

(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
05. April 2018 (05.04.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/060322 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: F16C 35/073 (2006.01) F16D 1/08 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/074607
- (22) Internationales Anmeldedatum: 28. September 2017 (28.09.2017)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 16191411.4 29. September 2016 (29.09.2016) EP
- (71) Anmelder: FISCHER ENGINEERING SOLUTIONS AG [CH/CH]; Ernst Fischer-Weg 5, 3360 Herzogenbuchsee (CH).
- (72) Erfinder: STIEGER, Werner; Schlossstrasse 68, 4702 Oensingen (CH). BOLLER, Rolf; Margarethenstrasse 6, 4450 Sissach (CH). HAGER, Simon; Muesmattstrasse 34, 3012 Bern (CH).
- (74) Anwalt: BALLIEL-ZAKOWICZ, Stephan et al.; Hepp Wenger Ryffel AG, Friedtalweg 5, 9500 Wil (CH).
- (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, JO, 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,

(54) Title: ROTATIONAL CONNECTION HAVING CLAMPING SLEEVE

(54) Bezeichnung: ROTATIONSVERBINDUNG MIT SPANNHÜLSE

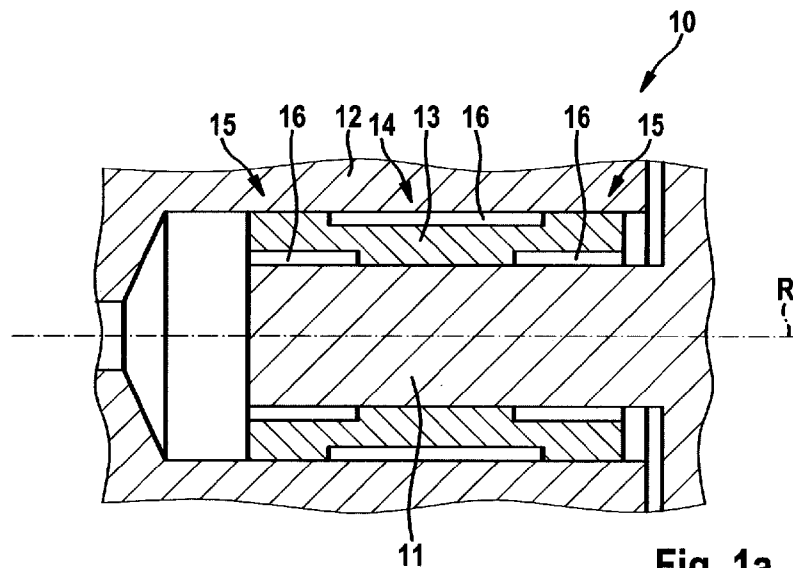


Fig. 1a

(57) Abstract: The invention relates to a rotational connection (10) between parts (11, 12) that can be rotated with one another, including a shaft (11), a rotor (12), at least one clamping sleeve (13; 13'; 13'') clamped between the shaft (11) and the rotor (12) for transmitting torques between the shaft (11) and the rotor (12), in particular from the shaft (11) to the rotor (12). The clamping sleeve (13; 13'; 13'') releases a radial gap (16) between the shaft (11) and the rotor (12) with rotation in at least one speed range, in at least one, preferably in every sectional plane perpendicular to an axis of rotation (R) of the shaft (11) and the rotor (12). The rotor (12) is retained on the shaft (11) exclusively by the clamping sleeve (13; 13'; 13''). The invention also relates to a method for operating a rotational connection (10) of this type, a clamping sleeve (13; 13'; 13'') for a rotational connection (10) of this type, and a method for producing a rotational



WO 2018/060322 A1

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.

(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)

connection (10) of this type.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Rotationsverbindung (10) zwischen miteinander rotierbaren Teilen (11, 12), enthaltend eine Welle (11), einen Rotor (12), mindestens eine in radialer Richtung zwischen der Welle (11) und dem Rotor (12) eingespannte Spannhülse (13; 13'; 13'') zum Übertragen von Drehmomenten zwischen der Welle (11) und dem Rotor (12), insbesondere von der Welle (11) auf den Rotor (12). Die Spannhülse (13; 13'; 13'') lässt bei Rotation in zumindest einem Drehzahlbereich in wenigstens einer, bevorzugt in jeder zu einer Rotationsachse (R) der Welle (11) und des Rotors (12) senkrechten Schnittebene einen radialen Spalt (16) zwischen Welle (11) und Rotor (12) frei. Der Rotor (12) ist ausschliesslich von der Spannhülse (13; 13'; 13'') an der Welle (11) gehalten. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Rotationsverbindung (10), eine Spannhülse (13; 13'; 13'') für eine solche Rotationsverbindung (10) sowie ein Verfahren zum Herstellen einer solchen Rotationsverbindung (10).

Rotationsverbindung mit Spannhülse

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Rotationsverbindung zwischen miteinander rotierbaren Teilen, ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Rotationsverbindung, eine Spannhülse für eine Rotationsverbindung und ein Verfahren zum Herstellen einer Rotationsverbindung.

Gattungsgemässe Rotationsverbindungen zwischen einer Welle und einem Rotor werden beispielsweise in elektrischen Maschinen oder in Verdichtern oder Turbinen verwendet, wobei der Rotor durch beispielsweise ein Verdichter- oder Turbinenrad gebildet ist. Die Welle kann beispielsweise unmittelbar mit dem Rotor verbunden werden, wofür im Stand der Technik etwa eine Pressverbindung eingesetzt wird. Weiterhin ist es bekannt, zwischen den genannten Bauteilen eine Hülse vorzusehen.

In der DE 28 34 834 A1 sind beispielsweise elektrische Maschinen mit einer in zwei Lagern gelagerten Läuferwelle offenbart. In einem Ausführungsbeispiel ist eine Dämpfungshülse vorgesehen, die in radialer Richtung zwischen einem Wellenende und einem Innenring eines Kugellagers angeordnet ist und die als schwingungsdämpfendes Element dient.

Das Dokument US 3,146,635 befasst sich mit dem Eliminieren von Unwuchten in Welle-Rotor-Verbindungen. Offenbart ist eine Turboverdichtereinheit mit einer Welle, an der ein Turbinenrotor mit Schaufeln und ein Verdichterrotor mit Schaufeln befestigt sind. Die Befestigung erfolgt durch eine axiale Klemmung, die mit Hilfe von Spannmuttern erreicht wird. Zwischen Welle und Rotoren sind zwei Hülsen angeordnet, die in die Rotoren eingeschrumpft und auf die Welle aufgepresst sind. Die Hülsen verfügen über kragenförmige Stege, an denen die Hülsen nach innen und nach aussen an der Welle und den Rotoren festgelegt sind. Hier-

durch sollen Unwuchten unabhängig von der Drehgeschwindigkeit und der Temperatur verhindert werden.

Vor allem in äusserst schnell rotierenden Systemen besteht häufig das Problem, dass im Betrieb aufgrund von Fliehkräften zwischen Welle und Rotor keine ausreichenden Radialkräfte mehr bestehen, um die erforderlichen Drehmomente übertragen zu können, oder dass Welle und Rotor sogar ganz ausser Kontakt geraten. Dies wird gelegentlich als „Abheben“ bezeichnet. Auch bei hohen Temperaturbeanspruchungen kann ein derartiges Abheben auftreten, beispielsweise wenn Welle und Rotor verschiedenen Temperaturen ausgesetzt sind und/oder verschiedene Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen. Um das Abheben zu vermeiden, muss oftmals auf bestimmte Kombination von Materialien der Welle und des Rotors verzichtet werden, die aus anderen Gründen vorteilhaft wären. Von besonderer Relevanz ist bei hohen Drehzahlen auch eine möglichst exakte Zentrierung des Rotors und der Welle relativ zueinander, sodass Unwuchten vermieden werden können.

Die Hülsen der in US 3,146,635 offenbarten Systeme sind nicht zur Übertragung von Drehmomenten geeignet, insbesondere nicht bei hohen Fliehkräften und/oder Temperaturen und/oder Temperaturunterschieden. Stattdessen wird in US 3,146,635 eine Spannmutter verwendet, mit der die Welle und der Rotor zur Übertragung von Drehmomenten miteinander verspannt werden. Diese Konstruktion erlaubt jedoch keine präzise Ausrichtung des Rotors relativ zur Welle. Zudem ist erforderlich sie eine axiale Befestigung und damit eine fest vorgegebene axiale Position.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Rotationsverbindung zwischen zwei miteinander rotierenden Teilen bereitzustellen, die die oben genannten Nachteile nicht aufweist. Insbesondere sollen also Drehmomente übertragen und das Abheben verhindert werden, und zwar selbst wenn hohe Drehzahlen und/oder Temperaturen und/oder Temperaturunterschiede zwischen Welle und

Rotor herrschen. Dabei soll eine möglichst freie, aber dennoch exakte Positionierung ermöglicht werden, und zwar sowohl eine axiale Positionierung als auch eine Zentrierung zur Vermeidung von Unwuchten. Ausserdem sollen Kombinationen der Materialien von Welle und Rotor und auch Temperaturbereiche zugänglich gemacht werden, die mit einer reinen Pressverbindung und auch mit einer zusätzlichen Sicherung mit Hilfe von Gewinden nicht möglich wären. Auch die Montage im Serienprozess soll möglichst vereinfacht werden.

In einem ersten Aspekt der Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch eine Rotationsverbindung zwischen miteinander rotierbaren Teilen, die eine Welle, einen Rotor und mindestens eine Spannhülse enthält. Als Rotor wird hier und im Folgenden jegliches um eine Rotationsachse rotierbare Bauteil angesehen; der Begriff ist also nicht beschränkt auf einen von einem Motor angetriebenen Rotor. Die Spannhülse ist in radialer Richtung zwischen der Welle und dem Rotor eingespannt. Dabei können sich in zumindest einem axialen Bereich die Welle radial innerhalb der Spannhülse und der Rotor radial ausserhalb der Spannhülse befinden. Alternativ können sich in zumindest einem axialen Bereich der Rotor radial innerhalb der Spannhülse befinden und die Welle radial ausserhalb der Spannhülse.

Die Spannhülse lässt zumindest bei Rotation in zumindest einem Drehzahlbereich in wenigstens einer, bevorzugt in jeder zu einer Rotationsachse der Welle und des Rotors senkrechten Schnittebene einen radialen Spalt zwischen Welle und Rotor frei. Ein solcher radialer Spalt kann auch beim Stillstand freigelassen sein. Es liegt aber ebenso im Rahmen der Erfindung, dass beim Stillstand oder bei geringen Drehzahlen kein solcher radialer Spalt freigelassen wird, sofern in zumindest einem Drehzahlbereich ein solcher radialer Spalt freigelassen wird. Der genannte Drehzahlbereich kann beispielsweise ein Bereich von 10'000 U/min bis

1'000'000 U/min, bevorzugt von 50'000 U/min bis 600'000 U/min, besonders bevorzugt von 80'000 U/min bis 400'000 U/min sein.

Das genannte Ausbleiben eines radialen Spaltes im Stillstand kann beispielsweise dann auftreten, wenn Welle, Spannhülse und Rotor in einer Presspassung hergestellt wurden. So können etwa Welle, Spannhülse und Rotor bei der Herstellung unterschiedlich geschrumpft werden. Beispielsweise kann sich der Rotor beim Schrumpfen stärker zusammenziehen als die Spannhülse. Die Presspassung kann durch eine plastische Verformung oder durch Lastzyklen hervorgerufen werden.

Der genannte radiale Spalt kann dabei in einzelnen axialen Abschnitten der Spannhülse zwischen Welle und Spannhülse und/oder zwischen Spannhülse und Rotor und/oder zwischen radialen Abschnitten der Spannhülse vorliegen.

Aufgrund der Ausbildung und Anordnung der Spannhülse kann das Abheben selbst unter vergleichsweise hohen Drehzahl- und Temperaturbeanspruchungen wirkungsvoll verhindert werden, so dass auch unter diesen Bedingungen zuverlässig Drehmomente übertragen werden können. Ein Abheben wird nämlich dadurch verhindert, dass sich die Spannhülse verformen kann, wobei sich die Breite des zwischen Welle und Rotor gebildeten radialen Spaltes in Abhängigkeit von Temperatur und Fliehkraft ändern kann. Somit können elastische Verformungen von Welle und/oder Rotor kompensiert werden, und die Radialkräfte zwischen Welle und Rotor sind ausreichend, um Drehmomente zwischen Welle und Rotor übertragen zu können. Weiterhin sind gewisse Kombinationen von Materialien des Rotors und der Welle möglich, die sich mit einer reinen Pressverbindung nicht erreichen liessen. Dies erweitert die Möglichkeiten für den Einsatz neuer Materialkombinationen erheblich. Zudem kann durch die Spannhülse eine federnde Verbindung zwischen Welle und Rotor erreicht werden, was der Reduktion von Spannungen in den Bauteilen dienen kann.

Erfindungsgemäss ist die Spannhülse zum Übertragen von Drehmomenten zwischen der Welle und dem Rotor derart ausgebildet und angeordnet ist, dass der Rotor ausschliesslich von der Spannhülse an der Welle gehalten ist. Insbesondere kann die Spannhülse zum Übertragen von Drehmomenten von der Welle auf den Rotor ausgebildet sein. Alternativ ist es natürlich auch möglich, dass mit Hilfe der Spannhülse Drehmomente vom Rotor auf die Welle übertragen werden, oder dass in verschiedenen Betriebszuständen wahlweise Drehmomente von der Welle auf den Rotor oder vom Rotor auf die Welle übertragen werden.

Eine zusätzliche axiale Klemmung und eine Spannmutter, wie sie beispielsweise in US 3,146,635 verwendet werden müssen, erübrigen sich daher. Ferner ist eine in gewissen Grenzen freie, aber dennoch exakte axiale Positionierung des Rotors relativ zur Welle möglich. Diese Tatsache erlaubt es zum Beispiel, ein Verdichterrad auf einer Welle in einer genauen Position in Relation zu einer statischen Volute aussen zu positionieren, um ein mechanisches Abstimmen während des Montageprozesses zu eliminieren.

Abgesehen von der Form unterscheidet sich die erfindungsgemässe Spannhülse von der Dämpfungshülse der oben genannten DE 28 34 834 A1 auch dadurch, dass sie eine präzise Verbindung ermöglicht, sodass insbesondere eine exakte Zentrierung zwischen Welle und Rotor ermöglicht wird. Zudem ist die erfindungsgemässe Spannhülse zur Übertragung weitaus höherer Drehmomente geeignet als die Dämpfungshülse der DE 28 34 834 A1. Auch die erfindungsgemässe Spannhülse kann als sekundäre Funktion eine gewisse Dämpfung aufweisen, die sich durch eine entsprechende Geometrie- und Materialwahl ergeben kann.

Mit besonderem Vorteil ist die Spannhülse derart ausgebildet und angeordnet, dass Drehmomente zwischen der Welle und dem Rotor ausschliesslich von der Spannhülse übertragbar sind. Auch durch diese Massnahme erübrigen sich eine axiale Klemmung und eine zu-

sätzliche Spannmutter, wie sie beispielsweise in US 3,146,635 verwendet werden muss.

Die Spannhülse kann beispielsweise zwischen der Welle und dem Rotor in dem oben genannten Drehzahlbereich ein Drehmoment übertragen, das mindestens 15 Nm, bevorzugt mindestens 50 Nm, besonders bevorzugt mindestens 500 Nm beträgt.

Bevorzugt weist die Spannhülse mindestens einen ersten axialen Abschnitt und mindestens einen zweiten axialen Abschnitt auf, wobei sie im ersten axialen Abschnitt nur an der Welle anliegt, nicht aber auch am Rotor, und im zweiten axialen Abschnitt nur am Rotor anliegt, nicht aber auch an der Welle. Dieser Aufbau ist zum einen recht einfach und erlaubt zum anderen eine vorteilhafte Einstellung der Breite des radialen Spaltes, sodass die minimale zum Übertragen von Drehmomenten erforderliche Radialkraft in einem möglichst hohen Drehzahlbereich garantiert werden kann. Alternativ sind auch Ausführungsformen denkbar und von der Erfindung erfasst, bei denen die Spannhülse entlang ihrer gesamten axialen Länge sowohl an der Welle als auch am Rotor anliegt, sofern die Spannhülse selbst in zumindest einer zur Rotationsachse senkrechten Schnittebene unter Betriebsbedingungen einen radialen Spalt aufweist.

Erreicht werden kann dies beispielsweise, wenn die Welle zumindest in einem axialen Bereich radial innerhalb der Spannhülse angeordnet ist, die Spannhülse zumindest in einem axialen Bereich radial innerhalb des Rotors angeordnet ist, ein Innendurchmesser des ersten axialen Abschnitts kleiner als ein Innendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts ist und ein Aussendurchmesser des ersten axialen Abschnitts kleiner als ein Aussendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts ist. Hierzu können ein Aussenumfang der Welle und/oder ein Innenumfang des Rotors zumindest in einem axialen Bereich zylinderförmig sein.

Alternativ dazu können die Welle zumindest in einem axialen Bereich radial ausserhalb der Spannhülse angeordnet sein, die Spannhülse zumindest in einem axialen Bereich radial ausserhalb des Rotors angeordnet sein, ein Innendurchmesser des ersten axialen Abschnitts grösser als ein Innendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts sein und ein Aussendurchmesser des ersten axialen Abschnitts grösser als ein Aussendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts sein. Hierzu können ein Innenumfang der Welle und/oder ein Aussenumfang des Rotors zumindest in einem axialen Bereich zylinderförmig sein.

In einigen Ausführungsformen sind der mindestens eine erste axiale Abschnitt und/oder der mindestens eine zweite Abschnitt im Wesentlichen zylindermantelförmig ausgebildet. In anderen Ausführungsformen sind der mindestens eine erste axiale Abschnitt und/oder der mindestens eine zweite axiale Abschnitt im Wesentlichen kegelmantelförmig ausgebildet. Kegelmantelförmige Ausführungen weisen Vorteile in der Herstellung und Montage auf. Durch die Kegelform können Toleranzfelder erweitert werden, was Kosten sparen kann.

Zwischen dem mindestens einen ersten axialen Abschnitt und dem mindestens einen zweiten axialen Abschnitt kann ein Verbindungsabschnitt vorgesehen sein, der weder an der Welle noch am Rotor anliegt. Ein solcher Verbindungsabschnitt kann für eine federnde Verbindung zwischen Welle und Rotor sorgen. Auch der Verbindungsabschnitt kann beispielsweise zylindermantelförmig oder kegelmantelförmig ausgebildet sein. Durch einen kegelmantelförmigen Verbindungsabschnitt kann eine höhere radiale Elastizität erreicht werden. In einigen Ausführungsformen kann der Verbindungsabschnitt auch eben ausgebildet sein, insbesondere eben und ringförmig.

In einigen Ausführungsformen können der mindestens eine erste axiale Abschnitt und der mindestens eine zweite axiale Abschnitt

sowie gegebenenfalls der mindestens eine Verbindungsabschnitt im Wesentlichen die gleiche Dicke aufweisen, was eine einfache Herstellung erlaubt.

In einer ersten besonders bevorzugten Ausführungsform befindet sich ein erster axialer Abschnitt, in dem die Spannhülse nur an der Welle anliegt (nicht aber auch am Rotor), in einem axial mittleren Abschnitt der Spannhülse. Zwei zweite axiale Abschnitte, in denen die Spannhülse nur am Rotor anliegt (nicht aber auch an der Welle), befinden sich in zwei axialen Endabschnitten der Spannhülse. In diesen Endabschnitten ist nämlich die Aufweitung des Rotors aufgrund von Fliehkräften und Erwärmung in der Regel geringer als in dem axial dazwischen liegenden Abschnitt. Durch den nur im axial mittleren Abschnitt bestehenden Kontakt der Spannhülse mit der Welle kann eine Federung der Spannhülse in radialer Richtung gewährleistet werden.

Die Rotationsverbindung kann auch mehr als eine Spannhülse aufweisen. In einer zweiten besonders bevorzugten Ausführungsform weist die Welle einen ersten axialen Abschnitt mit einem ersten Durchmesser und einen zweiten axialen Abschnitt mit einem zweiten, grösseren Durchmesser auf. Eine erste Spannhülse kann dabei in einem axialen Abschnitt nur an der Welle anliegen (nicht aber auch am Rotor) und in einem zweiten axialen Abschnitt nur am Rotor anliegen (nicht aber auch an der Welle). Eine zweite Spannhülse kann in einem ersten axialen Abschnitt nur an der Welle anliegen (nicht aber auch am Rotor) und in einem zweiten axialen Abschnitt nur am Rotor anliegen (nicht aber auch an der Welle). Diese Ausführungsform ermöglicht eine stabilere Anbindung, was zu einer besseren Drehzahleignung führt. Zusätzlich vereinfacht diese Konstruktion auch die Fertigung. Weiterhin werden unterschiedliche Durchmesser erreicht, was zusätzliche geometrische Freiheitsgrade ergibt und auch eine kompaktere Bauweise ermöglicht.

Der erste axiale Abschnitt der ersten Spannhülse, der nur an der Welle anliegt, kann dem zweiten Abschnitt der Welle zugewandt sein, und der zweite axiale Abschnitt der ersten Spannhülse, der nur am Rotor anliegt, kann dem zweiten Abschnitt der Welle abgewandt sein. Umgekehrt ist es auch möglich, dass der erste axiale Abschnitt der ersten Spannhülse, der nur an der Welle anliegt, dem zweiten Abschnitt der Welle abgewandt ist, und der zweite axiale Abschnitt der ersten Spannhülse, der nur am Rotor anliegt, dem zweiten Abschnitt der Welle zugewandt ist.

Unabhängig davon kann der erste axiale Abschnitt der zweiten Spannhülse, der nur an der Welle anliegt, dem ersten Abschnitt der Welle zugewandt sein, und der zweite axiale Abschnitt der zweiten Spannhülse, der nur am Rotor anliegt, kann dem ersten Abschnitt der Welle abgewandt sein; oder der erste axiale Abschnitt der zweiten Spannhülse, der nur an der Welle anliegt, kann dem ersten Abschnitt der Welle abgewandt sein, und der zweite axiale Abschnitt der zweiten Spannhülse, der nur am Rotor anliegt, kann dem ersten Abschnitt der Welle zugewandt sein.

Bildet einer der genannten ersten und zweiten axialen Abschnitte einen axialen Endabschnitt der Spannhülse, so kann dieser Abschnitt das Verrutschen der Spannhülse in nur einer axialen Richtung verhindern. Bildet einer der genannten ersten und zweiten axialen Abschnitte hingegen einen axial mittleren Abschnitt der Spannhülse, so kann in diesem Abschnitt eine weiter unten noch im Detail beschriebene Einkerbung gebildet sein.

In einigen Ausführungsformen enthält die Spannhülse nur einen einzigen ersten axialen Abschnitt, der in einem ersten axialen Endabschnitt der Spannhülse angeordnet ist, und auch nur einen einzigen zweiten axialen Abschnitt, der in einem dem ersten Endabschnitt gegenüberliegenden zweiten Endabschnitt angeordnet ist. Diese Ausführungsform ist baulich besonders einfach.

In weiteren Ausführungsformen kann die Spannhülse einen axial mittleren Abschnitt, einen am Rotor anliegenden ersten radialen Abschnitt und einen an der Welle anliegenden zweiten radialen Abschnitt enthalten, wobei im axial mittleren Abschnitt zwischen dem ersten radialen Abschnitt und dem zweiten radialen Abschnitt mindestens ein Spalt gebildet ist. Hier enthält die Spannhülse selbst die erfindungsgemässen radialen Spalte.

In einem weiteren besonderen Ausführungsbeispiel enthält die Spannhülse mindestens zwei axiale hülsenförmige Bereiche, die über jeweils einen ersten axialen Abschnitt verfügen, in dem die Spannhülse nur an der Welle anliegt, und über einen zweiten axialen Abschnitt, in dem die Spannhülse nur am Rotor anliegt. Insbesondere kann die Spannhülse einen ersten axialen hülsenförmigen Bereich und einen zweiten axialen hülsenförmigen Bereich aufweisen, die über einen flanschförmigen Verbindungsbereich miteinander verbunden sein können.

Der erste axiale Bereich der Spannhülse kann über einen dem zweiten axialen Bereich zugewandten ersten hülsenförmigen Abschnitt verfügen, in dem die Spannhülse nur an der Welle anliegt, und über einen vom zweiten axialen Bereich abgewandten zweiten hülsenförmigen Abschnitt, in dem die Spannhülse nur am Rotor anliegt. Analog kann der zweite Bereich der Spannhülse über einen dem ersten axialen Abschnitt zugewandten ersten hülsenförmigen Abschnitt verfügen, in dem die Spannhülse nur an der Welle anliegt, und über einen vom ersten axialen Bereich abgewandten zweiten hülsenförmigen Abschnitt, in dem die Spannhülse nur am Rotor anliegt. Der Aussendurchmesser des zweiten Abschnitts des ersten axialen Bereichs kann kleiner sein als der Aussendurchmesser des ersten Abschnitts des zweiten axialen Bereichs (und damit auch kleiner als der Aussendurchmesser des zweiten Abschnitts des zweiten axialen Bereichs), insbesondere sogar kleiner als der Innendurchmesser des ersten Abschnitts des

zweiten axialen Bereichs. Diese Ausführungsform ist besonders geeignet, wenn sowohl der Aussenumfang der Welle als auch der Innenumfang des Rotors eine Stufenform aufweisen.

Die oben genannten erfindungsgemässen Vorteile können durch geeignete Wahl der Materialien der Welle und des Rotors, insbesondere im Hinblick auf deren Elastizitätsmodule, Wärmeausdehnungskoeffizienten, spezifische Wärmeleitfähigkeiten, Dichten und/oder Festigkeiten sowie die Reibungsverhältnisse zwischen den Materialien, weiter verstärkt werden.

Wie oben bereits erwähnt wurde, können die Welle und der Rotor aus verschiedenen Materialien bestehen. Insbesondere können sie verschiedene Elastizitätsmodule und/oder verschiedene Wärmeausdehnungskoeffizienten und/oder verschiedene spezifische Wärmeleitfähigkeiten und/oder verschiedene Dichten und/oder verschiedene Festigkeiten, insbesondere verschiedene Zugfestigkeiten und/oder verschiedene Streckgrenzen, und/oder verschiedene elektrische Leitfähigkeiten und/oder verschiedene Magnetisierbarkeiten besitzen. Verschiedene Elastizitätsmodule und/oder Dichten können unter dem Einfluss von Fliehkräften ohne erfindungsgemässe Spannhülse zu einem Abheben führen. Mit der erfindungsgemässen Spannhülse kann dies jedoch vermieden werden. Wenn die Welle und der Rotor verschiedene Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, ist es vorteilhaft, wenn die Spannhülse einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, der zwischen denen der Welle und des Rotors liegt, da hierdurch ein vorteilhafter Ausgleich zwischen den Wärmeausdehnungen der Welle und des Rotors erreicht werden kann. Unterschiedliche spezifische Wärmeleitfähigkeiten können zum Beispiel vorteilhaft sein, um eine heisse Turbine thermisch zu isolieren. Umgekehrt können verschiedene spezifische Wärmeleitfähigkeiten für eine optimierte Wärmeableitung sorgen. Insgesamt können aufgrund der erfindungsgemässen Spannhülse also sehr unterschiedliche Werkstoffe für Welle und

Rotor zum Einsatz kommen, die die genannten Vorteile bewirken können.

Natürlich ist es auch denkbar und liegt im Rahmen der Erfindung, dass die Welle und der Rotor aus dem gleichen Material bestehen. Dabei ist es denkbar und liegt im Rahmen der Erfindung, dass die Welle und der Rotor aus an sich gleichen Materialien mit verschiedenen Eigenschaften bestehen. An sich gleiche Materialien mit verschiedenen Eigenschaften können beispielsweise durch verschiedene Arten der Herstellung und/oder Bearbeitung erhalten werden, etwa durch Weichglühen, Schäumen und/oder Lasersintern.

Beispielsweise kann die Welle eine Keramik enthalten oder daraus bestehen, und der Rotor kann Aluminium, eine Aluminiumlegierung, Titan, eine Titanlegierung oder Chromstahl enthalten oder daraus bestehen. Dabei kann die Aluminiumlegierung oder die Titanlegierung eine pulvermetallurgische und/oder eine sintermetallische Verbindung sein. Insbesondere wenn der Rotor ein Turbinenrad ist, kann auch er eine Keramik enthalten oder daraus bestehen.

Alternativ kann die Welle beispielsweise ein Hartmetall, einen Kunststoff, Stahl oder Titan enthalten oder daraus bestehen, und der Rotor kann einen Kunststoff enthalten oder daraus bestehen, wie beispielsweise Polyimid (wie etwa Torlon[®]) oder PEEK (Polyetheretherketon). Optional kann der Kunststoff auch faserverstärkt sein.

Weiterhin ist es auch möglich, dass die Welle eine Keramik enthält oder daraus besteht und der Rotor einen Kunststoff enthält oder daraus besteht. Ausserdem ist es möglich, dass die Welle ein Hartmetall enthält oder daraus besteht und der Rotor Aluminium enthält oder daraus besteht.

Die Welle, die Spannhülse und der Rotor können auf vielfältige Weise miteinander verbunden sein, nämlich beispielsweise durch eine Schrumpfverbindung und/oder durch eine Pressverbindung

und/oder durch eine Klebeverbindung und/oder durch eine Lötverbindung und/oder durch eine Schweissverbindung und/oder durch eine Rändelverbindung und/oder durch eine Klemmverbindung und/oder durch eine Kristallisationsverbindung und/oder durch eine Polygonverbindung und/oder durch hydraulisches Aufpressen und/oder durch eine Kunststoffgussverbindung und/oder durch eine Lasersinterverbindung. Bevorzugt sind die Welle, die Spannhülse und der Rotor ausschliesslich durch eine dieser Verbindungen oder eine beliebige Kombination dieser Verbindungen miteinander verbunden.

Die Schrumpfverbindung kann dabei mit oder ohne thermischen Einfluss hergestellt sein. Eine Schrumpf- oder Pressverbindung erlaubt eine sehr gut reproduzierbare Vorspannung zwischen Welle und Rotor, da die Teile geometrisch genau gefertigt werden können. Im Gegensatz dazu haben beispielsweise bei Schraubverbindungen die Reibkoeffizienten einen grösseren Einfluss.

Mit besonderem Vorteil ist die Spannhülse derart ausgebildet und zwischen der Welle und dem Rotor eingespannt, dass zwischen der Welle und dem Rotor eine Koaxialität von weniger als 50 μm , bevorzugt weniger als 10 μm , besonders bevorzugt weniger als 2 μm vorliegt. Die Koaxialität wird hier und im Folgenden im Sinne von Abschnitt 18.13.2 der Norm ISO 1101:2012(E) verstanden. Derart geringe Koaxialitäten, die vor allem bei hohen Drehzahlen von besonderer Relevanz sind, können mit den erfindungsgemässen Spannhülsen erreicht werden.

Der Rotor der erfindungsgemässen Rotationsverbindung kann als Verdichterrad ausgebildet sein, insbesondere als Radialverdichterrad. Alternativ kann er als Turbinenrad, insbesondere als Radialturbinenrad ausgebildet sein. Weiterhin kann er als Rotor einer elektrischen Maschine, insbesondere eines Motors oder eines Generators, als Rotor eines Kupplungssystems, insbesondere

einer Magnetkupplung, oder als Schwungrad, insbesondere eines kinetischen Speichers, ausgebildet sein.

In einigen Ausführungsformen kann die Spannhülse mindestens eine insbesondere radial oder axial verlaufende Einkerbung zur Positionierung der Spannhülse zwischen dem Rotor und der Welle aufweisen. Insbesondere kann eine solche Einkerbung zur Positionierung in axialer Richtung vorteilhaft sein und/oder ein Verdrehen um die Rotationsachse herum verhindern. Die Einkerbung kann an einer Innenseite oder an einer Aussenseite der Spannhülse angeordnet sein. Natürlich ist es auch denkbar, dass die Spannhülse sowohl an ihrer Innenseite als auch ihrer Aussenseite jeweils mindestens eine Einkerbung aufweist. Durch irreversible plastische Deformation des Materials der Welle und/oder des Rotors kann dieses Material in die Einkerbung eindringen und somit für die genannte Positionierung sorgen. Alternativ oder zusätzlich kann auch die Welle an ihrer Aussenseite und/oder kann der Rotor an seiner Innenseite mindestens eine insbesondere radial oder axial verlaufende Einkerbung zur Positionierung der Spannhülse zwischen dem Rotor und der Welle aufweisen. Die genannten Einkerbungen können optional mit einem Klebstoff versehen werden, um ein axiales oder radiales Verrutschen zu verhindern.

Insbesondere wenn der Rotor der Rotor einer elektrischen Maschine ist, kann es vorteilhaft sein, wenn dieser Rotor als Magnet, insbesondere als Rundmagnet ausgeführt ist.

Die Spannhülse sollte bevorzugt eine gewisse Elastizität aufweisen, um die oben erläuterten vorteilhaften Effekte besonders gut bewirken zu können. Beispielsweise kann sie Stahl (insbesondere 100Cr6, INCONEL® oder Chromstahl), Titan, eine Titanlegierung, Aluminium, eine Aluminiumlegierung oder einen Kunststoff (insbesondere einen faserverstärkte Kunststoff) enthalten oder daraus bestehen. Sie kann beispielsweise durch Drehen, Pressen, Tiefziehen, Schleifen, Giessen, Lasersintern, Schweißen, Beschich-

ten oder Stanzen oder beliebige Kombinationen davon hergestellt werden. Eine Spannhülse aus Kunststoff kann beispielsweise durch Spritzgiessen hergestellt werden.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Spannhülse für eine wie oben beschriebene Rotationsverbindung an sich. Diese Spannhülse dient also zum Einspannen zwischen einer Welle und einem Rotor und zum Übertragen von Drehmomenten zwischen der Welle und dem Rotor, insbesondere von der Welle auf den Rotor. Erfindungsgemäss lässt die Spannhülse bei Rotation in zumindest einem Drehzahlbereich in wenigstens einer, bevorzugt in jeder zu einer Rotationsachse der Welle und des Rotors senkrechten Schnittebene einen radialen Spalt zwischen Welle und Rotor frei.

Wie oben bereits erläutert wurde, ist es von Vorteil, wenn die Spannhülse mindestens eine insbesondere radial oder axial verlaufende Einkerbung zur Positionierung der Spannhülse zwischen dem Rotor und der Welle aufweist. Die Einkerbung kann an einer Innenseite oder an einer Aussenseite der Spannhülse angeordnet sein. Natürlich ist es auch denkbar, dass die Spannhülse sowohl an ihrer Innenseite als auch ihrer Aussenseite jeweils mindestens eine Einkerbung aufweist.

Zum oben bereits erläuterten Zweck kann die Spannhülse mindestens einen ersten axialen Abschnitt und mindestens einen zweiten axialen Abschnitt aufweisen, wobei ein Innendurchmesser des ersten axialen Abschnitts kleiner als ein Innendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts ist und ein Aussendurchmesser des ersten axialen Abschnitts kleiner als ein Aussendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts ist. Eine solche Spannhülse kann verwendet werden, wenn die Welle zumindest in einem axialen Bereich radial innerhalb der Spannhülse angeordnet werden soll und die Spannhülse zumindest in einem axialen Bereich radial innerhalb des Rotors angeordnet werden soll.

In einer besonderen Ausführungsform kann die Spannhülse mindestens einen ersten axialen hülsenförmigen Bereich und einen zweiten axialen hülsenförmigen Bereich aufweisen. Der erste axiale Bereich kann über einen dem zweiten axialen Bereich zugewandten ersten hülsenförmigen Abschnitt und über einen vom zweiten axialen Bereich abgewandten zweiten hülsenförmigen Abschnitt verfügen, wobei ein Innendurchmesser des ersten axialen Abschnitts des ersten axialen Bereichs kleiner als ein Innendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts des ersten axialen Bereichs ist und ein Aussendurchmesser des ersten axialen Abschnitts des ersten axialen Bereichs kleiner als ein Aussendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts des ersten axialen Bereichs ist. Der zweite Bereich kann über einen dem ersten axialen Bereich zugewandten ersten hülsenförmigen Abschnitt und einen vom ersten axialen Bereich abgewandten zweiten hülsenförmigen Abschnitt verfügen, wobei ein Innendurchmesser des ersten axialen Abschnitts des zweiten axialen Bereichs kleiner als ein Innendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts des zweiten axialen Bereichs ist und ein Aussendurchmesser des ersten axialen Abschnitts des zweiten axialen Bereichs kleiner als ein Aussendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts des zweiten axialen Bereichs ist. Der Aussendurchmesser des zweiten Abschnitts des ersten axialen Bereichs kann kleiner sein als der Innendurchmesser des ersten Abschnitts des zweiten axialen Bereichs.

Alternativ kann die Spannhülse mindestens einen ersten axialen Abschnitt und mindestens einen zweiten axialen Abschnitt aufweisen, wobei ein Innendurchmesser des ersten axialen Abschnitts grösser als ein Innendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts ist und ein Aussendurchmesser des ersten axialen Abschnitts grösser als ein Aussendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts ist. Eine solche Spannhülse kann verwendet werden, wenn die Welle zumindest in einem axialen Bereich radial ausserhalb der Spannhülse angeordnet werden soll und die Spannhülse zumindest

in einem axialen Bereich radial ausserhalb des Rotors angeordnet werden soll.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Betreiben einer wie oben beschriebenen Rotationsverbindung, wobei die Spannhülse Drehmomente zwischen der Welle und dem Rotor überträgt. Mit besonderem Vorteil werden Drehmomente zwischen der Welle und dem Rotor ausschliesslich von der Spannhülse übertragen. Eine axiale Klemmung und eine Spannmutter, wie sie beispielsweise in US 3,146,635 verwendet werden müssen, erübrigen sich daher.

Die Welle und der Rotor können mit einer Drehzahl rotieren, die im Bereich von 10'000 U/min bis 1'000'000 U/min, bevorzugt von 50'000 U/min bis 600'000 U/min, besonders bevorzugt von 80'000 U/min bis 400'000 U/min liegt. Bevorzugt kann die Spannhülse insbesondere in diesem Drehzahlbereich zwischen der Welle und dem Rotor ein Drehmoment überträgt, das mindestens 15 Nm, bevorzugt mindestens 50 Nm, besonders bevorzugt mindestens 500 Nm beträgt.

Noch ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer wie oben beschriebenen Rotationsverbindung. Dieses Verfahren enthält einen Schritt, in dem eine Spannhülse, insbesondere eine wie oben beschriebene Spannhülse, derart in radialer Richtung zwischen der Welle und dem Rotor eingespannt wird, dass Drehmomente zwischen der Welle und dem Rotor übertragbar sind, insbesondere von der Welle auf den Rotor. Das Einspannen erfolgt dabei durch eine Schrumpfverbindung und/oder eine Pressverbindung und/oder durch eine Klebeverbindung und/oder durch eine Lötverbindung und/oder durch eine Schweissverbindung und/oder durch eine Rändelverbindung und/oder durch hydraulisches Aufpressen, bevorzugt durch eine Schrumpfverbindung und/oder durch eine Pressverbindung. Wie oben bereits erläutert wurde, erlaubt eine Schrumpf- oder Pressverbindung eine sehr gut

reproduzierbare Vorspannung zwischen Welle und Rotor, da die Teile geometrisch genau gefertigt werden können.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele erläutert. Dabei zeigen

Figur 1a: ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Rotationsverbindung in einer seitlichen Schnittansicht;

Figur 1b: eine Prinzipskizze des ersten Ausführungsbeispiels;

Figur 1c: eine Prinzipskizze einer Variante des ersten Ausführungsbeispiels;

Figur 2: eine Prinzipskizze eines zweiten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Rotationsverbindung in einer seitlichen Schnittansicht;

Figur 3: eine Prinzipskizze eines dritten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Rotationsverbindung in einer seitlichen Schnittansicht;

Figur 4: eine Prinzipskizze eines vierten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Rotationsverbindung in einer seitlichen Schnittansicht;

Figur 5: eine Prinzipskizze eines fünften Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Rotationsverbindung in einer seitlichen Schnittansicht;

Figur 6: eine Prinzipskizze eines sechsten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Rotationsverbindung in einer seitlichen Schnittansicht;

Figur 7: eine Prinzipskizze eines siebten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Rotationsverbindung in einer seitlichen Schnittansicht;

Figur 8: eine Prinzipskizze eines achten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Rotationsverbindung in einer seitlichen Schnittansicht;

Figur 9: eine Prinzipskizze eines neunten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Rotationsverbindung in einer seitlichen Schnittansicht;

Figur 10: eine Prinzipskizze eines zehnten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Rotationsverbindung in einer seitlichen Schnittansicht;

Figur 11: ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Spannhülse in einer seitlichen Schnittansicht;

Figur 12: ein elftes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Rotationsverbindung mit der Spannhülse gemäss Figur 11 in einer seitlichen Schnittansicht.

Die in Figur 1a dargestellte Rotationsverbindung 10 enthält eine Welle 11 und einen Rotor 12, der als Verdichterrad 12 eines Verdichters ausgebildet ist. In radialer Richtung zwischen der Welle 11 und dem Rotor 12 ist eine Spannhülse 13 eingespannt, mit der Drehmomente von der Welle 11 auf den Rotor 12 übertragbar sind, so dass beide um eine gemeinsame Rotationsachse R rotierbar sind. Im Bereich der Spannhülse 13 sind sowohl ein Aussenumfang der Welle 11 als auch ein Innenumfang des Rotors 12 zylinderförmig. Die Spannhülse 13 ist derart ausgebildet und angeordnet, dass Drehmomente von der Welle 11 auf den Rotor 12 ausschliesslich von ihr übertragbar sind und dass der Rotor 12 ausschliesslich von der Spannhülse 13 an der Welle 11 gehalten ist. Dies ermöglicht eine weitgehend freie, aber dennoch exakte Positionierung des Rotors 12 relativ zur Welle 11, und zwar sowohl eine axiale Positionierung als auch eine Zentrierung.

Die Welle 11 kann beispielsweise aus einer Keramik bestehen und der Rotor 12 aus Aluminium. Die Spannhülse 13 kann beispielsweise aus Stahl bestehen, besonders bevorzugt aus Chromstahl 1.4313, welcher einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, der zwischen denen der Welle 11 und des Rotors 12 liegt. Hierdurch kann ein vorteilhafter Ausgleich zwischen den Wärmeausdehnungen der Welle 11 und des Rotors 12 erreicht werden.

Die Spannhülse 13 enthält in einem axial mittleren Abschnitt einen ersten axialen Abschnitt 14, in dem sie nur an der Welle 11 anliegt, nicht aber auch am Rotor 12. In zwei axialen Endabschnitten verfügt die Spannhülse 13 über zwei zweite axiale Abschnitte 15, in denen die Spannhülse 13 nur am Rotor 12 anliegt, nicht aber auch an der Welle 11. Erreicht wird dies dadurch, dass ein Innendurchmesser des ersten axialen Abschnitts 14 kleiner als ein Innendurchmesser der zweiten axialen Abschnitte 15 ist und ein Aussendurchmesser des ersten axialen Abschnitts 14 kleiner als ein Aussendurchmesser der zweiten axialen Abschnitte 15 ist. Hierdurch ist im ersten axialen Abschnitt 14 ein radialer Spalt 16 zwischen der Spannhülse 13 und dem Rotor 12 gebildet, und in den beiden zweiten axialen Abschnitten 15 ist ein radialer Spalt 16 zwischen der Spannhülse 13 und der Welle 11 gebildet. Insgesamt lässt somit die Spannhülse 13 in jeder zur Rotationsachse R senkrechten Schnittebene einen radialen Spalt 16 zwischen Welle 11 und Rotor 12 frei. In einigen Ausführungsformen wird ein solcher radialer Spalt 16 nur in einem bestimmten Drehzahlbereich freigelassen, nicht aber unbedingt auch beim Stillstand. Dieser Drehzahlbereich kann beispielsweise ein Bereich von 10'000 U/min bis 1'000'000 U/min, bevorzugt von 50'000 U/min bis 600'000 U/min, besonders bevorzugt von 80'000 U/min bis 400'000 U/min sein. Die beiden Spalte 16 bilden axiale Endabschnitte der Spannhülse 13, so dass durch jeden dieser Spalte 16 ein Verrutschen der Spannhülse 13 in den beiden entgegengesetzten axialen Richtungen verhindert werden kann.

Die Welle 11, die Spannhülse 13 und der Rotor 12 können durch eine Schrumpfung verbunden sein. Dies erlaubt eine sehr gut reproduzierbare Vorspannung zwischen Welle 11 und Rotor 12, da die Teile geometrisch genau gefertigt werden können. Die Spannhülse 13 kann beispielsweise durch Drehen, Pressen, Tiefziehen, Schleifen, Giessen, Lasersintern, Schweißen, Beschichten oder Stanzen oder beliebige Kombinationen davon hergestellt werden.

Figur 1b zeigt eine Prinzipskizze der Ausführungsform aus Figur 1a, in der die Spannhülse 13 jedoch nicht massstabsgetreu abgebildet ist, um die radialen Spalte 16 besser darstellen zu können. Zwischen dem ersten axialen Abschnitt 14 und jedem der beiden zweiten axialen Abschnitte 15 ist jeweils ein Verbindungsabschnitt 20 ausgebildet, der weder an der Welle 11 noch am Rotor 12 anliegt. Der erste axiale Abschnitt 14, die beiden zweiten axialen Abschnitte 15 und auch der Verbindungsabschnitt 20 sind allesamt zylindermantelförmig ausgebildet. Der Verbindungsabschnitt 20 sorgt für eine federnde Verbindung zwischen der Welle 11 und dem Rotor 12.

Die Spannhülse 13 kann das Abheben selbst unter vergleichsweise hohen Drehzahl- und Temperaturbeanspruchungen wirkungsvoll verhindern, so dass auch unter diesen Bedingungen zuverlässig Drehmomente von der Welle 11 auf den Rotor 12 übertragen werden können. Auf der in radialer Richtung elastischen Ausbildung kann sich die Spannhülse 13 nämlich verformen, wobei sich die Breite des zwischen Welle 11 und Rotor 12 gebildeten radialen Spaltes 16 in Abhängigkeit von Temperatur und Fliehkraft ändern kann. Somit können Verformungen von Welle 11 und/oder Rotor 12 kompensiert werden, und die Radialkräfte zwischen Welle 11 und Rotor 12 sind ausreichend, um Drehmomente von der Welle 11 auf den Rotor 12 zu übertragen. Dies ermöglicht die obigen speziel-

len Kombinationen von Materialien der Welle 11 und des Rotors 12.

In der in Figur 1c dargestellten Variante ist die Spannhülse 13 identisch zur Spannhülse gemäss Figuren 1a und 1b aufgebaut. Im Bereich der Spannhülse 13 ist hier jedoch die Welle 11 radial ausserhalb des Rotors 12 angeordnet, wobei hier sowohl ein Innenumfang der Welle 11 als auch ein Aussenumfang des Rotors 12 zylinderförmig sind. Zwei in axialen Endabschnitten der Spannhülse 13 angeordnete erste axiale Abschnitte 14 der Spannhülse 13 liegen nur an der Welle 11 an, nicht aber auch am Rotor 12, und im axial mittleren Abschnitt der Spannhülse 13 liegt ein zweiter axialer Abschnitt 15 nur am Rotor 12 an, nicht aber auch an der Welle 11. Ein Innendurchmesser des ersten axialen Abschnitts 14 ist grösser als ein Innendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts 15 und ein Aussendurchmesser des ersten axialen Abschnitts 14 ist grösser als ein Aussendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts 15. Der Rotor 12 enthält in dieser Variante einen Rundmagneten.

In der Ausführungsform gemäss Figur 2 liegt ebenfalls im axial mittleren Abschnitt der Spannhülse 13 ein erster axialer Abschnitt 14 der Spannhülse 13 nur an der Welle 11 an, nicht aber auch am Rotor 12, und zwei in axialen Endabschnitten der Spannhülse 13 angeordnete zweite axiale Abschnitte 15 liegen nur am Rotor 12 an, nicht aber auch an der Welle 11. Auch hier sind Verbindungsabschnitte 20 zwischen dem ersten axialen Abschnitt 14 und den zweiten axialen Abschnitten 15 gebildet. Im Gegensatz zur Ausführungsform gemäss den Figuren 1a und 1b weisen hier jedoch der erste axiale Abschnitt 14, die beiden zweiten axialen Abschnitte 15 und auch der Verbindungsabschnitt 20 die gleiche Dicke auf. Es sind auch Ausführungsformen mit unterschiedlichen Dicken möglich. Ebenfalls im Unterschied zu den Figuren 1a und 1b ist der Verbindungsabschnitt 20 hier kegelmantelförmig ausge-

bildet. Hierdurch kann eine höhere radiale Elastizität erreicht werden. Die hier dargestellte Spannhülse 13 kann beispielsweise aus einem Metallblech hergestellt werden.

Die Spannhülse 13 gemäss Figur 3 weist in einem axial mittleren Abschnitt einen zylindermantelförmigen ersten axialen Abschnitt 14 auf, der nur an der Welle 11 anliegt, nicht aber auch am Rotor 12. Ferner weist sie zwei in axialen Endabschnitten angeordnete, ebenfalls zylindermantelförmige zweite axiale Abschnitte 15 auf, die nur am Rotor 12 anliegen, nicht aber auch an der Welle 11. Zwischen dem ersten axialen Abschnitt 14 und jedem der beiden zweiten axialen Abschnitte 15 erstreckt sich jeweils ein Verbindungsabschnitt 20, die beide eben und ringförmig ausgebildet sind. Diese Spannhülse 13 hat fertigungstechnische Vorteile. Zudem ist eine wirkungsvolle Federung ausserhalb der ringförmigen Verbindungsabschnitte 20 immer noch gewährleistet.

Die in Figur 4 dargestellte Spannhülse 13 enthält ebenfalls einen ersten axialen Abschnitt 14, der hier jedoch in einem ersten axialen Endabschnitt der Spannhülse 13 angeordnet ist. Hier liegt die Spannhülse 13 an der Welle 11 an, nicht aber auch am Rotor 12. Im Gegensatz zur Spannhülse 13 gemäss Figur 2 enthält sie nur einen einzigen zweiten axialen Abschnitt 15, der in einem dem ersten Endabschnitt gegenüberliegenden zweiten Endabschnitt angeordnet ist. Hier liegt die Spannhülse 13 am Rotor 12 an, nicht aber auch an der Welle 11. Diese Ausführungsform ist baulich einfacher als die gemäss Figur 2. Der erste axiale Abschnitt 14 und der zweite axiale Abschnitt 15 sind zylindermantelförmig ausgebildet und ein dazwischen angeordneter Verbindungsabschnitt kegelmantelförmig.

Die Spannhülse 13 gemäss Figur 5 enthält ebenfalls einen ersten axialen Abschnitt 14, der in einem ersten Endabschnitt angeordnet ist, und einen einzigen zweiten axialen Abschnitt 15, der in einem zweiten Endabschnitt angeordnet ist. Sowohl der erste axi-

ale Abschnitt 14 als auch der zweite axiale Abschnitt 15 sind zylindermantelförmig ausgebildet. Dazwischen erstreckt sich ein ebener, ringförmiger Verbindungsabschnitt 20.

In der in Figur 6 gezeigten Rotationsverbindung 10 weist die Welle 11 einen ersten axialen Abschnitt 21 mit einem ersten Durchmesser und einen zweiten axialen Abschnitt 22 mit einem zweiten, grösseren Durchmesser auf. Die Rotationsverbindung 10 enthält eine erste Spannhülse 13' und eine zweite Spannhülse 13'', die beide wie die in Figur 4 dargestellte Spannhülse 13 aufgebaut sind. Die erste Spannhülse 13' liegt in einem ersten axialen Abschnitt 14', der dem zweiten Abschnitt 22 der Welle 11 zugewandt ist, nur an der Welle 11 an. In einem zweiten axialen Abschnitt 15', der dem zweiten Abschnitt 22 der Welle 11 abgewandt ist, liegt die Spannhülse 13' nur am Rotor 12 an. Analog liegt die zweite Spannhülse 13'' in einem ersten axialen Abschnitt 14'', der dem ersten Abschnitt 21 der Welle 11 zugewandt ist, nur an der Welle 11 an. In einem zweiten axialen Abschnitt 15'', der dem ersten Abschnitt 21 der Welle 11 abgewandt ist, liegt die Spannhülse 13'' nur am Rotor 12 an. Diese Ausführungsform ermöglicht eine stabilere Anbindung, was zu einer besseren Drehzahleignung führt. Zusätzlich vereinfacht diese Konstruktion auch die Fertigung. Zudem werden zwei unterschiedliche Durchmesser erreicht, was zusätzliche geometrische Freiheitsgrade ergibt und auch eine kompaktere Bauweise ermöglicht.

Bei der in Figur 7 dargestellten Ausführungsform sind sowohl der im axial mittleren Abschnitt angeordnete erste axiale Abschnitt 14 als auch die beiden zweiten axialen Abschnitte 15 in den axialen Endabschnitten kegelmantelförmig ausgebildet. Auch die sich dazwischen erstreckenden Verbindungsabschnitte 20 sind kegelmantelförmig. Entsprechend sind auch die äussere Oberfläche 23 der Welle 11 und die innere Oberfläche 24 des Rotors 12 kegelmantelförmig ausgebildet. Im Unterschied zu den oben beschriebenen zy-

lindrischen Ausführungsformen weisen die kegelförmigen Ausführungen Vorteile in der Herstellung und Montage auf. Durch die Kegelform können Toleranzfelder erweitert werden, was Kosten sparen kann.

In Figur 8 enthält die Spannhülse 13 insgesamt drei erste axiale Abschnitte 14: einen in einem axial mittleren Abschnitt der Spannhülse 13 und jeweils einen in einem der beiden axialen Endabschnitte. Hier liegt die Spannhülse 13 an der Welle 11 an, nicht aber auch am Rotor 12. Zwischen benachbarten ersten axialen Abschnitten 14 ist jeweils ein zweiter Abschnitt 15 gebildet, der nur am Rotor 12 anliegt, nicht aber auch an der Welle 11. Zwischen dem im axial mittleren Abschnitt angeordneten ersten axialen Abschnitt 14 und den zweiten axialen Abschnitten 15 sind kegelmantelförmige Verbindungsabschnitte 20 gebildet. Zwischen den zweiten axialen Abschnitten 15 und den beiden ersten axialen Abschnitten 14 in den axialen Endabschnitten sind ebene, ringförmige Verbindungsabschnitte 20' gebildet. In dieser Ausführungsform kann der Rotor 12 aufgrund einer breiten und stabilen axialen Abstützung besser gegen ein Verkippen abgestützt werden.

Weiterhin zeigt die Figur 9 eine Z-förmige Spannhülse 13. Diese enthält einen ersten axialen Abschnitt 14, der nur an der Welle 11 anliegt (nicht aber auch am Rotor 12), sowie einen zweiten axialen Abschnitt 15, der nur am Rotor 12 anliegt (nicht aber auch an der Welle 11). Ferner enthält diese Spannhülse 13 einen axial mittleren Abschnitt 27, einen an der Welle 11 anliegenden ersten radialen Abschnitt 25 und einen am Rotor 12 anliegenden zweiten radialen Abschnitt 26. Auch bei dieser Ausführungsform ist in jeder zur Rotationsachse R senkrechten Schnittebene ein Spalt 16 zwischen Welle 11 und Rotor 12 freigelassen. Im axial mittleren Abschnitt 27 der Spannhülse 13 sind zwischen den radialen Abschnitten 25, 26 der Spannhülse 13 ebenfalls Spalte 16

gebildet. Hier enthält also die Spannhülse 13 selbst die erfindungsgemässen radialen Spalte.

Die erfindungsgemässen Spannhülsen 13, 13', 13'' erlauben es, dass zwischen der Welle 11 und dem Rotor 12 eine Koaxialität von weniger als 50 µm, weniger als 10 µm oder sogar weniger als 2 µm erreicht werden kann.

Das in Figur 10 dargestellte zehnte Ausführungsbeispiel ist ähnlich zu dem in den Figuren 1a und 1b dargestellten ersten Ausführungsbeispiel. Im Gegensatz dazu enthält die Spannhülse 13 hier jedoch im ersten axialen Abschnitt 14 an ihrer der Welle 11 zugewandten Innenseite eine radial verlaufende Einkerbung 17. Im links dargestellten zweiten axialen Abschnitt 15 enthält sie an ihrer dem Rotor 12 zugewandten Aussenseite eine ebenfalls radial verlaufende Einkerbung 17. Auch der Rotor 12 verfügt über eine radial verlaufende Einkerbung 28, die sich an seiner dem rechts dargestellten zweiten axialen Abschnitt 15 der Spannhülse 13 zugewandten Innenseite befindet. Durch irreversible plastische Deformation des Materials der Welle 11 und des Rotors 12 kann dieses Material in die Einkerbung eindringen und somit für die genannte Positionierung sorgen. Ein axiales und radiales Verrutschen kann durch einen Klebstoff weiter verhindert werden, der in die Einkerbungen 17, 28 eingebracht werden kann.

Die in Figur 11 dargestellte Spannhülse 13 enthält einen ersten axialen hülsenförmigen Bereich 28 und einen zweiten axialen hülsenförmigen Bereich 28', die über einen flanschförmigen Verbindungsbereich 29 miteinander verbunden sind. Der erste axiale Bereich 28 der Spannhülse 13 verfügt über einen dem zweiten axialen Bereich 28' zugewandten ersten hülsenförmigen Abschnitt 14, in dem die Spannhülse 13 nur an einer hier nicht dargestellten Welle 11 anliegt, und über einen vom zweiten axialen Bereich 28' abgewandten zweiten hülsenförmigen Abschnitt 15, in dem die Spannhülse 13 nur an einem hier nicht dargestellten Rotor 12 an-

liegt (siehe dazu Figur 12). Analog verfügt der zweite Bereich 28' der Spannhülse 13 über einen dem ersten axialen Bereich 28 zugewandten ersten hülsenförmigen Abschnitt 14', in dem die Spannhülse 13 nur an der Welle 11 anliegt, und über einen vom ersten axialen Bereich 28 abgewandten zweiten hülsenförmigen Abschnitt 15', in dem die Spannhülse 13 nur am Rotor 12 anliegt. Der Aussendurchmesser des zweiten Abschnitts 15 des ersten axialen Bereichs 28 ist kleiner als der Aussendurchmesser des ersten Abschnitts 14' des zweiten axialen Bereichs 28' (und damit auch kleiner als der Aussendurchmesser des zweiten Abschnitts 15' des zweiten axialen Bereichs 28') und sogar auch kleiner als der Innendurchmesser des ersten Abschnitts 14' des zweiten axialen Bereichs 28'.

In Figur 12 ist eine Welle 11 mittels der Spannhülse 13 gemäss Figur 11 mit einem als Verdichterrad 12 ausgebildeten Rotor verbunden. Die Welle 11 enthält entsprechend der Geometrie der Spannhülse 13 einen ersten axialen Bereich 32, dessen Aussendurchmesser auf den Innendurchmesser des ersten axialen Abschnitts 14 des ersten Bereichs 28 der Spannhülse 13 abgestimmt ist, und einen zweiten axialen Bereich 32', dessen Aussendurchmesser auf den Innendurchmesser des ersten axialen Abschnitts 14' des zweiten Bereichs 28' der Spannhülse 13 abgestimmt ist. Das Verdichterrad 12 verfügt über eine zentrische Bohrung 30. Diese enthält entsprechend der Geometrie der Spannhülse 13 einen ersten axialen Bereich 31, dessen Innendurchmesser auf den Aussendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts 15 des ersten Bereichs 28 der Spannhülse 13 abgestimmt ist, und einen zweiten Bereich 31', dessen Innendurchmesser auf den Aussendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts 15' des zweiten Bereichs 28' der Spannhülse 13 abgestimmt ist.

Beim Betrieb trifft ein Gas in einem Eintrittsbereich 33 ein, in dem sowohl ein Gehäuse 35 als auch das Verdichterrad 12 einen

kleineren Radius haben. Im Eintrittsbereich 33 sind sowohl das Gas als auch das Verdichterrad 12 kühler als in einem Austrittsbereich 34, da zwischen dem Eintrittsbereich 33 und dem Austrittsbereich 34 eine Kompression und somit Erhitzung erfolgen. Die auf das Verdichterrad 12 wirkenden Fliehkräfte sind aufgrund der unterschiedlichen Durchmesser im Eintrittsbereich 33 kleiner als im Austrittsbereich 34. Die auf das Verdichterrad 12 wirkenden Axialkräfte sind im Austrittsbereich 34 grösser als im Eintrittsbereich 33, da der Druck des Gases durch die Kompression steigt und die Oberfläche vom Eintrittsbereich 33 zum Austrittsbereich 34 grösser wird.

Patentansprüche

1. Rotationsverbindung (10) zwischen miteinander rotierbaren Teilen (11, 12), enthaltend
 - eine Welle (11),
 - einen Rotor (12),
 - mindestens eine in radialer Richtung zwischen der Welle (11) und dem Rotor (12) eingespannte Spannhülse (13; 13'; 13''), die bei Rotation in zumindest einem Drehzahlbereich in wenigstens einer, bevorzugt in jeder zu einer Rotationsachse (R) der Welle (11) und des Rotors (12) senkrechten Schnittebene einen radialen Spalt (16) zwischen Welle (11) und Rotor (12) freilässt,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Spannhülse (13; 13'; 13'') zum Übertragen von Drehmomenten zwischen der Welle (11) und dem Rotor (12), insbesondere von der Welle (11) auf den Rotor (12), derart ausgebildet und angeordnet ist, dass der Rotor (12) ausschliesslich von der Spannhülse (13; 13'; 13'') an der Welle (11) gehalten ist.
2. Rotationsverbindung (10) gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Spannhülse (13; 13'; 13'') derart ausgebildet und angeordnet ist, dass Drehmomente zwischen der Welle (11) und dem Rotor (12) ausschliesslich von der Spannhülse (13; 13'; 13'') übertragbar sind.
3. Rotationsverbindung (10) gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

die Spannhülse (13; 13'; 13'') mindestens einen ersten axialen Abschnitt (14) und mindestens einen zweiten axialen Abschnitt (15) aufweist, wobei sie im ersten axialen Abschnitt (14) nur an der Welle (11) anliegt und im zweiten axialen Abschnitt (15) nur am Rotor (12) anliegt.

4. Rotationsverbindung (10) gemäss Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Welle (11) zumindest in einem axialen Bereich radial innerhalb der Spannhülse (13) angeordnet ist,
- die Spannhülse (13) zumindest in einem axialen Bereich radial innerhalb des Rotors (12) angeordnet ist,
- ein Innendurchmesser des ersten axialen Abschnitts (14) kleiner als ein Innendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts (15) ist und
- ein Aussendurchmesser des ersten axialen Abschnitts (14) kleiner als ein Aussendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts (15) ist.

5. Rotationsverbindung (10) gemäss Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Welle (11) zumindest in einem axialen Bereich radial ausserhalb der Spannhülse (13) angeordnet ist,
- die Spannhülse (13) zumindest in einem axialen Bereich radial ausserhalb des Rotors (12) angeordnet ist,
- ein Innendurchmesser des ersten axialen Abschnitts (14) grösser als ein Innendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts (15) ist und

- ein Aussendurchmesser des ersten axialen Abschnitts (14) grösser als ein Aussendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts (15) ist.
6. Rotationsverbindung (10) gemäss einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass
der mindestens eine erste axiale Abschnitt (14) und/oder
der mindestens eine zweite axiale Abschnitt (15) im Wesentlichen kegelmantelförmig ausgebildet sind.
 7. Rotationsverbindung (10) gemäss einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass
zwischen dem mindestens einen ersten axialen Abschnitt (14) und dem mindestens einen zweiten axialen Abschnitt (15) ein Verbindungsabschnitt (20) vorgesehen ist, der weder an der Welle (11) noch am Rotor (12) anliegt.
 8. Rotationsverbindung (10) gemäss Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass
der Verbindungsabschnitt (20) kegelmantelförmig ausgebildet ist.
 9. Rotationsverbindung (10) gemäss einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass
sich ein erster axialer Abschnitt (14), in dem die Spannhülse (13; 13'; 13'') nur an der Welle (11) anliegt, in einem axial mittleren Abschnitt der Spannhülse (13; 13'; 13'') befindet, und sich zwei zweite axiale Abschnitte (15), in denen die Spannhülse (13; 13'; 13'') nur am Rotor (12) anliegt, in zwei axialen Endabschnitten der Spannhülse (13; 13'; 13'') befinden.
 10. Rotationsverbindung (10) gemäss einem der Ansprüche 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Welle (11) einen ersten axialen Abschnitt (21) mit einem ersten Durchmesser und einen zweiten axialen Abschnitt (22) mit einem zweiten, grösseren Durchmesser aufweist,
- eine erste Spannhülse (13') in einem ersten axialen Abschnitt (14') nur an der Welle (11) anliegt und in einem zweiten axialen Abschnitt (15') nur am Rotor (12) anliegt,
- eine zweite Spannhülse (13'') in einem ersten axialen Abschnitt (14'') nur an der Welle (11) anliegt und in einem zweiten axialen Abschnitt (15'') nur am Rotor (12) anliegt.

11. Rotationsverbindung (10) gemäss einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Spannhülse (13) nur einen einzigen ersten axialen Abschnitt (14), der in einem ersten axialen Endabschnitt der Spannhülse (13) angeordnet ist, und nur einen einzigen zweiten axialen Abschnitt (15), der in einem dem ersten Endabschnitt gegenüberliegenden zweiten Endabschnitt angeordnet ist, enthält.
12. Rotationsverbindung (10) gemäss einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Spannhülse (13) einen axial mittleren Abschnitt (27), einen an der Welle (11) anliegenden ersten radialen Abschnitt (25) und einen am Rotor (12) anliegenden zweiten radialen Abschnitt (26) enthält, wobei im axial mittleren Abschnitt (27) zwischen dem ersten radialen Abschnitt (25) und dem zweiten radialen Abschnitt (26) mindestens ein Spalt (16) gebildet ist.

13. Rotationsverbindung (10) gemäss einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Welle (11) und der Rotor (12) aus verschiedenen Materialien bestehen und insbesondere verschiedene Elastizitätsmodule und/oder verschiedene Wärmeausdehnungskoeffizienten und/oder verschiedene spezifische Wärmeleitfähigkeiten und/oder verschiedene Dichten und/oder verschiedene Festigkeiten, insbesondere verschiedene Zugfestigkeiten und/oder verschiedene Streckgrenzen, und/oder verschiedene elektrische Leitfähigkeiten und/oder verschiedene Magnetisierbarkeiten besitzen.
14. Rotationsverbindung (10) gemäss einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Welle (11) eine Keramik enthält oder daraus besteht und der Rotor (12) Aluminium, eine Aluminiumlegierung, Titan, eine Titanlegierung oder Chromstahl enthält oder daraus besteht.
15. Rotationsverbindung (10) gemäss einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Welle (11) ein Hartmetall, einen Kunststoff, Stahl oder Titan enthält oder daraus besteht und der Rotor (12) einen Kunststoff enthält oder daraus besteht, wie beispielsweise Polyimid oder PEEK.
16. Rotationsverbindung (10) gemäss einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Welle (11), die Spannhülse (13; 13'; 13'') und der Rotor (12) durch eine Schrumpfverbindung und/oder durch eine Pressverbindung und/oder durch eine Klebeverbindung

und/oder durch eine Lötverbindung und/oder durch eine Schweissverbindung und/oder durch eine Rändelverbindung und/oder durch eine Klemmverbindung und/oder durch eine Kristallisationsverbindung und/oder durch eine Polygonverbindung und/oder durch hydraulisches Aufpressen und/oder durch eine Kunststoffgussverbindung und/oder durch eine Lasersinterverbindung miteinander verbunden sind, bevorzugt ausschliesslich durch eine dieser Verbindungen oder eine beliebige Kombination dieser Verbindungen.

17. Rotationsverbindung (10) gemäss einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Spannhülse (13; 13'; 13'') derart ausgebildet und zwischen der Welle (11) und dem Rotor (12) eingespannt ist, dass zwischen der Welle (11) und dem Rotor (12) eine Koaxialität von weniger als 50 µm, bevorzugt weniger als 10 µm, besonders bevorzugt weniger als 2 µm vorliegt.
18. Rotationsverbindung (10) gemäss einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Rotor (12) als Verdichterrad, insbesondere als Radialverdichterrad, als Turbinenrad, insbesondere als Radialturbinenrad, als Rotor einer elektrischen Maschine, insbesondere eines Motors oder eines Generators, als Rotor eines Kupplungssystems, insbesondere einer Magnetkupplung, oder als Schwungrad, insbesondere eines kinetischen Speichers, ausgebildet ist.
19. Rotationsverbindung (10) gemäss einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Spannhülse (13) und/oder die Welle (11) und/oder der Rotor (12) mindestens eine insbesondere radial oder axial

verlaufende Einkerbung (17, 25) zur Positionierung der Spannhülse (13) zwischen dem Rotor (12) und der Welle (11) aufweist.

20. Rotationsverbindung (10) gemäss einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Rotor (12) als Magnet, insbesondere als Rundmagnet, ausgeführt ist, wobei vorzugsweise der Rotor (12) radial innerhalb der Welle (11) angeordnet ist.
21. Rotationsverbindung (10) gemäss einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Spannhülse (13) mindestens zwei axiale hülsenförmige Bereiche (28, 28') aufweist, die über jeweils einen ersten axialen Abschnitt (14, 14') verfügen, in dem die Spannhülse (13) nur an der Welle (11) anliegt, und über einen zweiten axialen Abschnitt (15, 15'), in dem die Spannhülse nur am Rotor (12) anliegt.
22. Rotationsverbindung (10) gemäss Anspruch 21,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Spannhülse (13) einen ersten axialen hülsenförmigen Bereich (28) und einen zweiten axialen hülsenförmigen Bereich (28') aufweist, die über einen flanschförmigen Verbindungsbereich (29) miteinander verbunden sind.
23. Rotationsverbindung (10) gemäss Anspruch 22,
dadurch gekennzeichnet, dass
der erste axiale Bereich (28) über einen dem zweiten axialen Bereich (28') zugewandten ersten hülsenförmigen Abschnitt (14) verfügen, in dem die Spannhülse (13) nur an der Welle (11), und über einen vom zweiten axialen Bereich (28') abgewandten zweiten hülsenförmigen Ab-

schnitt (15), in dem die Spannhülse (15) nur am Rotor anliegt, und der zweite Bereich (28') über einen dem ersten axialen Bereich (28) zugewandten ersten hülsenförmigen Abschnitt (14') verfügt, in dem die Spannhülse (13) nur an der Welle (11) anliegt, und über einen vom ersten axialen Bereich (28) abgewandten zweiten hülsenförmigen Abschnitt (15'), in dem die Spannhülse (13) nur am Rotor (12) anliegt.

24. Rotationsverbindung (10) gemäss Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Aussendurchmesser des zweiten Abschnitts (15) des ersten axialen Bereichs (28) kleiner ist als der Aussendurchmesser des ersten Abschnitts (14') des zweiten axialen Bereichs (28').
25. Rotationsverbindung (10) gemäss Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Aussendurchmesser des zweiten Abschnitts (15) des ersten axialen Bereichs (28) kleiner ist als der Innendurchmesser des ersten Abschnitts (14') des zweiten axialen Bereichs (28').
26. Verfahren zum Betreiben einer Rotationsverbindung (10) gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Spannhülse (13; 13'; 13'') Drehmomente zwischen der Welle (11) und dem Rotor (12) überträgt, insbesondere von der Welle (11) auf den Rotor (12).
27. Verfahren gemäss Anspruch 26, wobei Drehmomente zwischen der Welle (11) und dem Rotor (12) ausschliesslich von der Spannhülse (13; 13'; 13'') übertragen werden.
28. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 26 und 27, wobei die Spannhülse (13; 13'; 13'') zwischen der Wel-

le (11) und dem Rotor (12) ein Drehmoment überträgt, das mindestens 15 Nm, bevorzugt mindestens 50 Nm, besonders bevorzugt mindestens 500 Nm beträgt.

29. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 26 bis 28, wobei die Welle (11) und der Rotor (12) mit einer Drehzahl rotieren, die im Bereich von 10'000 U/min bis 1'000'000 U/min, bevorzugt von 50'000 U/min bis 600'000 U/min, besonders bevorzugt von 80'000 U/min bis 400'000 U/min liegt.
30. Spannhülse (13; 13'; 13'') für eine Rotationsverbindung (10) gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, zum Einspannen zwischen einer Welle (11) und einem Rotor (12) und zum Übertragen von Drehmomenten zwischen der Welle (11) und dem Rotor (12), insbesondere von der Welle (11) auf den Rotor (12), dadurch gekennzeichnet, dass die Spannhülse (13; 13'; 13'') bei Rotation in zumindest einem Drehzahlbereich in wenigstens einer, bevorzugt in jeder zu einer Rotationsachse (R) der Welle (11) und des Rotors (12) senkrechten Schnittebene einen radialen Spalt (16) zwischen Welle (11) und Rotor (12) freilässt.
31. Spannhülse (13) gemäss Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannhülse (13) und/oder die Welle (11) und/oder der Rotor (12) mindestens eine insbesondere radial oder axial verlaufende Einkerbung (17) zur Positionierung der Spannhülse (13) zwischen dem Rotor (12) und der Welle (11) aufweist.
32. Spannhülse (13) gemäss einem der Ansprüche 30 und 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannhülse (13; 13'; 13'') mindestens einen ersten axialen Abschnitt (14) und mindestens einen zweiten axialen

Abschnitt (15) aufweist, wobei ein Innendurchmesser des ersten axialen Abschnitts (14) kleiner als ein Innendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts (15) ist und ein Aussendurchmesser des ersten axialen Abschnitts (14) kleiner als ein Aussendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts (15) ist.

33. Spannhülse (13) gemäss Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Spannhülse (13) mindestens einen ersten axialen hülsenförmigen Bereich (28) und einen zweiten axialen hülsenförmigen Bereich (28') aufweist,
- der erste axiale Bereich (28) über einen dem zweiten axialen Bereich (28') zugewandten ersten hülsenförmigen Abschnitt (14) und über einen vom zweiten axialen Bereich (28') abgewandten zweiten hülsenförmigen Abschnitt (15) verfügt, wobei
 - ein Innendurchmesser des ersten axialen Abschnitts (14) des ersten axialen Bereichs (28) kleiner als ein Innendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts (15) des ersten axialen Bereichs (28) ist und
 - ein Aussendurchmesser des ersten axialen Abschnitts (14) des ersten Bereichs (28) kleiner als ein Aussendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts (15) des ersten axialen Bereichs (28) ist,
- der zweite Bereich (28') über einen dem ersten axialen Bereich (28) zugewandten ersten hülsenförmigen Abschnitt (14') und einen vom ersten axialen Bereich (28)

abgewandten zweiten hülsenförmigen Abschnitt (15') verfügt, wobei

- ein Innendurchmesser des ersten axialen Abschnitts (14') des zweiten axialen Bereichs (28') kleiner als ein Innendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts (15') des zweiten axialen Bereichs (28') ist und
- ein Aussendurchmesser des ersten axialen Abschnitts (14') des zweiten axialen Bereichs (28') kleiner als ein Aussendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts (15') des zweiten axialen Bereichs (28') ist,
- der Aussendurchmesser des zweiten Abschnitts (15) des ersten axialen Bereichs (28) kleiner ist als der Aussendurchmesser des ersten Abschnitts (14') des zweiten axialen Bereichs (28'), insbesondere kleiner als der Innendurchmesser des ersten Abschnitts (14') des zweiten axialen Bereichs (28').

34. Spannhülse (13; 13'; 13'') gemäss einem der Ansprüche 30 und 31,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Spannhülse (13; 13'; 13'') mindestens einen ersten axialen Abschnitt (14) und mindestens einen zweiten axialen Abschnitt (15) aufweist, wobei ein Innendurchmesser des ersten axialen Abschnitts (14) grösser als ein Innendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts (15) ist und ein Aussendurchmesser des ersten axialen Abschnitts (14) grösser als ein Aussendurchmesser des zweiten axialen Abschnitts (15) ist.

35. Verfahren zum Herstellen einer Rotationsverbindung (10) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 25, enthaltend einen Schritt, in dem eine Spannhülse (13; 13'; 13''), insbesondere eine Spannhülse (13; 13'; 13'') gemäss einem der Ansprüche 30 bis 34, derart durch eine Schrumpfverbindung und/oder durch eine Pressverbindung und/oder durch eine Klebeverbindung und/oder durch eine Lötverbindung und/oder durch eine Schweissverbindung und/oder durch eine Rändelverbindung und/oder durch eine Klemmverbindung und/oder durch eine Kristallisationsverbindung und/oder durch eine Polygonverbindung und/oder durch hydraulisches Aufpressen durch eine Kunststoffgussverbindung und/oder durch eine Lasersinterverbindung, bevorzugt ausschliesslich durch eine dieser Verbindungen oder eine beliebige Kombination dieser Verbindungen, in radialer Richtung zwischen der Welle (11) und dem Rotor (12) eingespannt wird, dass Drehmomente zwischen der Welle (11) und dem Rotor (12) übertragbar sind, insbesondere von der Welle (11) auf den Rotor (12).

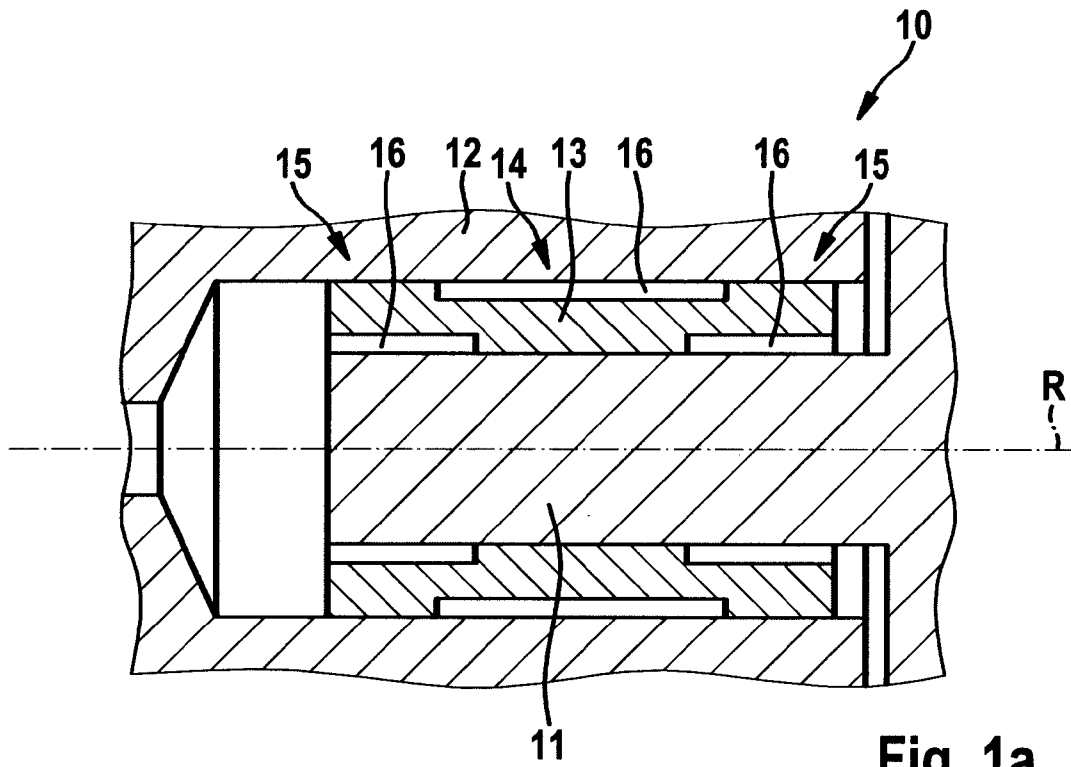


Fig. 1a

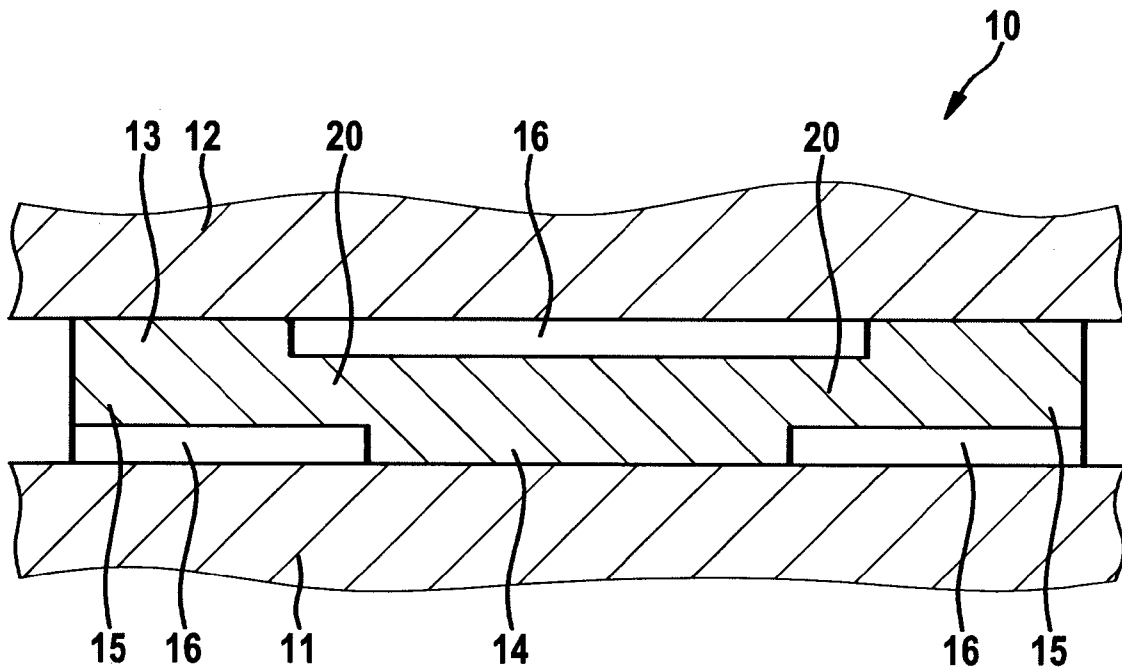


Fig. 1b

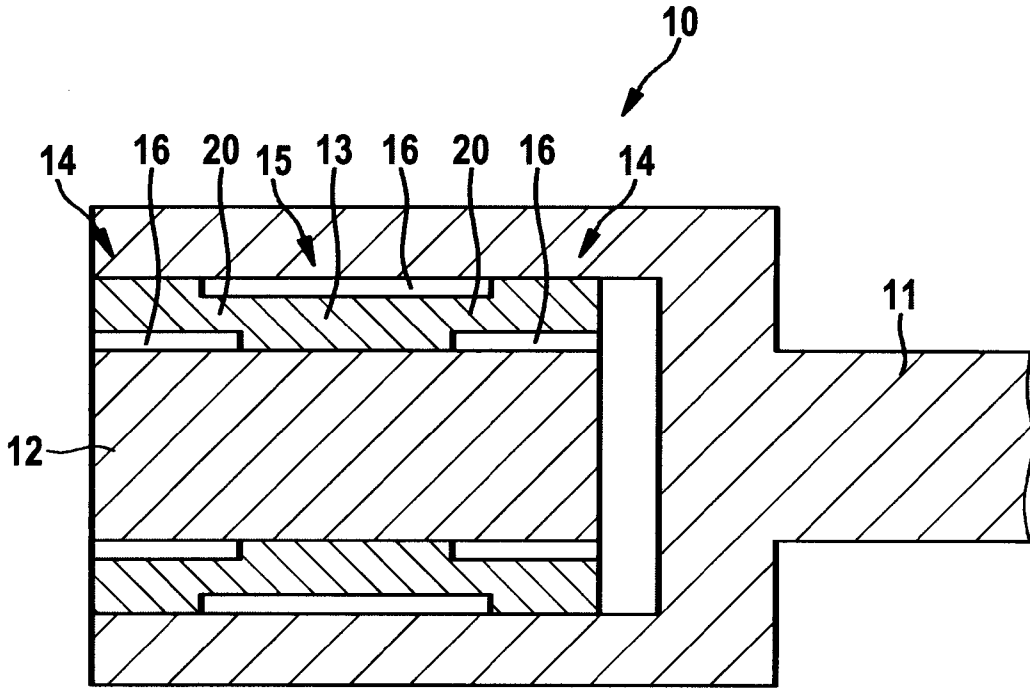


Fig. 1c

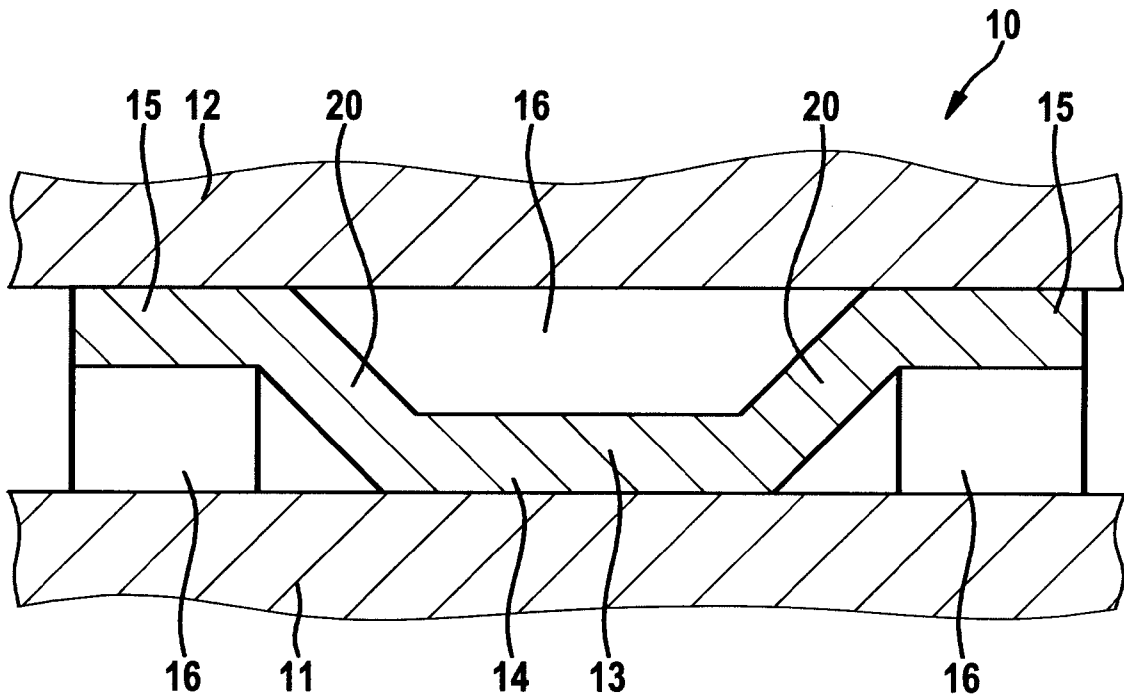


Fig. 2

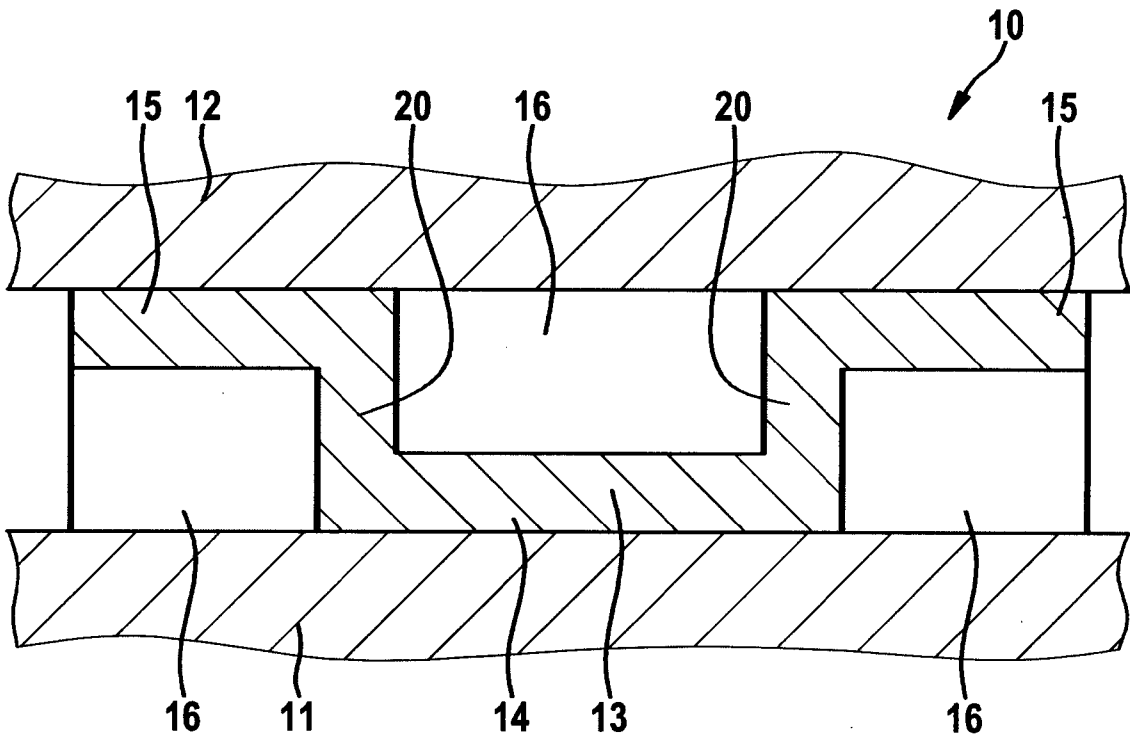


Fig. 3

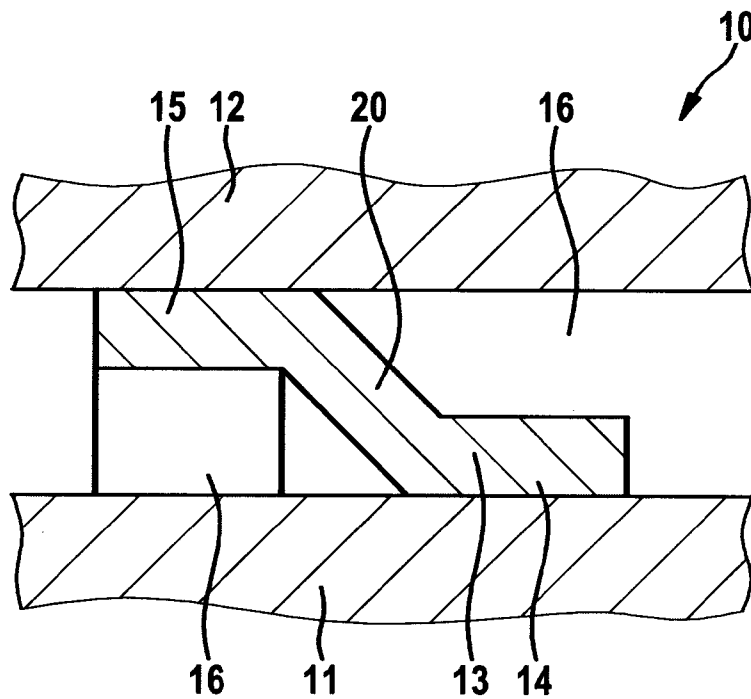


Fig. 4

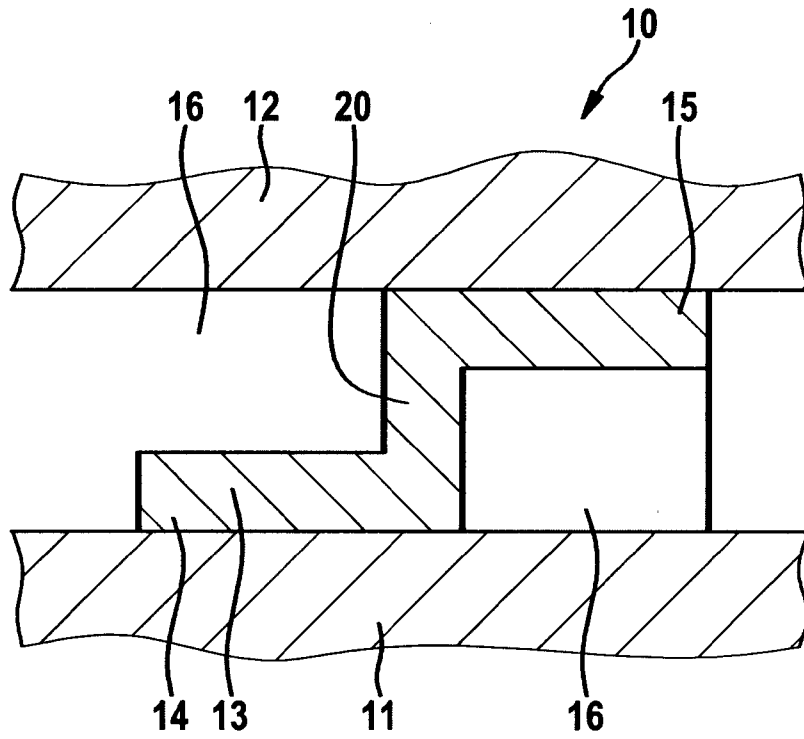


Fig. 5

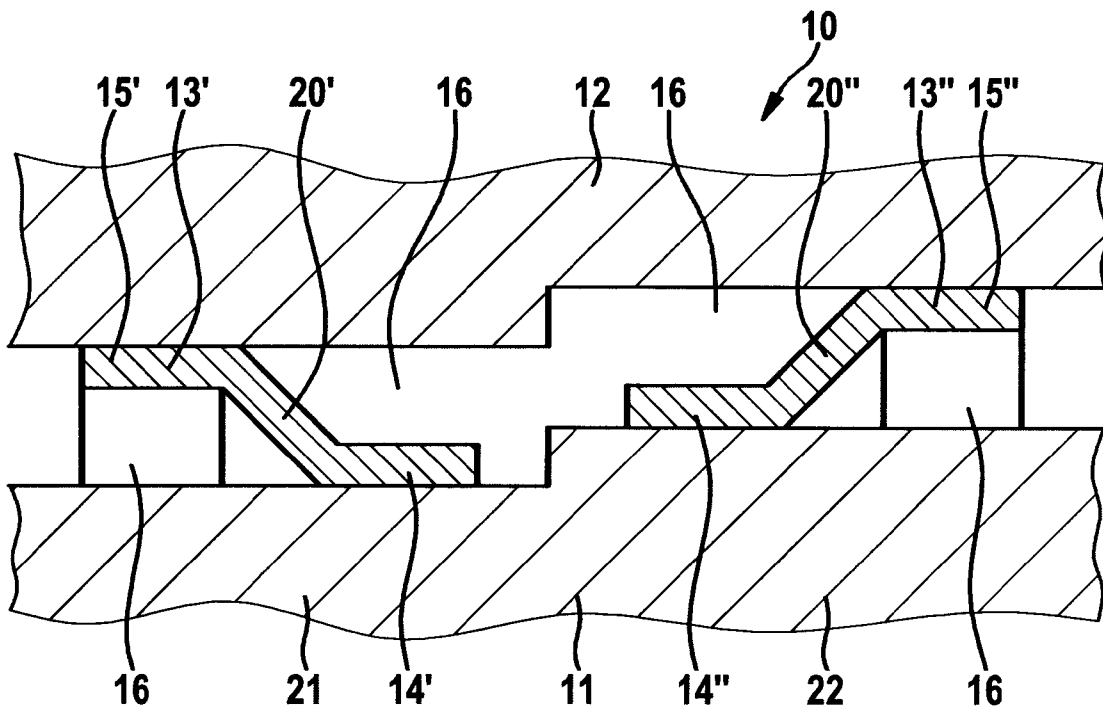


Fig. 6

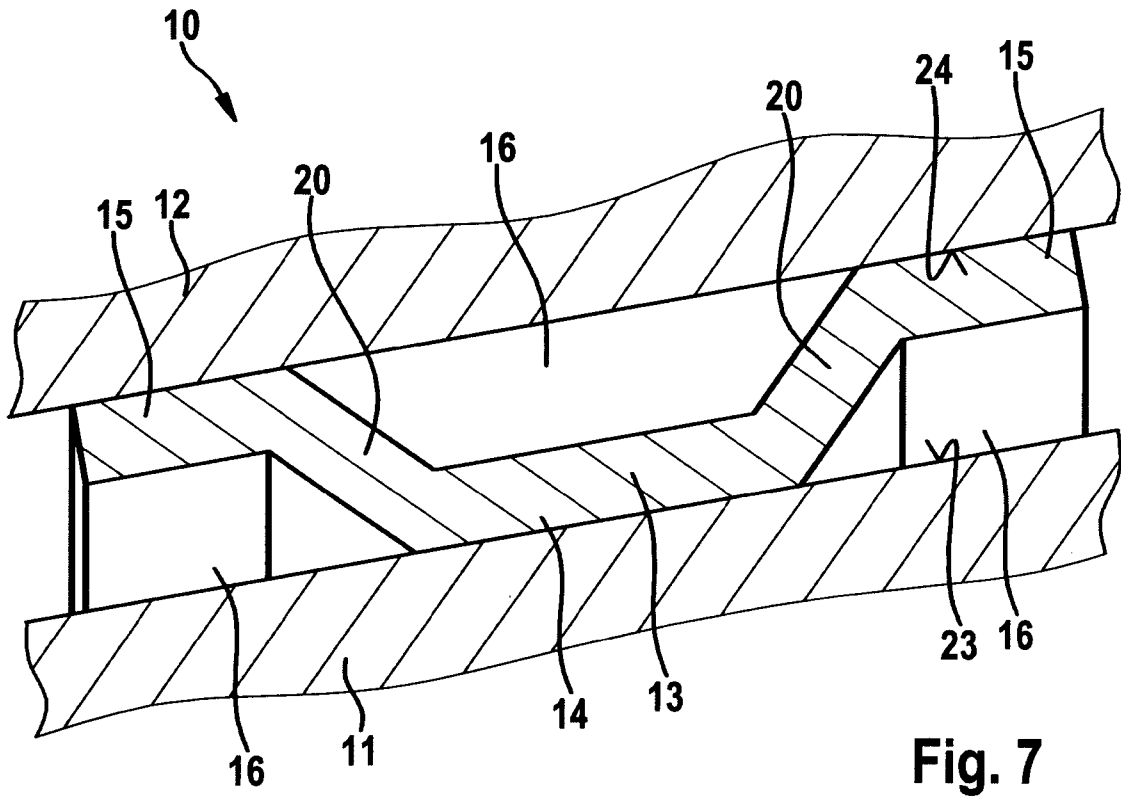


Fig. 7

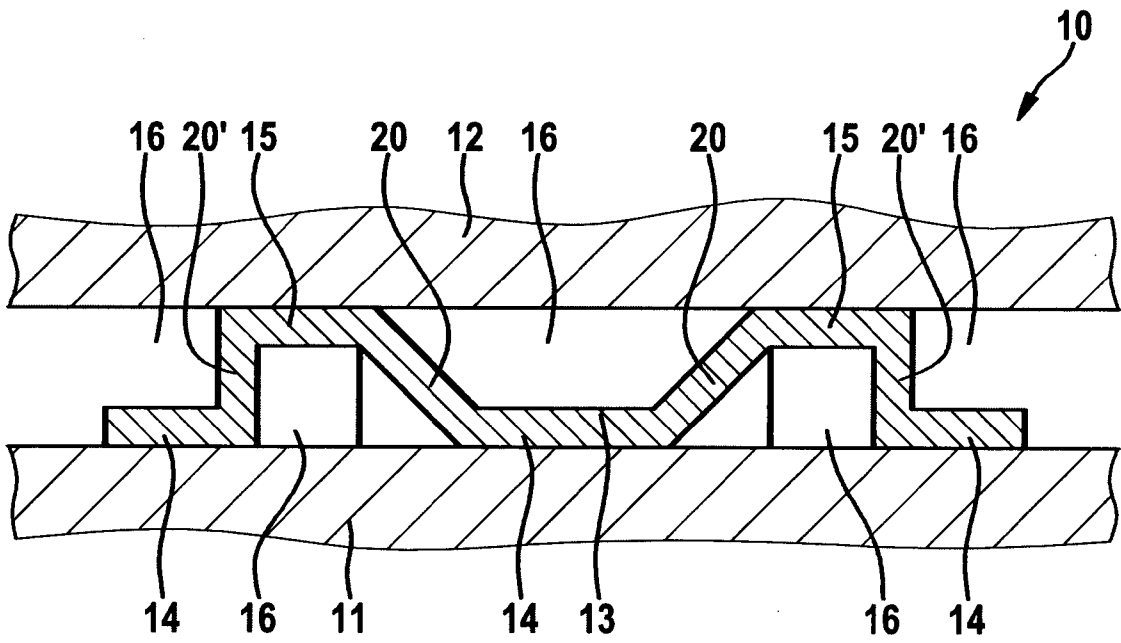


Fig. 8

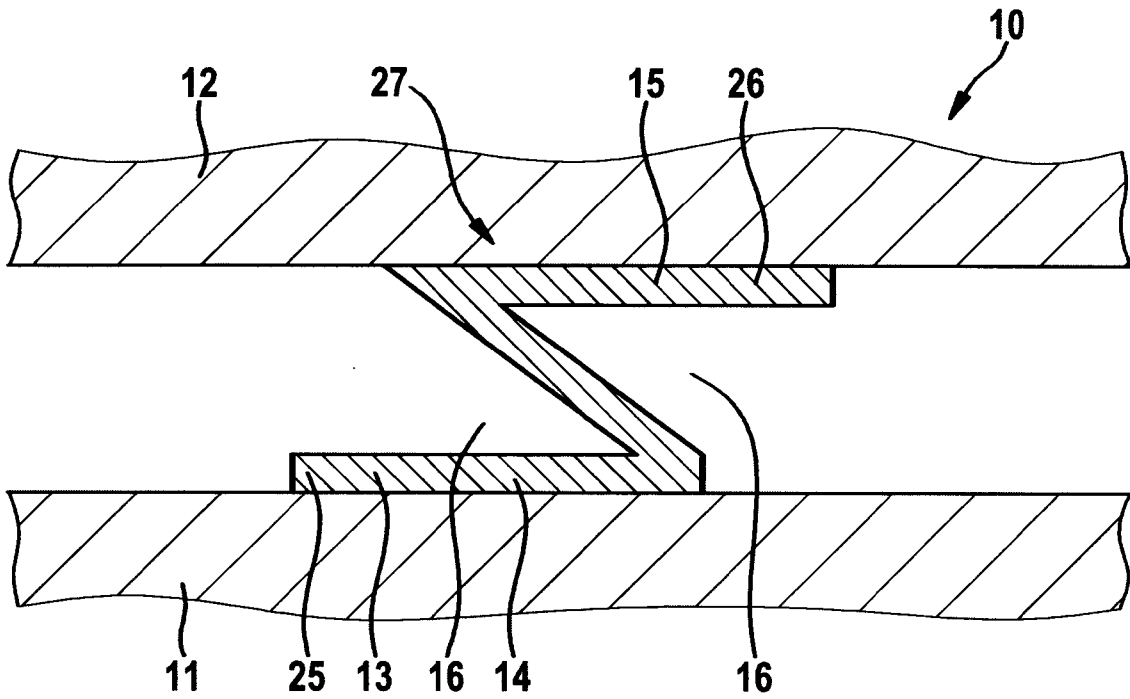


Fig. 9

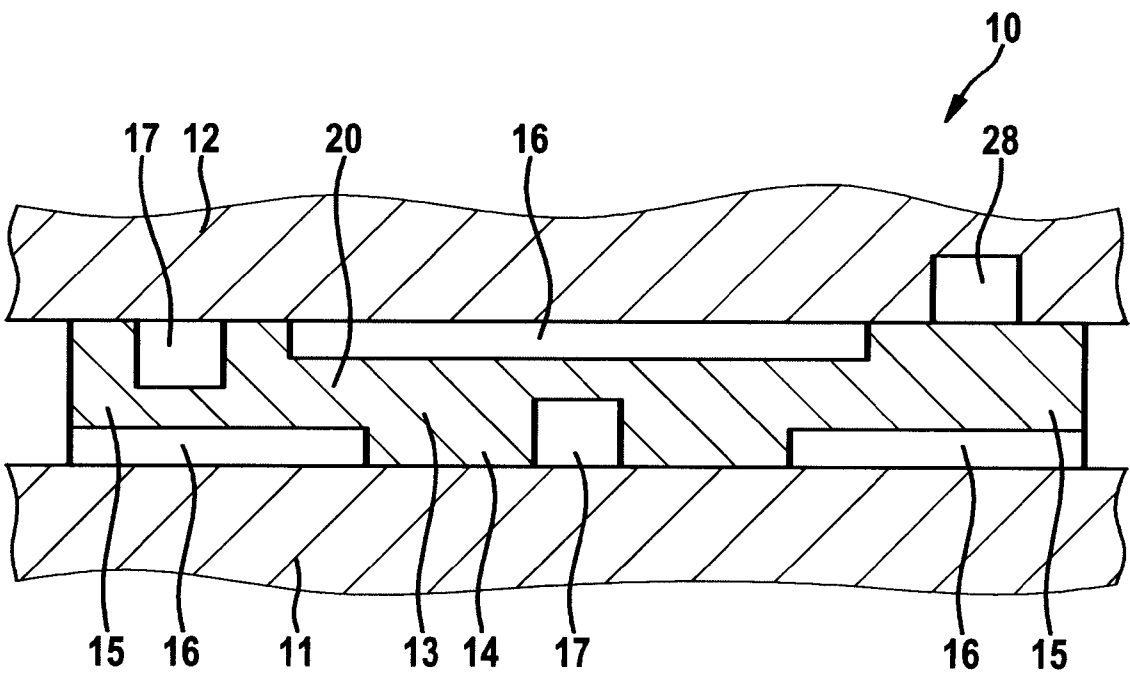


Fig. 10

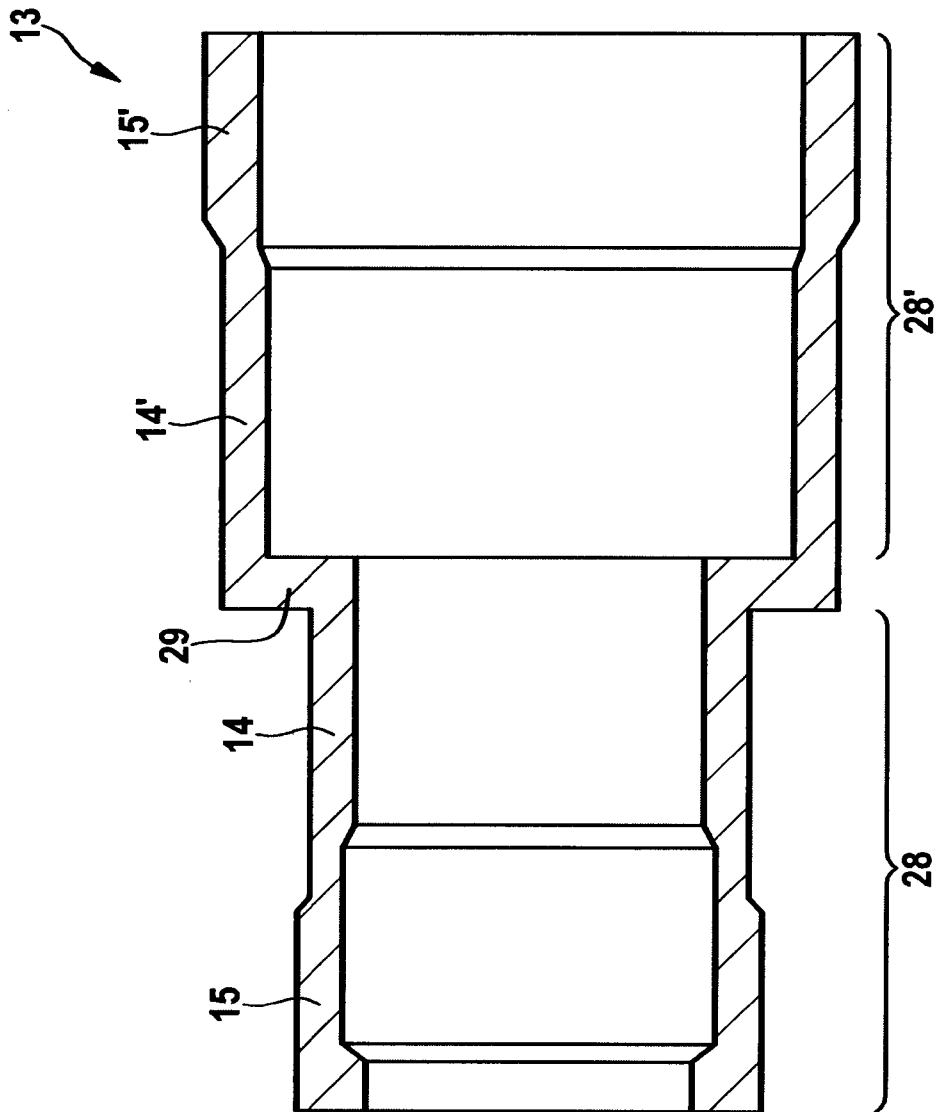


Fig. 11

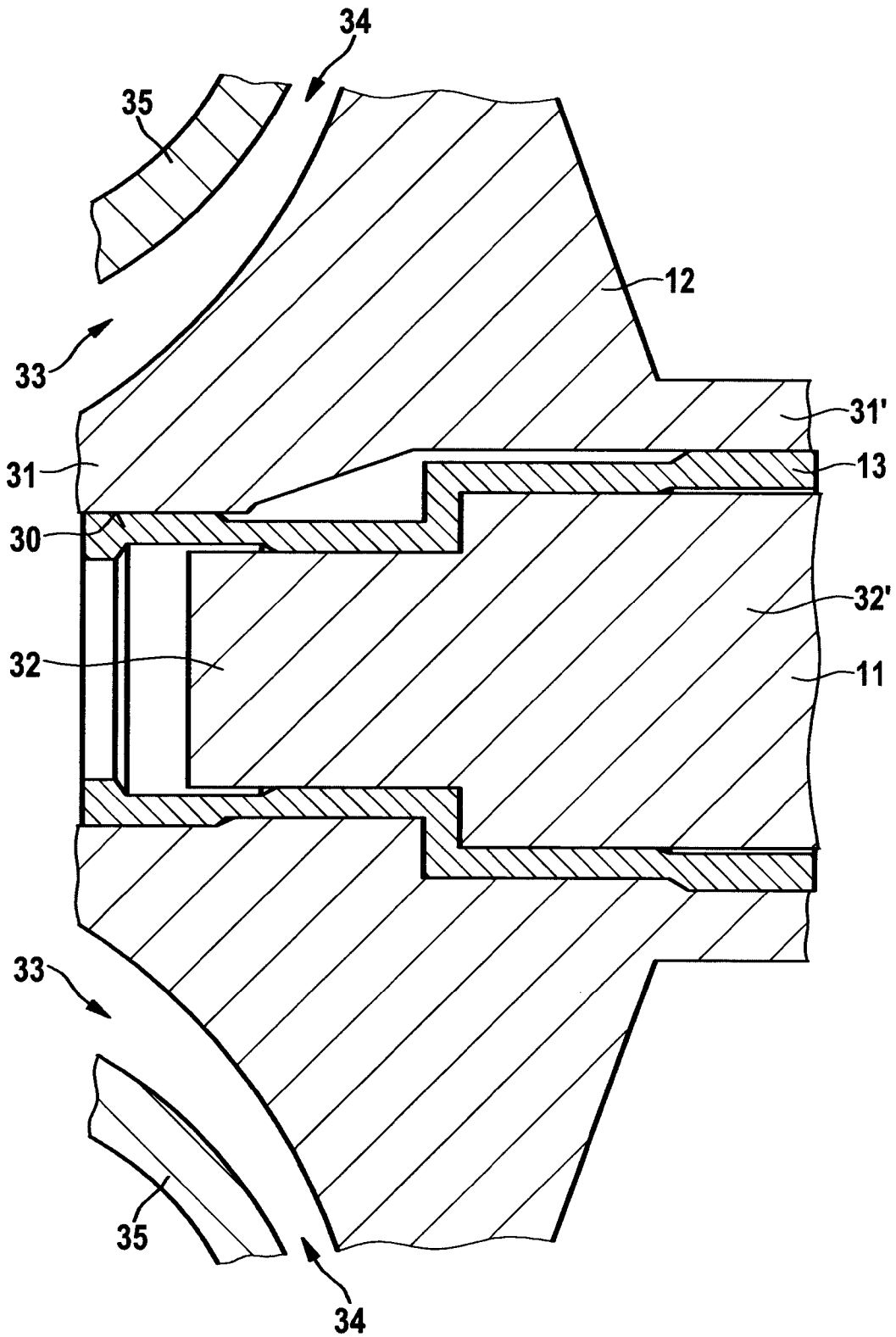


Fig. 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/074607

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F16C35/073 F16D1/08
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)
F16C F16D

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 3 146 635 A (BROSE HARLAN F) 1 September 1964 (1964-09-01) cited in the application column 1, line 9 - line 55 column 2, line 7 - column 3, line 3; figures 1,2,4	1-35
A	US 4 856 970 A (ODA ISAO [JP] ET AL) 15 August 1989 (1989-08-15) column 1, line 60 - column 2, line 17 column 4, line 61 - line 66; figures	1,13,14
A	US 2012/201682 A1 (DYMOND NIGEL YOUATT [GB] ET AL) 9 August 2012 (2012-08-09) paragraph [0039]; claim 1; figures	1,15
	----- -/--	

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 November 2017	Date of mailing of the international search report 06/12/2017
---	--

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 Daehnhardt, Andreas
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/074607

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 427 450 A (GAMBRILL JEFFREY S [US]) 27 June 1995 (1995-06-27) column 3, line 57 - column 4, line 17; figure 1	1,20
A	----- US 4 981 390 A (CRAMER JR ARTHUR A [US] ET AL) 1 January 1991 (1991-01-01) column 6, line 53 - column 7, line 24; figures 15-20	1,19,31
A	----- DE 28 34 834 A1 (BOSCH GMBH ROBERT) 21 February 1980 (1980-02-21) cited in the application page 4, paragraph 4 - page 5, paragraph 2; figures 2c,3,4a,4b -----	1-35

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/074607

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3146635	A	01-09-1964	NONE

US 4856970	A	15-08-1989	DE 3689626 D1 24-03-1994
			DE 3689626 T2 30-06-1994
			EP 0197694 A1 15-10-1986
			JP H0329032 B2 22-04-1991
			JP S61219767 A 30-09-1986
			US 4856970 A 15-08-1989

US 2012201682	A1	09-08-2012	CN 103348143 A 09-10-2013
			EP 2673514 A1 18-12-2013
			GB 2487921 A 15-08-2012
			JP 5523488 B2 18-06-2014
			JP 2012163100 A 30-08-2012
			KR 20130124546 A 14-11-2013
			US 2012201682 A1 09-08-2012
			WO 2012107736 A1 16-08-2012

US 5427450	A	27-06-1995	DE 69427944 D1 20-09-2001
			DE 69427944 T2 04-04-2002
			EP 0644798 A1 29-03-1995
			SG 52512 A1 28-09-1998
			US 5368390 A 29-11-1994
			US 5427450 A 27-06-1995
			US 5480228 A 02-01-1996
			WO 9420201 A1 15-09-1994
			ZA 9401390 B 28-09-1994

US 4981390	A	01-01-1991	NONE

DE 2834834	A1	21-02-1980	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F16C35/073 F16D1/08
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F16C F16D

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 3 146 635 A (BROSE HARLAN F) 1. September 1964 (1964-09-01) in der Anmeldung erwähnt Spalte 1, Zeile 9 - Zeile 55 Spalte 2, Zeile 7 - Spalte 3, Zeile 3; Abbildungen 1,2,4	1-35
A	----- US 4 856 970 A (ODA ISAO [JP] ET AL) 15. August 1989 (1989-08-15) Spalte 1, Zeile 60 - Spalte 2, Zeile 17 Spalte 4, Zeile 61 - Zeile 66; Abbildungen	1,13,14
A	----- US 2012/201682 A1 (DYMOND NIGEL YOUATT [GB] ET AL) 9. August 2012 (2012-08-09) Absatz [0039]; Anspruch 1; Abbildungen ----- -/-	1,15



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. November 2017

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

06/12/2017

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

Daehnhardt, Andreas

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 427 450 A (GAMBRILL JEFFREY S [US]) 27. Juni 1995 (1995-06-27) Spalte 3, Zeile 57 - Spalte 4, Zeile 17; Abbildung 1	1,20
A	----- US 4 981 390 A (CRAMER JR ARTHUR A [US] ET AL) 1. Januar 1991 (1991-01-01) Spalte 6, Zeile 53 - Spalte 7, Zeile 24; Abbildungen 15-20	1,19,31
A	----- DE 28 34 834 A1 (BOSCH GMBH ROBERT) 21. Februar 1980 (1980-02-21) in der Anmeldung erwähnt Seite 4, Absatz 4 - Seite 5, Absatz 2; Abbildungen 2c,3,4a,4b -----	1-35

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/074607

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3146635	A	01-09-1964	KEINE
US 4856970	A	15-08-1989	DE 3689626 D1 24-03-1994 DE 3689626 T2 30-06-1994 EP 0197694 A1 15-10-1986 JP H0329032 B2 22-04-1991 JP S61219767 A 30-09-1986 US 4856970 A 15-08-1989
US 2012201682	A1	09-08-2012	CN 103348143 A 09-10-2013 EP 2673514 A1 18-12-2013 GB 2487921 A 15-08-2012 JP 5523488 B2 18-06-2014 JP 2012163100 A 30-08-2012 KR 20130124546 A 14-11-2013 US 2012201682 A1 09-08-2012 WO 2012107736 A1 16-08-2012
US 5427450	A	27-06-1995	DE 69427944 D1 20-09-2001 DE 69427944 T2 04-04-2002 EP 0644798 A1 29-03-1995 SG 52512 A1 28-09-1998 US 5368390 A 29-11-1994 US 5427450 A 27-06-1995 US 5480228 A 02-01-1996 WO 9420201 A1 15-09-1994 ZA 9401390 B 28-09-1994
US 4981390	A	01-01-1991	KEINE
DE 2834834	A1	21-02-1980	KEINE