

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf Stopfbuchspackungen, insbesondere auf solche, die Fluorharz enthalten.

STAND DER TECHNIK

[0002] Mit „Stopfbuchspackung“ sind kollektiv Packungen, d.h. flexible Elemente in Form eines Streifens oder Rings gemeint, die in eine Stopfbuchse packbar sind, um einen Zwischenraum zwischen einem Öffnungsabschnitt des Gehäuses einer Fluidvorrichtung und einer beweglichen Welle der Fluidvorrichtung abzudichten, d.h. um das Austreten von Fluid aus dem Zwischenraum oder das Eindringen von Fremdstoffen in den Zwischenraum zu verhindern. Die „Stopfbuchse“ ist ein röhrenförmiges Element, das in den Öffnungsabschnitt des Gehäuses eingebaut ist und die bewegliche Welle umgibt, so dass zwischen einem Innenumfang der Stopfbuchse und einem Außenumfang der beweglichen Welle ein Packungsraum, d.h. ein ringförmiger Raum, definiert ist. Streifenförmige Packungen, die um die bewegliche Welle gewickelt sind, oder ringförmige Packungen, durch die die bewegliche Welle hindurchgeht, sind innerhalb des Packungsraums entlang der beweglichen Welle nebeneinander angeordnet, so dass sie eine einzige röhrenförmige Struktur bilden. Wenn die röhrenförmige Struktur von einem ringförmigen Element, das als „Stopfbuchsbrille“ bezeichnet wird, axial zusammengedrückt wird, dehnt sie sich radial aus und steht eng sowohl mit dem Innenumfang der Stopfbuchse als auch mit dem Außenumfang der beweglichen Welle in Kontakt, so dass sie den Packungsraum ausfüllt. Auf diese Weise ist der Zwischenraum zwischen dem Öffnungsabschnitt des Gehäuses und der beweglichen Welle abgedichtet. Mit „Stopfbuchspackung“ kann entweder jede der Packungen, die die röhrenförmige Struktur bilden, oder die Gesamtheit der röhrenförmigen Struktur gemeint sein. Im Folgenden wird „Stopfbuchspackung“ als Ausdruck für die Gesamtheit der röhrenförmigen Struktur verwendet. Des Weiteren werden als „Ring“ eine streifenförmige Packung, die als ein einziger Ring gewickelt ist, oder ringförmige Packungen bezeichnet, von denen mehrere die röhrenförmige Struktur bilden.

[0003] Es gibt zwei Arten von Ringen: geformte Packungen und geflochtene Packungen. Bei der „geformten Packung“ sind die Bestandteile wie folgt als ein einziger Ring integriert: In einer ringförmigen Form werden Materiallagen übereinandergestapelt, spiralförmig Bänder daraus gewickelt oder Körner daraus gepackt und dann die Lagen, Bänder oder Körner gepresst. Siehe z.B. die Patentliteratur 1 und 2. Bei der „geflochtenen Packung“ sind Garnbündel aus faser- oder bandförmigem Material durch ein Verdrillungs- oder Flechtverfahren zu einem einzigen Streifen oder Ring geformt. Siehe z.B. die Patentliteratur 3 und 4.

[0004] Eine einzelne Stopfbuchspackung kann zwei oder mehr Arten von Ringen aufweisen, die sich in Struktur oder Material unterscheiden. Siehe z.B. **Fig. 9** der Patentliteratur 2 und **Fig. 7** der Patentliteratur 5. Eine solche Stopfbuchspackung wird als „Kombinationspackungssatz“ bezeichnet. Ringtypen, die zu einem Kombinationspackungssatz gehören können, umfassen beispielsweise Dichtungspackungen und Adapterpackungen. „Dichtungspackungen“ sind Ringe, mit denen hauptsächlich die erforderliche Dichtungsleistung eine Stopfbuchspackung beibehalten werden soll, und die üblicherweise in der axialen Mitte der Stopfbuchspackung platziert sind. „Adapterpackungen“ sind Ringe mit höherer mechanischer Festigkeit als Dichtungspackungen und sind in der Regel an beiden axialen Enden der Stopfbuchspackung platziert, um ein Herausdrücken der Dichtungspackungen zu verhindern, d.h. das Eindringen einer gepressten und übermäßig verformten Packung in Zwischenräume zwischen einer Stopfbuchse und den sie umgebenden Elementen wie etwa einer Stopfbuchsbrille. Mehrere Ringe, die eine einzige Stopfbuchspackung bilden, können einzeln in die Stopfbuchse gepackt werden oder gemeinsam in die Stopfbuchse gepackt werden, nachdem sie zu einer einzigen röhrenförmigen Struktur integriert wurden. Siehe z.B. die Patentliteratur 5.

[0005] Optional kann in eine Stopfbuchspackung ein Abstandsring, Sicherungsring, Laternenring oder ein anderer zusätzlicher Ring mit hoher mechanischer Festigkeit eingebaut sein. Der Abstandsring ist zwischen den Ringen der Stopfbuchspackung platziert, um den Druck zwischen den Ringen zu vereinheitlichen, ihre Verformung zu verhindern oder Wärme aus ihnen abzuleiten. Der Sicherungsring ist an einem oder beiden axialen Enden einer Stopfbuchspackung platziert, um deren Herausdrücken zu verhindern. Der Laternenring ist ein Ring, dessen Querschnitt in einer Ebene, die die Mittelachse des Rings enthält, H-förmig ist, d.h. der Ring weist an seinem Außen- und Innenumfang jeweils eine Umfangsnut auf. In der Regel steht die Nut am Außenumfang über ein radiales Loch mit derjenigen am Innenumfang in Verbindung. Der Laternenring ist zwischen den Ringen, die eine Stopfbuchspackung bilden, oder auf einer axialen Seite einer Stopfbuchspackung platziert; der Laternenring liegt angrenzend an einen Fluideinlass der Stopfbuchse, damit Schmiermittel oder Kühlfluid, das vom Fluideinlass zugeführt wird, in die Nuten und über den gesamten Umfang der

Stopfbuchspackung fließen kann. Eine röhrenförmige Struktur, die aus der Stopfbuchspackung und einem dieser zusätzlichen Ringe besteht, wird im Folgenden ebenfalls als „Stopfbuchspackung“ bezeichnet.

[Liste zitierter Druckschriften]

Patentliteratur 1: JP 3862853 B

Patentliteratur 2: JP 2020-084993 A

Patentliteratur 3: JP 4340647 B

Patentliteratur 4: JP 6182461 B

Patentliteratur 5: JP 5972208 B

Patentliteratur 6: JP 6603589 B

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0006] Ein Material für Stopfbuchspackungen muss vor allem folgende Eigenschaften aufweisen. (1) Hohe Wärmebeständigkeit. Das Material kann Temperanstiegen standhalten, die durch Reibung an der beweglichen Welle, durch die Wärme aus Hochtemperaturfluiden oder durch die Wärme eines Antriebs der Fluidvorrichtung verursacht werden. (2) Hohe chemische Beständigkeit. Das Material ist gegenüber Fluiden chemisch stabil. (3) Kleiner Reibungskoeffizient gegenüber der beweglichen Welle. Eine typische Materialart, die mit Bezug auf diese Eigenschaften überlegen ist, ist Blähgraphit. Darüber hinaus sind anorganische Stoffe wie Glas, Kohlenstoff und Keramik sowie Fluorharz wie etwa Polytetrafluorethylen (PTFE) bekannt. Insbesondere ist Fluorharz mit Bezug auf die Eigenschaft überlegen, die chemische Beständigkeit einer Stopfbuchspackung zu verbessern und ihren Reibungskoeffizienten gegenüber der beweglichen Welle zu verringern, und wird daher nicht nur als Material für Ringe verwendet, sondern auch als Zusatzstoff, der durch Imprägnierung, Auftrag oder dergleichen ins Material eingebracht wird. Siehe z.B. die Patentliteratur 4 und 6.

[0007] Bei Stopfbuchspackungen, die Fluorharz enthalten, besteht jedoch das Problem, dass eine ausreichend hohe Obergrenze der Betriebstemperatur nur schwer einzuhalten ist. Das Problem hat folgende Ursache. Fluorharz wird oxidativ zersetzt, wenn seine Temperatur an der Luft ein Niveau überschreitet, das im Folgenden als „Zersetzungstemperatur“ bezeichnet wird. Die Zersetzungstemperatur von PTFE beträgt zum Beispiel 350 Grad Celsius. Außerdem reagiert eines der Produkte der oxidativen Zersetzung, Carbonylfluorid (COF_2), mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, wodurch Fluorwasserstoff (HF) entsteht. Da HF Eigenschaften hat, durch die die bewegliche Welle korrodiert, kann in einer Oberflächenregion der beweglichen Welle in Kontakt mit einer Stopfbuchspackung und ihrer Umgebung Korrosion durch HF auftreten, sobald die Betriebstemperatur der Stopfbuchspackung die Zersetzungstemperatur des Fluorharzes übersteigt. Bei übermäßiger Korrosion besteht die Gefahr, dass die Dichtungsleistung der Stopfbuchspackung reduziert wird und die Haltbarkeit der beweglichen Welle abnimmt. Zur Vermeidung dieser Gefahr gibt es keine andere Möglichkeit, als die Betriebstemperatur einer fluorharzhaltigen Stopfbuchspackung auf die Zersetzungstemperatur des Fluorharzes oder weniger zu begrenzen.

[0008] Eine Aufgabe der Erfindung ist die Lösung der oben genannten Probleme, insbesondere die Schaffung einer Stopfbuchspackung, die bei einer Temperatur oberhalb der Zersetzungstemperatur des in der Stopfbuchspackung enthaltenen Fluorharzes verwendbar ist.

MITTEL ZUR LÖSUNG DER PROBLEME

[0009] Gemäß einem Aspekt der Erfindung weist eine Stopfbuchspackung eine Dichtungsschicht und eine oder mehrere Schutzschichten auf. Die Dichtungsschicht ist ein röhrenförmiger Abschnitt, der Fluorharz enthält, dessen Außenumfang eng in Kontakt mit einem Innenumfang einer Stopfbuchse steht und dessen Innenumfang eng in Kontakt mit einem Außenumfang einer beweglichen Welle einer Fluidvorrichtung steht. Die Schutzschichten sind jeweils ein ringförmiger Abschnitt, der kein Fluorharz enthält. Die Schutzschichten bedecken mindestens eine atmosphärenseitige axiale Endfläche der Dichtungsschicht, um ein Eindringen von Sauerstoff und Feuchtigkeit in die Dichtungsschicht zu verhindern. Vorzugsweise beträgt eine axiale Dicke jeder der Schutzschichten unabhängig von einem Durchmesser der beweglichen Welle 5 mm oder mehr.

VORTEILHAFTE WIRKUNGEN DER ERFINDUNG

[0010] Bei der oben genannten erfindungsgemäßen Stopfbuchspackung verhindern die Schutzschichten das Eindringen von Sauerstoff und Feuchtigkeit in die Dichtungsschicht. Auch wenn die Temperatur der Stopfbuchspackung die Zersetzungstemperatur des Fluorharzes in der Dichtungsschicht erreicht, wird dementsprechend die Bildung von HF aus der Dichtungsschicht unterbunden, da der Dichtungsschicht sowohl der Sauerstoff, der für die oxidative Zersetzung erforderlich ist, als auch die Feuchtigkeit fehlen, die für die Bildung von HF erforderlich ist. Selbst wenn die Temperatur der Stopfbuchspackung über der Zersetzungstemperatur gehalten wird, erfolgt daher nur schwer eine Korrosion der beweglichen Welle durch HF, so dass die Stopfbuchspackung ihre hohe Dichtungsleistung beibehält und die bewegliche Welle nur schwer an Haltbarkeit verliert. Hierdurch wird die Stopfbuchspackung bei Temperaturen verwendbar, die über der Zersetzungstemperatur liegen.

[0011] Die oben genannte erfindungsgemäße Stopfbuchspackung kann ein Kombinationspackungssatz mit einer Dichtungspackung und einer oder mehreren Adapterpackungen sein. In diesem Fall kann die Dichtungsschicht die Gesamtheit der Dichtungspackung aufweisen, und die Schutzschichten können mindestens eine der Adapterpackungen aufweisen, die an einer Atmosphärenseite der Dichtungspackung anliegt. Dies kann das Zusammensetzen der Stopfbuchspackung aus vorhandenen Elementen erleichtern.

[0012] Die Dichtungsschicht und die Schutzschichten können durch Formpressen als ein einziges Stück integriert sein. Dies kann die Handhabung der oben genannten erfindungsgemäßen Stopfbuchspackung erleichtern, z.B. beim Packen in eine Stopfbuchse.

[0013] Atmosphärenseitige Enden der Schutzschichten können mit Metallplatten bedeckt sein. Dies kann die Funktion der Schutzschichten, Sauerstoff und Feuchtigkeit abzuhalten, verbessern und darüber hinaus den Schutzschichten die Funktion verleihen, die mechanische Festigkeit der Dichtungsschicht zu erhöhen.

[0014] Die oben genannte erfindungsgemäße Stopfbuchspackung kann ferner ein Opferelement aufweisen, das ein ringförmiges Element ist, welches an einer Atmosphärenseite einer der Schutzschichten anliegt, die sich jeweils auf einer Atmosphärenseite der Stopfbuchspackung befindet. Das Opferelement weist Opfermetall auf, dessen Korrosionsbeständigkeit gegenüber HF geringer ist als die des Materials der beweglichen Welle. Wenn das Material der beweglichen Welle beispielsweise Gusseisen, Gussstahl oder Edelstahl ist, besteht das Opfermetall vorzugsweise aus Aluminium oder Nickel. Vorzugsweise weist das Opferelement ein Loch, eine Vertiefung oder eine Nut auf einer Oberfläche desselben oder einen Hohlraum im Inneren auf, und das Opfermetall ist in dem Loch, der Vertiefung, der Nut oder dem Hohlraum platziert. Zum Beispiel kann ein Laternenring als Opferelement verwendet werden.

[0015] Wenn die oben genannte erfindungsgemäße Stopfbuchspackung das Opferelement aufweist, wird auch bei einem Hindurchdringen von Sauerstoff und Feuchtigkeit durch die Schutzschichten mit anschließender Bildung von HF das Opfermetall durch das HF vor der beweglichen Welle korrodiert. Hierdurch reduziert sich die Menge an HF, die die bewegliche Welle korrodiert, so dass die Stopfbuchspackung die Korrosion der beweglichen Welle erheblicher über einen längeren Zeitraum verzögern kann.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1A ist eine perspektivische Ansicht, die schematisch das Aussehen einer geflochtenen Packung zeigt, die eine Stopfbuchspackung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung bildet;

Fig. 1B ist eine perspektivische Ansicht, die schematisch das Aussehen eines Querschnitts der geflochtenen Packung aus **Fig. 1A** und ihrer Umgebung zeigt;

Fig. 1C ist eine perspektivische Ansicht, die schematisch die Struktur eines Garns zeigt, aus dem die geflochtene Packung aus **Fig. 1A** gebildet ist;

Fig. 2 ist eine Querschnittsansicht der Stopfbuchspackung gemäß der Ausführungsform der Erfindung und einer Wellendichtungsanordnung;

Fig. 3A ist eine Querschnittsansicht einer Anordnung, die bei einer Korrosionsprüfung an einem Schaft durch die Stopfbuchspackung verwendet wird;

Fig. 3B ist eine schematische Querschnittsansicht eines ersten Prüfkörpers;

Fig. 3C ist eine schematische Querschnittsansicht eines zweiten Prüfkörpers;

Fig. 3D ist eine vergrößerte Ansicht einer Oberfläche eines simulierten Schaftes, der mit dem ersten Prüfkörper in Kontakt gestanden hat;

Fig. 3E ist eine vergrößerte Ansicht einer Oberfläche eines simulierten Schaftes, der mit dem zweiten Prüfkörper in Kontakt gestanden hat;

Fig. 4A ist eine perspektivische Ansicht, die schematisch das Aussehen einer geformten Packung zeigt, welche eine erste Abwandlung der Stopfbuchspackung gemäß der Ausführungsform der Erfindung bildet;

Fig. 4B ist eine schematische Querschnittsansicht der geformten Packung aus **Fig. 4A**;

Fig. 4C ist eine schematische Querschnittsansicht einer geflochtenen Packung, die eine zweite Abwandlung der Stopfbuchspackung gemäß der Ausführungsform der Erfindung darstellt;

Fig. 4D ist eine schematische Querschnittsansicht einer Schutzschicht einer dritten Abwandlung der Stopfbuchspackung gemäß der Ausführungsform der Erfindung; und

Fig. 5 ist eine Querschnittsansicht einer vierten Abwandlung der erfindungsgemäßen Stopfbuchspackung und einer Wellendichtungsanordnung.

BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0016] Eine Stopfbuchspackung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist beispielsweise in ein Ventil eingebaut, um einen Zwischenraum zwischen einem Öffnungsabschnitt des Gehäuses des Ventils und einem Schaft des Ventils abzudichten. Das „Gehäuse“, auch als „Ventilkörper“ bezeichnet, ist ein Behälter, der im Inneren einen Strömungskanal bildet. Der „Schaft“, auch als „Spindel“ bezeichnet, ist ein stabförmiges Element, das einen Antrieb durch Drehung um die Mittelachse oder Hin-und-Her-Bewegung entlang der Mittelachse des Elements auf den Ventilteller, den Konus oder dergleichen überträgt. Da sich das Ziel des Antriebs im Strömungskanal innerhalb des Gehäuses befindet, ist der Öffnungsabschnitt notwendig, damit der Schaft durch das Gehäuse verlaufen kann. Die Stopfbuchspackung verhindert ein Austreten von Fluid aus dem Öffnungsabschnitt.

[Struktur des Rings]

[0017] Die Ringe der Stopfbuchspackung bestehen z.B. jeweils aus einer geflochtenen Packung 100, die unten beschrieben wird. **Fig. 1A** ist eine perspektivische Ansicht, die schematisch das Aussehen der geflochtenen Packung 100 zeigt, und **Fig. 1B** ist eine perspektivische Ansicht, die schematisch das Aussehen eines Querschnitts der geflochtenen Packung 100 zeigt, d.h. eines Querschnitts derselben senkrecht zu ihrer Längsrichtung und ihrer Umgebung. Die geflochtene Packung 100 ist ein Streifenelement, dessen Querschnitte quadratische Form haben und dessen Breite und Dicke in einem Bereich von beispielsweise einigen Millimetern bis zu einigen zehn Millimetern liegen. Die geflochtene Packung 100 weist einen einzigen Mittelkern 110 und acht Garne 120 auf. Der zentrale Kern 110 ist ein Streifen aus Blähgraphit, und die Garne 120 sind lineare Elemente aus Blähgraphitelementen 122, die in ein röhrenförmiges Element 121 gepackt sind. Obwohl in den Figuren nicht dargestellt, haben sowohl der zentrale Kern 110 als auch die Garne 120 ursprünglich einen Querschnitt in der Form einer kreisförmigen Scheibe mit einem Durchmesser von mehreren Millimetern. Bei Herstellungsverfahren für die geflochtene Packung 100 werden die acht Garne 120 beispielsweise als Acht-Träger-Geflecht um den Mittelkern 110 herum zu einem einzigen Streifen verflochten und anschließend die Querschnitte des gesamten Streifens durch Formpressen zu einem Quadrat geformt. Als Ergebnis sind alle Querschnitte des zentralen Kerns 110 und der Garne 120 gegenüber der kreisförmigen Scheibe innerhalb der geflochtenen Packung 100 erheblich verformt, wie in **Fig. 1B** dargestellt.

[0018] **Fig. 1C** ist eine perspektivische Ansicht, die schematisch die Struktur des Garns 120 zeigt. Das röhrenförmige Element 121 weist zu einer Röhre geflochtene Faserelemente 123 auf, die aus Metall wie z.B. einer Inconel-Legierung (eingetragener Handelsname) oder rostfreiem Stahl hergestellt sind und deren Dicke beispielsweise einige Zehntelmmillimeter beträgt. Jedes der Blähgraphitelemente 122 ist z.B. faserig, seine Breite und Dicke liegen jeweils in einem Bereich von einigen Zehntelmmillimetern bis zu einigen Millimetern, und seine Länge beträgt einige hundert Millimeter. Wie in **Fig. 1C** gezeigt, sind mehrere Blähgraphitelemente 122 innerhalb des röhrenförmigen Elements 121 gepackt und dicht parallel zur axialen Richtung des röhrenförmigen Elements 121 angeordnet. Das Vorhandensein des röhrenförmigen Elements 121 bewirkt nicht nur, dass das Garn 120 beim Flechten zu der geflochtenen Packung 100 nur schwer seine Form verliert, sondern erhöht auch die mechanische Festigkeit der geflochtenen Packung 100.

[0019] Des Weiteren werden zwei Arten von geflochtenen Packungen 100 hergestellt; die eine enthält PTFE als Fluorharz und die andere kein Fluorharz. PTFE wird beispielsweise durch Imprägnierung in die geflochtene Packung 100 eingebracht. Genauer gesagt, wird beispielsweise die geflochtene Packung 100 in Form eines Streifens, wie in **Fig. 1A** gezeigt, für eine bestimmte Zeit in eine PTFE-Dispersion getaucht und dann getrocknet, bis alle absorbierten Dispersionsmedien, üblicherweise Wasser, verdampft sind. Auf diese Weise bleiben PTFE-Teilchen in der geflochtenen Packung 100 zurück.

[Aufbau der Wellendichtungsanordnung]

[0020] **Fig. 2** ist eine Querschnittsansicht der Stopfbuchspackung 200 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung und einer Wellendichtungsanordnung 500, d.h. einer Anordnung zur Verwendung der Stopfbuchspackung 200 zum Verschließen eines Zwischenraums zwischen dem Schaft 510 eines Ventils und einem Öffnungsabschnitt 551 des Gehäuses 550 des Ventils. Der in **Fig. 2** dargestellte Querschnitt enthält die Mittelachse des Schaftes 510. In **Fig. 2** verläuft die Mittelachse des Schafts 510 parallel zur Links-Rechts-Richtung, links befindet sich ein Strömungskanal 540 innerhalb des Gehäuses 550 und rechts ein Außenraum 560 des Gehäuses 550, in den und aus dem üblicherweise Außenluft strömt. Mit Bezug auf in **Fig. 2** dargestellte Positionen wird im Folgenden die linke Seite, d.h. die Seite nahe dem Strömungskanal 540, als „Fluidseite“ und die rechte Seite der Position, d.h. die vom Strömungskanal 540 entfernt gelegene Seite, als „Atmosphärenseite“ bezeichnet.

[0021] Die Wellendichtungsanordnung 500 weist eine Stopfbuchse 520 und eine Stopfbuchsbrille 530 auf. Die Stopfbuchse 520 ist ein kreiszylindrisches Element, das in den Öffnungsabschnitt 551 des Gehäuses 550 passt und den Schaft 510 koaxial umgibt. Das fluidseitige Ende 521 der Stopfbuchse 520 (das linke Ende in **Fig. 2**) ist dem Strömungskanal 540 im Gehäuse 550 zugewandt, und ihr atmosphärenseitiges Ende 522 (das rechte Ende in **Fig. 2**) steht aus dem Gehäuse 550 hervor. Ein Innenumfang 523 der Stopfbuchse 520 bildet einen kreisringförmigen Packungsraum zwischen dem Innenumfang 523 und einem Außenumfang 511 des Schafts 510. Der Packungsraum ist mit der Stopfbuchspackung 200 gefüllt. Eine kreisringförmige Rippe 524 steht vom fluidseitigen Ende 521 der Stopfbuchse 520 in Richtung des Außenumfangs 511 des Schaftes 510 ab und trennt den Strömungskanal 540 und den Packungsraum. Die Stopfbuchsbrille 530 ist ein kreisringförmiges Element, das den Schaft 510 im Inneren des atmosphärenseitigen Endes 522 der Stopfbuchse 520 koaxial umgibt. Das fluidseitige Ende 531 der Stopfbuchsbrille 530 (das linke Ende in **Fig. 2**) verschließt die atmosphärenseitige Öffnung des Packungsraums (die rechte Öffnung in **Fig. 2**). Vom atmosphärenseitigen Ende 532 der Stopfbuchsbrille 530 (dem rechten Ende in **Fig. 2**) erstreckt sich ein kreisringförmiger Flansch 533 radial nach außen und ist am atmosphärenseitigen Ende 522 der Stopfbuchse 520 mit mehreren Schrauben 534 befestigt.

[Konfiguration der Stopfbuchspackung]

[0022] Die Stopfbuchspackung 200 besteht z.B. aus fünf Ringen 210, 221 und 222. Die Ringe 210, 221 und 222 bestehen jeweils aus der geflochtenen Packung 100, die durch Formpressen in eine Kreisringform gebracht wurde, so dass sie den gleichen Innendurchmesser haben, der gleich oder kleiner als der Durchmesser DS des Schaftes 510 ist, und die gleiche radiale Breite haben, die gleich oder größer als die radiale Spannweite WP des Packungsraums ist. Die Ringe 210, 221 und 222 sind in den Packungsraum gepackt und nebeneinander entlang des Schaftes 510 ausgerichtet, so dass die Stopfbuchspackung 200 eine röhrenförmige Struktur bildet. Der Außenumfang der Stopfbuchspackung 200 steht eng mit dem Innenumfang 523 der Stopfbuchse 520 in Kontakt, und ihr Innenumfang steht eng mit dem Außenumfang 511 des Schafts 510 in Kontakt. Das fluidseitige Ende 531 der Stopfbuchsbrille 530 (das linke Ende in **Fig. 2**) drückt den Ring 221 am atmosphärenseitigen Ende der Stopfbuchspackung 200 (den Ring am rechten Ende in **Fig. 2**) in Richtung der Fluidseite (in **Fig. 2** nach links), und der Ring 222 am fluidseitigen Ende der Stopfbuchspackung 200 (der Ring am linken Ende in **Fig. 2**) wird dann gegen die Rippe 524 gedrückt. Hierdurch wird die Stopfbuchspackung 200 axial zusammengedrückt (horizontal in **Fig. 2**), und somit dehnt sich die Stopfbuchspackung radial aus (vertikal in **Fig. 2**). Infolgedessen steht die Stopfbuchspackung 200 enger mit dem Innenumfang 523 der Stopfbuchse 520 und dem Außenumfang 511 des Schafts 510 in Kontakt, so dass kein Fluid in Zwischenräume zwischen der Stopfbuchspackung 200 und den beiden Umfängen 523 und 511 gelangen kann. Ein Zwischenraum zwischen dem Schaft 510 und der Rippe 524 wird daher abgedichtet.

[0023] Drei Ringe 210, die im axial mittleren Abschnitt der Stopfbuchspackung 200 angeordnet sind, bestehen aus der geflochtenen Packung 100, die PTFE enthält, und zwei Ringe 221 und 222, die an den beiden axialen Enden der Stopfbuchspackung 200 angeordnet sind, bestehen aus der geflochtenen Packung 100, die kein PTFE enthält. Im Folgenden wird ein röhrenförmiger Abschnitt, der aus den mittleren Ringen 210

besteht, als „Dichtungsschicht“ bezeichnet, und der ringförmige Abschnitt, den der am Ende liegende Ring 221 oder 222 bildet, wird jeweils als „Schutzschicht“ bezeichnet.

[0024] Die Dichtungsschicht 210 allein kann die für die Stopfbuchspackung 200 erforderliche Dichtungsleistung erbringen. Dies hat den Grund, dass die Dichtungsschicht 210 mit ausreichend großer axialer Dicke TS ausgelegt ist. Des Weiteren enthält die Dichtungsschicht 210 PTFE, so dass ihre chemische Beständigkeit ausreichend hoch und ihr Reibungskoeffizient gegenüber dem Schaft 510 ausreichend niedrig ist. Infolgedessen ist die Dichtungsschicht 210 gegenüber jeder Art von Fluid, mit dem der Strömungskanal 540 voraussichtlich gefüllt wird, chemisch stabil, so dass die Dichtungsschicht 210 die hohe Dichtungsleistung der Stopfbuchspackung 200 beibehält und außerdem den Widerstand der Stopfbuchspackung 200 gegen das Gleiten auf dem Schaft 510 verringert.

[0025] Die Schutzschichten 221 und 222 bedecken die beiden axialen Endflächen der Dichtungsschicht 210. Da die Fasern der Blähgraphitelemente in der geflochtenen Packung 100 komplex miteinander verflochten sind, können Sauerstoff- und Wassermoleküle nicht leicht zwischen den Blähgraphitelementen hindurchdringen. Die Schutzschichten 221 und 222 verhindern also das Eindringen von Sauerstoff und Feuchtigkeit in die Dichtungsschicht 210 sowohl aus dem Fluid im Strömungskanal 540 als auch aus der Atmosphäre außerhalb der Stopfbuchse 520. Besonders weil die axialen Dicken TP der Schutzschichten 221 und 222 hinreichend groß ausgelegt sind, erlaubt die Dichtungsschicht 210 nur schwer das Eindringen einer Sauerstoffmenge, die für eine oxidative Zersetzung von PTFE erforderlich ist, oder einer Feuchtigkeitsmenge, die für die Erzeugung von HF erforderlich ist. Zudem enthalten die Schutzschichten 221 und 222 keinerlei Fluorharz. Die Bildung von HF aus der Stopfbuchspackung 200 wird also auch dann unterbunden, wenn die Temperatur der Stopfbuchspackung 200 die Zersetzungstemperatur von PTFE, 350 Grad Celsius, erreicht. Selbst wenn die Temperatur der Stopfbuchspackung 200 auf einem Niveau über der Zersetzungstemperatur von PTFE, 350 Grad Celsius, gehalten wird, erfolgt daher nur schwer eine Korrosion des Schaftes 510 durch HF, und somit behält die Stopfbuchspackung 200 ihre hohe Dichtungsleistung, und der Schaft 510 verliert nur schwer an Haltbarkeit. Dadurch kann die Stopfbuchspackung 200 bei Temperaturen oberhalb der Zersetzungstemperatur von PTFE, 350 Grad Celsius, verwendet werden.

[Korrosionsprüfung]

[0026] Die korrosionsverhindernde Wirkung der Schutzschichten 221 und 222 auf den Schaft 510 wurde mit den nachfolgend beschriebenen Korrosionsprüfungen bestätigt. **Fig. 3A** ist eine Querschnittsansicht einer Anordnung 600, die bei den Korrosionsprüfungen verwendet wurde. Die Anordnung 600 ist ein Modell der Wellendichtungsanordnung 500, die einen simulierten Schaft 610 umgibt, d.h. ein Modell des Schafts 510, z.B. einen Rundstab aus SUS 403 mit einem Durchmesser DS von 32 mm. Der Querschnitt in **Fig. 3A** enthält die Mittelachse des simulierten Schafts 610. In **Fig. 3A** verläuft die Mittelachse parallel zur vertikalen Richtung, und als Atmosphären- und Fluidseite werden die Ober- bzw. Unterseite angenommen.

[0027] Die Anordnung 600 weist eine Stopfbuchse 620 und eine Stopfbuchsbrille 630 auf. Die Stopfbuchse 620 ist ein kreiszylindrisches Element, das den simulierten Schaft 610 koaxial umgibt und dessen Innenumfang 623 einen kreisringförmigen Packungsraum zwischen dem Innenumfang 623 und einem Außenumfang 611 des simulierten Schafts 610 bildet (z.B. mit einem Innendurchmesser DS von 32 mm und einem Außendurchmesser DB von 48 mm). Der Packungsraum ist mit einer zu prüfenden Stopfbuchspackung 310 gefüllt. Eine kreisringförmige Rippe 624 erstreckt sich vom fluidseitigen Ende 621 der Stopfbuchse 620 (dem unteren Ende in **Fig. 3A**) in Richtung des Außenumfangs 611 des simulierten Schafts 610 und bildet so einen Boden des Packungsraums. Die Stopfbuchsbrille 630 ist ein kreisringförmiges Element, das den simulierten Schaft 610 auf der Atmosphärenseite der Stopfbuchse 620 (auf der oberen Seite in **Fig. 3A**) koaxial umgibt und dessen fluidseitiges Ende 631 (das untere Ende in **Fig. 3A**) eine atmosphärenseitige Öffnung des Packungsraums verschließt (die oberseitige Öffnung in **Fig. 3A**). Vom atmosphärenseitigen Ende 632 der Stopfbuchsbrille 630 (dem oberen Ende in **Fig. 3A**) erstreckt sich ein kreisringförmiger Flansch 633 radial nach außen und ist an einem atmosphärenseitigen Ende 622 der Stopfbuchse 620 mit mehreren Schrauben 634 befestigt.

[0028] Als zu prüfende Stopfbuchspackungen wurden zwei Arten von Prüfkörpern vorbereitet: ein erster Prüfkörper 310 und ein zweiter Prüfkörper 320. **Fig. 3B** ist eine schematische Querschnittsansicht des ersten Prüfkörpers 310 und **Fig. 3C** eine schematische Querschnittsansicht des zweiten Prüfkörpers 320. Die Prüfkörper 310 und 320 weisen jeweils zwei erste Ringe 311 und zwei zweite Ringe 312 auf. Die Ringe 311 und 312 sind jeweils durch Formpressen in eine Kreisringform gebracht, so dass sie den gleichen Innendurchmesser haben, der gleich oder kleiner als der Durchmesser DS = 32 mm des simulierten Schaftes 610 ist,

und die gleiche radiale Breite haben, die gleich oder größer als die radiale Spannweite $WP = (DB - DS)/2 = 8$ mm des Packungsraums ist. Die ersten Ringe 311 haben die gleiche axiale Dicke, die zweiten Ringe 312 haben die gleiche axiale Dicke, und die Gesamtdicke der vier Ringe 311 und 312 beträgt etwa 20 mm. Die ersten Ringe 311 und die zweiten Ringe 312 unterscheiden sich durch das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Fluorharz. Genauer gesagt, enthalten die ersten Ringe 311 PTFE, während die zweiten Ringe 312 kein Fluorharz enthalten. Die vier Ringe 311 und 312 werden in den Packungsraum gepackt und entlang des simulierten Schafts 610 nebeneinander ausgerichtet, so dass die Prüfkörper 310 und 320 röhrenförmige Strukturen bilden, die sich in der Reihenfolge der vier Ringe 311 und 312 unterscheiden. Wie in **Fig. 3B** dargestellt, besteht der axial mittlere Abschnitt des ersten Prüfkörpers 310 aus den ersten Ringen 311, und seine beiden axialen Enden bestehen aus den zweiten Ringen 312. Wie in **Fig. 3C** dargestellt, besteht die obere Hälfte, d.h. die Atmosphärenseite, des zweiten Prüfkörpers 320 aus den ersten Ringen 311, und die untere Hälfte, d.h. die Fluidseite, aus den zweiten Ringen 312.

[0029] Die Prüfungen wurden wie folgt durchgeführt. Zunächst wird der Prüfkörper 310 oder 320 in den Packungsraum gepackt und die atmosphärenseitige Öffnung des Packungsraums mit der Stopfbuchsbrille 630 verschlossen. Anschließend werden die Anzugsdrehmomente der Schrauben 634 so eingestellt, dass das fluidseitige Ende 631 der Stopfbuchsbrille 630 (das untere Ende in **Fig. 3A**) den Prüfkörper 310 bzw. 320 gegen die Rippe 624 drückt, z.B. mit einem Druck von 30 N/mm². Hierdurch wird der Prüfkörper 310 oder 320 axial zusammengedrückt (vertikal in **Fig. 3A**), und anschließend dehnt sich der Prüfkörper 310 oder 320 radial aus (horizontal in **Fig. 3A**), so dass er enger mit dem Innenumfang 623 der Stopfbuchse 620 und dem Außenumfang 611 des simulierten Schafts 610 in Kontakt steht. Danach wird die Anordnung 600 in dieser Konfiguration in einem Elektroofen erhitzt, und ihre Temperatur wird 24 Stunden lang auf einem Niveau gehalten, das über der Zersetzungstemperatur von PTFE, 350 Grad Celsius, liegt; z.B. bei 400 Grad Celsius. Nachdem die Anordnung 600 auf Raumtemperatur abgekühlt wurde, wird der simulierte Schaft 610 aus der Anordnung 600 entnommen, um visuell auf Korrosion an seinen Oberflächen geprüft zu werden.

[0030] Die Ergebnisse der visuellen Prüfung waren folgende. **Fig. 3D** ist eine vergrößerte Ansicht einer Oberfläche des simulierten Schafts 610, die mit dem ersten Prüfkörper 310 in Kontakt stand, und **Fig. 3E** ist eine vergrößerte Ansicht einer Oberfläche des simulierten Schafts 610, die mit dem zweiten Prüfkörper 320 in Kontakt stand. Diese vergrößerten Ansichten zeigen jeweils einen Oberflächenabschnitt des simulierten Schafts 610, der mit dem atmosphärenseitigen Ende des Prüfkörpers 310 bzw. 320 in Kontakt stand, genauer gesagt, einen Abschnitt STR, der in **Fig. 3A** mit der gestrichelten Linie umgeben ist. **Fig. 3D** zeigt, dass in dem Oberflächenabschnitt des simulierten Schafts 610 keine Korrosion festgestellt wurde, während **Fig. 3E** zeigt, dass in dem Oberflächenabschnitt des simulierten Schafts 610 Korrosion CRD festgestellt wurde (vgl. den in **Fig. 3E** von der gestrichelten Linie umgebenen Abschnitt).

[0031] Die im Oberflächenabschnitt des zweiten Prüfkörpers 320 auftretende Korrosion CRD wurde durch HF verursacht, das durch oxidative Zersetzung des in den ersten Ringen 311 enthaltenen PTFE erzeugt wurde. Mit Ausnahme der Anordnung der Ringe 311 und 312 wurden zwischen den Prüfkörpern 310 und 320 keine Unterschiede in den Bedingungen gefunden, die eine erzeugte HF-Menge, etwa eine enthaltene PTFE-Menge, beeinflussen können. Dementsprechend wurde anhand des Vorhandenseins bzw. Nichtvorhandenseins der Korrosion CRD Folgendes festgestellt. Im Gegensatz zum zweiten Prüfkörper 320 isolieren beim ersten Prüfkörper 310 die zweiten Ringe 312 die ersten Ringe 311 gegen die Außenluft, so dass Sauerstoff und Feuchtigkeit nur schwer in die ersten Ringe 311 eindringen können. Selbst bei einer hohen Temperatur von 400 Grad Celsius wird infolgedessen eine aus PTFE in den ersten Ringen 311 gebildete Menge an HF auf ein solches Niveau reduziert, dass HF die Oberflächen des simulierten Schafts 610 nicht wesentlich korrodiert.

[0032] Aus den oben beschriebenen Prüfungsergebnissen lässt sich Folgendes ableiten. Die ersten Ringe 311 haben die gleiche Struktur wie die Dichtungsschicht 210 der Stopfbuchspackung 200 in **Fig. 2**, und die zweiten Ringe 312 haben die gleiche Struktur wie die Schutzschichten 221 und 222 der Stopfbuchspackung 200. Selbst bei einer hohen Temperatur von 400 Grad Celsius sollte dementsprechend nur die Menge an HF aus PTFE in der Dichtungsschicht 210 gebildet werden, die die Oberflächen des Schafts 510 nicht wesentlich korrodiert, da die Schutzschichten 221 und 222 beide Endflächen der Dichtungsschicht 210 bedecken, um das Eindringen von Sauerstoff und Feuchtigkeit in die Dichtungsschicht 210 zu verhindern.

[0033] Der erste Prüfkörper 310 wurde weiter daraufhin untersucht, wie die axiale Dicke TP des zweiten Rings 312 sich zum Durchmesser DS des simulierten Schafts 610 verhält. Genauer gesagt, wurden die Korrosionsprüfungen für den ersten Prüfkörper 310 entsprechend den oben beschriebenen Schritten durchgeführt, wobei drei Typen des simulierten Schafts 610 mit den Durchmessern DS 19 mm, 24 mm und 32 mm

verwendet wurden. Der simulierte Schaft 610 mit einem Durchmesser DS von 19 mm wird in den Packungsraum mit einem Außendurchmesser DB von 28,6 mm eingebaut, der simulierte Schaft 610 mit einem Durchmesser DS von 24 mm wird in den Packungsraum mit einem Außendurchmesser DB von 37 mm eingebaut, und der simulierte Schaft 610 mit einem Durchmesser DS von 32 mm wird in den Packungsraum mit einem Außendurchmesser DB von 48 mm eingebaut. Die Ringe 311 und 312 haben den gleichen Innendurchmesser, der gleich oder kleiner ist als der Durchmesser DS des simulierten Schafts 610, und die gleiche radiale Breite, die gleich oder größer ist als die radiale Spannweite $WP = (DB - DS)/2$ des Packungsraums. Bei der Prüfung des simulierten Schafts 610 mit dem Durchmesser DS von 19 mm wurden zwei Typen der zweiten Ringe 312 verwendet, die mit axialen Dicken TP von 2 mm und 5 mm ausgelegt waren. Bei der Prüfung des simulierten Schafts 610 mit dem Durchmesser DS von 24 mm wurden zwei Typen der zweiten Ringe 312 verwendet, die mit axialen Dicken TP von 3 mm und 5 mm ausgelegt waren. Bei der Prüfung des simulierten Schafts 610 mit dem Durchmesser DS von 32 mm wurden drei Typen der zweiten Ringe 312 verwendet, die mit axialen Dicken TP von 4 mm, 5 mm und 7 mm ausgelegt waren.

[0034] Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Korrosionsprüfungen, die entsprechend den oben beschriebenen Schritten durchgeführt wurden.

[Tabelle 1]

| | | | | |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|
| DS=19 mm DB = 28.6 mm | TP (mm) | 2 | 5 | |
| | KORROSION | VORHANDEN | NICHT VORHANDEN | |
| DS = 24 mm DB = 37 mm | TP(mm) | 3 | 5 | |
| | KORROSION | VORHANDEN | NICHT VORHANDEN | |
| DS=32 mm DB = 48 mm | TP (mm) | 4 | 5 | 7 |
| | KORROSION | VORHANDEN | NICHT VORHANDEN | NICHT VORHANDEN |

[0035] Wie in Tabelle 1 gezeigt, wurde bei einer axialen Dicke TP des zweiten Rings 312 von 5 mm keine Korrosion an den Oberflächen aller simulierten Schäfte 610 festgestellt, dagegen wurde bei einer axialen Dicke TP von weniger als 5 mm an den Oberflächen aller simulierten Schäfte 610 Korrosion festgestellt. Anhand dieser Ergebnisse wird von Folgendem ausgegangen. Solange die Schutzschichten 221 und 222 der Stopfbuchspackung 200 eine axiale Dicke TP gleich oder größer als 5 mm haben ($TP \geq 5$ mm), können sie das Eindringen von Sauerstoff und Feuchtigkeit in die Dichtungsschicht 210 verhindern, so dass eine Korrosion des Schafts 510 unabhängig vom Durchmesser DS des Schafts 510 ausreichend verhindert wird.

[Abwandlungen]

(1) Die Stopfbuchspackung 200 ist in ein Ventil eingebaut und wird zur Abdichtung des Zwischenraums zwischen dem Öffnungsabschnitt 551 des Gehäuses 550 und dem Schaft 510 verwendet. Die Stopfbuchspackung gemäß der oben beschriebenen Ausführungsform der Erfindung kann jedoch auch in eine Fluidvorrichtung anderer Art eingebaut sein und zur Abdichtung des Zwischenraums zwischen einem Öffnungsabschnitt ihres Gehäuses 550 und ihrer beweglichen Achse verwendet werden. „Fluidvorrichtungen“ umfassen Vorrichtungen, die eine Bewegung nutzen, um den Fluiddruck zu verändern, wie z.B. Pumpen, und Vorrichtungen, die einen Fluiddruck zur Energieerzeugung nutzen, wie z.B. Dynamos, sowie Vorrichtungen, die Strömungen mechanisch steuern, wie z.B. Ventile. „Gehäuse“ bezeichnet einen Behälter oder ein Gehäuse, das einen Strömungskanal definiert, wie z.B. ein Pumpengehäuse. „Bewegliche Achse“ bezeichnet ein stabförmiges Element, das durch Drehung um seine Mittelachse oder durch Hin-und-Her-Bewegung entlang seiner Mittelachse Kraft überträgt, wie z.B. die Antriebsachse einer Pumpe. Wenn Kraft auf ein Element übertragen wird, das sich innerhalb des Strömungskanals im Gehäuse befindet, wie z.B. ein Laufrad oder einen Kolben einer Pumpe, braucht das Gehäuse eine Öffnung, durch die die bewegliche Achse hindurchgehen kann. Zur Verhinderung des Austretens von Fluid aus der Öffnung kann die Stopfbuchspackung gemäß der oben beschriebenen Ausführungsform der Erfindung verwendet werden.

(2) Die Querschnitte der geflochtenen Packung 100 haben quadratische Form, können aber auch rechteckig oder kreisförmig sein. Das Garn 120 ist ein Bündel von Fasern aus Blähgraphitelementen 122, die

in das röhrenförmige Element 121 gepackt sind, es kann aber auch aus gewickelten oder gestapelten Blähgraphitbändern bestehen. Im Verfahren zur Bildung eines Bündels der Garne 120 zu einem einzigen Streifen bei der Herstellung der geflochtenen Packung 100 wird ein Geflecht aus acht Trägern verwendet, es können aber auch andere Geflechte oder Verdrillungen verwendet werden, z.B. ein Geflecht über einem Geflecht oder ein ineinandergreifendes Geflecht. Der zentrale Kern 110, das röhrenförmige Element 121 oder beide können wegfallen, da weder 110 noch 121 für die Erfindung erforderliche Komponenten sind.

(3) Die Ringe 210, 221 und 222, die die Stopfbuchspackung 200 bilden, sind geflochtene Packungen 100, die durch Formpressen in eine Kreisringform gebracht wurden, es können aber auch einer oder mehrere davon Streifen der geflochtenen Packung 100 sein, die koaxial um den Schaft 510 gewickelt sind.

(4) PTFE ist durch Imprägnierung in die geflochtenen Packungen 100 eingebracht, die die Dichtungsschicht 210 der Stopfbuchspackung 200 bilden. Diese Imprägnierung wird an einem Bündel der Garne 120 nach dem Verflechten zu einem einzigen Streifen durchgeführt, kann aber auch an den einzelnen Garnen 120 vor dem Verflechten oder an den einzelnen Blähgraphitelementen 122 vor dem Packen in das röhrenförmige Element 121 durchgeführt werden. Darüber hinaus können die Blähgraphitelemente 122 innerhalb des Garns 120 durch Fluorharzelemente ersetzt werden. Anstelle von PTFE kann als Fluorharz Perfluoralkoxyalkan (PFA), Polyvinylidenfluorid (PVDF) oder dergleichen verwendet werden.

(5) Bei der Stopfbuchspackung 200 sind beide Endflächen der Dichtungsschicht 210 mit den Schutzschichten 221 und 222 bedeckt. Um das Eindringen von Sauerstoff und Feuchtigkeit in die Dichtungsschicht 210 zu verhindern, genügt es jedoch, dass zumindest die atmosphärenseitige Endfläche der Dichtungsschicht 210 mit der Schutzschicht 221 bedeckt ist. Wenn beispielsweise nur eine vernachlässigbare Menge an Sauerstoff und Feuchtigkeit in die Fluidseite der Dichtungsschicht 210 eindringt, da das Fluid im Strömungskanal 540 von einer Art ist, die weder Sauerstoff noch Wasser enthält, wie z.B. bei Öl, kann die Schutzschicht 222, die die fluidseitige Endfläche der Dichtungsschicht 210 bedeckt, entfallen.

(6) Die Dichtungsschicht 210 und die Schutzschichten 221 und 222 der Stopfbuchspackung 200 haben die gleiche Ringstruktur und das gleiche Ringmaterial, mit Ausnahme des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins von PTFE. Die Dichtungsschicht 210 und die Schutzschichten 221 und 222 können sich jedoch in der Ringstruktur oder im Ringmaterial unterscheiden. Insbesondere kann die Stopfbuchspackung ein Kombinationspackungssatz sein, der Dichtungspackungen und Adapterpackungen aufweist. In diesem Fall besteht die Dichtungsschicht aus der Gesamtheit der Dichtungspackungen, und die Schutzschicht weist mindestens eine Adapterpackung auf, die an der Atmosphäreseite der Dichtungspackungen anliegt. Mit anderen Worten, dank einer Adapterpackung ohne Fluorharz, die an der Atmosphäreseite der Dichtungspackungen anliegt, kann die erfindungsgemäße Stopfbuchspackung leicht aus vorhandenen Elementen zusammengesetzt werden.

(7) Die Stopfbuchspackung 200 bildet eine einzige röhrenförmige Struktur, wobei die separaten Ringe 210, 221 und 222, im Packungsraum zusammengesetzt sind. Alternativ können die Ringe 210, 221 und 222 durch Formpressen zu einer einzigen röhrenförmigen Struktur integriert werden, bevor sie in den Packungsraum gepackt werden. In diesem Fall ist die Stopfbuchspackung 200 beim Packen in den Packungsraum und dergleichen leicht zu handhaben.

(8) Bei der Stopfbuchspackung 200 bestehen sowohl die Dichtungsschicht 210 als auch die Schutzschichten 221 und 222 aus den geflochtenen Packungen 100, es können jedoch auch eine oder beide aus geformten Packungen bestehen.

[0036] Fig. 4A ist eine perspektivische Ansicht, die schematisch das Aussehen einer geformten Packung 410 zeigt, die eine erste Abwandlung der Stopfbuchspackung gemäß der Ausführungsform der Erfindung bildet. Fig. 4B ist eine schematische Querschnittsansicht der geformten Packung 410. Die geformte Packung 410 ist ein kreisringförmiges Element, dessen Innendurchmesser gleich oder kleiner als der Durchmesser des Schaft 510 ist und dessen radiale Breite gleich oder größer als die radiale Spannweite des Packungsraums ist. Die geformte Packung 410 weist einen Körper 411, eine ringförmige Lage 412 und ein Netz 413 auf. Der Körper 411 besteht beispielsweise aus kreisringförmigem Blähgraphit, der Blähgraphitbänder aufweist, die spiralförmig gewickelt oder konzentrisch angeordnet und dann gepresst und als ein einziges Stück integriert werden. Durch diese Ausbildung entstehen mehrere Schichten, die in radialer Richtung gestapelt sind (in Links-Rechts-Richtung in Fig. 4B), in einem Querschnitt in einer Ebene, die die Mittelachse des Körpers 411 enthält. Die ringförmige Lage 412 ist eine kreisringförmig gestanzte Blähgraphitlage, die beide axialen Endflächen des Körpers 411 abdeckt (die obere und die untere Fläche in Fig. 4B), um das Eindringen von

Fluid in Zwischenräume zwischen den Schichten des Körpers 411 zu verhindern. Das Netz 413 besteht z.B. aus Fasern aus Metall, z.B. aus rostfreiem Stahl, die zu einem kreisförmigen Ring geflochten sind, der koaxial auf die ringförmige Lage 412 gelegt ist und aufgrund seiner hohen mechanischen Festigkeit verhindert, dass der Körper 411 axial herausgedrückt wird (in **Fig. 4A** und **4B** vertikal).

[0037] Wenn die Dichtungsschicht der Stopfbuchspackung aus den geformten Packungen 410 besteht, wird Fluorharz wie etwa PTFE, PFA oder PVDF durch Imprägnierung in die Formkörper 410 eingebracht, was an den geformten Packungen 410 als Endprodukten oder an Blähgraphitbändern durchgeführt werden kann, bevor diese zu dem Körper 411 geformt werden. Alternativ kann der Körper 411 selbst aus Fluorharz hergestellt sein. Wenn die axiale Dicke der Schutzschicht ausreichend groß ist, kann die ringförmige Lage 412 an den geformten Packungen 410, die die Dichtungsschicht bilden, entfallen. Wenn die mechanische Festigkeit der Schutzschicht auf einem für eine Adapterpackung ausreichenden Niveau liegt, kann das Netz 413 an den geformten Packungen 410, die die Dichtungsschicht bilden, entfallen.

[0038] Die geformten Packungen 410 enthalten, wenn sie zur Bildung der Schutzschicht der Stopfbuchspackung verwendet werden, kein Fluorharz. Um das Eindringen von Sauerstoff und Feuchtigkeit in die Zwischenräume zwischen den Schichten des Körpers 411 zu verhindern, kann die ringförmige Lage 412 beliebige Dicke haben oder aus etwas anderem als Blähgraphit hergestellt sein. Die Dicke oder Struktur des Netzes 413 kann so gewählt sein, dass die mechanische Festigkeit der Schutzschicht ein für eine Adapterpackung erforderliches Niveau erreicht.

[0039] (9) Sowohl der zentrale Kern 110 als auch die Garne 120 der geflochtenen Packung 100 sind aus Blähgraphitfasern hergestellt, jedoch kann mindestens eines davon aus Fasern aus einem anorganischen Material hergestellt sein, etwa aus Glas, Kohlenstoff oder Keramik oder aus Metall. Als Material der geflochtenen Packung 100 kann jeder Stoff gewählt werden, der zu Blähgraphit mit Bezug auf Wärmebeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit gegenüber dem Fluid im Strömungskanal 540 und Dichtungsleistung gegen dasselbe, Verarbeitbarkeit, mechanische Festigkeit und dergleichen äquivalent ist.

[0040] **Fig. 4C** ist eine schematische Querschnittsansicht einer geflochtenen Packung 420, die eine zweite Abwandlung der Stopfbuchspackung gemäß der Ausführungsform der Erfindung darstellt. Die geflochtene Packung 420 ist ein streifenförmiges Element, dessen Querschnitte eine quadratische Form haben, in der sechzehn Garne 422 um einen einzigen zentralen Kern 421 geflochten sind. Der zentrale Kern 421 der geflochtenen Packung 420 ist aus Keramikfasern hergestellt, und die Fäden 422 sind aus rostfreiem Stahl hergestellt, im Gegensatz zu denen der geflochtenen Packung 100 in **Fig. 1A - 1C**. Auf diese Weise ist die geflochtene Packung 420 in Bezug auf Wärmebeständigkeit und chemische Beständigkeit überlegen. Zudem weist die geflochtene Packung 420 hohe mechanische Festigkeit auf, so dass eine Aufnahme der geflochtenen Packung 420 in die Stopfbuchspackung als Adapterpackung günstig ist. In diesem Fall ist die geflochtene Packung 420 mit ausreichender axialer Dicke ausgelegt, so dass sie auch als Schutzschicht der Stopfbuchspackung fungieren kann.

[0041] (10) Das atmosphärenseitige Ende der Schutzschicht der Stopfbuchspackung kann mit einer Metallplatte bedeckt sein. **Fig. 4D** ist eine schematische Querschnittsansicht einer Schutzschicht 430 einer dritten Abwandlung der Stopfbuchspackung gemäß der Ausführungsform der Erfindung. Die Schutzschicht 430 ist eine kreisringförmig geformte Packung und weist einen Körper 431, eine Metallkappe 432 und ein Netz 433 auf. Der Körper 431 ist beispielsweise ein kreisringförmiges Blähgraphitelement, in dem Blähgraphitbänder spiralförmig gewickelt oder konzentrisch angeordnet und dann gepresst und als ein einziges Stück integriert sind. Alternativ kann der Körper 431 auch durch eine geflochtene Packung gebildet sein. Unabhängig davon, welche Struktur der Körper 431 hat, ist kein Fluorharz im Körper 431 enthalten. Die Metallkappe 432 ist beispielsweise eine kreisringförmige Metallplatte, die aus dünnen Drähten aus Metall, z.B. aus Edelstahl, besteht, welche in eine kreisringförmige Metallform gepackt und dann gepresst und als ein einziges Stück integriert werden. Die Metallkappe 432 bedeckt die atmosphärenseitige Endfläche des Körpers 431 (die obere Fläche in **Fig. 4D**). Das Netz 433 besteht z.B. aus Fasern aus Metall wie etwa Edelstahl, die zu einem kreisförmigen Ring geflochten sind, und bedeckt die fluidseitige Endfläche des Körpers 431 (die untere Fläche in **Fig. 4D**). Sowohl die Metallkappe 432 als auch das Netz 433 weisen hohe mechanische Festigkeit auf und verhindern daher nicht nur das axiale Herausdrücken des Körpers 431 (vertikal in **Fig. 4D**), sondern auch das Herausdrücken der Dichtungsschicht in Richtung der Schutzschicht 430. Die Metallkappe 432 hält außerdem Bestandteile der Außenluft ab, insbesondere Sauerstoff und Feuchtigkeit. Auf diese Weise kann mit der Metallkappe 432 die ursprüngliche Funktion der Schutzschicht 430 zur Verhinderung des Eindringens von Sauerstoff und Feuchtigkeit in die Dichtungsschicht verstärkt werden und zusätzlich die Funktion erzielt werden, die mechanische Festigkeit der Dichtungsschicht zu erhöhen.

[0042] (11) Die Stopfbuchspackung kann ferner ein Opferelement enthalten. **Fig. 5** ist eine Querschnittsansicht einer vierten Abwandlung der Stopfbuchspackung 250 gemäß der Ausführungsform der Erfindung und einer Wellendichtungsanordnung 500. Die Stopfbuchspackung 250 weist zusätzlich zu der Dichtungsschicht 210 und den Schutzschichten 221 und 222 der Stopfbuchspackung 200 in **Fig. 2** ein Opferelement 251 auf. Das Opferelement 251 ist beispielsweise ein ringförmiges Element aus Harz oder Metall und enthält wie die Schutzschichten 221 und 222 kein Fluorharz; sein Innendurchmesser ist vorzugsweise etwas größer als der Durchmesser des Schafts 510. Vorzugsweise wird ein vorhandener Laternenring als Opferelement 251 verwendet. In diesem Fall hat das Opferelement 251 in einer Ebene, die die Mittelachse des Opferelements 251 enthält, einen H-förmigen Querschnitt, d.h. Umfangsnuten 252 und 253 am Außen- bzw. Innenumfang des Opferelements 251. Die Außenumfangsnut 252 kann durch ein radiales Loch (nicht dargestellt) mit der Innenumfangsnut 253 in Verbindung stehen. Das Opferelement 251 liegt an der atmosphärenseitigen Schutzschicht 221 an. Wenn dementsprechend das fluidseitige Ende 531 der Stopfbuchsbrille 530 (das linke Ende in **Fig. 5**) das Opferelement 251 in Richtung der Fluidseite drückt (nach links in **Fig. 5**), wird die Dichtungsschicht 210 axial zusammengedrückt (horizontal in **Fig. 5**).

[0043] Ein oder mehrere Drahtelemente 254 aus Opfermetall sind in die Innenumfangsnut 253 des Opferelements 251 gepackt. Das Opfermetall ist ein Metall, dessen Korrosionsbeständigkeit gegenüber HF geringer ist als die des Materials des Schafts 510. Wenn das Material des Schafts 510 beispielsweise Gusseisen, Gussstahl oder Edelstahl ist, besteht das Opfermetall vorzugsweise aus Aluminium oder Nickel. Beispielsweise haben die Querschnitte jedes Drahtelements 254 die Form einer Scheibe, deren Durchmesser ausreichend kleiner ist als die radiale Dicke und axiale Breite der Nut 253. Mindestens eine Windung jedes Drahtelements 254 ist entlang der Rille 253 um den Schaft 510 gewickelt. Vorzugsweise ist der Innendurchmesser der Windung größer als der Durchmesser des Schaftes 510. Auf diese Weise berühren die Drahtelemente 254 den Schaft 510 nicht, was nicht nur den Widerstand der Stopfbuchspackung 250 gegen das Gleiten auf dem Schaft 510 verringert, sondern auch ein Ablösen von Stücken des Opfermetalls von den Drahtelementen 254 durch die Reibung am Schaft 510. Dementsprechend besteht nur wenig Gefahr, dass die Stücke des Opfermetalls in den Zwischenraum zwischen dem Schaft 510 und der Schutzschicht 221 gelangen und in den Zwischenraum zwischen dem Schaft 510 und der Dichtungsschicht 210 vordringen, was den Abrieb der Schutzschicht 221 und der Dichtungsschicht 210 beschleunigt.

[0044] Da die Stopfbuchspackung 250 mit den Drahtelementen 254 aus dem Opfermetall ausgestattet ist, kann sie die Korrosion des Schafts 510 durch HF länger verzögern. Dies hat folgenden Grund. Genau genommen, kann eine geringe Menge an Sauerstoff und Feuchtigkeit aus der Außenluft die Schutzschichten 221 und 222 durchdringen und in die Dichtungsschicht 210 eindringen. Dementsprechend kann eine geringe Menge an HF aus der Dichtungsschicht 210 erzeugt werden, während die Temperatur der Stopfbuchspackung 250 auf einem Niveau gehalten wird, das über der Zersetzungstemperatur von PTFE liegt. Wenn die Nutzungsdauer der Stopfbuchspackung 250 unter solchen hohen Temperaturen zum Beispiel einige Jahre erreicht, kann die Gesamtmenge an HF, die während dieser Zeit entsteht, auf einen erheblichen Grad steigen. Das Opfermetall ist jedoch leichter durch HF korrodierbar als das Material des Schafts 510, und dementsprechend trägt die geringe Menge an HF, die aus der Dichtungsschicht 210 gebildet wird, hauptsächlich zur Korrosion der Drahtelemente 254 des Opfermetalls bei, so dass keine wesentliche Menge an HF verbleibt, die den Schaft 510 korrodiert. Infolgedessen erfolgt eine tatsächliche Korrosion des Schafts 510 auch denn nicht, wenn die Nutzungsdauer der Stopfbuchspackung 250 unter der hohen Temperatur einige Jahre erreicht.

[0045] Bei dem in **Fig. 5** gezeigten Beispiel sind die Drahtelemente 254 des Opfermetalls nur in die Innenumfangsrille 253 des Opferelements 251 gepackt. Die Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt, sondern die Drahtelemente 254 können auch in die Außenumfangsrille 252 des Opferelements 251 gepackt sein. Bei dem in **Fig. 5** gezeigten Beispiel haben die Querschnitte der Drahtelemente 254 die Form einer Scheibe, aber die Erfindung ist nicht darauf beschränkt. Die Querschnitte können auch ein elliptisches oder polygonales Profil oder alternativ ein wellenförmiges Profil oder Zickzack-Profil aufgrund von Unebenheiten wie Nuten oder Vertiefungen in den Oberflächen der Drahtelemente 254 aufweisen. Dadurch erhalten die Drahtelemente 254 eine größere Oberfläche pro Volumeneinheit, was eine ausreichend große Fläche gewährleistet, die mit HF in Kontakt kommen kann. Darüber hinaus kann das Opfermetall anstelle der Drahtelemente 254 zu einer Band- oder Ringform gebildet sein. Alternativ kann das Opfermetall zu einem Film gebildet sein, der zumindest einen Abschnitt der Oberflächen der Außenumfangsnut 252 oder der Innenumfangsnut 253 des Opferelements 251 bedeckt, oder zu mehreren Vorsprüngen, von denen ein Abschnitt in die Oberflächen eingebettet ist und andere Abschnitte sich in der Nut 252 oder 253 erstrecken.

[0046] Bei dem in **Fig. 5** gezeigten Beispiel wird ein vorhandener Laternenring als Opferelement 251 verwendet. Alternativ kann ein als Opferelement spezialisiertes Element aus Harz oder Metall hergestellt sein. Dieses Element weist ein Loch, eine Vertiefung oder eine Nut auf einer Oberfläche desselben oder einen Hohlraum im Inneren auf, und das Opfermetall ist in dem Loch, der Vertiefung, der Nut oder dem Hohlraum platziert. Es reicht aus, dass das Loch, die Vertiefung oder die Nut so angeordnet ist oder der Hohlraum so mit der Atmosphäre in Verbindung steht, dass das Opfermetall dem HF ausgesetzt ist, das aus der Dichtungsschicht 210 gebildet wird.

[0047] Bei dem in **Fig. 5** dargestellten Beispiel ist das Opferelement 251 nur auf der Atmosphärenseite der atmosphärenseitigen Schutzschicht 221 platziert. Dies ist der Fall, wenn eine Menge an Sauerstoff und Feuchtigkeit, die in die fluidseitige Schutzschicht 222 eindringt, deutlich geringer ist als die Menge, die in die atmosphärenseitige Schutzschicht 221 eindringt. In anderen Fällen kann das Opferelement auf der Fluidseite der fluidseitigen Schutzschicht 222 platziert sein, so dass die erzeugte Menge an HF weiter reduziert wird.

[Liste der Bezugszeichen]

[0048] 100 geflochtene Packung, 110 zentraler Kern, 120 Garn, 121 röhrenförmiges Element, 122 expandiertes Graphitelement, 123 Faserelement, 200 Stopfbuchspackung, 210 Dichtungsschicht, 221, 222 Schutzschicht, 500 Wellendichtungsanordnung, 510 Schaft, 511 Außenumfang des Schafts, 520 Stopfbuchse, 521 fluidseitiges Ende der Stopfbuchse, 522 atmosphärenseitiges Ende der Stopfbuchse, 523 Innenumfang der Stopfbuchse, 524 Rippe der Stopfbuchse, 530 Stopfbuchsbrille, 531 fluidseitiges Ende der Stopfbuchsbrille, 532 atmosphärenseitiges Ende der Stopfbuchsbrille, 533 Flansch der Stopfbuchsbrille, 534 Schraube, 540 Strömungskanal, 550 Gehäuse, 551 Öffnung des Gehäuses, 560 Außenraum des Gehäuses.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 3862853 B [0005]
- JP 2020084993 A [0005]
- JP 4340647 B [0005]
- JP 6182461 B [0005]
- JP 5972208 B [0005]
- JP 6603589 B [0005]

Patentansprüche

1. Stopfbuchspackung (200), die Folgendes aufweist:
eine Dichtungsschicht (210), die ein röhrenförmiger Abschnitt ist, der Fluorharz enthält, dessen Außenumfang eng mit einem Innenumfang (523) einer Stopfbuchse (520) in Kontakt steht und dessen Innenumfang eng mit einem Außenumfang (511) einer beweglichen Welle (510) einer Fluidvorrichtung in Kontakt steht, und
eine oder mehrere Schutzschichten (221, 222), die jeweils ein ringförmiger Abschnitt sind, der kein Fluorharz enthält, und die mindestens eine atmosphärenseitige axiale Endfläche der Dichtungsschicht bedecken, um ein Eindringen von Sauerstoff und Feuchtigkeit in die Dichtungsschicht (210) zu verhindern.
2. Stopfbuchspackung (200) gemäß Anspruch 1, die ein Kombinationspackungssatz mit einer Dichtungspackung und einer oder mehreren Adapterpackungen ist, wobei:
die Dichtungsschicht (210) die Gesamtheit der Dichtungspackung aufweist und
die Schutzschichten (221, 222) mindestens eine der Adapterpackungen aufweisen, die an einer Atmosphärenseite der Dichtungspackung anliegt.
3. Stopfbuchspackung (200) gemäß Anspruch 1, wobei die Dichtungsschicht (210) und die Schutzschichten (221, 222) durch Formpressen als ein einziges Stück integriert sind.
4. Stopfbuchspackung (200) gemäß Anspruch 1, wobei die atmosphärenseitigen Enden der Schutzschichten (430) mit Metallplatten (432) bedeckt sind.
5. Stopfbuchspackung (200) gemäß Anspruch 1, wobei eine axiale Dicke (TP) jeder der Schutzschichten (221, 222) unabhängig von einem Durchmesser (DS) der beweglichen Welle (510) 5 mm oder mehr beträgt.
6. Stopfbuchspackung (250) gemäß Anspruch 1, die ferner Folgendes aufweist:
ein Opferelement (251), das ein ringförmiges Element ist, welches
an einer Atmosphärenseite einer der Schutzschichten (221) anliegt, die sich jeweils auf einer Atmosphärenseite der Stopfbuchspackung (250) befindet, und
ein Opfermetall (254) aufweist, dessen Korrosionsbeständigkeit gegenüber Fluorwasserstoff geringer ist als die des Materials der beweglichen Welle (510).
7. Stopfbuchspackung (250) gemäß Anspruch 6, wobei
das Opferelement (251) ein Loch, eine Vertiefung oder eine Nut (253) auf einer Oberfläche desselben oder einen Hohlraum im Inneren aufweist und
das Opfermetall (254) in dem Loch, der Vertiefung, der Nut (253) oder dem Hohlraum platziert ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1A

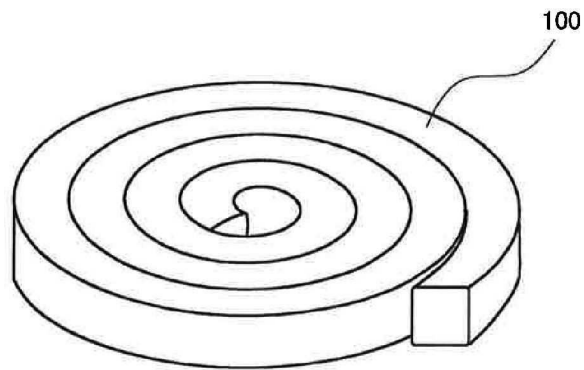


FIG.1B

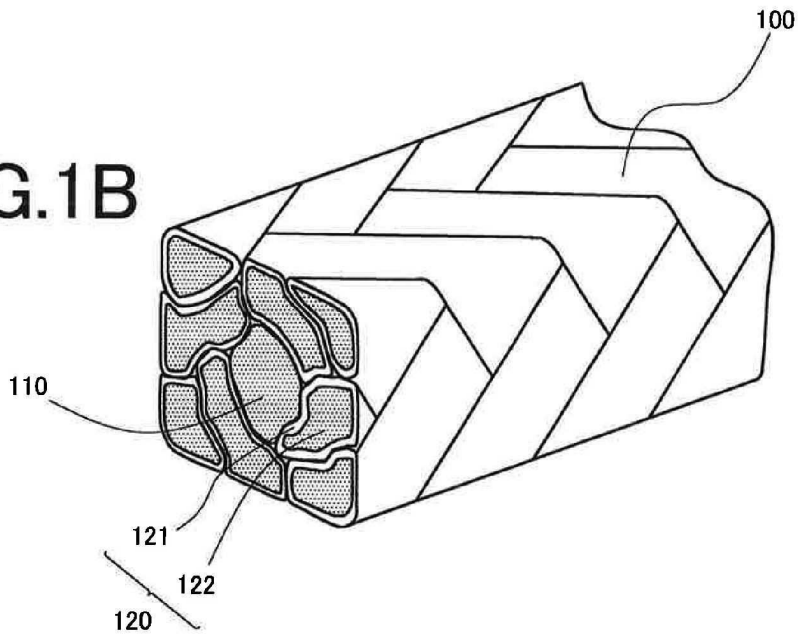


FIG.1C

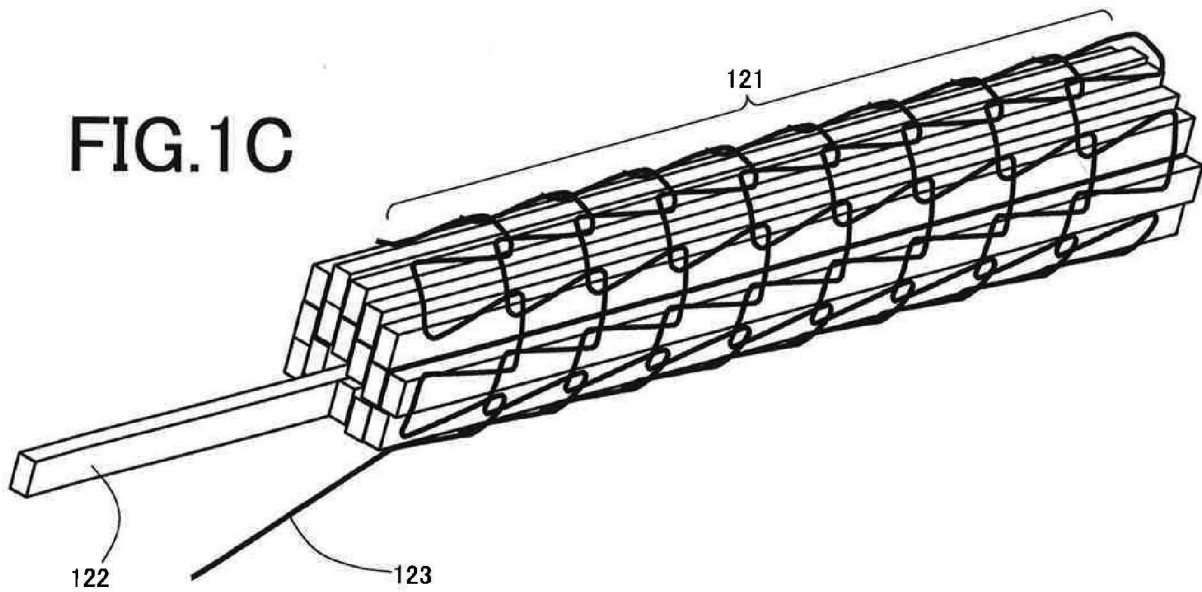


FIG.2

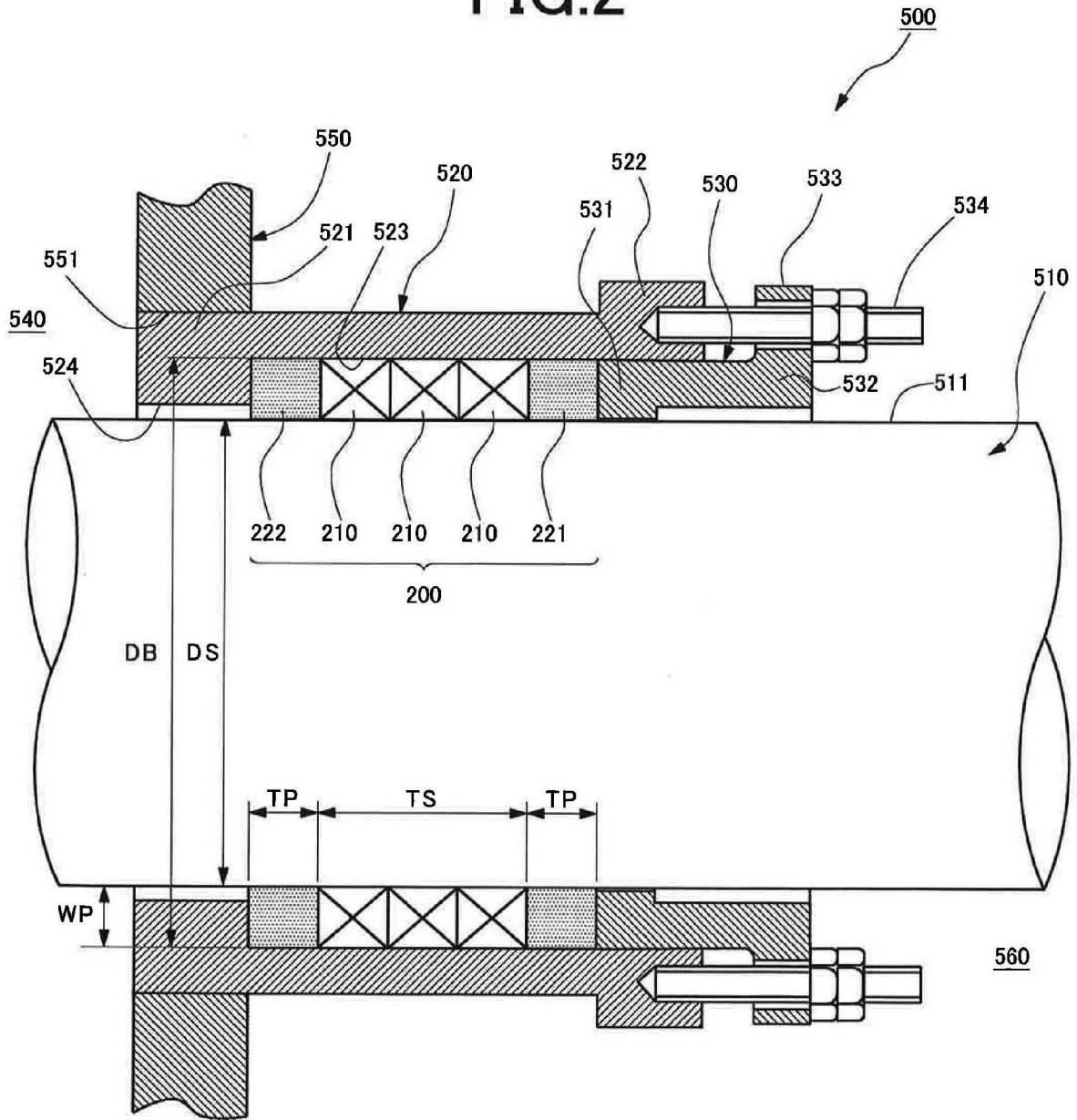


FIG.3A

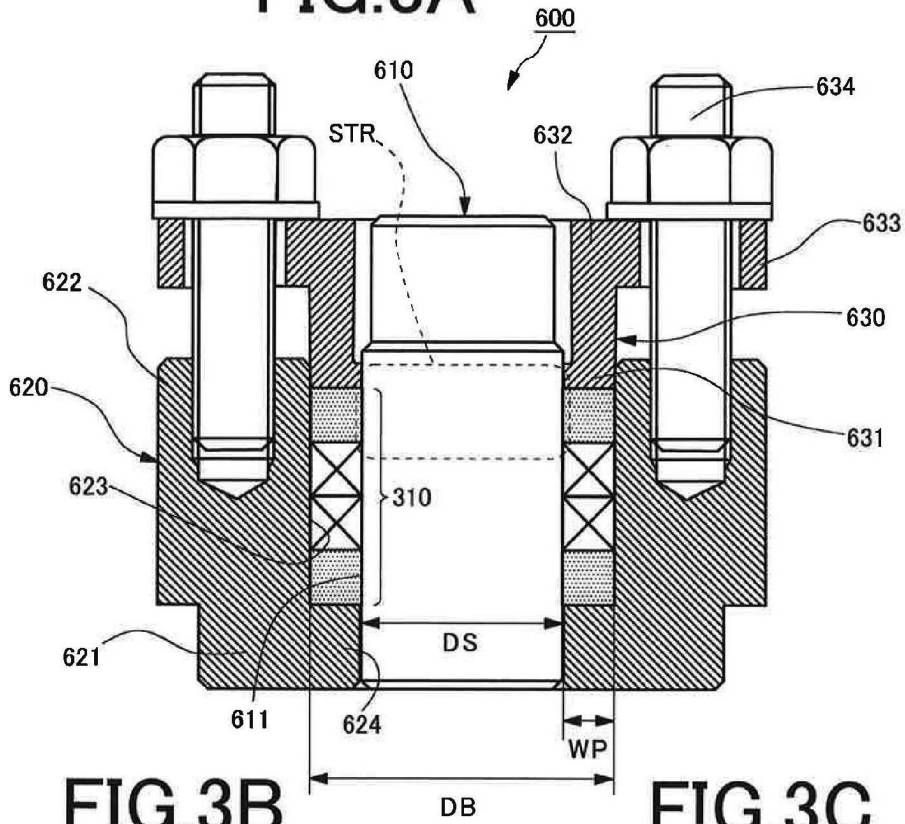


FIG.3B

FIG.3C

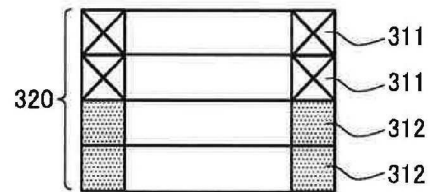
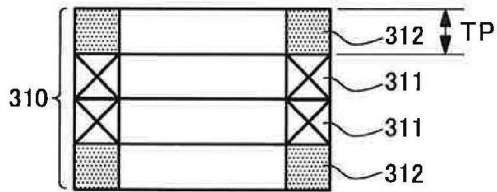


FIG.3D

FIG.3E

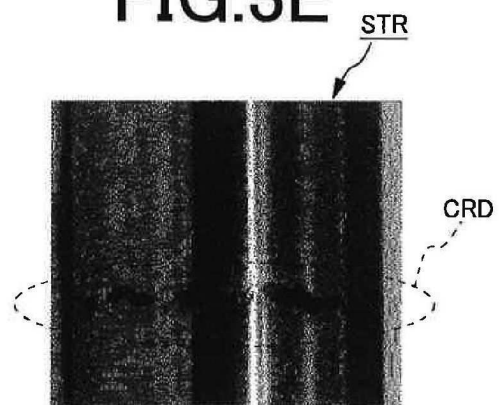
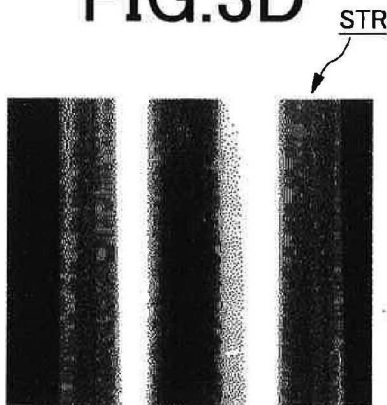


FIG.4A

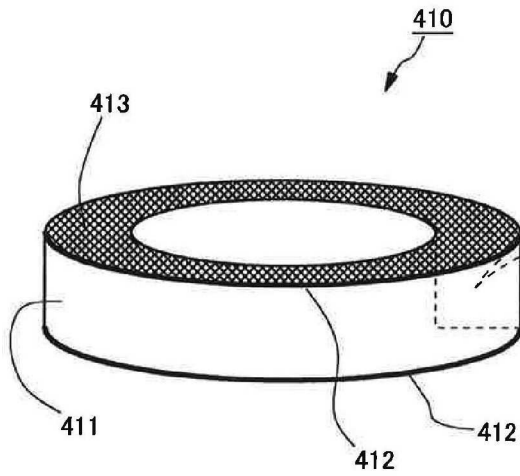


FIG.4B

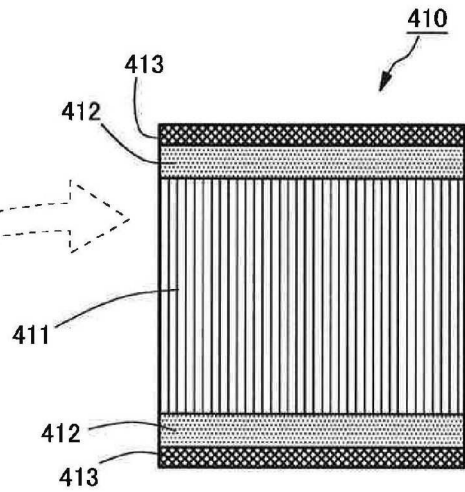


FIG.4C

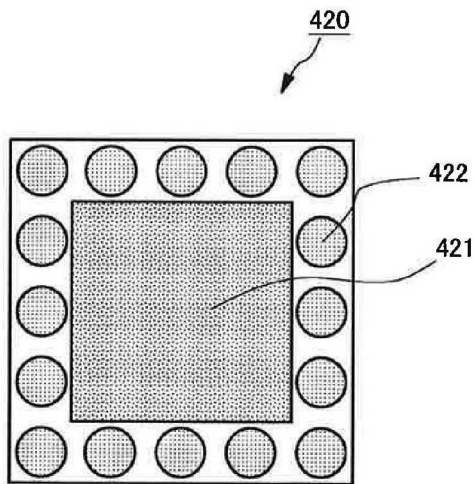


FIG.4D

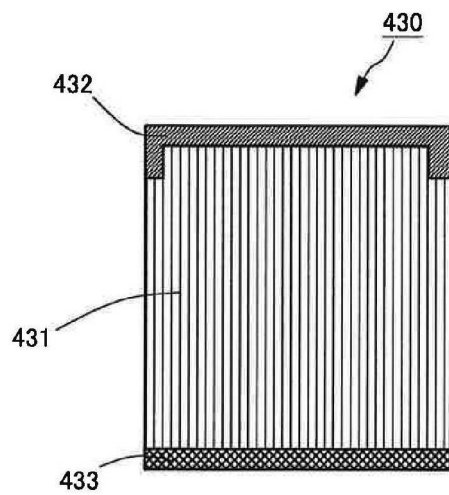


FIG.5

