stopfbüchsendichtungsanschlusstücks **144** angeschlossen. Das Anschlusstück **144** weist einen Porenschließer **146** auf, der mit wenigstens einer Durchbohrung **147** ausgebildet ist, um darin jeweils einen isolierten elektrischen Draht **148** entgegen zu nehmen. In einem Ausführungsbeispiel ist der Draht **148** ein Platindraht mit einem Durchmesser von etwa 0,020 Zoll. In einem alternativen Ausführungsbeispiel ist der Draht **148** ein Metalloxiddraht. Eine Mitnehmerscheibe **150** schließt an eine erste Fläche **152** des Porenschließers **146** an. Eine Kappe **154** kommt über ein Gewinde mit dem Stopfbüchsendichtungskörper **142** in Eingriff und gerät mit der Mitnehmerscheibe **150** in Eingriff. Wenn die Kappe **154** gedreht wird, um mit dem Stopfbüchsendichtungskörper **142** in Gewindeeingriff zu gelangen, wird die Kappe **154** gegen den Stopfbüchsendichtungskörper **142** gezogen. Da die Kappe **154** an der Stirnfläche der Mitnehmerscheibe **150** anliegt, wird die Mitnehmerscheibe **150** gegen die Fläche **152** des Porenschließers **146** gedrückt, während die Kappe **154** gegen den Stopfbüchsendichtungskörper **142** gezogen wird, der Porenschließer **146** wird zusammengedrückt, wobei er sich verformt, um sämtliche Bohrungen **147** abzudichten. Der Porenschließer **146** legt sich dicht um den Draht **148**, wobei er die Bohrung **147** abdichtet und ein Erzeugen einer druckdichten Barriere zwischen einem inneren Durchlasskanal **160** des T-Stücks **134** und dem umgebenden Druck ermöglicht.

[0026] Ein Detektorarray **162** wird innerhalb des Halters **102** durch eine Schulter des T-Stücks **134** an einer eine zweite Fläche darstellenden Einlassstirnfläche **168** und durch einen Abstandhalter **174** an einer eine erste Fläche darstellenden Detektorfläche **166** gehalten. Das Detektorarray **162** weist die Detektorfläche **166**, eine entgegengesetzte Einlassstirnfläche **168**, wenigstens eine (in **Fig. 2** nicht gezeigte) Wasserbohrung und eine mittige Durchbohrung **170** auf. Entfernt angeordnete Enden der Drähte **148**, die Elektroden spitzen **171** bilden, treten jeweils in eine Durchgangsöffnung **172**, die auch als Elektrodenbohrung bezeichnet werden kann, des Detektorarrays **162** ein, verlaufen durch die Durchgangsöffnung **172** und ragen aus der Detektorfläche **166** heraus. Die Drähte **148** sind fest mit der jeweiligen Durchgangsöffnung **172** verbunden. In einem Ausführungsbeispiel werden die Drähte **148** in die Durchgangsöffnung **172** gedrückt.

[0027] Nach einem vollständigen Zusammenbau enthält die Vorrichtung **100** ferner den Abstandhalter **174**, eine Materialprobe **176**, einen Kompressionsabstandhalter **180** und ein nachgiebiges Element **182**, beispielsweise eine Feder. In dem exemplarischen Ausführungsbeispiel ist der Abstandhalter **174** eine kreisförmige Scheibe mit einem im Wesentli-

chen ebenen Grundkörper, dessen Außendurchmesser so bemessen ist, dass sich der Abstandhalter **174** gleitend in das Innere des Halters **102** einpasst. Der Abstandhalter **174** weist eine Dicke auf, die aufgrund eines Abstands vorgegeben ist, um den die Elektroden spitzen **171** aus der Detektorfläche **166** ragen. Der Abstandhalter **174** wird geeignet gewählt, so dass seine Breite größer ist als der Abstand, um den die Elektroden spitzen **171** aus der Detektorfläche **166** herausragen. In dem exemplarischen Ausführungsbeispiel ist der Abstandhalter **174** aus einem elektrisch isolierenden Material hergestellt, das in der Lage ist, Temperaturen über 288 Grad Celsius standzuhalten, beispielsweise aus Keramik. Eine Materialprobe **176** weist einen zylindrischen Grundkörper mit einer Durchbohrung **103**, eine Messfläche **186** und eine zweite Fläche auf. Ein Außendurchmesser der Materialprobe **176** ist so dimensioniert, dass die Materialprobe **176** in der Lage ist durch das Innere des Halters **102** zu gleiten. Die Messfläche **186** liegt an dem Abstandhalter **174** an. Der Kompressionsabstandhalter **180** weist einen zylindrischen Grundkörper auf, der mit einer mittigen Durchbohrung und einer ausgekehlten Fläche **198** ausgebildet ist. Ein Außendurchmesser des Kompressionsabstandhalters **180** ist so dimensioniert, dass der Kompressionsabstandhalter **180** gleitend in das Innere des Halters **102** passt. Das nachgiebige Element **182** ist im Wesentlichen zylindrisch ausgebildet. Ein Außendurchmesser des nachgiebigen Elements **182** ist so dimensioniert, dass sich das nachgiebige Element **182** gleitend in Richtung der ausgekehlten Fläche **198** und einer Schulter **206** des Passstückauslassendes **122** einpassen lässt. Die ausgekehlte Fläche **198** und die Schulter **206** richten das nachgiebige Element **182** koaxial fluchtend mit der Achse **104** aus und halten eine radiale Position des nachgiebigen Elements **182** aufrecht. Das nachgiebige Element **182** wird durch den Schraubenbolzen **120** zusammengedrückt, der während des Vorgangs eines an dem Schraubenbolzen **120** vorgenommenen Festziehens näher an die Schraubenmutter **114** heranrückt. In dem exemplarischen Ausführungsbeispiel wird der Schraubenbolzen **120** über ein Gewinde an die Schraubenmutter **114** geschraubt, wobei der Schraubvorgang den Schraubenbolzen **120** an die Schraubenmutter **114** heranzieht. In einem alternativen Ausführungsbeispiel wird eine Nockenverriegelungsvorrichtung verwendet, um den Schraubenbolzen **120** und die Schraubenmutter **114** in Eingriff zu bringen und diese zusammenzuziehen. Die durch das Anziehen des Schraubenbolzens **120** an die Schraubenmutter **114** erzeugte Kompressionskraft wird über den Kompressionsabstandhalter **180** auf die Materialprobe **176** übertragen. Die auf die Materialprobe **176** wirkende Druckkraft erhält einen Risspalt gegenüber der Messfläche **186** aufrecht und sorgt für einen gleichbleibenden Abstand zwischen der Messfläche **186** und der Detektorfläche **166**.

[0028] Im Betrieb wird die Messvorrichtung **100** mit der Materialprobe **176** geladen, wobei zunächst ein geeignet dimensionierter Abstandhalter **174** ausgewählt wird. Die Dimension des Abstandhalters **174** ist so zu wählen, dass seine Dicke größer ist als die Strecke, um die die Elektroden spitzen **171** aus der Detektorfläche **166** ragen. Der Abstandhalter **174** wird in den Halter **102** eingeführt und kann nach unten gleiten, um die Detektorfläche **166** zu berühren, wobei der Abstandhalter **174** koaxial mit der Achse **104** fluchtet. Die Materialprobe **176** wird mit der Messfläche **186** in Richtung des Abstandhalters **174** in den Halter **102** eingeführt. Der Kompressionsabstandhalter **180** wird mit einer ebenen Fläche in Richtung der Materialprobe **176** in den Halter **102** eingeführt. Das nachgiebige Element **182** wird so in den Halter **102** eingeführt, dass eine erste Fläche **204** des nachgiebigen Elements **182** an der ausgekehlten Fläche **198** anliegt. Das Passstück **131** wird montiert, um die abnehmbaren Komponenten innerhalb des Halters **102** einzuschließen und einen Innenraum in dem Halter **102** gegenüber dem umgebenden Druck abzudichten.

[0029] Die Elektroden spitzen **171** sind geeignet gefertigt, um während des Vorgangs des Zusammenbaus nicht mit Masse in Kontakt zu geraten, indem der Widerstand jeder Elektrodenanschlussleitung **148** gegenüber Masse gemessen wird und ein gemessener Widerstandswert mit einem vorbestimmten minimal zulässigen Wert verglichen wird. Eine durch die Vorrichtung **100** verlaufende Strömung wird in Gang gesetzt, so dass die Fluidtemperatur in der Vorrichtung **100** in einem Bereich von etwa 250 Grad Celsius bis etwa 310 Grad Celsius geregelt wird, und der Fluiddruck in der Vorrichtung **100** in einem Bereich eines Manometerdrucks von etwa 900 Pfund pro Quadratzoll (psig) (6205 Kilopascal (kPa)) bis etwa 2200 psig (15,170 kPa) geregelt wird. In noch einem Ausführungsbeispiel wird die Temperatur des Fluids in der Vorrichtung **100** in einem Bereich von etwa 270 Grad Celsius bis 300 Grad Celsius geregelt, und der Fluiddruck in der Vorrichtung **100** wird in einem Bereich von etwa 950 psig (6550 kPa) bis etwa 1200 psig (8274 kPa) geregelt. In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird, die Temperatur des Fluids in der Vorrichtung **100** bis auf etwa 288 Grad Celsius geregelt und der Druck des Fluids in der Vorrichtung **100** wird bis etwa 1000 psig (6895 kPa) geregelt. Eine Gesamtströmung durch die Vorrichtung **100** ist bestimmt durch einen Druckabfall über die Vorrichtung **100** hinweg, einen Durchmesser der mittigen Bohrung **170**, eine Anzahl und Durchmesser der Wasserbohrungen und eine Dicke des Abstandhalters **174**, der verwendet wird, um die Elektroden spitzen **171** von der Messfläche **186** fernzuhalten. In dem exemplarischen Ausführungsbeispiel wird eine Konzentration von gelöstem Wasserstoff und Sauerstoff auf ein molares Verhältnis größer etwa 2 geregelt. In noch einem Ausführungsbeispiel wird die Konzentra-

tion von aufgelöstem Wasserstoff und Sauerstoff auf ein molares Verhältnis größer etwa 1 geregelt. Wenn die oben erwähnten Bedingungen stabil sind, wird ein ECP-Messwert zwischen jedem Elektroden Draht und dem Halter **102** abgenommen und gespeichert.

[0030] **Fig. 3** zeigt eine vergrößerte geschnittene Ansicht der in **Fig. 2** gezeigten Messvorrichtung **100**. Das Detektorarray **162** ist zumindest teilweise innerhalb des Einlassendes **106** des Halters **102** fest angebracht. Die Drähte **148** der Elektrode sind isolierte Platindrähte mit einem Durchmesser von etwa 0,020 Zoll, die in die Durchgangsöffnungen **172** in dem Detektorarray **162** eingeführt sind. Radial außerhalb jeder Durchgangsöffnung **172** ist jeweils eine der Durchgangsöffnung **172** entsprechende Wasserbohrung **169** ausgebildet. In dem exemplarischen Ausführungsbeispiel werden die Drähte **148** in die Durchgangsöffnungen **172** gedrückt, so dass die Drähte **148** in die Durchgangsöffnungen **172** gequetscht werden und während des Gebrauchs der Messvorrichtung **100** unbeweglich sind. In einem alternativen Ausführungsbeispiel werden die Drähte **148** nach dem Einsetzen in die Durchgangsöffnungen **172** gequetscht, so dass der Durchmesser der Drähte **148** in der Nähe einer Stelle des Quetschens erweitert wird und ermöglicht, die Drähte **148** während des Gebrauchs der Messvorrichtung **100** in den Durchgangsöffnungen **172** fixiert zu halten. In einem anderen alternativen Ausführungsbeispiel sind die Durchgangsöffnungen **172** zumindest teilweise kegelig zulaufend ausgebildet und konfiguriert, um ein entsprechendes erweitertes Ende der Drähte **148** aufzunehmen. Die Elektroden spitzen **171** befinden sich in einem Abstand **304** von der Messfläche **186** entfernt. Wenn der Abstand **304** durch ein Vermindern der Dicke des Abstandhalters **174** verkleinert wird, sprechen die Elektroden spitzen **171** gegenüber einem kleineren Bereich auf der Messfläche **186** an, wodurch ein Messen des ECP präziser wird, als wenn ein Messwert bei einem größeren Abstand **304** abgenommen wird.

[0031] Eine Spaltbreite **300** ist definiert als der Abstand zwischen der Detektorfläche **166** und der Messfläche **186**. Ein Elektrodenexpositionsabstand **302** ist der Abstand, um den die Elektroden spitzen **171** über die Detektorfläche **166** hinausragen. Da mehrere Elektroden in dem Detektorarray **162** verwendet werden können, und jede Elektroden spitze um einen anderen Abstand als jede andere Elektroden spitze **171** aus der Detektorfläche **166** nach außen ragen kann, ist ein Elektrodenexpositionsabstand **302** als ein Abstand definiert, um den die Elektroden aus der Detektorfläche **166** ragen. Eine Spaltbreite **300** wird durch den Abstandhalter **174** eingestellt, der während des Zusammenbaus der Vorrichtung **100** zwischen der Detektorfläche **166** und der Messfläche **186** angeordnet wird. Eine Dicke des Abstandhalters **174** wird so ausgewählt, dass die Spalt-

breite **300** größer ist als der Elektrodenexpositionsabstand **302**, wobei sich der Abstand **304** ergibt.

[0032] **Fig. 4** zeigt eine Stirnansicht des Detektorarrays **162**, geschnitten entlang einer wie in **Fig. 3** gezeigten Schnittrlinie A-A. Eine erste Elektrodenbohrung **402** ist auf einem Radius **404** mit einem zweiten Abstand **406** zwischen einer ersten Elektrodenbohrungsmittellinie **408** und der Längsachse **104** angeordnet. Eine erste Wasserbohrung **410** ist ebenfalls auf einem Radius **404** angeordnet, und zwar mit einem ersten Abstand **412** zwischen einer ersten Wasserbohrungsmittellinie **414** und der Längsachse **104**. In dem exemplarischen Ausführungsbeispiel sind Elektrodenbohrungen **416**, **430** und **444** sowie entsprechende Wasserbohrungen **424**, **438** und **452** in unterschiedlichen radialen Abständen von der Längsachse **104** dargestellt. Der Abstand der Elektrodenbohrung **416** von der Achse **104** ist geringer als der Abstand der Elektrodenbohrung **402** von der Längsachse **104**, der Abstand der Elektrodenbohrung **444** von der Längsachse **104** ist geringer als der Abstand der Elektrodenbohrung **416** von der Längsachse **104**, und die Elektrodenbohrung **430** weist den geringsten Abstand zu der Längsachse **104** auf. Der Abstand zwischen einer jeden Elektrodenbohrung und der Längsachse **104** korreliert mit einem Messen eines Wertes des ECP für einen anderen radialen Bereich auf der Messfläche **186**. In einem alternativen Ausführungsbeispiel können die radialen Abstände der Elektrodenbohrungspositionen von der Längsachse **104** rund um das Array differieren.

[0033] In dem exemplarischen Ausführungsbeispiel sind die Wasserbohrungen **410**, **424**, **438** und **452** in radialer Richtung unmittelbar außerhalb der Elektrodenbohrungen **402**, **416**, **430** bzw. **444** angeordnet dargestellt. In noch einem Ausführungsbeispiel können die Wasserbohrungen **410**, **424**, **438** und **452** anders angeordnet sein, so dass aus den Wasserbohrungen **410**, **424**, **438** und **452** austretendes Wasser an Elektrodenbohrungen **402**, **416**, **430** bzw. **444** vorbeiströmt, bevor es eine katalysierte Fläche oder eine nicht zu der Messfläche **186** gehörende Fläche der Materialprobe **176** berührt. Das an den Elektrodenbohrungen **402**, **416**, **430**, und **444** vorbeifließende Wasser sollte Wasser sein, das mit keinen anderen Abschnitten der Materialprobe **176** in Berührung gekommen ist als mit der Messfläche **186**.

[0034] Ein Rand **458** bildet eine äußere radiale Begrenzung für einen zum Messen geeigneten Bereich auf der Messfläche **186**. Eine kreisförmige Begrenzung **460** repräsentiert eine Außenumfangsbegrenzung des Detektorarrays **162**. Ein Bereich **462** zwischen dem Rand **458** und der Begrenzung **460** wird durch den Abstandhalter **174** überdeckt, wenn die Vorrichtung **100** vollständig zusammengesetzt ist und steht daher der Messung nicht zur Verfügung. Ein innenliegender peripherer Rand **464** repräsentiert

einen Innendurchmesser der Materialprobe **176**. Ein Bereich **466** ist ebenfalls der Messung nicht zugänglich.

[0035] Im Betrieb wird ein in die Vorrichtung **100** eingebrachtes Fluid mittels eines vorbestimmten Druckabfalls auf die Wasserbohrungen **170**, **410**, **424**, **438** und **452** verteilt. Fluid, das die Wasserbohrungen **410**, **424**, **438** und **452** verlässt, wird aufgrund der Tatsache, dass sich die Messfläche **186** im Abstand der Spaltbreite **300** von der Detektorfläche **166** entfernt befindet, wo das Fluid aus den Wasserbohrungen **410**, **424**, **438** und **452** austritt, radial in Richtung auf die Achse **104** nach innen umgelenkt. Während das Fluid radial nach innen strömt, strömt es über die jeweiligen Elektrodenbohrungen **402**, **416**, **430** bzw. **444** hinweg, die jeweils eine Elektroden spitze **171** enthalten. Das Fluid strömt weiter radial nach innen bis es sich mit Fluid vereinigt, das aus der mittigen Bohrung **170** tritt, wobei das Fluid anschließend die Vorrichtung **100**, zunächst durch die Bohrung **103** und weiter in Richtung des Auslassrohrs **130** fließend, verlässt.

[0036] Die oben beschriebene ECP-Messvorrichtung ist kostengünstig und in hohem Maße zuverlässig. Das Gerät enthält einen Halter zum Positionieren und Sichern einer zu messenden Materialprobe, einen Detektorarray, um die Messwerte abzunehmen, und ein Strömungssystem um eine repräsentierende Umgebung für die Messung bereitzustellen. Eine derartige Vorrichtung vereinfacht ein Einschätzen der Eindringtiefe von Edelmetall in Risse. Die ECP-Messvorrichtung ermöglicht somit eine Verbesserung des Betriebs und der Wartung von Reaktoranlagen auf kostengünstige und zuverlässige Weise.

[0037] Ausführungsbeispiele von ECP-Messvorrichtungen sind oben im Einzelnen beschrieben. Die Systeme sind nicht auf die hier beschriebenen speziellen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern es können vielmehr Komponenten jeder Vorrichtung unabhängig und getrennt von anderen hier beschriebenen Komponenten verwendet werden. Die Komponenten der ECP-Messvorrichtung können ferner in Kombination mit anderen ECP-Messvorrichtungskomponenten verwendet werden.

[0038] Während die Erfindung anhand vielfältiger spezieller Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, wird der Fachmann erkennen, dass es möglich ist, die Erfindung mit Abwandlungen zu verwirklichen, ohne von dem Schutzbereich der Ansprüche abzuweichen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (**100**) zum Erfassen eines elektrochemischen Korrosionspotentials einer Materialprobe (**176**), wobei zu der Vorrichtung gehören:

ein Halter (**102**) mit einem ersten Ende (**106**) und einem zweiten Ende (**108**), wobei das zweite Ende abnehmbar an einen Fluidauslass (**130**) gekoppelt ist; ein Detektorarray (**162**) mit einem Grundkörper, der mehrere Durchgangsöffnungen (**169**, **170**, **172**) aufweist, wobei der Grundkörper eine detektierende Fläche (**166**) und eine entgegengesetzte zweite Fläche (**168**) aufweist und in dem ersten Ende des Halters aufgenommen ist; wenigstens eine Elektrode mit einer Elektroden spitze (**171**) und einem Draht (**148**), wobei die Elektrode in einem Bereich mit den mehreren Durchgangsöffnungen (**172**) so angeordnet ist, dass sich die Elektroden spitze (**171**) von der detektierenden Fläche weg nach außen erstreckt, und der Draht (**148**) sich von der Elektroden spitze (**171**) her durch die Durchgangsöffnung (**172**) hindurch verlaufend von der zweiten Fläche (**168**) weg erstreckt, wobei die Elektroden spitze (**171**) und der Draht (**148**) innerhalb der Durchgangsöffnung (**172**) reibschlüssig an Ort und Stelle gehalten werden; und ein Fluideinlass (**138**), der an den Halter (**102**) gekoppelt ist, so dass ein in den Fluideinlass (**138**) eintretendes Fluid durch einen Teil der mehreren Durchgangsöffnungen (**172**) von der zweiten Fläche (**168**) zu der detektierenden Fläche (**166**) strömt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der zu dem Halter (**102**) ferner gehören:

eine sich von dem ersten Ende (**106**) zu dem zweiten Ende (**108**) erstreckende Durchgangsöffnung (**103**); ein Fluidauslassanschluss (**131**), der abnehmbar an das zweite Ende (**108**) gekoppelt ist; ein nachgiebiges Element (**182**), das sich zwischen dem Fluidauslassanschluss (**131**) und einem Kompressionsabstandhalter (**180**) geeignet in Eingriff befindet, so dass eine in Längsrichtung wirkende Kompressionskraft von dem Fluidauslassanschluss (**131**) her über das nachgiebige Element (**182**) auf eine erste Fläche (**198**) des Kompressionsabstandhalters (**180**) übertragen wird, wobei das nachgiebige Element (**182**), der Fluidauslassanschluss (**131**) und der Kompressionsabstandhalter (**180**) koaxial fluchten.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der zu dem Detektorarray (**162**) ferner gehören:

die durch den Detektorarray (**162**) hindurch mittig um eine Längsachse (**104**) des Grundkörpers ausgebildete Durchgangsöffnung (**170**), wobei sich die Durchgangsöffnung (**170**) von der detektierenden Fläche (**166**) zu der zweiten Fläche (**168**) erstreckt; wenigstens eine parallel zu der Längsachse durch das Detektorarray (**162**) hindurch ausgebildete Wasserbohrung (**169**), wobei die wenigstens eine Wasserbohrung (**169**) radial in einem ersten Abstand (**412**) von der Längsachse angeordnet ist; und eine Elektrodenbohrung (**402**), die jeweils einer der wenigstens einen Wasserbohrung (**169**) entspricht, wobei die Elektrodenbohrung (**402**) parallel zu der Längsachse und radial in einem zweiten Abstand

(**406**) von der Längsachse beabstandet angeordnet ist, wobei der erste Abstand (**412**) größer als der zweite Abstand (**406**) ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, bei der jede Wasserbohrung (**169**) und die jeweils entsprechende Elektrodenbohrung (**402**) auf derselben Radiuslinie angeordnet sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3, bei der jede Elektrodenbohrung (**402**) in einem anderen radialen Abstand von der Längsachse angeordnet ist als die übrigen Elektrodenbohrungen (**402**).

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Elektrode einen Platindraht aufweist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Elektrode einen Metalloxiddraht aufweist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

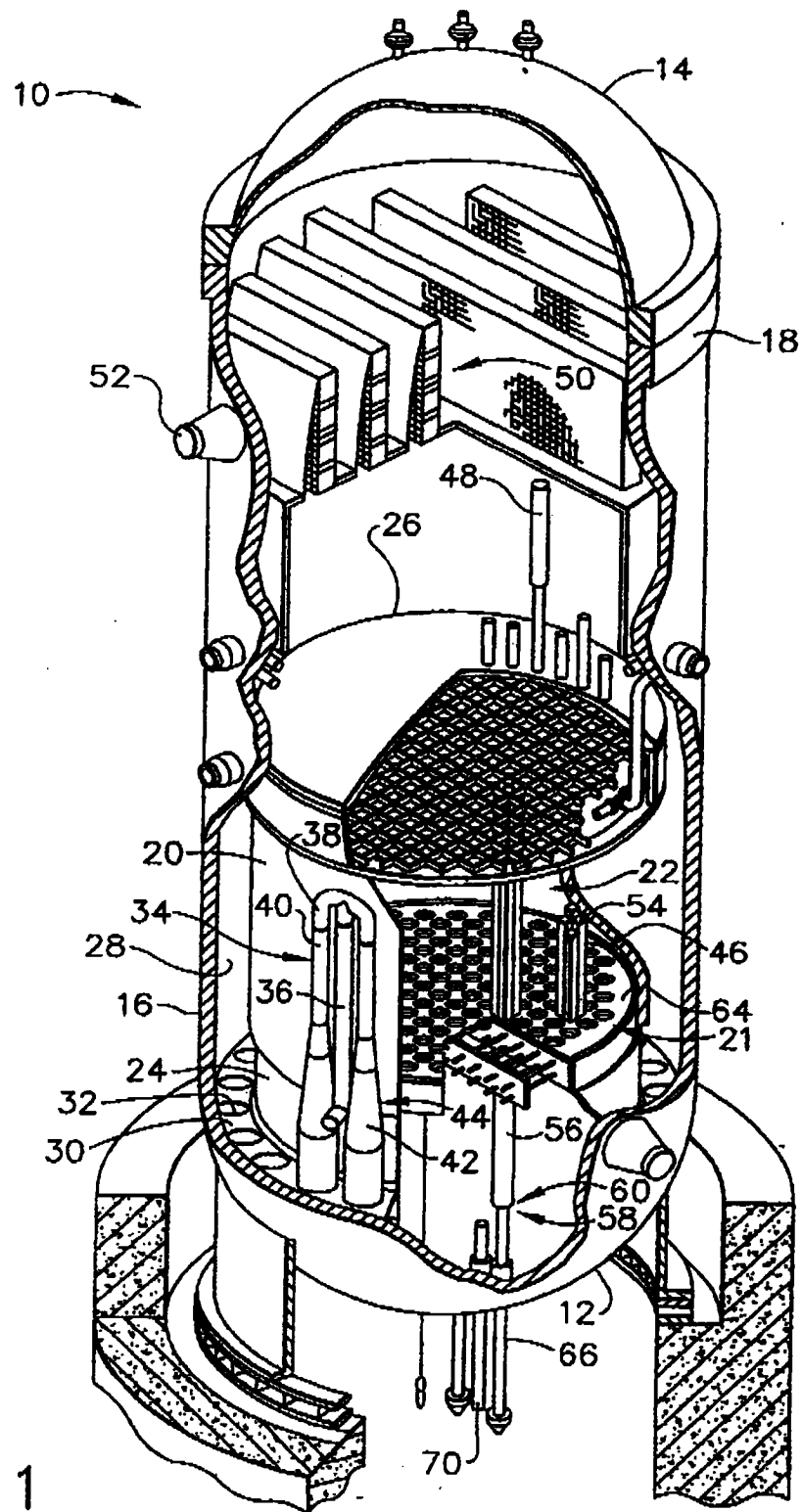


FIG. 1

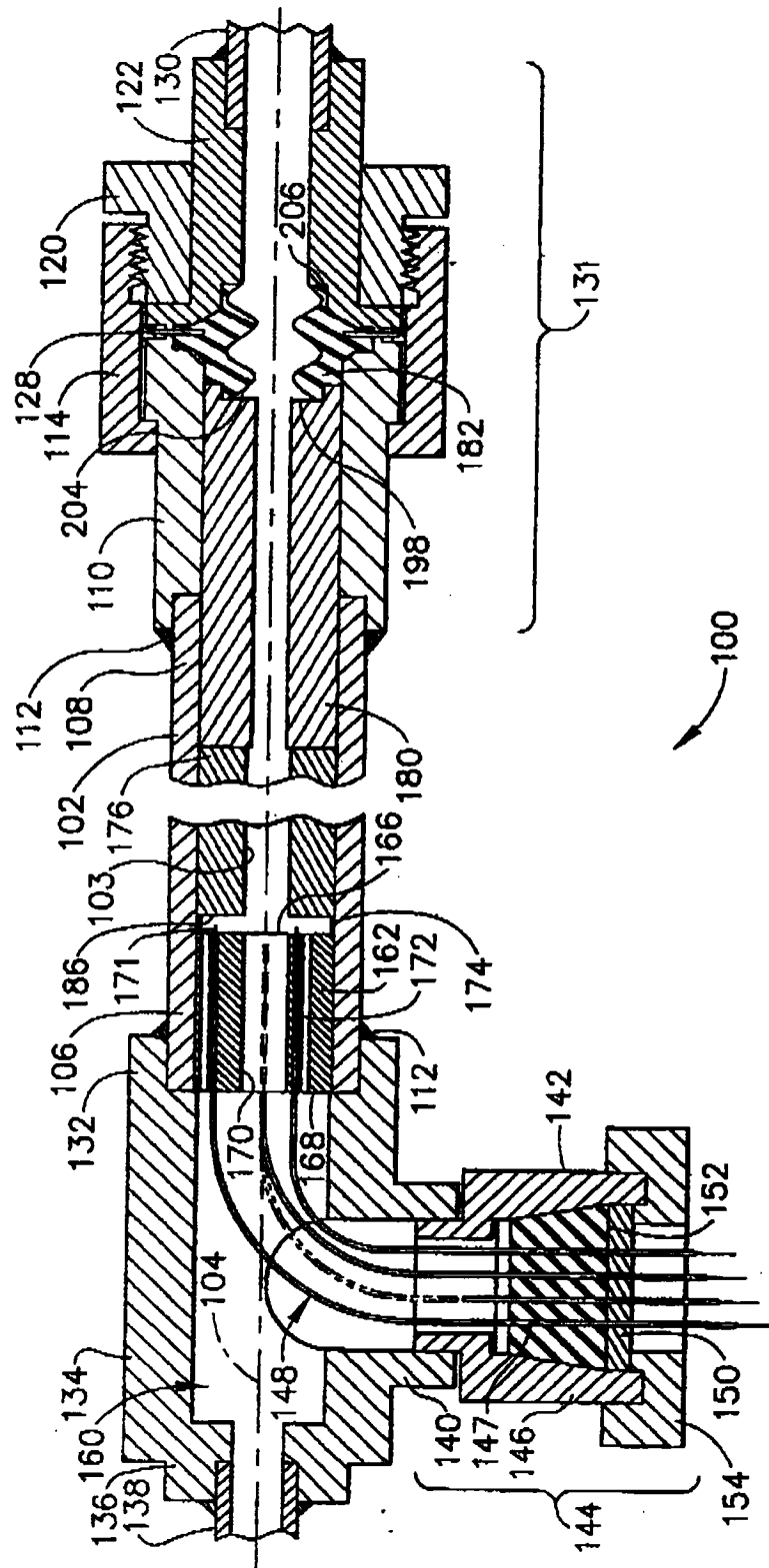


FIG. 2

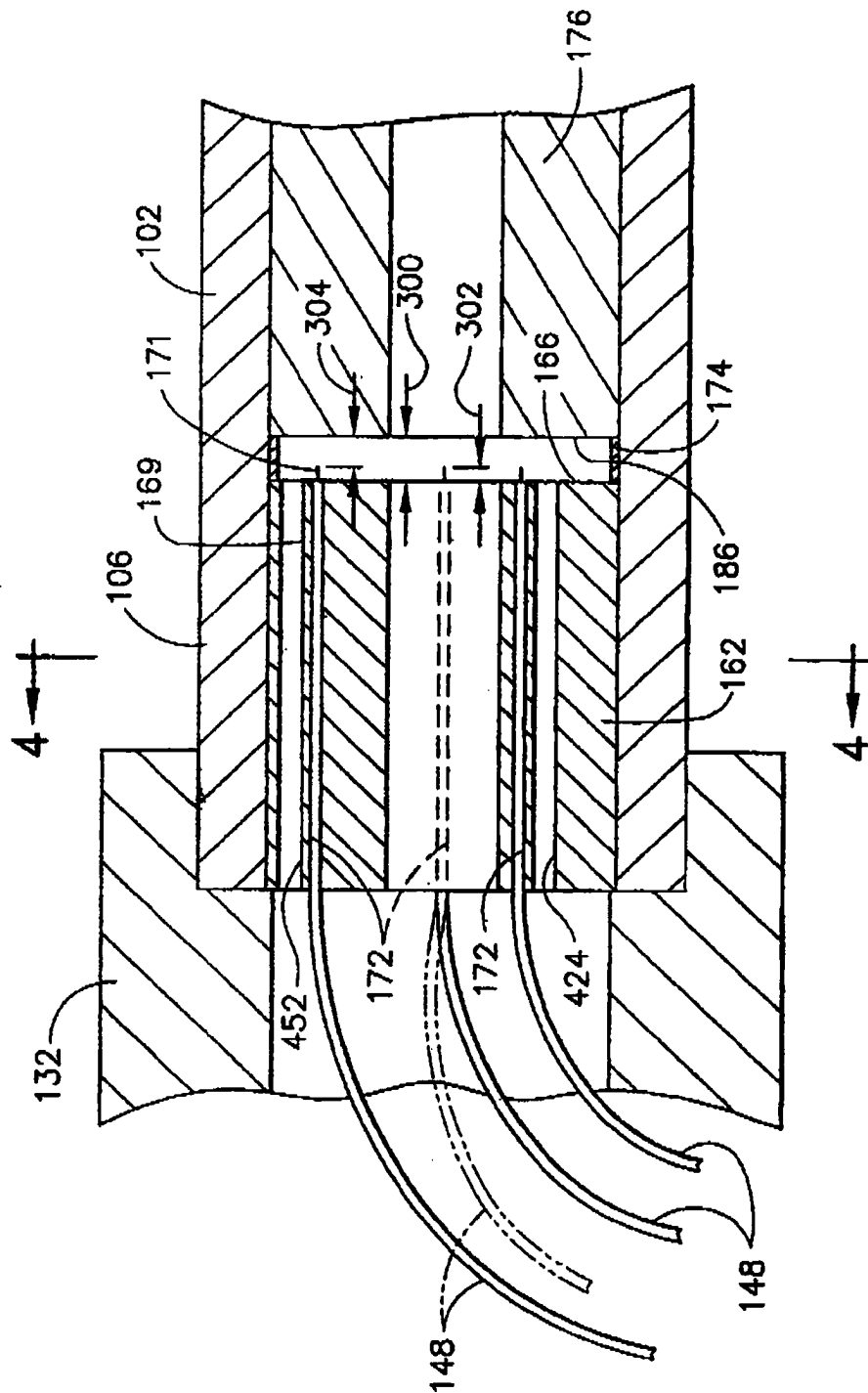


FIG. 3

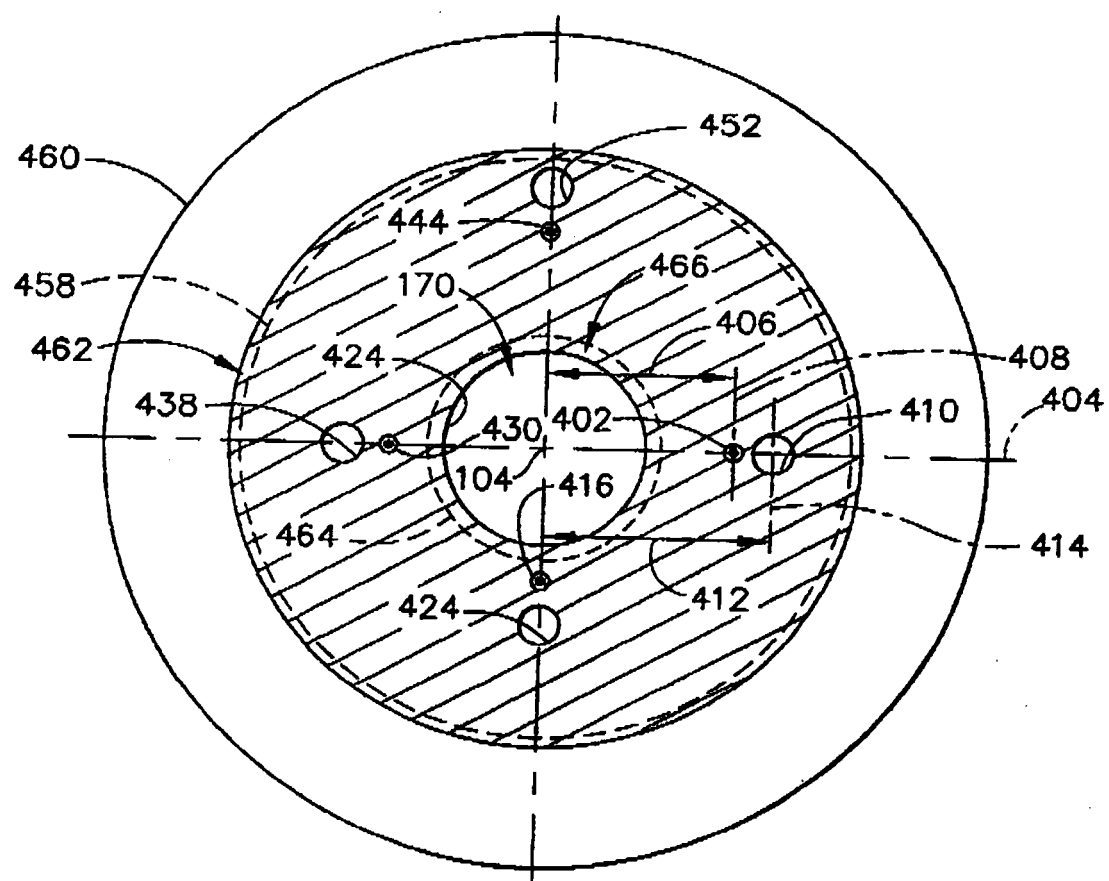


FIG. 4