

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. Oktober 2017 (26.10.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/182669 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F16J 15/10 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/059630

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. April 2017 (24.04.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 107 516.7
22. April 2016 (22.04.2016) DE

(71) Anmelder: **ELRINGKLINGER AG** [DE/DE]; Max-
Eyth-Straße 2, 72581 Dettingen/Erms (DE).

(72) Erfinder: **REICHERT, Magnus**; c/c Elring Klinger AG,
Max-Eyth-Str. 2, 72581 Dettingen/Erms (DE). **HOF-**

MANN, Maximilian; c/o Elring Klinger AG, Max-Eyth-Str.
2, 72581 Dettingen/Erms (DE).

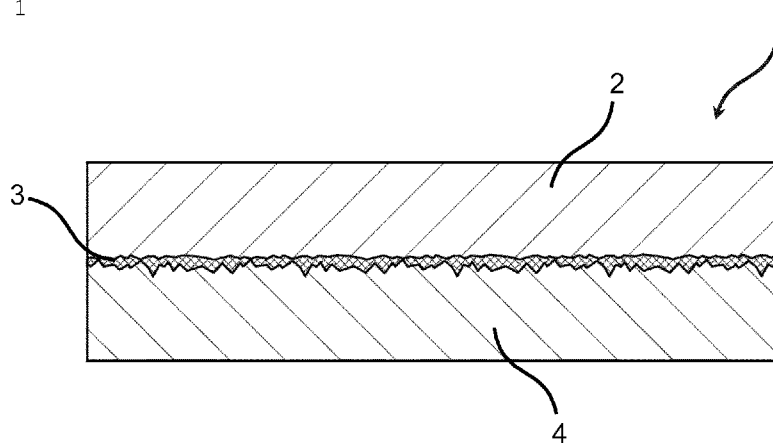
(74) **Anwalt: SCHMIDT, Axel**; Schmidt ip Patentanwaltskanzlei,
St. Emmeram-Str. 30, 85609 Aschheim (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: SEAL AND PRODUCTION METHOD FOR A SEAL

(54) Bezeichnung: DICHTUNG UND HERSTELLUNGSVERFAHREN FÜR EINE DICHTUNG

Fig. 1



(57) **Abstract:** The invention relates to a seal (1), wherein at least a first part (2) is provided with at least one coating (3), by means of which the first part (2) is in contact with a second part (4) in an installation position. The invention further relates to a method for producing such a seal (1). In order to create a seal and a corresponding production method that bring about a considerable reduction of known problems together with relatively long service life and good leak-tightness even in a region of relatively high and high operating temperatures, according to the invention, a coating (3) of a pre-ceramic polymer is provided in a contact region between the first part (2) and the second part (4). Furthermore, a production method is a solution to this problem, in which production method a coating (3) is applied in a contact region between a first and a second part (2, 4) by using a pre-ceramic polymer in a spray process, or is applied by a roll coating method to a substrate or at least to a contact region formed later in an installation position.

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Dichtung (1), bei der mindestens ein erster Teil (2) mit mindestens einer Beschichtung (3) versehen ist, über die der erste Teil (2) mit einem zweiten Teil (4) in einer Einbaulage in Kontakt steht. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Dichtung (1). Um eine Dichtung und ein entsprechendes Herstellungsverfahren zu schaffen, die eine wesentliche Minderung bekannter Probleme bei einer vergleichsweise langen Standzeit

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

und guten Dichtigkeit auch in einem Bereich höherer und hoher Betriebstemperaturen bewirken, wird vorgeschlagen, dass in einem Kontaktbereich zwischen dem ersten Teil (2) und dem zweiten Teil (4) eine Beschichtung (3) aus einem präkeramischen Polymer vorgesehen ist. Ferner ist ein Herstellungsverfahren eine Lösung dieser Aufgabe, bei dem eine Beschichtung (3) in einem Kontaktbereich zwischen einem ersten und zweiten Teil (2, 4) unter Verwendung eines präkeramischen Polymers in einem Sprühprozess, oder unter Anwendung eines Roll-Coat-Verfahrens auf ein jeweiliges Substrat bzw. mindestens auf einen in einer Einbaulage später ausgebildeten Kontaktbereich aufgebracht wird.

Dichtung und Herstellungsverfahren für eine Dichtung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Dichtung, bei der mindestens ein erster Teil mit mindestens einer Beschichtung versehen ist, über die der erste Teil mit einem zweiten Teil in einer Einbaulage in Kontakt steht. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Dichtung.

Aus dem Stand der Technik sind zahllose Bauformen von Dichtungen der vorstehend genannten Art bekannt, bei denen sich in einer Einbausituation die einzelnen Elemente berühren. Diese Dichtungen werden daher auch als Berührungsdichtungen bezeichnet und stellen innerhalb der Dichtungen die größte Gruppe dar. Wie bei allen Dichtungen besteht auch hier die Aufgabe vor allen Dingen darin, ungewollte Stoffübergänge von einem Raum in einem anderen Raum zu verhindern oder zumindest eng zu begrenzen. Bekannterweise stellt hierbei insbesondere eine Beschaffenheit der Oberflächen in einem Kontaktbereich zwischen dem ersten und dem zweiten Teil einer Dichtung ein wesentliches Problem dar. Zum Ausgleich von Oberflächenrauigkeiten ist der Einsatz von Beschichtungswerkstoffen bekannt, die regelmäßig als Elastomer-basierende Beschichtung ausgeführt sind. Diese Beschichtungen können durch Zusätze, wie z. B. Bor und/oder Graphit temperaturstabiler und/oder reibungsmindernd wirken.

Als Problem tritt hierbei jedoch auf, dass bei hohen Temperaturen ein jeweiliges Elastomer verbrennt, so dass schließlich nur ein Füllstoff-Anteil zurückbleibt. Im Laufe der Zeit wird dieser verbleibende Füllstoff-Anteil jedoch durch dynamische Belastungen in dem betreffenden System größtenteils ausgeworfen. Damit verändert bzw. verschlechtert sich das Betriebsver-

halten der Beschichtung also mit fortschreitender Betriebsdauer. Schließlich tritt regelmäßig eine Leckage in einem Ausmaß auf, dass im Rahmen einer Reparatur die Dichtung ersetzt werden muss.

Als Alternative sind des Weiteren metallische Beschichtungen bekannt, welche ebenfalls in höheren Temperaturbereichen bis ca. 1.000° C eingesetzt werden können und auch dort noch eine Dichtungsaufgabe sowie gegebenenfalls auch reibungsvermindernde Eigenschaften aufweisen. Nachteilig sind hierbei jedoch die hohen Kosten, welche aus einer sehr langen Prozesszeit von bis zu 12 Stunden sowie einer sehr geringen Anzahl an Teilen resultiert, welche gleichzeitig beschichtet werden können.

Weiterhin besteht auch die Möglichkeit, über eine Vielzahl der klassischen Wärmebehandlungen eine Oberfläche eines Substrates bzw. eines Teils der Dichtung zu härten. Diese bekannten Verfahrensschritte senken zwar einen Reibverschleiß der behandelten Teile, erhöhen jedoch den Verschleiß eines Gegenbauteils, da keine reibvermindernden Eigenschaften erzielt werden können. Zudem ist in diesem Fall ein Wärmeeintrag in das betreffende Bauteil kritisch, da ja bei Hochtemperaturlegierungen zu einer deutlich verminderten Langzeittemperaturstabilität führen kann.

Damit zeigt der bekannte Stand der Technik zusammenfassend folgende Nachteile auf:

- Elastomere, Werkstoffe verbrennen und darin enthaltene Füllstoffe werden ausgeblasen oder ausgewaschen. Damit geht die Dichtungseigenschaft weitgehend verloren.
- Metallische Beschichtungen sind vergleichsweise sehr teuer.
- Beim Diffusionsbeschichten, insbesondere Borieren, oder klassischem Härten verlieren Legierungen an thermischer

Langzeitstabilität. Zudem ist nur eine Verschleißoptimierung, jedoch keine Verringerung des Verschleißes durch positive Beeinflussung von Reibkoeffizienten möglich.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Dichtung und ein entsprechendes Herstellungsverfahren für eine Dichtung zu schaffen, die zu den vorstehend genannten Punkten eine wesentliche Minderung bei einer vergleichsweise langen Standzeit und guten Dichtigkeit auch in einem Bereich höherer und hoher Betriebstemperaturen bewirken.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der jeweiligen unabhängigen Ansprüche dadurch gelöst, dass bei einer erfindungsgemäßen Dichtung in einem Kontaktbereich zwischen einem ersten Teil und einem zweiten Teil eine Beschichtung aus einem präkeramischen Polymer vorgesehen ist. Ferner ist ein Herstellungsverfahren eine Lösung der vorstehenden Aufgabe, bei dem eine Beschichtung in einem Kontaktbereich zwischen einem ersten Teil und einem zweiten Teil unter Verwendung eines präkeramischen Polymers in einem Sprühprozess, oder unter Anwendung eines Roll-Coat-Verfahrens auf ein jeweiliges Substrat bzw. mindestens auf einen in einer Einbaulage später ausgebildeten Kontaktbereich zwischen dem ersten Teil und dem zweiten Teil aufgebracht wird. Die Beschichtung wird also unter Anwendung bekannter Beschichtungsverfahren von Sprühen, Drucken, Aufwalzen einer Schicht oder Anwendung eines Roll-Coat-Verfahrens über Tauchen bis Rakeln aufgetragen.

Präkeramische Polymere sind mit unterschiedlichen Zusammensetzungen aus dem Stand der Technik hinlänglich bekannt. Unter dem Begriff eines präkeramischen Polymeres ist ein keramischer Werkstoff zu verstehen, der in einem Ausgangszustand eine plastisch verformbare, polymere Matrix aufweist, der in einer Hochtemperaturumgebung unter mindestens teilweiser stofflicher

Umwandlung in einen keramischen Körper gewandelt wird. Unter thermischer Einwirkung verändert sich - unter Austrag von Hilfs- und Lösungsmitteln - der mikro-molekulare Zustand des präkeramischen Polymeres unter Beibehaltung des makro-molekularen Zustands. In dem Ausgangszustand ist ein präkeramisches Polymer so in der Lage, sich auch mikroskopisch kleinen Unebenheiten anzupassen und damit sich an jegliche Oberflächenbeschaffenheit hochgenau zu adaptieren. In einem vernetzten Endzustand wirkt dieses Material hingegen unter weitgehender Beibehaltung einer einem jeweiligen Anwendungsfall angepassten Außenform dann wie eine Keramik. Im Gegensatz zur Ausformung einer sog. grünen Keramik ist die endgültige Geometrie und Formgebung bei präkeramischen Polymeren damit schon vor einer Vernetzung definiert und wird weitgehend beibehalten. Damit haftet eine Beschichtung aus einem präkeramischen Polymer nach einer Vernetzung stets weiterhin auf einem jeweiligen Substrat. Aus zahlreichen Veröffentlichungen sind Verwendungen präkeramischer Polymere zur gezielten Ausrüstung von Oberflächen mit besonderen, multifunktionalen Eigenschaften bekannt, es geht jedoch hieraus keine Verwendung und Anpassung auf den vorliegenden Anmeldungsfall hervor. Präkeramiken in Verbindung mit Dichtungen sind also bislang ebenso wenig offenbart worden, wie Verfahren, die den vorstehend unter Bezug auf Elastomer-basierte Beschichtungen beschriebener Aushärtung als positiven Effekt nutzen können. Hierzu wird nachfolgend im Detail ausgeführt werden.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung beträgt eine Schichtdicke einer Beschichtung aus dem präkeramischen Polymer als reibvermindernde Beschichtung zwischen ca. 2 μm bis etwa 100 μm , vorzugsweise zwischen ca. 10 μm bis etwa 20 μm . Zu dünne Schichtdicken sind nachteilig, da sie zu wenig Schutzschicht vorhalten und in gewisser Weise als „Opferschicht“ dienen sollten. Dicke Schichten von über 20 μm zeigen

von einem kompletten Wegplatzen der Schicht bis zu einer sehr guten Schutzwirkung sehr unterschiedliche Ergebnisse und müssen daher in einem jeweiligen Einsatz- und Anwendungsfall separat untersucht werden. Hier kommt es dann insbesondere auf das verwendete Substrat an, wobei ein hoher Ausdehnungskoeffizient und hohe Temperaturen eher zum Abplatzen führen.

In einer alternativen Weiterbildung der Erfindung beträgt eine Schichtdicke einer Beschichtung aus dem präkeramischen Polymer als dichtungsverbessernde Schicht zwischen ca. 5 μm bis etwa 35 μm , vorzugsweise ist die Beschichtung aber nur so dick aufgebracht, sodass die Beschichtung gerade die Unebenheiten der Oberfläche des beschichteten Bauteils ausgleicht und damit zwischen ca. 5 μm bis etwa 20 μm liegt. Dickere Schichten haben hier i.d.R. keinen Vorteil, sie kosten lediglich mehr und halten unter Umständen schlechter. Üblicherweise liegen die Schichtdicken damit je nach Oberfläche des Gegenbauteils also regelmäßig zwischen ca. 5 μm bis etwa 20 μm .

Als präkeramisch Polymere können im Rahmen der vorliegenden Erfindung u.a. Polysilane, Polycarbosilane, Polysiloxane und Polysilazane verwendet werden. Vorzugsweise ist das Material der Beschichtung eine Si-C-N-O Präkeramik, welche mit hexagonalem Bornitrid, abgekürzt als hBN bezeichnet, aufgefüllt ist. Ein Anteil des hBN-Füllers liegt bei ca. 5% etwa 50%, vorzugsweise zwischen ca. 10% bis etwa 40%. Im Falle der verschleißmindernden Schicht ist ein Bereich von ca. 10% bis etwa 30% angestrebt. Für eine abdichtende Variante der Beschichtung ist ein Bereich von ca. 5% bis 50% vorteilhaft. Die Porosität der Schicht kann in gewissen Grenzen durch die Größe der Bornitrid-Plättchen, als auch einen weiteren Fertigungsprozess in Form z.B. eines Stanz-/Biegeprozesses verändert werden. Diese Einstellung der Porosität der Beschichtung ist notwendig, um insbesondere Adhäsions- bzw. Kohäsionsfehler zu vermeiden. Als

weitere oder zusätzliche Füllstoffe kommen MoS, Graphit, C-Nanotubes, Graphen und/oder Si_3N_4 in Betracht. Weiter sind auch SiCO, SiC, SiBCN, SiCN, SiBCNO als Precursor-Systeme bzw. Präkeramiken im Sinne der Erfindung einsetzbar.

Weiter wird die vorstehende Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung einer Dichtung der in verschiedenen Ausführungsformen vorstehend angegebenen Art, wobei die Beschichtung in einem Sprühprozess oder unter Anwendung eines Roll-Coat-Verfahrens auf ein jeweiliges Substrat bzw. mindestens auf einen in einer Einbaulage später ausgebildeten Kontaktbereich zwischen dem ersten Teil und dem zweiten Teil aufgebracht wird.

Dabei wird die Beschichtung bei nachfolgender Verwendung als reibvermindernde oder verschleißschützende Schicht an den Beschichtungsschritt an den Auftrag anschließend pyrolysiert. Durch diese Pyrolyse bzw. Wärmebehandlung erhält die Beschichtung erst ihre eigentliche bestimmungsgemäße Funktionsfähigkeit.

Vorzugsweise wird als tragendes Substrat ein Federstahl oder eine Nickelbasislegierung verwendet. Auf diesem tragenden Substrat wird eine Beschichtung während des Ausscheidungshärtens des tragenden Substrats keramisiert. Im Gegensatz zu herkömmlichen Elastomerbeschichtungen verbrennt das Polymer innerhalb der Präkeramik jedoch nicht, sondern wandelt sich - zumindest teilweise und beispielsweise zu einem 50% Polymeranteil und 50% keramischem Anteil - in eine Keramik um. Ein nach dem Stand der Technik bekannter Austrag aus der Dichtung wird damit weitgehend unterbunden.

In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung wird die Beschichtung bei Verwendung als abdichtende Schicht ohne den Schritt einer Wärmebehandlung ausgeliefert. In einem noch

nicht wärmebehandelten Auslieferungs- und Einbauszustand wird eine bestmögliche Adaption an ein jeweiliges Gegenbauteil, das zweite Teil, ermöglicht. Erst nach Abschluss eines Einbaus mit damit optimaler Anformung der Beschichtung zwischen den Teilen wird die Beschichtung in einem Temperaturbereich über 150°C fortschreitend ausgehärtet. Alternativ kann auch eine vorgehärtete Beschichtung vorgesehen sein, die beim Zusammenbau aufgrund ihrer Härte eine Glättung von Rauigkeiten in einem Kontaktbereich bewirkt und in einem Einsatz insbesondere bei erhöhter Temperatur über die Zeit hin weiter ausgehärtet wird.

Über die vorstehend angegebenen Ausführungsformen der Erfindung hinweg wurde eine nur „einseitige“ Beschichtung eines Dichtungspartners beschrieben. Vor dem Hintergrund einer hohen Fertigungsflexibilität bei geringen Herstellungskosten wird die Verwendung einer separaten Dichtungs-Zwischenlage bevorzugt. Dementsprechend ist in einer besonderen Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass eine Beschichtung beidseitig auf eine Dichtungslage in Form eines metallischen Trägers aufgetragen ist. Dabei ist der metallische Träger insbesondere in Form eines Blechs ausgeführt. Eine Auswahl bezüglich der Beschichtung sowie der Mächtigkeit der jeweiligen Beschichtung kann weiterhin entsprechend der vorstehenden Beschreibung ausgewählt werden.

Nachfolgend werden weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung unter Bezugnahme auf ein Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen in schematischer Darstellung:

Figur 1: eine Schnittdarstellung durch eine Ausführungsform einer Dichtung in einer nicht weiter dargestellten Einbausituation;

- Figur 2: eine Schnittdarstellung durch einen mit einer Beschichtung versehenen ersten Teil;
- Figur 3: eine Schnittdarstellung durch einen zweiten Teil mit geringer Oberflächengüte vor einem Zusammenbau der Dichtung;
- Figur 4: Schnittdarstellungen durch einen ersten sowie einen zweiten Teil und einen mit Beschichtungen versehenen Träger analog der Darstellung der Figuren 2 und 3;
- Figur 5: eine Schnittdarstellung der Ausführungsform gemäß Figur 4 in einem zusammengebauten Zustand;
- Figur 6: eine Draufsicht auf eine Dichtungslage an einer Verbrennungskraftmaschine;
- Figur 7: eine Seitenansicht der Dichtungslage von Figur 6 in einer Einbausituation;
- Figur 8: eine Draufsicht auf eine Dichtungslage für einen Flansch in einer Abgasleitung und
- Figur 9: ein vergrößerter Ausschnitt aus der Schnittdarstellung der Dichtungslage von Figur 8 in einer Einbausituation.

Über die verschiedenen Abbildungen der Zeichnung hinweg werden für gleiche Elemente stets die gleichen Bezugszeichen verwendet.

Figur 1 zeigt eine Schnittdarstellung durch eine Ausführungsform einer Dichtung 1 in einem fertig zusammengebauten Zustand. Hier ist ein erster Teil 2, der mit mindestens einer Beschichtung 3 versehen ist, über die Beschichtung 3 mit einem zweiten Teil 4 abdichtend verbunden. In einer dargestellten Einbaulage ist in einem Kontaktbereich ein Kontakt zwischen dem ersten Teil 2 und dem zweiten Teil 4 durch die plastische Verformbarkeit der Beschichtung 3 dadurch maximal intensiviert

worden, dass die Beschichtung 3 aus einem präkeramischen Polymer besteht.

Vor einem Zusammenbau ist die Beschichtung 3 auf einer Oberfläche 5 des ersten Teils 2 aufgetragen worden, wie in Figur 2 dargestellt. Diese Oberfläche 5 weist hier eine sehr hohe Oberflächengüte und damit eine geringe Rauigkeit bzw. Rautiefe x auf. Im Vergleich hierzu ist eine Oberfläche 6 des zweiten Teils 4 mit einer deutlich geringeren Oberflächengüte skizziert, um einen entsprechenden Unterschied zu verdeutlichen. Hier ist in Figur 3 also eine Rautiefe y angedeutet worden, die eine hohe Dichtigkeit grundsätzlich nicht zulassen würde. Aufgrund der plastischen Verformbarkeit der Beschichtung 3 wird jedoch nach einem Zusammenbau in einer Einsatzsituation eine sehr gute Dichtigkeit auch ohne zuvor durchgeführte Oberflächenbehandlung der Oberfläche 6 des ersten Teils 4 erzielt.

Analog der Darstellungen der Figuren 2 und 3 zeigt Figur 4 eine Schnittdarstellung durch einen ersten Teil 2 sowie einen zweiten Teil 4 einer Flanschverbindung mit einer zwischen nur angedeuteten Flanschen angeordneten Dichtungslage 7 in Form eines beidseitig mit Beschichtungen 3a, 3b versehenen Trägers 8. Die Oberflächen dieses Trägers 8, der im vorliegenden Fall als Metallblech ausgeführt ist, weisen eine hohe Oberflächengüte auf, sodass hier auf eine Einzeichnung von Rautiefen verzichtet worden ist. Beide Oberflächen sind mit jeweiligen Beschichtungen 3a, 3b aus einem präkeramischen Polymer versehen.

Mit dem Zusammenbau und dem Verspannen entlang der nur durch strich-punktierte Linien dargestellten Verschraubungen tritt nun beidseits des Trägers 7, der zuvor mit Bezugnahme auf die Abbildung von Figur 1 beschrieben wurde, ein Effekt auf, wonach das Material der Beschichtungen 3a, 3b nun die Rauigkeiten der zugeordneten Oberflächen 5, 6 abdichtend ausfüllen. Es

ergibt sich damit ein wesentlich verbesserter Dichtungsverbund. Diese Dichtung ist aufgrund der gewählten Materialien auch in einem höheren Betriebstemperaturbereich dauerhaft zuverlässig einsetzbar. Unter dem Einfluss hoher Temperaturen von ca. 1.000°C bis 1.200 °C vollzieht sich eine Umwandlung der Beschichtungen 3a, 3b aus einem präkeramischen Polymer hin zu polymer-abgeleiteten Keramiken, englisch als. polymer-derived ceramic, kurz PDC bezeichnet. Die vorstehend beschriebene formtreue Verbindung der Beschichtungen 3a, 3b zum Träger 7 bleibt dabei erhalten. Dieser Punkt ist insbesondere im Unterschied von PDC zu üblichen Schrumpfungsraten von ca. 10% und mehr bei der Verarbeitung sog. grüner Keramik besonders zu betonen.

Vorstehend sind vor allen Dingen präkeramische Polymere als weiche Schichten verwendet worden, da sie sich sehr gut einem jeweiligen Gegenbauteil anpassen können, um Unebenheiten durch plastische Verformungen auszugleichen bzw. auszufüllen. Ferner besteht die Möglichkeit eines Einsatzes bereits gehärteter oder zumindest vorgehärteter oder teilvernetzter präkeramischer Beschichtungen. Hier besteht die Möglichkeit, dass im Zuge eines Zusammenbaus Unebenheiten des Gegenbauteils durch eine präkeramische Beschichtung glattgedrückt bzw. eingeebnet werden können. Auch hiermit würde ein Ausgleich von Unebenheiten unter Vermittlung der präkeramischen Beschichtung erfolgen können. Harte Schichten sind jedoch sehr spröde, wohingegen weiche Beschichtungen beim Aushärten noch schrumpfen. Es bleibt also dem jeweiligen Anwendungsfall vorbehalten, zu welcher Art der Beschichtung jeweils gegriffen wird, um ein optimales und langlebiges Dichtungskonzept zu realisieren.

Mit Blick auf den Bereich des Einsatzes von Dichtungen unter Reibverschleiß werden die folgenden Ausführungsbeispiele beschrieben: Figur 6 zeigt eine Skizze der Draufsicht auf eine

Dichtungslage an einer Verbrennungskraftmaschine. Bei einer bekannten Werkstoffauswahlkombination, beispielsweise Zylinderkopf 2 in Aluminium, Dichtungslage 7 in Federstahl und Krümmer 4 als Gussbauteil mit angeschlossener Abgasleitung A, treffen sehr unterschiedliche Temperatúrausdehnungskoeffizienten, als auch unterschiedliche Temperaturen der Bauteile unmittelbar aufeinander. Neben den vorstehend beschriebenen Unterschieden in der Materialauswahl wird ein Zylinderkopf regelmäßig gekühlt, wobei nachfolgend keine Kühlung der Bauteile mehr vorgesehen ist. Es treten damit Bewegungen zwischen dem Zylinderkopf und dem Krümmer auf, welche von der Dichtung aufgenommen bzw. abgefangen werden müssen. Hierzu sind in der Praxis Bewegungen von bis zu 5 mm festgestellt worden. Bedingt durch die hohen Einspannkräfte durch die in Figur 7 angedeuteten Zugbolzen und Verschraubungen durch Ausnehmungen 9 der Dichtungslage mit zusätzlichen Öffnungen 10 als Ausnehmungen für Brennkammern hindurch wirken auf die Dichtungslage 7 entsprechend hohe Reibungskräfte verschleißend ein. Hierzu veranschaulicht die Abbildung von Figur 7 als Seitenansicht der Dichtungslage 7 von Figur 6 in einer Einbausituation nochmals die einzelnen Schichten mit jeweils unterschiedlichen thermischen Längenausdehnungen. Zur Verschleißminderung wird hier eine Dichtungslage 7 mit nicht weiter zeichnerisch dargestellten Beschichtungen 3 an beiden Oberflächen eines Trägers 8 in Form eines Metallblechs vorgesehen. Die präkeramische Beschichtungen 3 dienen dabei einer Abriebminderung.

Neben unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten können Verschleißerscheinungen in Bereichen von Dichtungen 1 auch aufgrund von System-Dynamiken auftreten. Hierzu zeigt die Skizze von Figur 8 eine Draufsicht auf eine Ausführungsform einer Dichtungslage 7 für einen Flansch in einer Abgasleitung A einer Verbrennungskraftmaschine. Der durch die Zylinder getaktete Auslass von Abgasen versetzt ein Gesamtsystem mecha-

nisch in Schwingungen, sodass sich die jeweiligen Gegenbauteile auch im Bereich einer Flanschverbindung relativ zueinander bewegen. Die in diesen Bereichen verwendeten Dichtungslagen weisen bekanntermaßen kreisförmig um eine Ausnehmung für einen Gaskanal 11 herum geschlossene Sicken 12 auf. Anhand der vergrößerten Darstellung eines Ausschnitts einer Sicken-Dichtungslage in einer Einbausituation gemäß Figur 9 wird deutlich, dass im Wesentlichen die mit strich-punktierte Linie umschlossenen Bereiche der Sicke 12 durch ihre Anlage an den jeweiligen Flanschen 2, 4 im Zuge deren Relativbewegung stark durch Verschleiß belastet werden. Hier wird ein weiteres Mal eine verschleißmindernde Beschichtung einer Dichtungslage 8 mit oberflächlich aufgetragener präkeramischer Beschichtung 3a, 3b vorteilhaft als Verschleißminderung verwendet. Damit wird eine Standzeit einer Sickendichtung auch im hochtemperierten Einsatzfeld einer Abgasleitung mit zusätzlicher mechanischer Schwingungsbelastung deutlich verlängert.

Im Falle einer Verwendung der Beschichtung 3 als abdichtende Schicht ist ein Einsatz auf bzw. an allen Bauteilen denkbar. Sinnvoll ist dies bereits ab einem Einsatz-Temperaturbereich über 150°C. In darunterliegenden Betriebstemperaturbereichen sind andere Systeme bei geringeren Kosten verfügbar und erfüllen das technische Anforderungsprofil ebenso.

Für die reibmindernde bzw. verschleißschützende Variante der Beschichtung 3 bietet sich ein Einsatz in allen Dichtungen 1 mit Relativbewegung an. Ein besonderes Ausführungsbeispiel bietet sich hier bei Federstählen oder Nickelbasislegierungen als tragendem Substrat an, da hierbei die aufgetragene Beschichtung während des Ausscheidungshärtens des Substrats zugleich keramisiert werden kann.

Bezugszeichenliste

- 1 Dichtung
- 2 erster Teil
- 3 Beschichtung
3a, 3b Beschichtung (beidseitig)
- 4 zweiter Teil
- 5 Oberfläche des ersten Teils 2
- 6 Oberfläche des zweiten Teils 4
- 7 Dichtungslage mit Beschichtungen an beiden Oberflächen
- 8 Träger / Metallblech
- 9 Ausnehmung in der Dichtungslage 7 für Zugbolzen oder Verschraubung
- 10 Ausnehmung in der Dichtungslage 7 (Brennkammer)
- 11 Gaskanal
- 12 Sicke, radial geschlossen

- A Abgasleitung
- d Schichtdicke
- Δl jeweilige thermische Längenausdehnung der Bauteile
- x Rautiefe / Unebenheiten des ersten Teils 2
- y Rautiefe / Unebenheiten des zweiten Teils 4

Ansprüche

1. Dichtung (1), bei der mindestens ein erster Teil (2) mit mindestens einer Beschichtung (3) versehen ist, über die der erste Teil (2) mit einem zweiten Teil (4) in einer Einbaulage in Kontakt steht,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Beschichtung (3) in einem Kontaktbereich zwischen dem ersten Teil (2) und dem zweiten Teil (4) aus einem präkeramischen Polymer besteht.
2. Dichtung (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass eine Schichtdicke (d) der Beschichtung (3) aus dem präkeramischen Polymer, die als reibvermindernde Beschichtung (3) ausgebildet ist, zwischen ca. 5 μm bis etwa 35 μm beträgt, vorzugsweise zwischen ca. 10 μm bis etwa 20 μm .
3. Dichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Schichtdicke (d) der Beschichtung (3) aus dem präkeramischen Polymer, die als dichtungsverbessernde Beschichtung (3) ausgebildet ist, zwischen ca. 5 μm bis etwa 35 μm beträgt, vorzugsweise ist die Beschichtung (3) aber nur so dick aufgebracht, sodass die Beschichtung (3) gerade die Unebenheiten (x, y) der Oberfläche (5, 6) mindestens des unbeschichteten Bauteils (4) ausgleicht und damit zwischen ca. 5 μm bis etwa 20 μm liegt.
4. Dichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Material der Beschichtung (3) eine Si-C-N-O Präkeramik ist, welche mit hexagonalem Bornitrid (hBN) aufgefüllt ist, wobei ein Anteil des Füllers bei ca. 5% etwa 50% liegt, vorzugsweise zwischen ca. 10% bis etwa 40%.

5. Dichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (3) beidseitig auf eine Dichtungslage (7) in Form eines metallischen Trägers aufgetragen ist, insbesondere in Form eines Blechs.
6. Verfahren zur Herstellung einer Dichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem mindestens ein erster Teil (2) mit mindestens einer Beschichtung (3) versehen wird, wobei der erste Teil (2) in einer Einbaulage über die Beschichtung (3) mit einem zweiten Teil (4) in Kontakt gebracht wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung (3) unter Verwendung eines präkeramischen Polymers in einem Sprühprozess, oder unter Anwendung eines Roll-Coat-Verfahrens auf ein jeweiliges Substrat bzw. mindestens auf einen in einer Einbaulage später ausgebildeten Kontaktbereich zwischen dem ersten Teil (2) und dem zweiten Teil (4) aufgebracht wird.
7. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (3) bei Verwendung als reibvermindernde oder verschleißschützende Schicht an den Beschichtungsschritt anschließend pyrolysiert wird.
8. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als tragendes Substrat ein Federstahl oder eine Nickelbasislegierung verwendet wird, auf dem eine Beschichtung (3) während des Ausscheidungshärtens keramisiert wird.
9. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (3) bei Verwendung als abdichtende Schicht ohne den Schritt einer Wärmebehandlung ausgeliefert und erst nach einem Einbau in einem Temperaturbereich über 150°C

fortschreitend ausgehärtet, oder eine vorgehärtete Beschichtung (3) im Einsatz weiter ausgehärtet wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (3, 3a, 3b) beidseitig auf eine Dichtungslage (7) in Form eines metallischen Trägers (8) aufgetragen wird.

Fig. 1

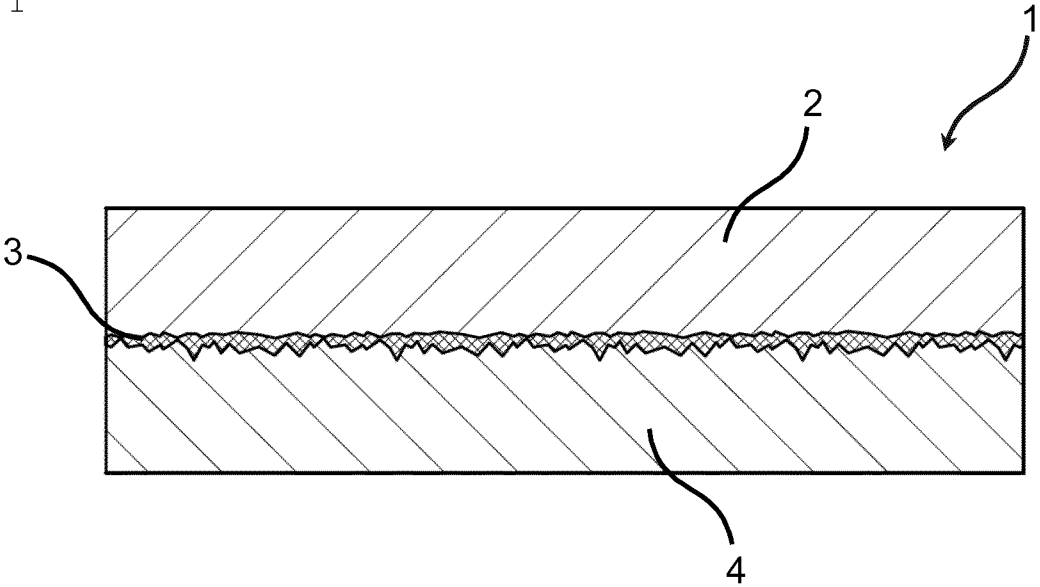


Fig. 2

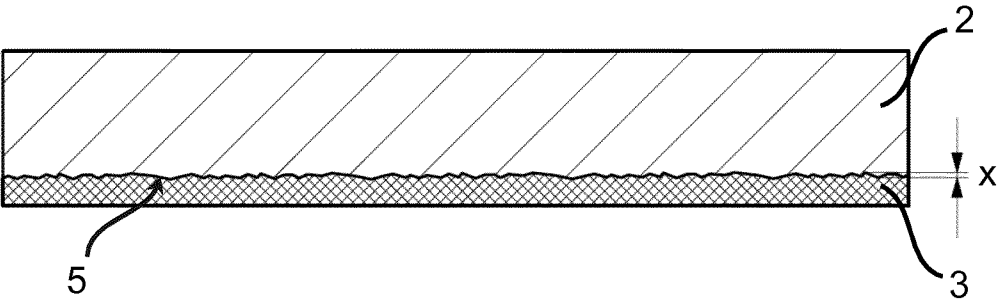


Fig. 3

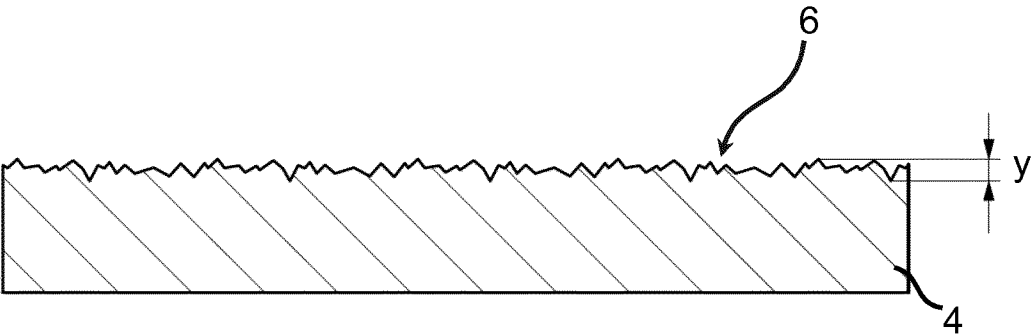


Fig. 4

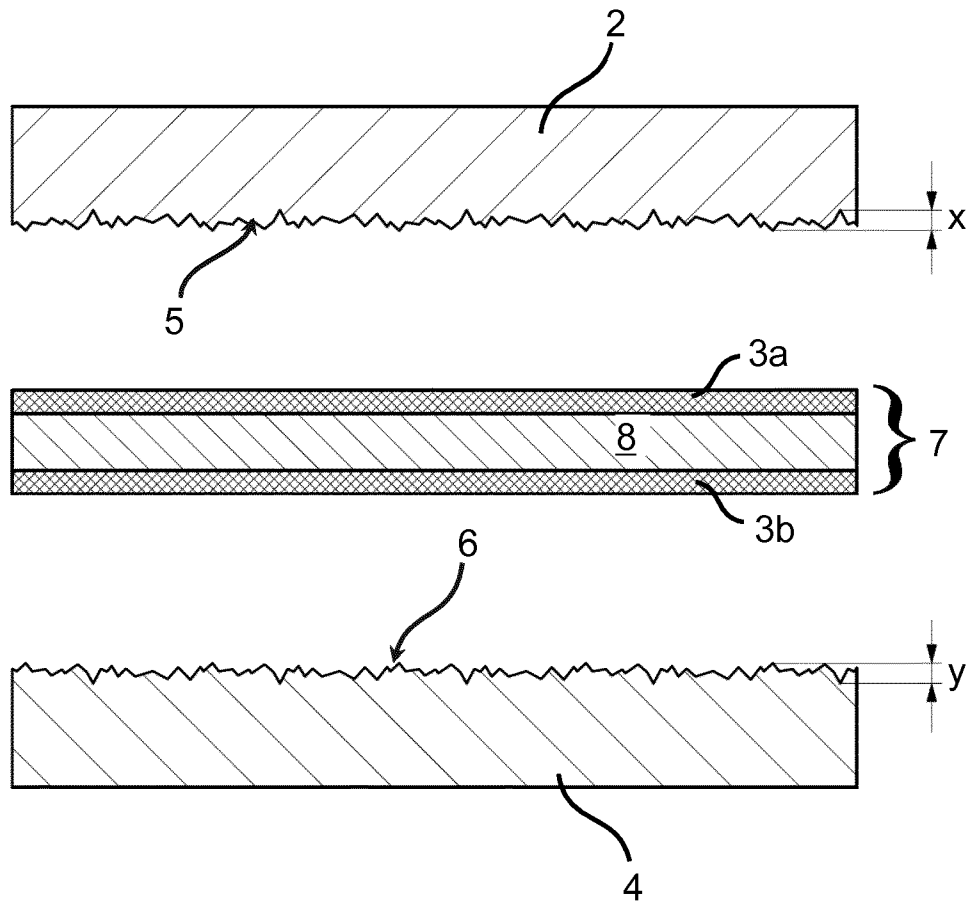


Fig. 5

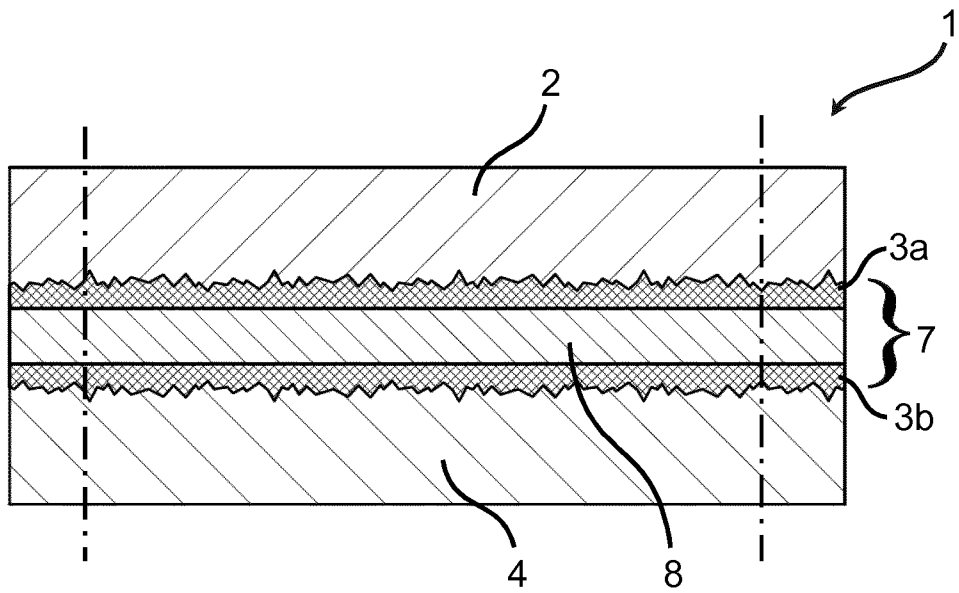


Fig. 6

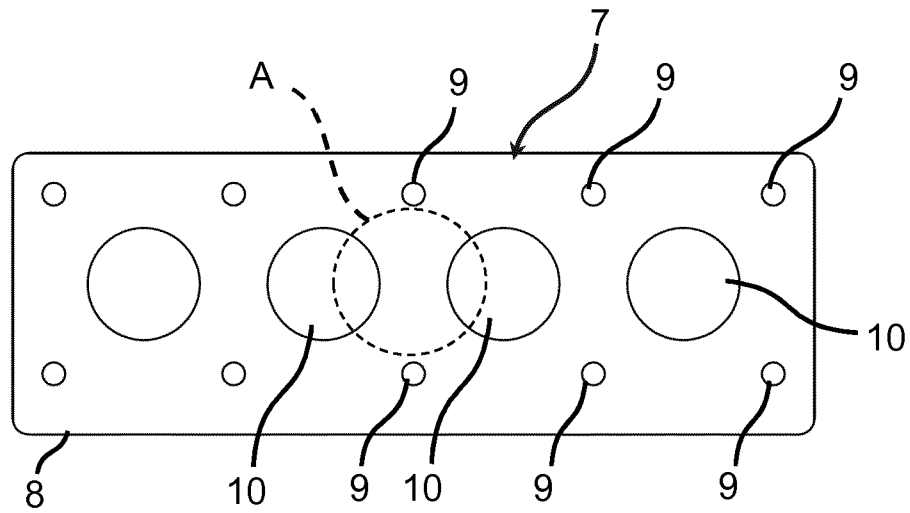


Fig. 7

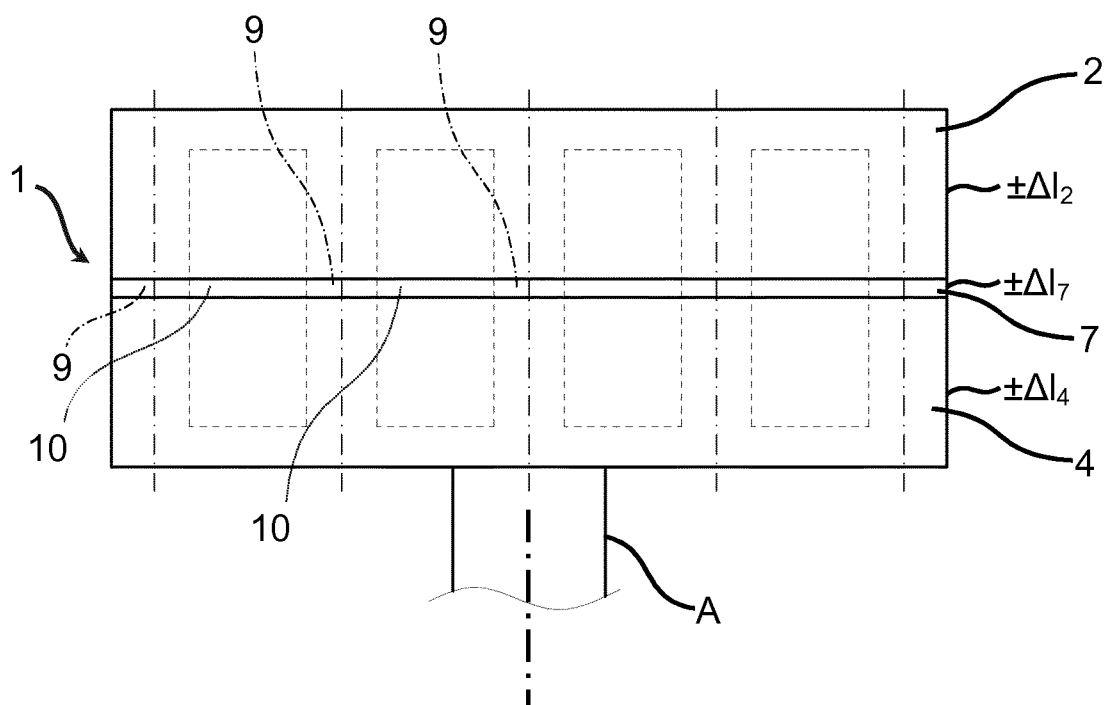


Fig. 8

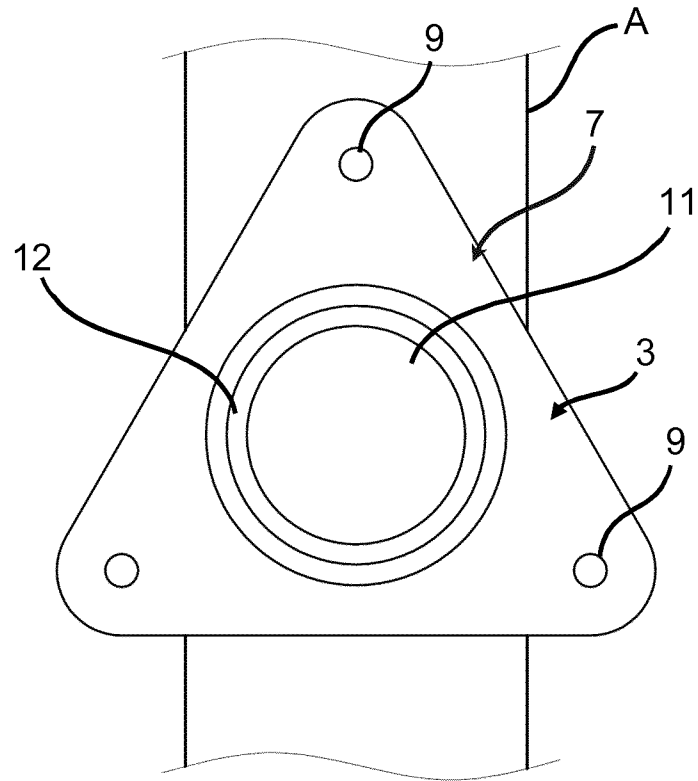
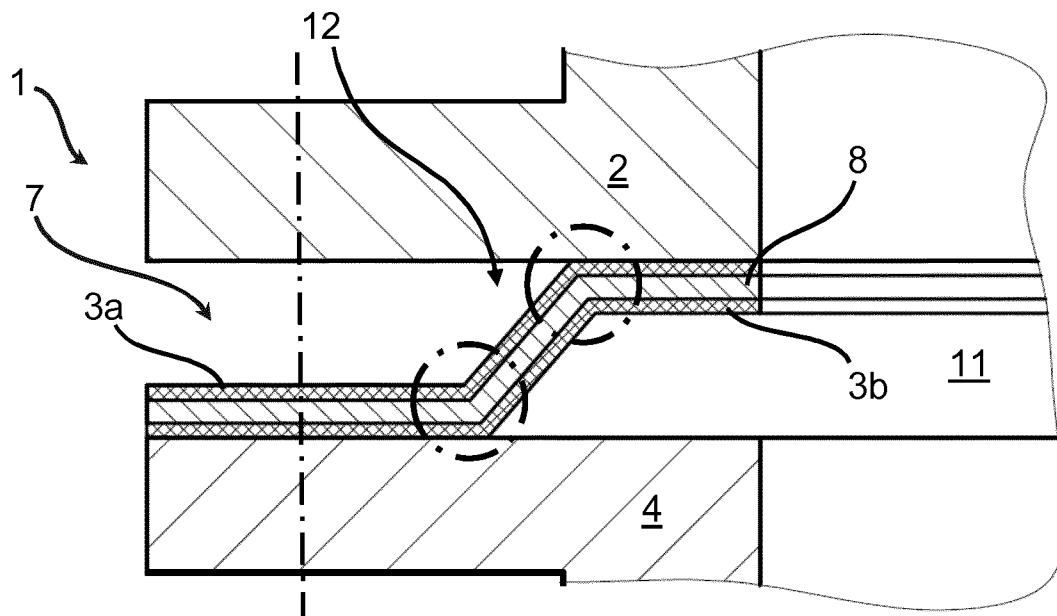


Fig. 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/059630

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F16J15/10
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F16J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 169 185 A (BHATIA YOG R) 25 September 1979 (1979-09-25) column 2, line 35 - column 6, line 36 -----	1-10
X	US 2008/084030 A1 (WILSON JACK W JR [US]) 10 April 2008 (2008-04-10) paragraph [0027] - paragraph [0032]; figures 1-6 -----	1-4,6-8
X	US 2014/352646 A1 (TOMITA TAKAHIRO [JP] ET AL) 4 December 2014 (2014-12-04) paragraph [0069] - paragraph [0087]; figures 1-4a -----	1-3,6,7
X	DE 10 2007 049806 A1 (BULTHAUP GMBH & CO [DE]) 16 April 2009 (2009-04-16) paragraph [0008] - paragraph [0046] -----	1-4,6,7, 9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 June 2017

Date of mailing of the international search report

07/07/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kepka, Maciek

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/059630

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4169185	A	25-09-1979	NONE
US 2008084030	A1	10-04-2008	NONE
US 2014352646	A1	04-12-2014	EP 2821382 A1 07-01-2015 JP W02013129430 A1 30-07-2015 US 2014352646 A1 04-12-2014 WO 2013129430 A1 06-09-2013
DE 102007049806	A1	16-04-2009	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F16J15/10
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F16J

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 169 185 A (BHATIA YOG R) 25. September 1979 (1979-09-25) Spalte 2, Zeile 35 - Spalte 6, Zeile 36 -----	1-10
X	US 2008/084030 A1 (WILSON JACK W JR [US]) 10. April 2008 (2008-04-10) Absatz [0027] - Absatz [0032]; Abbildungen 1-6 -----	1-4,6-8
X	US 2014/352646 A1 (TOMITA TAKAHIRO [JP] ET AL) 4. Dezember 2014 (2014-12-04) Absatz [0069] - Absatz [0087]; Abbildungen 1-4a -----	1-3,6,7
X	DE 10 2007 049806 A1 (BULTHAUP GMBH & CO [DE]) 16. April 2009 (2009-04-16) Absatz [0008] - Absatz [0046] -----	1-4,6,7, 9



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. Juni 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/07/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kepka, Maciek

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/059630

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4169185	A	25-09-1979	KEINE
US 2008084030	A1	10-04-2008	KEINE
US 2014352646	A1	04-12-2014	EP 2821382 A1 07-01-2015 JP W02013129430 A1 30-07-2015 US 2014352646 A1 04-12-2014 WO 2013129430 A1 06-09-2013
DE 102007049806	A1	16-04-2009	KEINE