

(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
25. August 2022 (25.08.2022)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/175087 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B23P 11/02 (2006.01) *F16D 1/09* (2006.01)
B23P 19/027 (2006.01) *F16H 57/08* (2006.01)
F02C 7/36 (2006.01)

(71) Anmelder: **AEROSPACE TRANSMISSION TECHNOLOGIES GMBH** [DE/DE]; Adelheidstrasse 40, 88046 Friedrichshafen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/052457

(72) Erfinder: **ACCIALINI, Nicola**; Calle Lugo 13, 2B, 18100 Armilla (ES). **MEISSNER, Matti**; Weserstraße 41, 10247 Berlin (DE). **KALLIANTERIS, Christos**; Kranoldstraße 7, 12051 Berlin (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

02. Februar 2022 (02.02.2022)

(74) Anwalt: **ZÖSCHINGER, Christian**; Adelheidstr. 40, 88046 Friedrichshafen (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(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, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

DE 10 2021 103 575.9

16. Februar 2021 (16.02.2021) DE

(54) Title: METHOD, DEVICE AND CONTROL UNIT FOR ESTABLISHING A PRESS FIT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN, VORRICHTUNG UND STEUERGERÄT ZUM HERSTELLEN EINER PRESSPASSUNG

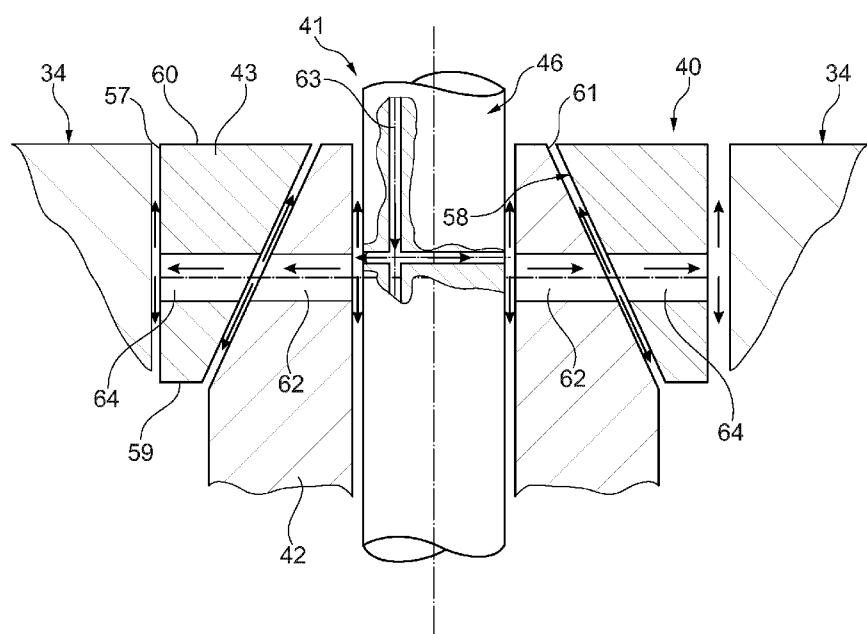


Fig. 5

(57) Abstract: A method, a device and a control unit for establishing or for releasing a press fit between at least one first component (42) and at least one second component (34) and at least one wedge sleeve (43) arranged in between are described. During the producing or the releasing of the press fit, hydraulic fluid is introduced under pressure in each case between an outer surface of the wedge sleeve (43) and an inner side of the second component (34) and/or between an inner side of the wedge sleeve (43) and an outer side of the first component (42). An axial actuating force is determined during the establishing or the releasing of the press fit. The pressure at which the hydraulic fluid is introduced is varied in an automatically regulated manner, in the case of the presence of an axial actuating force greater than or equal to a predefined upper limit value, until the axial actuating force is lower than the predefined upper limit value.

WO 2022/175087 A1



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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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)
-

(57) **Zusammenfassung:** Es werden ein Verfahren, eine Vorrichtung und ein Steuergerät zum Herstellen oder zum Lösen einer Presspassung zwischen wenigstens einem ersten Bauteil (42) und wenigstens einem zweiten Bauteil (34) und wenigstens einer dazwischen angeordneten Keilhülse (43) beschrieben. Während dem Erzeugen oder dem Lösen der Presspassung wird jeweils Hydraulikfluid unter Druck zwischen einer Außenfläche der Keilhülse (43) und einer Innenseite des zweiten Bauteiles (34) und/oder zwischen einer Innenseite der Keilhülse (43) und einer Außenseite des ersten Bauteiles (42) eingeleitet. Eine axiale Stellkraft wird während der Herstellung oder dem Lösen der Presspassung ermittelt. Der Druck, mit dem das Hydraulikfluid eingeleitet wird, wird bei Vorliegen einer axialen Stellkraft größer oder gleich einem vordefinierten oberen Grenzwert automatisch geregelt solange variiert, bis die axiale Stellkraft kleiner ist als der vordefinierte obere Grenzwert.

Verfahren, Vorrichtung und Steuergerät zum Herstellen einer Presspassung

Die vorliegende Offenbarung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen einer Presspassung zwischen wenigstens einem ersten Bauteil und wenigstens einem zweiten Bauteil und wenigstens einer dazwischen angeordneten Keilhülse. Des Weiteren betrifft die vorliegende Offenbarung ein Steuergerät zur Durchführung des Verfahrens sowie ein entsprechendes Computerprogrammprodukt.

Aus der Praxis bekannte Vorrichtungen zum Herstellen einer Presspassung zwischen einem ersten Bauteil und einem zweiten Bauteil und wenigstens einer dazwischen angeordneten Keilhülse werden dazu eingesetzt, um die beiden Bauteile mittels der Keilhülse drehfest miteinander zu verbinden. Die Keilhülse wird üblicherweise über ein Stellelement einer Vorrichtung, die eine Presse oder dergleichen umfasst, in axialer Richtung radial zwischen einen Bereich des ersten Bauteils und einen Bereich des zweiten Bauteils eingeschoben. Das Stellelement ist hierfür von einem oftmals hydraulisch betätigbaren Aktor axial verschiebbar. Dabei ist das erste Bauteil beispielsweise als Lagerbolzen eines Planetenrades eines Planetengetriebes ausgebildet, während das zweite Bauteil ein Planetenträger ist. Zum drehfesten Verbinden des Lagerbolzens mit dem Planetenträger werden zwischen Endbereichen des Lagerbolzens und Lagerbereichen des Planetenträgers, die die Endbereiche des Lagerbolzens radial umgreifen, als Spannhülsen ausgeführte Keilhülsen über den Aktor der Presse eingeschoben bzw. eingepresst.

Hierfür wird jeweils eine Keilhülse mit ihrer einen Stirnseite an den beiden Bauteilen angelegt und ausgehend von ihrer anderen Stirnseite von dem Aktor bzw. von dem Stellelement mit der zum Einschieben erforderlichen axialen Stellkraft beaufschlagt und dabei zwischen den Lagerbolzen und den Planetenträger eingeschoben.

Die Keilhülsen werden durch Verwendung von flüssigem Stickstoff und/oder Einspritzen von unter Hochdruck stehendem Öl zwischen dem Lagerbolzen und der Keilhülse sowie zwischen der Keilhülse und dem Planetenträger eingeschoben. Die vorbeschriebenen Vorrichtungen zum Herstellen von Presspassungen sind auch

geeignet, die Presspassungen wieder aufzulösen. Die Vorrichtungen werden zum Herstellen und Lösen von Presspassungen in verschiedenen Anwendungsbereichen eingesetzt. Insbesondere werden die Vorrichtungen bei der Fertigung von Schiffsspropellern, Lenkeinheiten, Zahnrädern, Schwungrädern, Kupplungsnaben, Rollenlagern, Hydraulikpumpen und dergleichen verwendet.

Die eingesetzten Vorrichtungen werden während dem Herstellen von Presspassungen oder dem Lösen von Presspassungen entweder manuell oder automatisiert betrieben.

Wird die Presspassung über einen manuellen Betrieb einer solchen Vorrichtung hergestellt oder gelöst, ist es die Aufgabe einer die Vorrichtung betreibenden Bedienperson, Öl bzw. Hydraulikfluid mit hohem Druck zwischen die jeweils einander zugewandten Innen- bzw. Außenflächen der miteinander zu fügenden Bauteile und der dazwischen angeordneten Keilhülse einzuleiten. Dadurch soll gewährleistet werden, dass die einander zugewandten Flächen der Bauteile und der Keilhülse während des Fügevorgangs aufgeweitet bzw. geschrumpft werden und die Reibung reduziert wird. Gleichzeitig wird beispielsweise die Keilhülse von der Presse in seine gewünschte Endposition verstellt.

Dabei ist es erforderlich, dass der radiale Druck, mit dem das Hydraulikfluid eingeleitet wird, ausreichend hoch ist, um die Belastungen der Bauteile und der Keilhülse in zulässigen Bereichen zu halten. Diese Bereiche werden in der Regel empirisch ermittelt. Das manuelle Verfahren ist durch eine hohe Flexibilität gekennzeichnet. Andererseits sind Füge- und Löseverfahren von Pressverbindungen manuell nicht mit einer gewünschten Reproduzierbarkeit durchführbar.

Füge- und Löseverfahren von Pressverbänden sind mit automatisch betreibbaren Vorrichtungen in gewünschtem Umfang reproduzierbar durchführbar. Jedoch sind bekannte Systeme nicht in der erforderlichen Art und Weise dazu in der Lage, sich an unterschiedliche Ausgangsbedingungen des Füge- und Löseprozesses anzupassen.

Des Weiteren liegt sowohl manuell betriebenen als auch automatisiert betriebenen Vorrichtungen jeweils der Nachteil zugrunde, dass die Prozessparameter für die Durchführung von Füge- und Löseverfahren von Pressverbänden in der Regel über aufwändige und kostenintensive Versuchsreihen zu ermitteln sind.

Bei automatisiert betriebenen Vorrichtungen werden Eingabeparameter bzw. Prozessparameter nach der Eingabe nicht veränderbar abgespeichert, weshalb dann nicht mehr die Möglichkeit gegeben ist, sie an unterschiedliche Ausgangsbedingungen anzupassen.

Tatsächlich können die Ausgangsbedingungen jedoch stark variieren. Ist beispielsweise die Keilhülse nicht im erforderlichen Umfang gegenüber den Bauteilen vorinstalliert, kann die zum Herstellen des Pressverbandes aufzubringende axiale Stellkraft im Vergleich zu einer ordnungsgemäßen Vorinstallation der Keilhülse stark ansteigen. Zusätzlich sind auch dann höhere Fügekräfte zum Herstellen eines Pressverbandes erforderlich, wenn die miteinander zu fügenden Bauteile bzw. deren Kontaktflächen vor Prozessbeginn nicht ausreichend gereinigt werden. Dabei erhöhen bereits vorhandene harte Partikel im Bereich der einander zugewandten Passflächen der Bauteile und der Keilhülse die axiale Stellkraft sofort und verursachen während des Fügeprozesses irreversible Schädigungen im Bereich der Bauteile und der Keilhülse, was jedoch unerwünscht ist.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, dass die radialen Drücke, mit den das Hydraulikfluid jeweils eingeleitet wird, sowohl für das Worst-Case-Szenario als auch für das Best-Case-Szenario stark voneinander abweichen. Dies resultiert aus unterschiedlichen Bauteilabmessungen der jeweils miteinander zu fügenden Bauteile, die wiederum in Abhängigkeit des so genannten Toleranzstapels stehen.

Des Weiteren besteht auch die Möglichkeit, dass der Reibungskoeffizient von aufbereiteten Keilhülsen stark streut und Ausgangsbedingungen früherer Fügeprozesse zufällig kombiniert werden, wodurch sich die Streuung der Prozessparameter sowie der Ausgangsbedingungen erhöht.

Ausgehend von dem vorstehend beschriebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Offenbarung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen oder zum Lösen einer Presspassung zwischen wenigstens einem ersten Bauteil und wenigstens einem zweiten Bauteil und wenigstens einer dazwischen angeordneten Keilhülse zur Verfügung zu stellen, mittels welchen die vorstehend näher beschriebenen Nachteile vermieden werden. Zusätzlich sollen ein Steuergerät, welches zur Durchführung des Verfahrens ausgebildet ist und ein Computerprogrammprodukt zur Durchführung des Verfahrens angegeben werden.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren sowie mit einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 bzw. 11 gelöst. Ein Steuergerät sowie ein Computerprogrammprodukt sind zudem Gegenstand der weiteren unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Gemäß einem ersten Aspekt wird ein Verfahren zum Herstellen oder zum Lösen einer Presspassung zwischen wenigstens einem ersten Bauteil und wenigstens einem zweiten Bauteil und wenigstens einer dazwischen angeordneten Keilhülse vorgeschlagen. Während dem Erzeugen oder dem Lösen der Presspassung wird jeweils Hydraulikfluid unter Druck zwischen einer Außenfläche der Keilhülse und einer Innenseite des zweiten Bauteiles und/oder zwischen einer Innenseite der Keilhülse und einer Außenseite des ersten Bauteiles eingeleitet. Während der Herstellung oder dem Lösen der Presspassung wird eine axiale Stellkraft ermittelt. Zusätzlich wird der Druck, mit dem das Hydraulikfluid eingeleitet wird, bei Vorliegen einer axialen Stellkraft größer oder gleich einem vordefinierten oberen Grenzwert automatisch geregelt solange variiert, bis die axiale Stellkraft kleiner ist als der vordefinierte obere Grenzwert.

Mittels des Verfahrens gemäß der vorliegenden Offenbarung wird der Druck, mit dem Hydraulikfluid bzw. Öl zwischen die Passflächen der Bauteile und der Keilhülse eingespritzt wird, um die Passflächen bzw. Gegenflächen zwischen beispielweise einer Bohrung des ersten Bauteiles und einer Außenfläche der Keilhülse sowie zwischen einer Innenfläche der Keilhülse und einer Außenfläche des zweiten Bauteiles

voneinander wegzubewegen und so die vorhandene Reibung zu reduzieren oder vollständig zu beseitigen, betriebszustandsabhängig und automatisch variiert. Der nächste Schritt besteht darin, die Keilhülse in die Endposition zu überführen, in der die gewünschte Presspassung vorliegt oder aus dieser Endposition zu schieben und die Presspassung zu lösen.

Dabei wird während der Durchführung des Verfahrens gemäß der vorliegenden Offenbarung die Höhe des Druckes bzw. des Radialdrucks des Hydraulikfluids entsprechend dem jeweils vorliegenden Axialkraftbedarf angepasst und geändert, wenn eine höhere oder eine niedrigere axiale Stellkraft erforderlich ist.

Mittels dieser Vorgehensweise werden sowohl plastische Verformungen im Bereich der Bauteile und der Keilhülse als auch eine unerwünschte Erzeugung von Spänen vermieden. Insbesondere aufgrund eines hohen Reinheitsanspruches soll die Erzeugung von Spänen soweit wie möglich insbesondere während dem Herstellen der Presspassung vermieden werden.

Des Weiteren ist mittels des Verfahrens gemäß der vorliegenden Offenbarung gewährleistet, dass Prozessdaten, die dem Herstell- oder dem Löseprozess der Pressverbindung zugrundegelegt werden, im Vergleich zu bekannten Lösungen mit wesentlich geringerem Aufwand bestimbar sind. Zusätzlich bietet das Verfahren aufgrund der dem Verfahren zugrundeliegenden adaptiven Regelung eine verbesserte Prozesskontrolle. Dabei ist die beschriebene Vorgehensweise auch durch eine hohe Prozessflexibilität gekennzeichnet, da unterschiedliche Ausgangsbedingungen beim Fügen oder Lösen der Bauteile und der Keilhülse auf einfache Art und Weise berücksichtigt werden können.

Die vorgeschlagene Regelstrategie kann zum Herstellen oder Lösen von Presspassungen in verschiedenen Anwendungsbereichen eingesetzt werden. So besteht beispielsweise die Möglichkeit Presspassungen im Bereich von Lagern, Kupplungen, Zahnräder, Kurbelwellen, Eisenbahnräder, Planetengetrieben und dergleichen im vorgeschlagenen Umfang herzustellen oder zu lösen.

Dabei kann es vorgesehen sein, dass mittels des Verfahrens gemäß der vorliegenden Offenbarung so genannte Planetenbolzen, auf den jeweils wenigstens ein Planetenrad drehbar gelagert ist, in Bohrungen eines Planetenträgers über Keilhülsen drehfest mit dem Planetenträger verbunden werden.

Bei solchen Planetengetrieben dreht sich üblicherweise der Planetenträger, womit das System hohen Zentrifugallasten ausgesetzt ist. Um die drehfeste Verbindung zwischen solchen Planetenbolzen und einem Planetenträger trotz der angreifenden hohen Zentrifugallasten gewährleisten zu können, werden Keilhülsen eingesetzt, um entsprechend hohe Presspassungen zu erzeugen. Dabei kann es vorgesehen sein, dass Verfahren zum Montieren und Demontieren von Planetengetrieben verwendet werden, die in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt werden.

Des Weiteren werden bei dem Verfahren gemäß der vorliegenden Offenbarung, das eine adaptive Regelung umfasst, der Radialdruck des Hydraulikfluids und die axiale Stellkraft in Echtzeit korreliert und der Radialdruck des Hydraulikfluids bei Bedarf korrigiert. Hierfür wird die Höhe der axialen Stellkraft automatisch durch die Systemlogik definiert. Damit ist mit geringem Steuer- und Regelaufwand gewährleistbar, dass die jeweils angelegte axiale Stellkraft einen vordefinierten Grenzwert nicht überschreitet, oberhalb dem Eigenspannungen im Bereich der Keilhülsen, die Spanbildung und zusätzlich auch eine plastische Verformung im Bereich der Bauteile der Keilhülsen kontrollierbar bzw. vermeidbar sind. Dies wird dadurch erreicht, dass bei Ermitteln einer axialen Stellkraft, die den vordefinierten Grenzwert überschreitet, die Regelung des Verfahrens automatisch den radialen Druck des Hydraulikfluids variiert, um die Reibung zwischen den Passflächen der Bauteile und der Keilhülsen zu reduzieren.

Vorliegend werden unter dem Begriff Presspassung Übermaßpassungen verstanden, bei denen das Größtmaß der Bohrung in jedem Fall kleiner als das Kleinstmaß der Welle ist. Das bedeutet im vorliegend betrachteten Anwendungsfall, dass das Übermaß in gefügtem Betriebszustand der Keilhülse zwischen den Bauteilen jeweils zwischen den einander zugewandten Passflächen der Bauteile und der Keilhülse vorliegt.

Bei einer Variante des Verfahrens gemäß der vorliegenden Offenbarung wird der Fügevorgang beendet, wenn während der Herstellung der Presspassung eine axiale Stellkraft kleiner als ein vordefinierter unterer Grenzwert ermittelt wird. Dadurch wird auf einfache Art und Weise vermieden, dass nicht ausreichende Presspassungen gefertigt werden.

Des Weiteren kann es vorgesehen sein, dass der Fügevorgang beendet wird, wenn während der Herstellung der Presspassung eine axiale Stellkraft größer als ein weiterer vordefinierter oberer Grenzwert ermittelt wird. Dabei kann der vordefinierte obere Grenzwert größer sein als der obere Grenzwert der Stellkraft und einen Wert aufweisen, oberhalb dem im Bereich der Bauteile und/oder der Keilhülse plastische Verformungen auftreten. Dadurch wird wiederum erreicht, dass während der Herstellung der Presspassung plastische Verformungen im Bereich der Bauteile und/oder im Bereich der Keilhülse mit geringem Steuer- und Regelaufwand vermieden werden.

Darüber hinaus kann es auch vorgesehen sein, dass der Fügevorgang beendet wird, wenn während der Herstellung der Presspassung der Druck einen oberen Grenzwert überschreitet. Mittels dieser Vorgehensweise ist wiederum auf einfache Art und Weise gewährleistet, dass durch den angelegten Druck irreversible Schädigungen, wie beispielsweise plastisches Fließen, im Bereich der Bauteile und/oder der Keilhülse vermieden werden.

Der obere Grenzwert und/oder der untere Grenzwert der Stellkraft können in Abhängigkeit eines Verschiebeweges der Keilhülse gegenüber den Bauteilen oder in Abhängigkeit eines Verschiebeweges von einem der Bauteile gegenüber dem anderen Bauteil und gegenüber der Keilhülse variiert werden. Damit ist wiederum auf einfache Art und Weise berücksichtigbar, dass die axiale Stellkraft beim Herstellen oder beim Lösen der Presspassung stellwegabhängig ansteigt bzw. absinkt und der Füge- bzw. der Löseprozess jeweils mit der aktuell erforderlichen axialen Stellkraft durchgeführt wird.

Bei einer Variante des Verfahrens gemäß der vorliegenden Offenbarung ist es

vorgesehen, dass ein Verlauf der axialen Stellkraft in Abhängigkeit eines axialen Verstellweges der Keilhülse gegenüber den Bauteilen oder in Abhängigkeit eines Verschiebeweges von einem der Bauteile gegenüber dem anderen Bauteil und gegenüber der Keilhülse bestimmt wird. Auch dadurch ist wiederum auf einfache Art und Weise berücksichtigbar, dass die axiale Stellkraft beim Herstellen oder beim Lösen der Presspassung stellwegabhängig ansteigt bzw. absinkt und der Füge- bzw. der Löseprozess jeweils mit der aktuell erforderlichen axialen Stellkraft durchgeführt wird.

Der Verlauf der Stellkraft kann mittels eines numerischen Modells bestimmt werden, das in Abhängigkeit empirisch ermittelter Daten kalibriert wird. Mittels dieser Vorgehensweise wird eine adaptive Regelung zur Verfügung gestellt, mit der der Radialdruck des Hydraulikfluids und die axiale Stellkraft in Echtzeit korrelierbar sind und der Radialdruck des Hydraulikfluids bedarfsweise korrigierbar ist. Dabei bildet das mittels der empirisch ermittelten Daten kalibrierte numerische Modell den Füge- und Löseprozess zwischen den Bauteilen und der Keilhülse modellhaft ab. Zusätzlich sind variierende Ausgangsbedingungen, wie beispielsweise unzureichend gereinigte Bauteile, eine unerwünschte Schrägstellung der miteinander zu fügenden Bauteile zueinander, eventuell vorliegende Späne oder dergleichen durch die adaptive Regelung auf einfache Art und Weise berücksichtigbar.

Der Druck des Hydraulikfluids kann für einen definierten Zeitraum auf dem Druckniveau des oberen Grenzwertes belassen werden. Dabei kann es vorgesehen sein, dass während des definierten Zeitraumes überprüft wird, ob die Stellkraft innerhalb des definierten Zeitraumes auf Werte kleiner als der obere Grenzwert absinkt. Bei positivem Prüfergebnis kann der Druck wieder reduziert werden, wohingegen der Fügeprozess bei negativem Prüfergebnis beendet werden kann. Damit ist mit geringem Aufwand gewährleistbar, dass ein Füge- oder ein Löseprozess erst dann beendet wird, wenn festgestellt wird, dass die Stellkraft dauerhaft größer als der obere Grenzwert ist.

Bei einer mit geringem Steuer- und Regelaufwand durchführbaren Variante des Verfahrens gemäß der vorliegenden Offenbarung wird der Druck bei Unterschreiten des

weiteren oberen Grenzwertes des Druckes, der kleiner als der obere Grenzwert des Druckes ist, konstant gehalten.

Das erste Bauteil kann ein Planetenbolzen sein, auf dem ein Planetenrad eines Planetengetriebes drehbar gelagert ist. Das zweite Bauteil kann als ein Planetenträger ausgebildet sein. Der Planetenbolzen kann endseitig in Bohrungen des Planetenträgers angeordnet sein. Die wenigstens eine Keilhülse kann zur Herstellung der Presspassung zwischen den Planetenbolzen und den Planetenträger durch Anlegen der axialen Stellkraft eingepresst werden und zum Lösen der Presspassung mittels der axialen Stellkraft ausgeschoben werden.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Offenbarung wird eine Vorrichtung zum Herstellen oder zum Lösen einer Presspassung einer Presspassung zwischen wenigstens einem ersten Bauteil und einem zweiten Bauteil und wenigstens einer zwischen den Bauteilen angeordneten Keilhülse vorgeschlagen. Die Vorrichtung umfasst eine Presseinrichtung zum Anlegen einer axialen Stellkraft an den Bauteilen und an der Keilhülse. Des Weiteren umfasst die Vorrichtung wenigstens einen Sensor zum Ermitteln der axialen Stellkraft. Zusätzlich ist die Vorrichtung gemäß der vorliegenden Offenbarung mit einer Hydraulikfluid-Hochdruck-Einspritzeinrichtung zum Einleiten von Hydraulikfluid unter Druck zwischen einer Außenfläche der Keilhülse und einer Innenseite des zweiten Bauteiles und/oder zwischen einer Innenseite der Keilhülse und einer Außenseite des ersten Bauteiles ausgeführt. Darüber hinaus weist die Vorrichtung wenigstens einen Druckmess-Sensor zum Ermitteln des Druckes und ein Steuergerät zur Durchführung des vorstehend näher beschriebenen Verfahrens auf.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Offenbarung wird ein Steuergerät vorgeschlagen, welches zur Durchführung des Verfahrens gemäß der vorliegenden Offenbarung ausgebildet ist. Das Steuergerät umfasst beispielsweise Mittel, die der Durchführung des Verfahrens dienen. Bei diesen Mitteln kann es sich um hardwareseitige Mittel und um softwareseitige Mittel handeln. Die hardwareseitigen Mittel des Steuergeräts sind beispielsweise Datenschnittstellen, um mit den an der Durchführung des Verfahrens beteiligten Baugruppen der Vorrichtung Daten

auszutauschen. Weitere hardwareseitige Mittel sind beispielsweise ein Speicher zur Datenspeicherung und ein Prozessor zur Datenverarbeitung. Softwareseitige Mittel können unter anderem Programmbausteine zur Durchführung des Verfahrens sein.

Das Steuergerät ist zur Durchführung des Verfahrens mit zumindest einer Empfangsschnittstelle ausführbar, die ausgebildet ist, Signale von Signalgebern zu empfangen. Die Signalgeber können beispielsweise als Sensoren ausgebildet sein, die Messgrößen erfassen und an das Steuergerät übermitteln. Ein Signalgeber kann auch als Signalfühler bezeichnet werden. So kann die Empfangsschnittstelle von einem Signalgeber ein Signal empfangen, über welches signalisiert wird, dass eine Presspassung hergestellt oder gelöst werden soll. Das Signal kann beispielsweise durch eine Bedienperson erzeugt werden, indem diese ein Bedienelement betätigt, über welches eine solche Ermittlung angefordert werden kann. Des Weiteren kann das Signal auch von einer Fertigungsstrategie erzeugt werden, die im Bereich des Steuergerätes oder im Bereich eines weiteren Steuergerätes einer Werkzeugmaschine oder der gleichen aktiviert ist und durchgeführt wird.

Das Steuergerät kann zudem eine Datenverarbeitungseinheit aufweisen, um die empfangenen Eingangssignale bzw. die Informationen der empfangenen Eingangssignale auszuwerten und/oder zu verarbeiten.

Auch kann das Steuergerät mit einer Sendeschnittstelle ausgeführt sein, die ausgebildet ist, Steuersignale an Stellglieder auszugeben. Unter einem Stellglied sind Aktoren zu verstehen, die die Befehle des Steuergerätes umsetzen. Die Aktoren können beispielsweise als hydraulische, elektrische oder mechanische Aktoren ausgebildet sein, die die jeweils zum Herstellen oder Lösen der Presspassung erforderliche axiale Stellkraft sowie den Druck des Hydraulikfluids erzeugen bzw. zur Verfügung stellen.

Wird durch das Steuergerät erkannt, dass eine Presspassung zwischen den Bauteilen und der Keilhülse hergestellt oder gelöst werden soll, wird mittels des Steuergerätes während dem Erzeugen oder dem Lösen der Presspassung jeweils Hydraulikfluid unter Druck zwischen eine Außenfläche der Keilhülse und eine Innenfläche des

zweiten Bauteiles und/oder zwischen einer Innenseite der Keilhülse und einer Außenseite des ersten Bauteiles eingeleitet. Des Weiteren wird mittels des Steuergerätes eine axiale Stellkraft während der Herstellung oder dem Lösen der Presspassung ermittelt. Der Druck, mit dem das Hydraulikfluid eingeleitet wird, wird mittels des Steuergerätes bei Vorliegen einer axialen Stellkraft größer oder gleich einem vordefinierten oberen Grenzwert automatisch geregelt solange variiert, bis die axiale Stellkraft kleiner ist als der vordefinierte obere Grenzwert.

Dadurch wird wiederum gewährleistet, dass ein Radialdruck des Hydraulikfluids sowie eine axiale Stellkraft in Echtzeit korrelierbar sind und der Radialdruck bei Bedarf entsprechend korrigiert werden kann.

Die zuvor genannten Signale sind nur als beispielhaft anzusehen und sollen die vorliegende Offenbarung nicht beschränken. Die erfassten Eingangssignale und die ausgegebenen Steuersignale können über einen Datenbus übertragen werden. Die Steuerungseinrichtung bzw. das Steuergerät kann beispielsweise als zentrales elektronisches Steuergerät einer Werkzeugmaschine ausgebildet sein.

Die vorliegend vorgeschlagene Lösung lässt sich auch als Computerprogrammprodukt verkörpern, welches, wenn es auf einem Prozessor einer Steuerungseinrichtung läuft, den Prozessor softwaremäßig anleitet, die zugeordneten Verfahrensschritte gemäß der vorliegenden Offenbarung durchzuführen. In diesem Zusammenhang gehört auch ein computerlesbares Medium zum Gegenstand der vorliegenden Offenbarung, auf dem ein vorstehend beschriebenes Computerprogrammprodukt abrufbar gespeichert ist.

Für den Fachmann ist verständlich, dass ein Merkmal oder Parameter, das bzw. der in Bezug auf einen der obigen Aspekte beschrieben wird, bei einem beliebigen anderen Aspekt angewendet werden kann, sofern sie sich nicht gegenseitig ausschließen. Des Weiteren kann ein beliebiges Merkmal oder ein beliebiger Parameter, das bzw. der hier beschrieben wird, bei einem beliebigen Aspekt angewendet werden und/oder mit einem beliebigen anderen Merkmal oder Parameter, das bzw. der hier beschrieben wird, kombiniert werden, sofern sie sich nicht gegenseitig ausschließen.

Es werden nun beispielhaft Ausführungsformen mit Bezug auf die Figuren beschrieben.

Es zeigt:

Fig. 1 eine Längsschnittansicht eines Gasturbinentriebwerks;

Fig. 2 eine vergrößerte Teillängsschnittansicht eines stromaufwärtigen Abschnitts eines Gasturbinentriebwerks;

Fig. 3 eine Alleindarstellung eines Getriebes für ein Gasturbinentriebwerk;

Fig. 4 eine stark schematisierte Längsansicht einer Vorrichtung zum Herstellen oder Lösen einer Presspassung zwischen wenigstens einem ersten Bauteil und wenigstens einem zweiten Bauteil und wenigstens einer dazwischen angeordneten Keilhülse;

Fig. 5 eine vergrößerte Ansicht eines in Fig. 4 näher gekennzeichneten Bereiches V;

Fig. 6 eine schematisierte Teildarstellung eines ersten Bauteiles und eines zweiten Bauteiles sowie einer dazwischen angeordneten Keilhülse, die über eine Presspassung miteinander zu verbinden sind;

Fig. 7 mehrere Verläufe einer axialen Stellkraft über einem axialen Verstellweg einer Keilhülse gegenüber Bauteilen oder in Abhängigkeit eines axialen Verstellweges von einem der Bauteile gegenüber dem anderen Bauteil und gegenüber der Keilhülse;

Fig. 8 mehrere Verläufe verschiedener Prozessparameter der Vorrichtung gemäß Fig. 4 während dem Herstellen oder dem Lösen einer Presspassung zwischen dem Planetenbolzen und dem Planetenträger des Planetengetriebes gemäß Fig. 3; und

Fig. 9 eine Fig. 8 entsprechende Darstellung weiterer Verläufe verschiedener Prozessparameter der Vorrichtung gemäß Fig. 4 während dem Herstellen oder dem Lösen einer Presspassung zwischen dem Planetenbolzen und dem Planetenträger des Planetengetriebes gemäß Fig. 3.

Fig. 1 stellt ein Gasturbinentriebwerk 10 mit einer Hauptdrehachse 9 dar. Das Triebwerk 10 umfasst einen Lufteinlass 12 und ein Schubgebläse 23, das zwei Luftströme erzeugt: einen Kernluftstrom 111 und einen Bypassluftstrom 122. Das Gasturbinentriebwerk 10 umfasst einen Kern 11, der den Kernluftstrom 111 aufnimmt. Der Triebwerkskern 11 umfasst in Axialströmungsreihenfolge einen Niederdruckverdichter 14, einen Hochdruckverdichter 15, eine Verbrennungseinrichtung 16, eine Hochdruckturbine 17, eine Niederdruckturbine 19 und eine Kernschubdüse 20. Eine Triebwerksgondel 21 umgibt das Gasturbinentriebwerk 10 und definiert einen Bypasskanal 22 und eine Bypassschubdüse 18. Der Bypassluftstrom 122 strömt durch den Bypasskanal 22. Das Gebläse 23 ist über eine Welle 26 und ein Epizykloidengetriebe 30 an der Niederdruckturbine 19 angebracht und wird durch diese angetrieben. Dabei wird die Welle 26 auch als Kernwelle bezeichnet.

Im Gebrauch wird der Kernluftstrom 111 durch den Niederdruckverdichter 14 beschleunigt und verdichtet und in den Hochdruckverdichter 15 geleitet, wo eine weitere Verdichtung erfolgt. Die aus dem Hochdruckverdichter 15 ausgestoßene verdichtete Luft wird in die Verbrennungseinrichtung 16 geleitet, wo sie mit Kraftstoff vermischt wird und das Gemisch verbrannt wird. Die resultierenden heißen Verbrennungsprodukte breiten sich dann durch die Hochdruck- und die Niederdruckturbine 17, 19 aus und treiben diese dadurch an, bevor sie zur Bereitstellung einer gewissen Schubkraft durch die Düse 20 ausgestoßen werden. Die Hochdruckturbine 17 treibt den Hochdruckverdichter 15 durch eine geeignete Verbindungswelle 27 an, die auch als Kernwelle bezeichnet wird. Das Gebläse 23 stellt allgemein den Hauptteil der Schubkraft bereit. Das Epizykloidengetriebe 30 ist ein Untersetzungsgetriebe.

Eine beispielhafte Anordnung für ein Getriebegebläse-Gasturbinentriebwerk 10 wird in Fig. 2 gezeigt. Die Niederdruckturbine 19 (siehe Fig. 1) treibt die Welle 26 an, die mit einem Sonnenrad 28 der Epizykloidengetriebeanordnung 30 gekoppelt ist.

Mehrere Planetenräder 32, die durch einen Planetenträger 34 miteinander gekoppelt sind, befinden sich von dem Sonnenrad 28 radial außen und kämmen damit und sind jeweils drehbar auf drehfest mit dem Planetenträger 34 verbundenen Bauteilen bzw. Trägerelementen 42 angeordnet. Der Planetenträger 34 beschränkt die Planetenräder 32 darauf, synchron um das Sonnenrad 28 zu kreisen, während er ermöglicht, dass sich jedes Planetenrad 32 auf den Trägerelementen 42 um seine eigene Achse drehen kann. Der Planetenträger 34 ist über Gestänge 36 mit dem Gebläse 23 dagehend gekoppelt, seine Drehung um die Triebwerksachse 9 anzutreiben. Ein Außenrad oder Hohlrad 38, das über Gestänge 40 mit einer stationären Stützstruktur 24 gekoppelt ist, befindet sich von den Planetenräder 32 radial außen und kämmt damit.

Es wird angemerkt, dass die Begriffe „Niederdruckturbine“ und „Niederdruckverdichter“, so wie sie hier verwendet werden, so aufgefasst werden können, dass sie die Turbinenstufe mit dem niedrigsten Druck bzw. die Verdichterstufe mit dem niedrigsten Druck (d. h. dass sie nicht das Gebläse 23 umfassen) und/oder die Turbinen- und Verdichterstufe, die durch die Verbindungswelle 26 mit der niedrigsten Drehzahl in dem Triebwerk (d. h. dass sie nicht die Getriebeausgangswelle, die das Gebläse 23 antreibt, umfasst) miteinander verbunden sind, bedeuten. In einigen Schriften können die „Niederdruckturbine“ und der „Niederdruckverdichter“, auf die hier Bezug genommen wird, alternativ dazu als die „Mitteldruckturbine“ und „Mitteldruckverdichter“ bekannt sein. Bei der Verwendung derartiger alternativer Nomenklatur kann das Gebläse 23 als eine erste Verdichtungsstufe oder Verdichtungsstufe mit dem niedrigsten Druck bezeichnet werden.

Das Epizykloidengetriebe 30 wird in Fig. 3 beispielhaft genauer gezeigt. Das Sonnenrad 28, die Planetenräder 32 und das Hohlrad 38 umfassen jeweils Zähne um ihre Peripherie zum Kämmen mit den anderen Zahnrädern. Jedoch werden der Übersichtlichkeit halber lediglich beispielhafte Abschnitte der Zähne in Fig. 3 dargestellt. Obgleich vier Planetenräder 32 dargestellt werden, liegt für den Fachmann auf der Hand, dass innerhalb des Schutzumfangs der beanspruchten Erfindung mehr oder weniger Planetenräder 32 vorgesehen sein können. Praktische Anwendungen eines Epizykloidengetriebes 30 umfassen allgemein mindestens drei Planetenräder 32.

Das in Fig. 2 und 3 beispielhaft dargestellte Epizykloidengetriebe 30 ist ein Planetengetriebe, bei dem der Planetenträger 34 über Gestänge 36 mit einer Ausgangswelle gekoppelt ist, wobei das Hohlrad 38 festgelegt ist. Jedoch kann eine beliebige andere geeignete Art von Epizykloidengetriebe 30 verwendet werden. Als ein weiteres Beispiel kann das Epizykloidengetriebe 30 eine Sternanordnung sein, bei der der Planetenträger 34 festgelegt gehalten wird, wobei gestattet wird, dass sich das Hohlrad (oder Außenrad) 38 dreht. Bei solch einer Anordnung wird das Gebläse 23 von dem Hohlrad 38 angetrieben. Als ein weiteres alternatives Beispiel kann das Getriebe 30 ein Differenzialgetriebe sein, bei dem gestattet wird, dass sich sowohl das Hohlrad 38 als auch der Planetenträger 34 drehen.

Es versteht sich, dass die in Fig. 2 und 3 gezeigte Anordnung lediglich beispielhaft ist und verschiedene Alternativen in dem Schutzmfang der vorliegenden Offenbarung liegen. Lediglich beispielhaft kann eine beliebige geeignete Anordnung zur Positionierung des Getriebes 30 in dem Triebwerk 10 und/oder zur Verbindung des Getriebes 30 mit dem Triebwerk 10 verwendet werden. Als ein weiteres Beispiel können die Verbindungen (z. B. die Gestänge 36, 40 in dem Beispiel von Fig. 2) zwischen dem Getriebe 30 und anderen Teilen des Triebwerks 10 (wie z. B. der Eingangswelle 26, der Ausgangswelle und der festgelegten Struktur 24) einen gewissen Grad an Steifigkeit oder Flexibilität aufweisen. Als ein weiteres Beispiel kann eine beliebige geeignete Anordnung der Lager zwischen rotierenden und stationären Teilen des Triebwerks (beispielsweise zwischen der Eingangs- und der Ausgangswelle des Getriebes und den festgelegten Strukturen, wie z. B. dem Getriebegehäuse) verwendet werden, und die Offenbarung ist nicht auf die beispielhafte Anordnung von Fig. 2 beschränkt. Beispielsweise ist für den Fachmann ohne weiteres erkenntlich, dass sich die Anordnung von Ausgang und Stützgestängen und Lagerpositionierungen bei einer Sternanordnung (oben beschrieben) des Getriebes 30 in der Regel von jenen, die beispielhaft in Fig. 2 gezeigt werden, unterscheiden würden.

Entsprechend dehnt sich die vorliegende Offenbarung auf ein Gasturbinentriebwerk mit einer beliebigen Anordnung der Getriebearten (beispielsweise sternförmig oder

planetenartig), Stützstrukturen, Eingangs- und Ausgangswellenanordnung und Lagerpositionierungen aus.

Optional kann das Getriebe Neben- und/oder alternative Komponenten (z. B. den Mitteldruckverdichter und/oder einen Nachverdichter) antreiben.

Andere Gasturbinentriebwerke, bei denen die vorliegende Offenbarung Anwendung finden kann, können alternative Konfigurationen aufweisen. Beispielsweise können derartige Triebwerke eine alternative Anzahl an Verdichtern und/oder Turbinen und/oder eine alternative Anzahl an Verbindungswellen aufweisen. Als ein weiteres Beispiel weist das in Fig. 1 gezeigte Gasturbinentriebwerk eine Teilungsstromdüse 20, 22 auf, was bedeutet, dass der Strom durch den Bypasskanal 22 seine eigene Düse aufweist, die von der Triebwerkskerndüse 20 separat und davon radial außen ist. Jedoch ist dies nicht einschränkend und ein beliebiger Aspekt der vorliegenden Offenbarung kann auch auf Triebwerke zutreffen, bei denen der Strom durch den Bypasskanal 22 und der Strom durch den Kern 11 vor (oder stromaufwärts) einer einzigen Düse, die als eine Mischstromdüse bezeichnet werden kann, vermischt oder kombiniert werden. Eine oder beide Düsen (ob Misch- oder Teilungsstrom) kann oder können einen festgelegten oder variablen Bereich aufweisen. Obgleich sich das beschriebene Beispiel auf ein Turbogebläsetriebwerk bezieht, kann die Offenbarung beispielsweise bei einer beliebigen Art von Gasturbinentriebwerk, wie z. B. bei einem Open-Rotor- (bei dem die Gebläsestufe nicht von einer Triebwerksgondel umgeben wird) oder einem Turboprop-Triebwerk, angewendet werden.

Die Geometrie des Gasturbinentriebwerks 10 und Komponenten davon wird bzw. werden durch ein herkömmliches Achsensystem definiert, das eine axiale Richtung (die auf die Drehachse 9 ausgerichtet ist), eine radiale Richtung (in der Richtung von unten nach oben in Fig. 1) und eine Umfangsrichtung (senkrecht zu der Ansicht in Fig. 1) umfasst. Die axiale, die radiale und die Umfangsrichtung verlaufen senkrecht zueinander.

Fig. 4 zeigt eine Längsschnittansicht einer Vorrichtung 40, die eine Presseinrichtung 41 umfasst. Des Weiteren ist der Planetenträger 34 sowie das damit zu verbindende

Bauteil bzw. der Planetenbolzen 42 für ein darauf drehbar gelagertes Planetenrad 32 des Getriebes 30 dargestellt. Zusätzlich zeigt Fig. 4 Spannelemente bzw. Keilhülsen 43, 44, einen axial verstellbaren Aktor 45 und ein über den Aktor 45 axial verschiebbares Stellelement 46 der Presseinrichtung 41, über das die Keilhülsen 43, 44 jeweils in axialer Richtung A bzw. B radial zwischen Bereiche des Planetenträgers 34 und Bereiche des Planetenbolzens 42 einschiebbar sind. Das Stellelement 46 durchgreift den Aktor 45, den Planetenträger 34 und den Planetenbolzen 42 in axialer Richtung A bzw. B.

Darüber hinaus wirkt das Stellelement 46 einenends mit dem Aktor 45 zusammen und ist anderenends mit einem Deckelelement 47 ausgeführt. Über das Deckelelement 47 und die Keilhülse 44 steht das Stellelement 46 mit dem Planetenträger 34 und dem Planetenbolzen 42 in Wirkverbindung. Die Keilhülse 44 ist axial zwischen dem Deckelelement 47 und dem Planetenträger 34 und dem Planetenbolzen 42 positioniert, während die Keilhülse 43 zwischen dem Planetenträger 34 und dem Planetenbolzen 42 und einem Gehäusebereich 48 des Aktors 45 angeordnet ist. Zusätzlich sind das Stellelement 46 und der Aktor 45 zum Einschieben der Keilhülsen 43 und 44 zwischen dem Planetenträger 34 und dem Planetenbolzen 42 in einem axialen Abstand zwischen dem Deckelelement 47 und dem Gehäusebereich 48 des Aktors 45 verringerten Umfang relativ zum Planetenträger 34 und dem Planetenbolzen 42 bewegbar.

Der Aktor 45 ist vorliegend als hydraulischer Aktor ausgebildet, mittels dem das Stellelement 46 in axialer Richtung A verschiebbar ist. Des Weiteren ist der Aktor 45 so ausgeführt, dass der Aktor 45 während der axialen Verstellung des Stellelementes 46 ebenfalls in axialer Richtung B auf den Planetenträger 34 und den Planetenbolzen 42 zu bewegt wird. Dabei sind die Stellwege des Stellelementes 46 und des Aktors 45 über gehäuseseitige Anschlüsse 49, 50 im Bereich des Aktors 45 begrenzt. Der Anschlag 49 wirkt mit einer auf das Stellelement 46 aufgeschraubten Mutter 51 zusammen, während die Stellwege des Stellelementes 46 und des Aktors 45 jeweils in Fügerichtung der beiden Keilhülsen 43 und 44 mittels eines mit dem Anschlag 50 zusammenwirkenden vergrößerten Durchmesserbereiches 52 des Stellelementes 46 begrenzt sind.

Die Keilhülsen 43 und 44 werden während des Fügeprozesses bzw. während des Einschiebens der Keilhülsen 43 und 44 zwischen den Planetenträger 34 und den Planetenbolzen 42 durch das aktorseitige axiale Verschieben des Stellelementes 46 und die damit einhergehende Verstellung des Aktors 45 ausgehend von in axialer Richtung des Planetenträgers 34 und des Planetenbolzens 42 voneinander abgewandten Seiten 53, 54 eingeschoben.

Soll über die Vorrichtung 40 lediglich die Keilhülse 43 oder die Keilhülse 44 durch die vorbeschriebene aktorseitige Verstellung des Stellelementes 46 oder die Verstellung des Aktors 45 zwischen den Planetenträger 34 und den Planetenbolzen 42 während eines Fügeprozesses eingeschoben werden, besteht auf einfache Art und Weise die Möglichkeit, entweder zwischen dem Deckelelement 47 und dem Planetenträger 34 und/oder dem Planetenbolzen 42 oder zwischen dem Gehäusebereich 48 und dem Planetenbolzen 42 und/oder dem Planetenträger 34 ein in Fig. 4 lediglich strichliert dargestelltes hülsenförmiges bzw. ringförmiges Distanzelement 55A bzw. 55B oder 56A bzw. 56B vorzusehen. Über die Distanzelemente 55A bzw. 55B oder 56A bzw. 56B wird jeweils eine Verringerung des Abstandes zwischen dem Deckelelement 47 und der Seite 54 oder zwischen dem Gehäusebereich 48 und der Seite 53 verhindert und lediglich die Keilhülse 43 oder die Keilhülse 44 zwischen den Planetenträger 34 und den Planetenbolzen 42 in gewünschtem Umfang eingeschoben.

Fig. 5 zeigt eine vergrößerte Schnittansicht des in Fig. 4 näher gekennzeichneten Bereiches V, der die Keilhülse 43, einen Bereich des Stellelementes 46 sowie Bereiche des Planetenbolzens 42 und des Planetenträgers 34 umfasst. Aus der Darstellung gemäß Fig. 5 geht hervor, dass die Keilhülse 43, die prinzipiell den gleichen Aufbau wie die Keilhülse 44 aufweist, eine Spannhülse ist, die im Bereich ihres äußeren Umfangs 57 zylindrisch und im Bereich ihres inneren Durchmessers 58 kegelförmig ausgebildet ist. Der Innendurchmesser 58 der Keilhülse 43 nimmt ausgehend von der den Bauteilen bzw. dem Planetenträger 34 und dem Planetenbolzen 42 zugewandten Seite 59 in Richtung der den Bauteilen bzw. dem Planetenträger 34 und dem Planetenbolzen 42 abgewandten Seite 60 ab.

Zusätzlich weist der Planetenbolzen 42 im Fügebereich mit der Keilhülse 43 eine wenigstens annähernd an die Keilhülse 43 angepasste kegelförmige Außenkontur 61 auf, während der Planetenträger 34 im Fügebereich mit der Keilhülse 43 mit einer zylindrischen Innenkontur ausgeführt ist. Sowohl der Planetenträger 34 als auch der Planetenbolzen 42 sind im Fügebereich mit der Keilhülse 44 wie vorstehend näher beschriebenen wie im Fügebereich mit der Keilhülse 43 ausgebildet.

Der Planetenbolzen 42 ist mit Leitungen 62 ausgeführt, die mit einer Leitung 63 des Stellelementes 46 in Überdeckung sind, wenn das Stellelement 46 eine definierte Position erreicht. In der Keilhülse 43 sind Leitungen 64 vorgesehen, über die Hydraulikfluid aus dem Fügebereich zwischen der Keilhülse 43 und dem Planetenbolzen 42 in den Fügebereich zwischen der Keilhülse 43 und dem Planetenträger 34 führbar ist. Durch Einleiten des Hydraulikfluids über die Leitungen 63 und 62 in die Fügebereiche zwischen der Keilhülse 43 und dem Planetenbolzen 42 bzw. zwischen der Keilhülse 43 und dem Planetenträger 34 ist während des Einschiebens der Keilhülse 43 zwischen den Planetenbolzen 42 und den Planetenträger 34 der Planetenbolzen 42 umfangsseitig reversibel einschnürbar und die Keilhülse 43 und der Planetenträger 34 reversibel aufweitbar, während die Keilhülse 43 im äußeren Umfang 57 reversibel zusammengepresst wird. Damit ist die Keilhülse 43 mit geringen axialen Fügekräften zwischen den Planetenbolzen 42 und den Planetenträger 34 einschiebbar.

Am Ende des Fügeprozesses wird der anliegende Hydraulikdruck reduziert bzw. abgeschaltet, womit die zuvor reversible Aufweitung des Planetenträgers 34 sowie die reversible Einschnürung des Planetenbolzens 42 zurückgeht und die Keilhülse 43 die gewünschte drehfeste Verbindung zwischen dem Planetenträger 34 und dem Planetenbolzen 42 in Form einer Presspassung herstellt.

Die Leitung 63 des Stellelementes 46 erstreckt sich in axialer Richtung des Stellelementes 46 bis in den Fügebereich zwischen der Keilhülse 44 mit dem Planetenbolzen 42 und dem Planetenträger 34. Die Keilhülse 44 und der Planetenbolzen 42 sind in dem der Seite 54 zugewandten Endbereich in gleichem Umfang mit Leitungen ausgebildet, um während des Fügevorganges der Keilhülse 44 Hydraulikfluid über das Stellelement 46 in die Fügebereiche zwischen der Keilhülse 44 und dem

Planetenbolzen 42 und zwischen der Keilhülse 44 dem Planetenträger 34 einleiten zu können.

Fig. 6 zeigt eine schematisierte Teildarstellung des Planetenträgers 34, des Planetenbolzens 42 und der Keilhülse 43. Neben dem äußeren Umfang 57 bzw. dem Außendurchmesser der Keilhülse 43 und dem inneren Durchmesser 58 der Keilhülse 43 sind ein innerer Durchmesser 66 einer Bohrung 67 des Planetenträgers 34 und ein Außendurchmesser 68 des Planetenbolzens 42 angegeben. Ein maximales Übermaß im Bereich zwischen dem äußeren Umfang 57 der Keilhülse 43 und dem inneren Durchmesser 66 der Bohrung 67 des Planetenträgers 34 bestimmt sich aus der Summe der Differenz zwischen dem Außendurchmesser 57 der Keilhülse 43 und dem inneren Durchmesser 66 der Bohrung 67 und der Summe der Toleranzfelder des Außendurchmessers 57 und des inneren Durchmessers 66.

Zusätzlich entspricht das maximale innere Übermaß zwischen dem Innendurchmesser 58 der Keilhülse 43 und dem Außendurchmesser 68 des Planetenbolzens 42 der Summe aus der Differenz zwischen dem Außendurchmesser 68 des Planetenbolzens 42 und dem Innendurchmesser 58 der Keilhülse 43 und der Summe der Toleranzfelder des Innendurchmessers 58 und des Außendurchmessers 68.

Somit ergibt sich das gesamte maximale Übermaß aus dem Toleranzstapel, der gleich der Summe aus dem maximalen äußeren Übermaß und aus dem maximalen inneren Übermaß entspricht und einen wesentlichen Einfluss auf den Fügeprozess bzw. den Löseprozess der Presspassung zwischen dem Planetenträger 34 und dem Planetenbolzen 42 sowie der dazwischen angeordneten Keilhülse 43 hat. Diese Annahme gilt für kleine Kegelwinkel im Bereich der Kegelflächen der Keilhülse 43 und des Planetenbolzens 42. Das bedeutet, falls nur die Durchmesser der an der Presspassung beteiligten Bauteile berücksichtigt werden, die gesamte Streuung gleich der Summe der vier Toleranzen der Durchmesser 57, 58, 66 und 68 ist.

Um die Presspassung zwischen dem Planetenträger 34 und dem Planetenbolzen 42 sowie der dazwischen angeordneten Keilhülse 43 in gewünschtem Umfang herstellen oder lösen zu können, d. h. ohne dabei irreversible Schädigungen im Bereich des

Planetenträgers 34, des Planetenbolzens 42 sowie der Keilhülse 43 zu verursachen, wird die nachfolgend näher beschriebene Vorgehensweise vorgeschlagen. Dabei wird die Vorgehensweise nachfolgend lediglich anhand eines Fügeprozesses bzw. während eines Einschiebens der Keilhülse 43 zwischen den Planetenträger 34 und den Planetenbolzen 42 näher beschrieben, da die Vorgehensweise in der gleichen Art und Weise auch während eines Lösevorganges einer Presspassung durchgeführt wird

Zunächst werden der Planetenträger 34, der Planetenbolzen 42 und die Keilhülse 43 in der in Fig. 4 näher dargestellten Art und Weise in der Vorrichtung 40 positioniert. Anschließend wird die Keilhülse 43 durch Anlegen einer axialen Stellkraft F_a zwischen den Planetenträger 34 und den Planetenbolzen 42 eingeschoben. Während des Fügevorgangs der Keilhülse 43 bzw. während der Herstellung der Presspassung wird die axiale Stellkraft F_a mittels eines Sensors der Vorrichtung 40 ermittelt. Gleichzeitig wird wie vorstehend bereits näher erläutert Hydraulikfluid bzw. Öl über eine Hydraulikfluid-Hochdruck-Einspritzeinrichtung der Vorrichtung 40 zwischen die Keilhülse 43 und den Planetenträger 34 sowie zwischen die Keilhülse 43 und den Planetenbolzen 42 unter Druck eingeleitet. Zusätzlich wird der Druck, mit dem das Hydraulikfluid eingeleitet wird, mittels wenigstens eines Druckmess-Sensors der Vorrichtung 40 bestimmt.

Um unzulässig hohe Belastungen während des Fügeprozesses im Bereich des Planetenträgers 34, des Planetenbolzens 42 und der Keilhülse 43, d. h. plastisches Fließen, oder auch Spanbildung zu vermeiden, wird der Druck, mit dem das Hydraulikfluid eingeleitet wird, bei Vorliegen einer axialen Stellkraft F_a größer oder gleich einem vordefinierten oberen Grenzwert automatisch geregelt solange variiert, bis die axiale Stellkraft kleiner ist als der vordefinierte obere Grenzwert.

Dabei liegt der Vorgehensweise eine adaptive Regelung zugrunde, die auf Verläufe der axialen Stellkraft F_a zurückgreift, die in Fig. 7 über einem axialen Verstellweg S der Keilhülse 43, gegenüber dem Planetenträger 34 und dem Planetenbolzen 42 aufgetragen sind.

Dabei korrespondiert der diskrete Stellwegwert S1 mit einer Stellung der Keilhülse 43, in der die Keilhülse 43 mit einer Stirnseite an der Bohrung 67 des Planetenträgers 34 anliegt und in der noch keine Überdeckung zwischen der Keilhülse 43 und dem Planetenträger 34 bzw. dem Planetenbolzen 42 vorliegt. Der weitere diskrete Verstellwegwert S2 entspricht einer axialen Stellung der Keilhülse 43, in der die Presspassung zwischen dem Planetenträger 34, dem Planetenbolzen 42 und der Keilhülse 43 vollständig hergestellt ist.

Aus der Darstellung gemäß Fig. 7 geht hervor, dass die zur Herstellung der Presspassung aufzuwendende axiale Stellkraft F_a ausgehend vom Stellwegwert S1 in Richtung des weiteren Stellwertes S2 zunehmend ansteigt. Dabei entspricht der untere Verlauf F_{au} der axialen Stellkraft F_a einem Verlauf der Stellkraft F_a , der über ein numerisches Modell für ein geringeres maximales gesamtes Übermaß zwischen dem Planetenträger 34, dem Planetenbolzen 42 und der Keilhülse 43 sowie für geringere Reibungskoeffizienten zwischen diesen Bauteilen ermittelt wird als ein mittlerer Verlauf F_{am} oder ein oberer Verlauf F_{ao} der axialen Stellkraft F_a . Das bedeutet, dass die jeweils zur Herstellung der Presspassung aufzubringende axiale Stellkraft F_a mit steigendem maximalem gesamtem Übermaß und mit steigenden Reibungskoeffizienten zunimmt.

Das numerische Modell wird in Abhängigkeit empirisch ermittelter Daten kalibriert. Für die Kalibrierung des numerischen Modells werden eine ausreichende Anzahl von Fügeprozessen durchgeführt und die dabei jeweils aufzubringenden axialen Stellkräfte messtechnisch ermittelt. Zusätzlich werden die jeweils damit korrespondierenden Druckwerte, mit denen das Hydraulikfluid zwischen den Planetenträger 34, den Planetenbolzen 42 und die Keilhülse 43 eingeleitet wird, messtechnisch ermittelt und zur Kalibrierung des numerischen Modells herangezogen. Des Weiteren werden bei der Vorgabe der Prozessparameter des Fügeprozesses das gesamte maximale und das gesamte minimale Übermaß berücksichtigt. Zusätzlich werden die Endabmessungen der Bauteile 34, 42 und 43 berücksichtigt, so dass der Fügeprozess, sobald die Prozessparameter in Abhängigkeit des maximal zulässigen Übermaßes festgelegt sind, durchführbar ist.

Bei Vorliegen des Worst-Case-Szenarios liegt das maximale gesamte Übermaß in Kombination mit weiteren die axiale Stellkraft erhöhenden Gegebenheiten vor, was jedoch durch die nachfolgend näher beschriebene adaptive Regelung ausgleichbar ist, ohne den Fügeprozess zu stoppen zu müssen oder die Prozessparameter manuell ändern zu müssen.

Zusätzlich bietet die nachfolgend näher beschriebene adaptive Regelung die Möglichkeit, enge Fertigungstoleranzen auszuweiten und damit eine Produktivität der Fertigung zu verbessern und einen Fertigungsausschuss zu reduzieren. Normalerweise ist eine derart hohe Variabilität nur durch die Vorgabe unterschiedlicher Prozessparameter möglich, was jedoch durch die vorgeschlagene adaptive Regelung nicht erforderlich ist.

Neben der Berechnung der in Fig. 7 dargestellten Verläufe F_{au} bis F_{ao} , die lediglich drei Kurven einer Kurvenschar sind, ist das numerische Modell auch in der Lage, jeweils obere und untere Grenzwerte für einzelne Verläufe der Kurvenschar zu bestimmen, um Schäden an den Bauteilen 34, 42 und 43 zu vermeiden.

Während des Fügeprozesses wird mittels der ermittelten Werte der axialen Stellkraft F_a überprüft, ob die aktuell an der Keilhülse 43 anliegende axiale Stellkraft F_a kleiner als ein oberer Grenzwert ist.

Der weiteren Beschreibung wird die Darstellung gemäß Fig. 8 zugrunde gelegt, die mehrere Verläufe verschiedener Prozessparameter der Vorrichtung 40 gemäß Fig. 4 zeigt. Dabei sind jeweils verschiedene Verläufe der axialen Stellkraft F_a und des radialen Drucks p des Hydraulikfluids über der Betriebszeit t gezeigt. Ein Verlauf F_{ath} entspricht einem theoretischen Verlauf der axialen Stellkraft F_a während der Herstellung der Presspassung zwischen den Bauteilen 34, 42 und 43. Da der axiale Verstellweg S über der Betriebszeit t ausgehend vom Stellwegwert S_1 in Richtung des Stellwegwertes S_2 stetig ansteigt, steigt auch der theoretische Verlauf F_{ath} der axialen Stellkraft F_a im dargestellten Umfang an. Oberhalb des theoretischen Verlaufes F_{ath} ist ein oberer theoretischer Verlauf F_{atho} angegeben, der wenigstens annähernd parallel zum theoretischen Verlauf F_{ath} der axialen Stellkraft F_a verläuft.

Zusätzlich ist ein ebenfalls parallel zum theoretischen Verlauf Fath verlaufender theoretischer unterer Verlauf Fatu dargestellt, der eine untere Grenze der axialen Stellkraft Fa darstellt. Des Weiteren ist ein Ist-Verlauf Faist der axialen Stellkraft Fa angegeben, der jeweils die an der Keilhülse 43 real anliegende Stellkraft Fa graphisch wiedergibt.

Zu einem Zeitpunkt T1 liegt an der Keilhülse 43 eine axiale Stellkraft Faist(T1) an, womit die Keilhülse 43 zwischen den Planetenträger 34 und den Planetenbolzen 42 eingeschoben wird. Mit zunehmendem axialem Verstellweg S der Keilhülse 43 steigt der Ist-Verlauf Faist der axialen Stellkraft Fa in dargestelltem Umfang an. Der radiale Druck p des Hydraulikfluids weist ab dem Zeitpunkt T1 ein konstantes Druckniveau p(T1) auf.

Zu einem Zeitpunkt T2 erreicht der Ist-Verlauf Faist den oberen Verlauf Fatho, die auch einen Verlauf eines oberen Grenzwertes der axialen Stellkraft Fa darstellt. Da der Ist-Verlauf Faist der axialen Stellkraft Fa den oberen Verlauf Fatho zum Zeitpunkt T2 überschreitet, wird der radiale Druck p des Hydraulikfluids ab dem Zeitpunkt T2 in dargestelltem Umfang rampenförmig bis zu einem Zeitpunkt T3 auf ein Druckniveau p(T3) angehoben. Mit Erreichen des Druckniveaus p(T3) unterschreitet der Ist-Verlauf Faist der axialen Stellkraft Fa den oberen Verlauf Fatho der axialen Stellkraft Fa, weshalb der Druck p ab dem Zeitpunkt T3 auf dem Druckniveau p(T3) belassen wird.

Zu einem späteren Zeitpunkt T4 überschreitet der Ist-Verlauf Faist der axialen Stellkraft wiederum den oberen Verlauf Fatho, weshalb der radiale Druck p des Hydraulikfluids ab dem Zeitpunkt T4 rampenförmig bis zu einem Zeitpunkt T5 angehoben wird. Zum Zeitpunkt T5 weist der radiale Druck p ein Druckniveau p(T5) auf, zu dem der Ist-Verlauf Faist der axialen Stellkraft Fa den oberen Verlauf Fatho wieder unterschreitet. Aus diesem Grund wird der radiale Druck p ab dem Zeitpunkt T5 auf dem Druckniveau p(T5) belassen.

Für den Fall, dass der Ist-Verlauf Faist den unteren Verlauf Fatu unterschreitet, wird der radiale Druck p in nicht näher dargestelltem Umfang solange vorzugsweise

rampenförmig reduziert, bis der Ist-Verlauf Faist wieder zwischen dem unteren Verlauf Fathu und dem oberen Verlauf Fatho der axialen Stellkraft Fa verläuft.

Tritt jedoch der Fall auf, dass der radiale Druck p nicht ausreicht, um die axiale Stellkraft Fa in vorbeschriebenem Umfang zu reduzieren, ist in der adaptiven Regelung ein Verlauf Faomax hinterlegt, oberhalb dem an der Keilhülse 43 jeweils eine axiale Stellkraft Fa anliegt, die eine unerwünschte Spanbildung während der Herstellung der Presspassung begünstigt. Dabei weist der Verlauf Faomax vorliegend ab einem Zeitpunkt T6 einen konstanten Wert Famax auf, oberhalb dem plastisches Fließen im Bereich der Keilhülse 43 und/oder im Bereich des Planetenbolzens 42 und/oder im Bereich des Planetenträgers 34 auftritt, wenn die Keilhülse 43 mit Axialkräften größer als der Wert Fmax beaufschlagt wird. Der Bereich der axialen Stellkraft Fa, in dem eine Spanbildung begünstigt ist, liegt vorliegend oberhalb des Verlaufes Faomax und unterhalb des Wertes Famax der axialen Stellkraft Fa.

Während des Fügeprozesses, der den in Fig. 9 dargestellten Verläufen zugrunde liegt und der wiederum zum Zeitpunkt T1 startet, übersteigt der Ist-Verlauf Faist den oberen Verlauf Fatho zu einem Zeitpunkt T7. Mit Überschreiten des oberen Verlaufes Fatho wird wiederum der radiale Druck p ab dem Zeitpunkt T7 zunächst bis zu einem Zeitpunkt T8 rampenförmig angehoben. Da der Druckanstieg bis zum Zeitpunkt T8 nicht die gewünschte Reduzierung der axialen Stellkraft Fa bewirkt und der Ist-Verlauf Faist zum Zeitpunkt T8 einen weiteren oberen Verlauf Fathomax überschreitet, wird der radiale Druck p ab dem Zeitpunkt T8 mit größerem Gradienten in Richtung eines maximalen Druckwertes p_{max} angehoben, den der radiale Druck p zu einem Zeitpunkt T9 erreicht. Ab dem Zeitpunkt T9 wird der radiale Druck p konstant auf dem maximalen Druckwert p_{max} belassen. Im vorliegend betrachteten Fall bewirkt der maximale Druckwert p_{max} , dass der Ist-Verlauf Faist den oberen maximalen Verlauf Fathomax zu einem Zeitpunkt T10 unterschreitet.

Dieses Ereignis löst eine rampenförmige Reduzierung des radialen Druckes p ausgehend vom maximalen Druckwert p_{max} aus. Da der Ist-Verlauf Faist den oberen Verlauf Fatho zu einem Zeitpunkt T11 unterschreitet, wird der radiale Druck p ab dem Zeitpunkt T11 konstant auf dem Druckniveau $p(T11)$ belassen und die Keilhülse 43

weiter zwischen den Planetenträger 34 und den Planetenbolzen 42 eingeschoben, bis die Presspassung endgültig hergestellt ist.

Bezugszeichenliste

- | | |
|-----|----------------------------|
| 9 | Hauptdrehachse |
| 10 | Gasturbinentriebwerk |
| 11 | Kern |
| 12 | Lufteinlass |
| 14 | Niederdruckverdichter |
| 15 | Hochdruckverdichter |
| 16 | Verbrennungseinrichtung |
| 17 | Hochdrukturbine |
| 18 | Bypassschubdüse |
| 19 | Niederdrukturbine |
| 20 | Kernschubdüse |
| 21 | Triebwerksgondel |
| 22 | Bypasskanal |
| 23 | Schubgebläse |
| 24 | Stützstruktur |
| 26 | Welle, Verbindungsrolle |
| 27 | Verbindungsrolle |
| 28 | Sonnenrad |
| 28A | Zahnprofil des Sonnenrades |
| 30 | Getriebe, Planetengetriebe |
| 32 | Planetenrad |
| 34 | Planetenträger |
| 36 | Gestänge |
| 38 | Hohlrad |
| 40 | Vorrichtung |
| 41 | Presseinrichtung |
| 42 | Bauteil, Planetenbolzen |
| 43 | Spannelement |
| 44 | Spannelement |
| 45 | Aktor |
| 46 | Stellelement |

47	Deckelement
48	Gehäusebereich des Aktors
49, 50	gehäuseseitiger Anschlag
51	Mutter
52	vergrößerter Durchmesserbereich des Stellelementes
53, 54	Seite des Planetenträgers und des Lagerbolzens
55A bis 56B	Distanzelement
57	äußerer Umfang des Spannelementes 23
58	innerer Durchmesser des Spannelementes 23
59, 60	Seite des Spannelementes 23
61	kegelförmige Außenkontur des Lagerbolzens
62	Leitung des Lagerbolzens
63	Leitung des Stellelements
64	Leitung des Spannelementes 23
66	innerer Durchmesser der Bohrung
67	Bohrung des Planetenträgers 34
68	Außendurchmesser des Planetenbolzens 42
111	Kernstrom
122	Bypassstrom
A, B	axiale Richtung
X	axiale Strömungsrichtung
Fa	axiale Stellkraft
Fau, Fam, Fao	Verlauf der Stellkraft
Faist	Ist-Verlauf der axialen Stellkraft
Fath	theoretischer Verlauf der axialen Stellkraft
Fatho	oberer Verlauf des theoretischen Verlaufes der axialen Stellkraft
Fathu	unterer Verlauf des theoretischen Verlaufes der axialen Stellkraft
Fathomax	maximaler oberer Verlauf des theoretischen Verlaufes der axialen Stellkraft

Faomax	Verlauf eines maximalen oberen Grenzwertes der axialen Stellkraft
Famax	maximaler Wert der axialen Stellkraft
p	radialer Druck des Hydraulikfluids
pmax	maximaler Druckwert des radialen Drucks des Hydraulikfluids
p(T1), p(T3), p(T5), p(T11)	diskreter Druckwert
T1 bis T11	diskreter Zeitpunkt
t	Betriebszeit

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen oder Lösen einer Presspassung zwischen wenigstens einem ersten Bauteil (42) und wenigstens einem zweiten Bauteil (34) und wenigstens einer dazwischen angeordneten Keilhülse (43, 44), wobei während dem Erzeugen oder dem Lösen der Presspassung jeweils Hydraulikfluid unter Druck (p) zwischen einer Außenfläche der Keilhülse (43, 44) und einer Innenseite des zweiten Bauteiles (34) und/oder zwischen einer Innenseite der Keilhülse (43, 44) und einer Außenseite des ersten Bauteiles (42) eingeleitet wird, wobei eine axiale Stellkraft (Fa) während der Herstellung oder dem Lösen der Presspassung ermittelt wird, und wobei der Druck (p), mit dem das Hydraulikfluid eingeleitet wird, bei Vorliegen einer axialen Stellkraft (Fa) größer oder gleich einem vordefinierten oberen Grenzwert (Fatho) automatisch geregelt solange variiert wird, bis die axiale Stellkraft (Fa) kleiner ist als der vordefinierte obere Grenzwert (Fatho).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Fügevorgang beendet wird, wenn während der Herstellung der Presspassung eine axiale Stellkraft (Fa) kleiner als ein vordefinierter unterer Grenzwert (Fathu) ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Fügevorgang beendet wird, wenn während der Herstellung der Presspassung eine axiale Stellkraft (Fa) größer als ein weiterer vordefinierter oberer Grenzwert (Famax) ermittelt wird, der größer ist als der obere Grenzwert (Fatho) der Stellkraft und oberhalb dem im Bereich der Bauteile (34, 42) und/oder der Keilhülse (43, 44) plastische Verformungen auftreten.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Fügevorgang beendet wird, wenn während der Herstellung der Presspassung der Druck (p) einen oberen Grenzwert (pmax) überschreitet.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der obere Grenzwert (Fatho) und/oder der untere Grenzwert (Fathu) der axialen Stellkraft (Fa) in Abhängigkeit eines Verstellweges (S) der Keilhülse (43, 44) gegenüber den

Bauteilen (34, 42) oder in Abhängigkeit eines Verschiebeweges von einem der Bauteile gegenüber dem anderen Bauteil und gegenüber der Keilhülse variiert.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verlauf der Stellkraft (Fau, Fam, Fao) in Abhängigkeit eines axialen Verstellweges (S) der Keilhülse (43, 44) gegenüber den Bauteilen (34, 42) oder in Abhängigkeit eines Verschiebeweges von einem der Bauteile gegenüber dem anderen Bauteil und gegenüber der Keilhülse bestimmt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Verlauf der Stellkraft (Fa) mittels eines numerischen Modells bestimmt wird, das in Abhängigkeit empirisch ermittelter Daten kalibriert wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck (p) des Hydraulikfluids für einen definierten Zeitraum auf dem Druckniveau des oberen Grenzwertes (pmax) belassen wird und während des Zeitraumes überprüft wird, ob die Stellkraft (Fa) innerhalb des definierten Zeitraumes auf Werte kleiner als der obere Grenzwert (Fatho) absinkt, wobei der Druck (p) bei positivem Prüfergebnis wieder reduziert wird und der Fügeprozess bei negativem Prüfergebnis beendet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck (p) bei Unterschreiten eines weiteren oberen Grenzwertes des Drucks (p), der kleiner als der obere Grenzwert (pmax) des Druckes ist, konstant gehalten wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Bauteil (42) ein Planetenbolzen ist, auf dem ein Planetenrad (32) eines Planetengetriebes (30) gelagert ist, und das zweite Bauteil (34) als ein Planetenträger ausgebildet ist, wobei der Planetenbolzen (42) endseitig in Bohrungen (67) des Planetenträgers (34) angeordnet ist und die wenigstens eine Keilhülse (43, 44) zur Herstellung der Presspassung zwischen den Planetenbolzen (42) und den Planetenträger (34) eingepresst wird und zum Lösen der Presspassung ausgeschoben wird.

11. Vorrichtung (40) zum Herstellen oder Lösen einer Presspassung zwischen wenigstens einem ersten Bauteil (42) und einem zweiten Bauteil (34) und wenigstens einer zwischen den Bauteilen (42, 34) angeordneten Keilhülse (43, 44) mit einer Presseinrichtung (41) zum Anlegen einer axialen Stellkraft (Fa) an den Bauteilen (34, 42) und an der Keilhülse (43, 44), mit wenigstens einem Sensor zum Ermitteln der axialen Stellkraft (Fa), mit einer Hydraulikfluid-Hochdruck-Einspritzseinrichtung zum Einleiten von Hydraulikfluid unter Druck (p) zwischen einer Außenfläche der Keilhülse (43, 44) und einer Innenseite des zweiten Bauteiles (34) und/oder zwischen einer Innenseite der Keilhülse (43, 44) und einer Außenseite des ersten Bauteiles (42), mit wenigstens einem Druckmess-Sensor zum Ermitteln des Drucks (p), mit einem Steuergerät zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10.

12. Steuergerät zum Herstellen oder Lösen einer Presspassung zwischen wenigstens einem ersten Bauteil (42) und wenigstens einem zweiten Bauteil (34) und wenigstens einer dazwischen angeordneten Keilhülse (43, 44), wobei das Steuergerät derart ausgeführt ist, dass während dem Erzeugen oder dem Lösen der Presspassung jeweils Hydraulikfluid unter Druck (p) zwischen einer Außenfläche der Keilhülse (43, 44) und einer Innenseite des zweiten Bauteiles (34) und/oder zwischen einer Innenseite der Keilhülse (43, 44) und einer Außenseite des ersten Bauteiles (42) eingeleitet wird, wobei eine axiale Stellkraft (Fa) während der Herstellung oder dem Lösen der Presspassung ermittelt wird, und wobei der Druck (p), mit dem das Hydraulikfluid eingeleitet wird, bei Vorliegen einer axialen Stellkraft (Fa) größer oder gleich einem vordefinierten oberen Grenzwert (Fatho) automatisch geregelt solange variiert wird, bis die axiale Stellkraft (Fa) kleiner ist als der vordefinierte obere Grenzwert (Fatho).

13. Steuergerät nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass dasselbe das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 steuerungsseitig ausführt.

14. Computerprogrammprodukt mit Programmcode-Mitteln, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind, um alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer oder auf einer entsprechenden Recheneinheit, insbesondere einem Steuergerät gemäß Anspruch 12, ausgeführt wird.

1/8

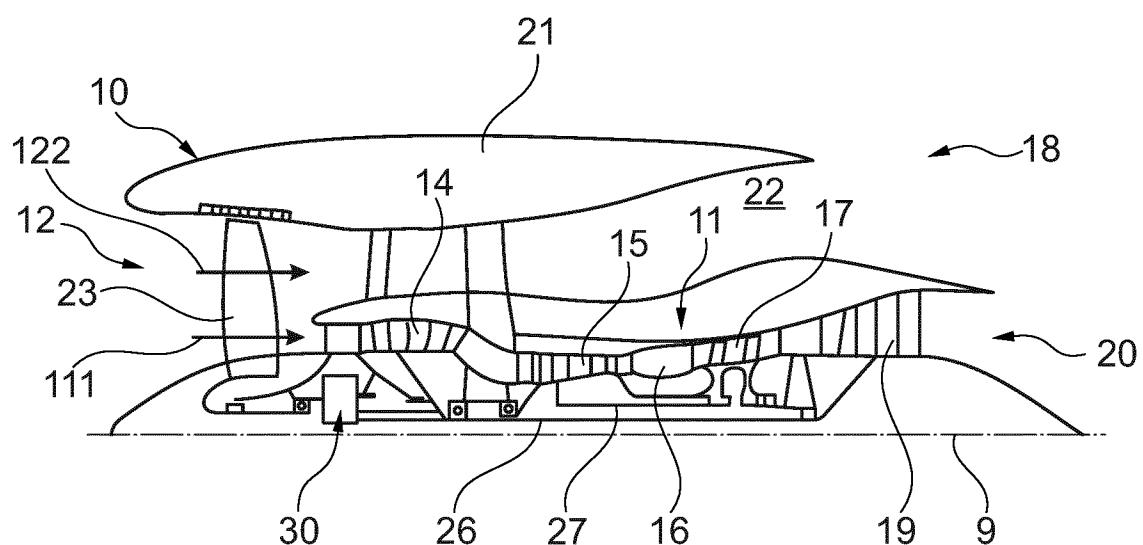


Fig. 1

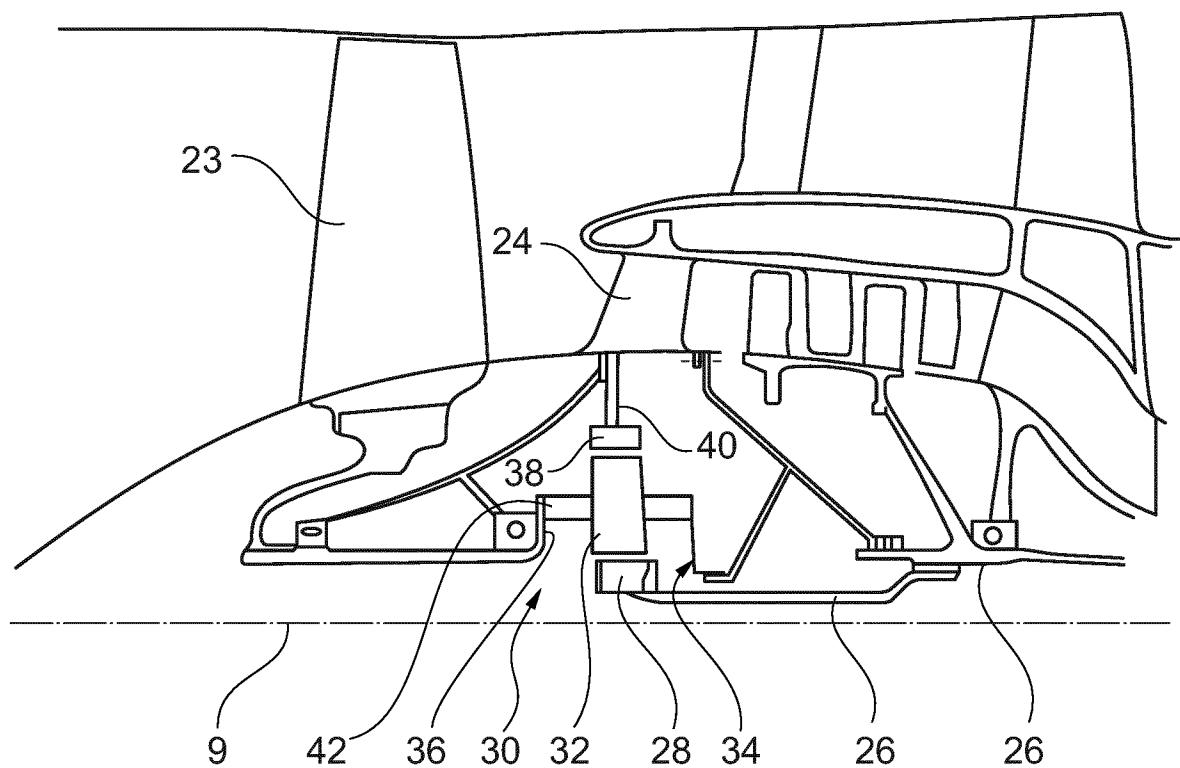


Fig. 2

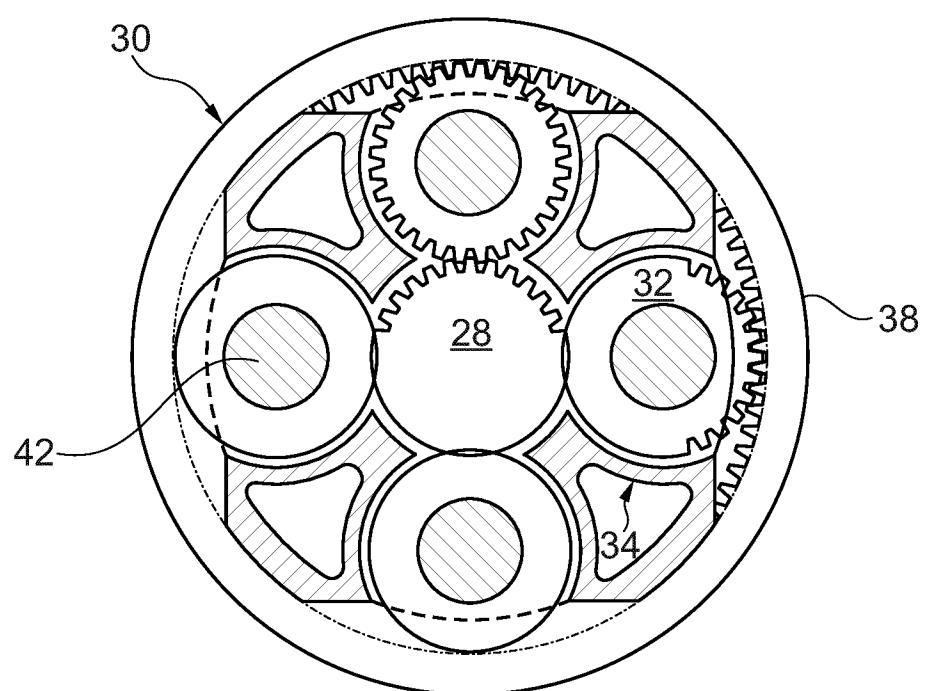


Fig. 3

3/8

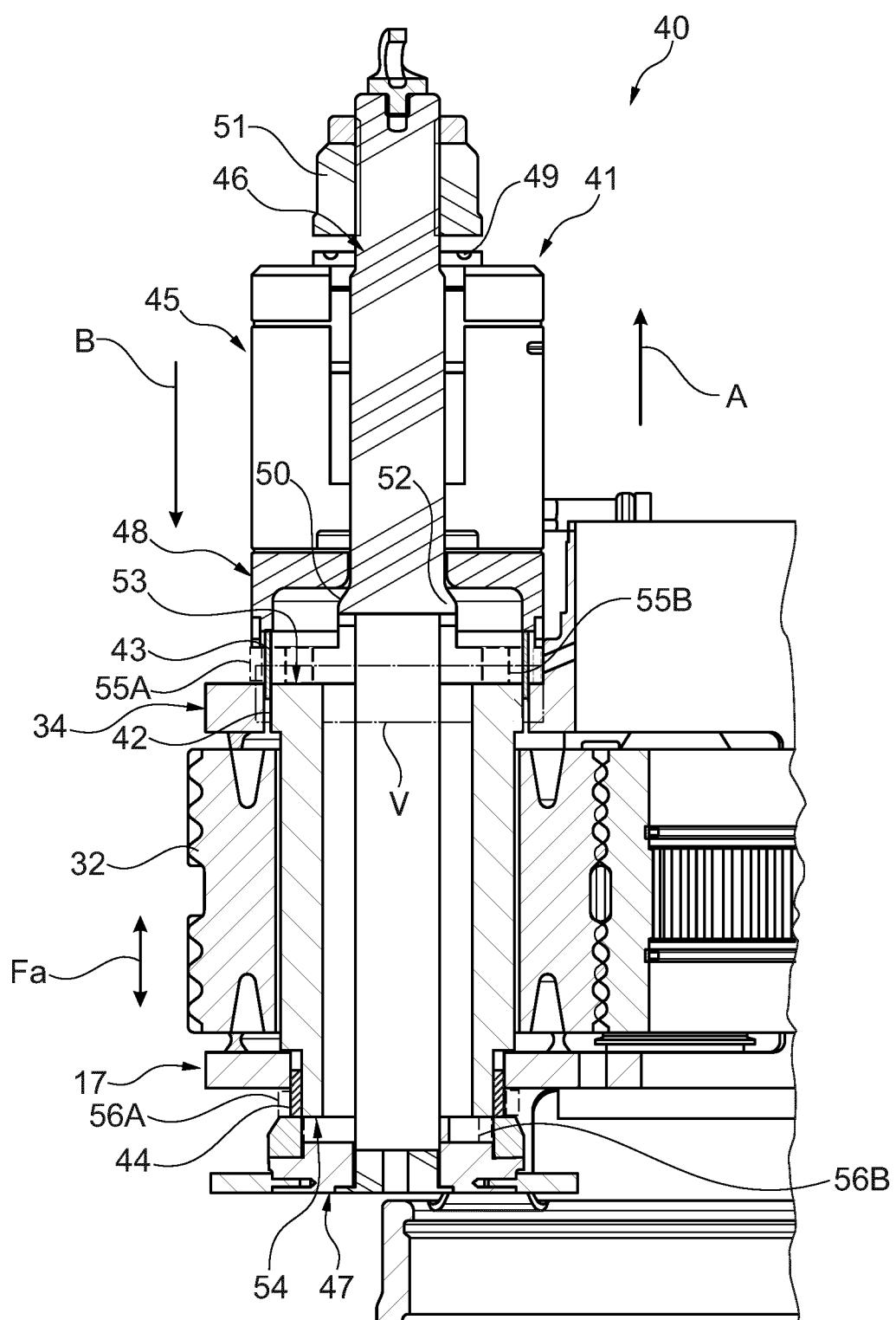


Fig. 4

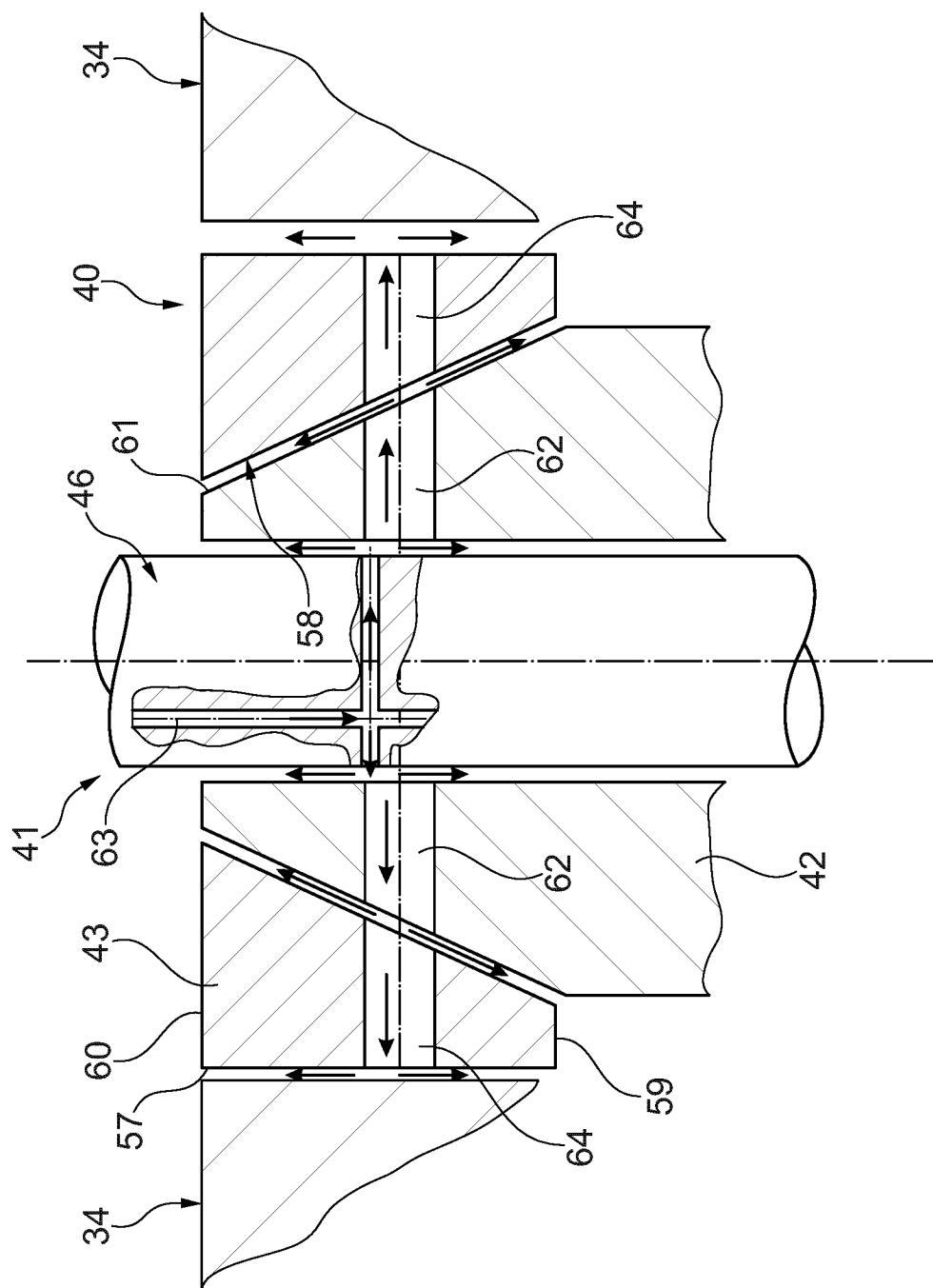


Fig. 5

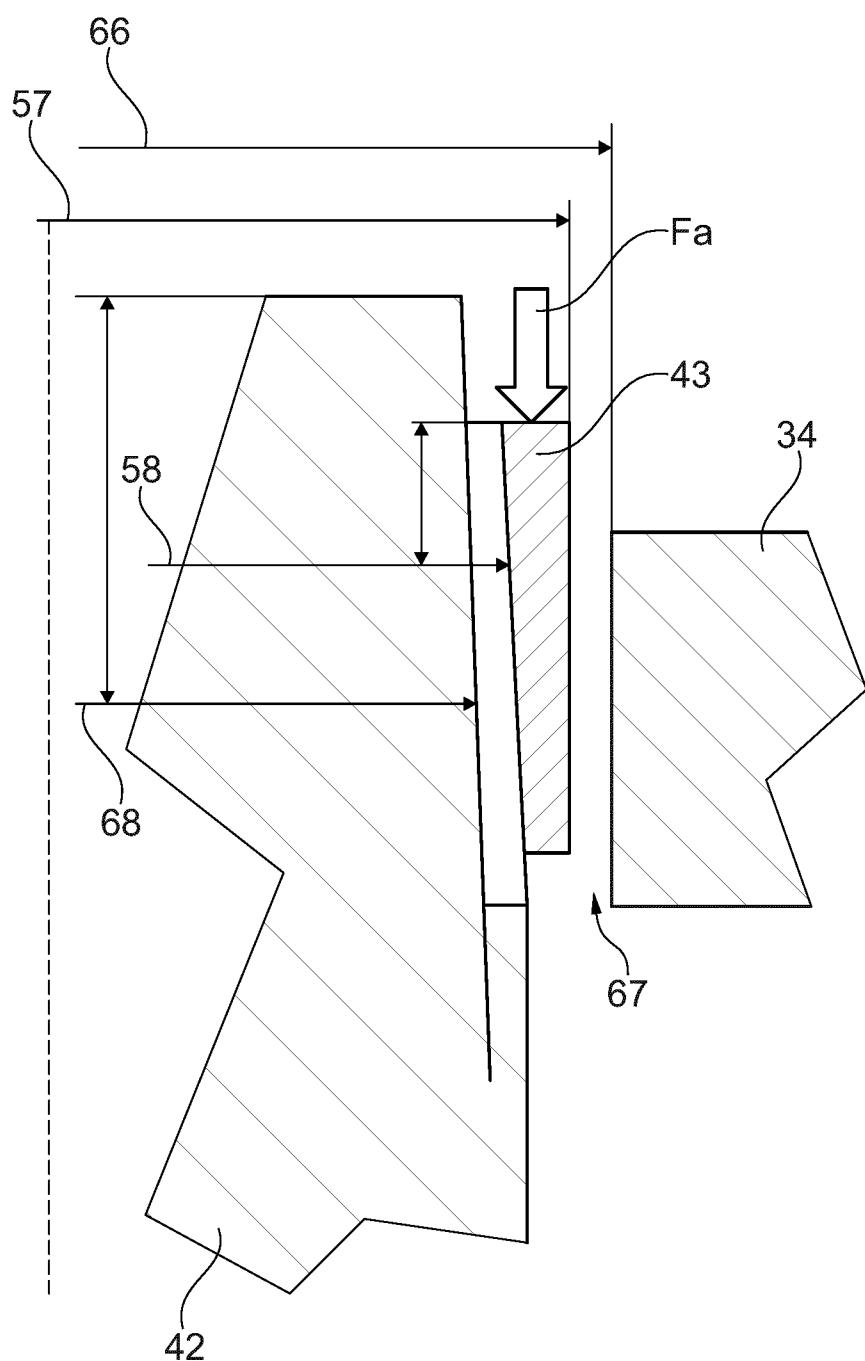


Fig. 6

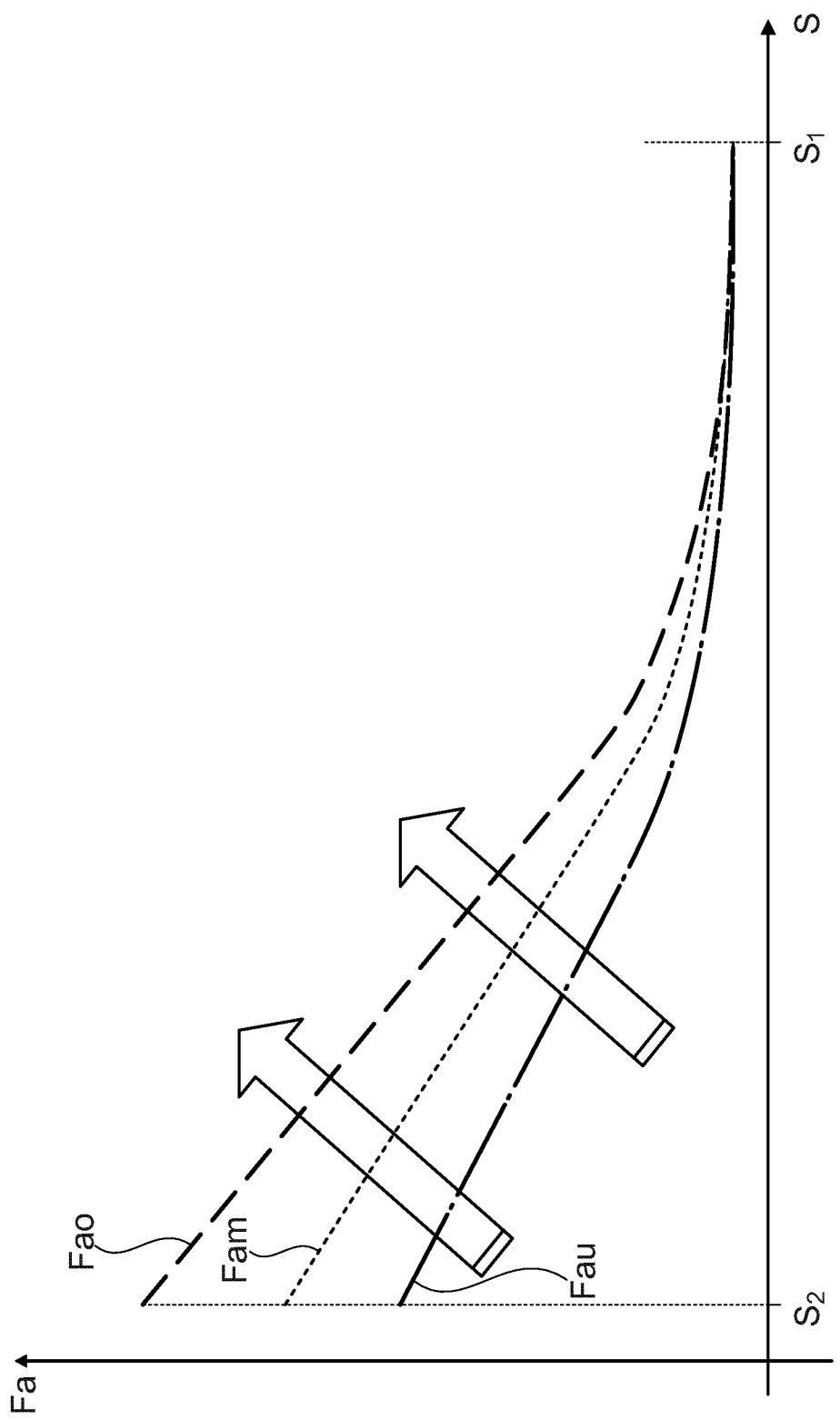


Fig. 7

7/8

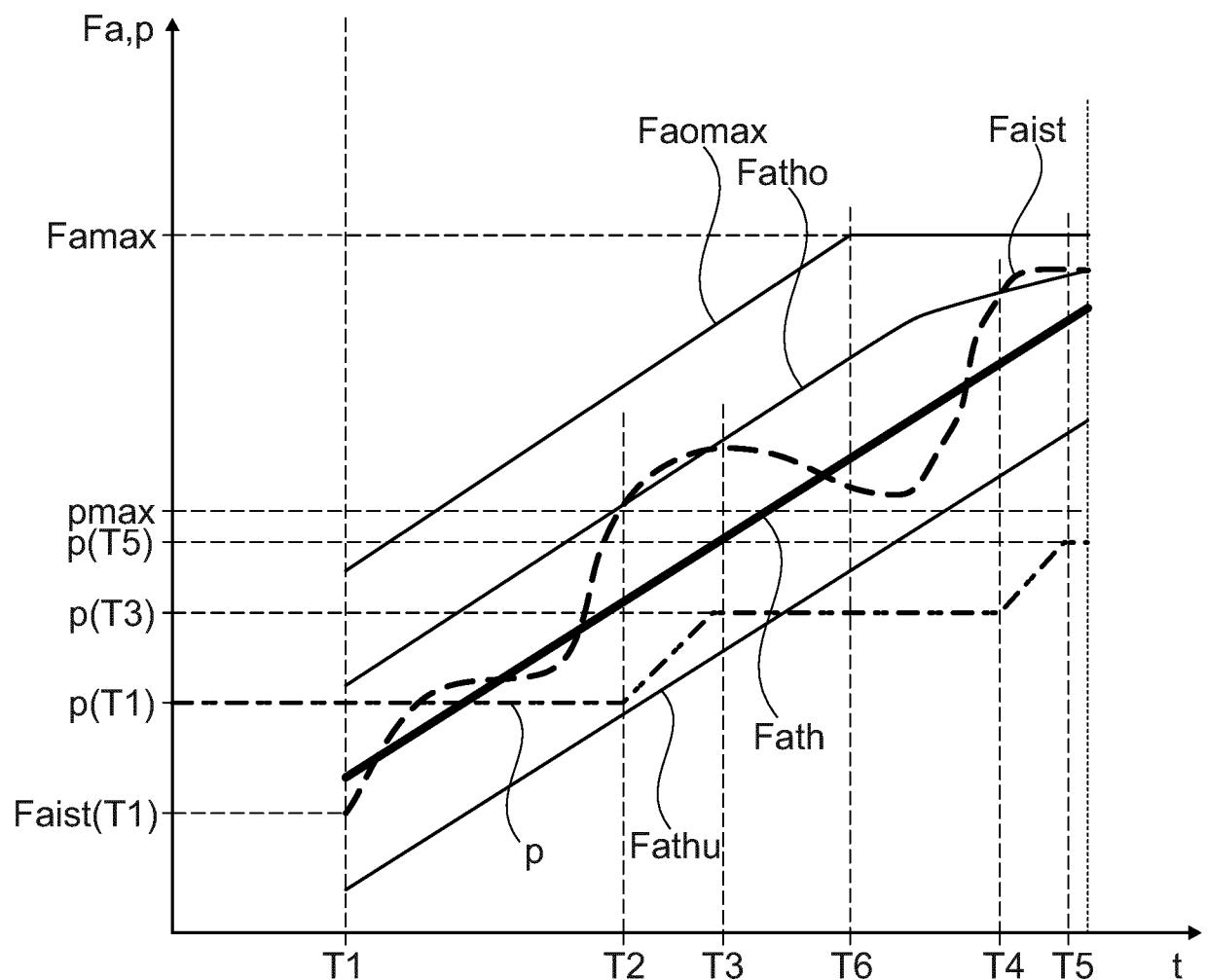


Fig. 8

8/8

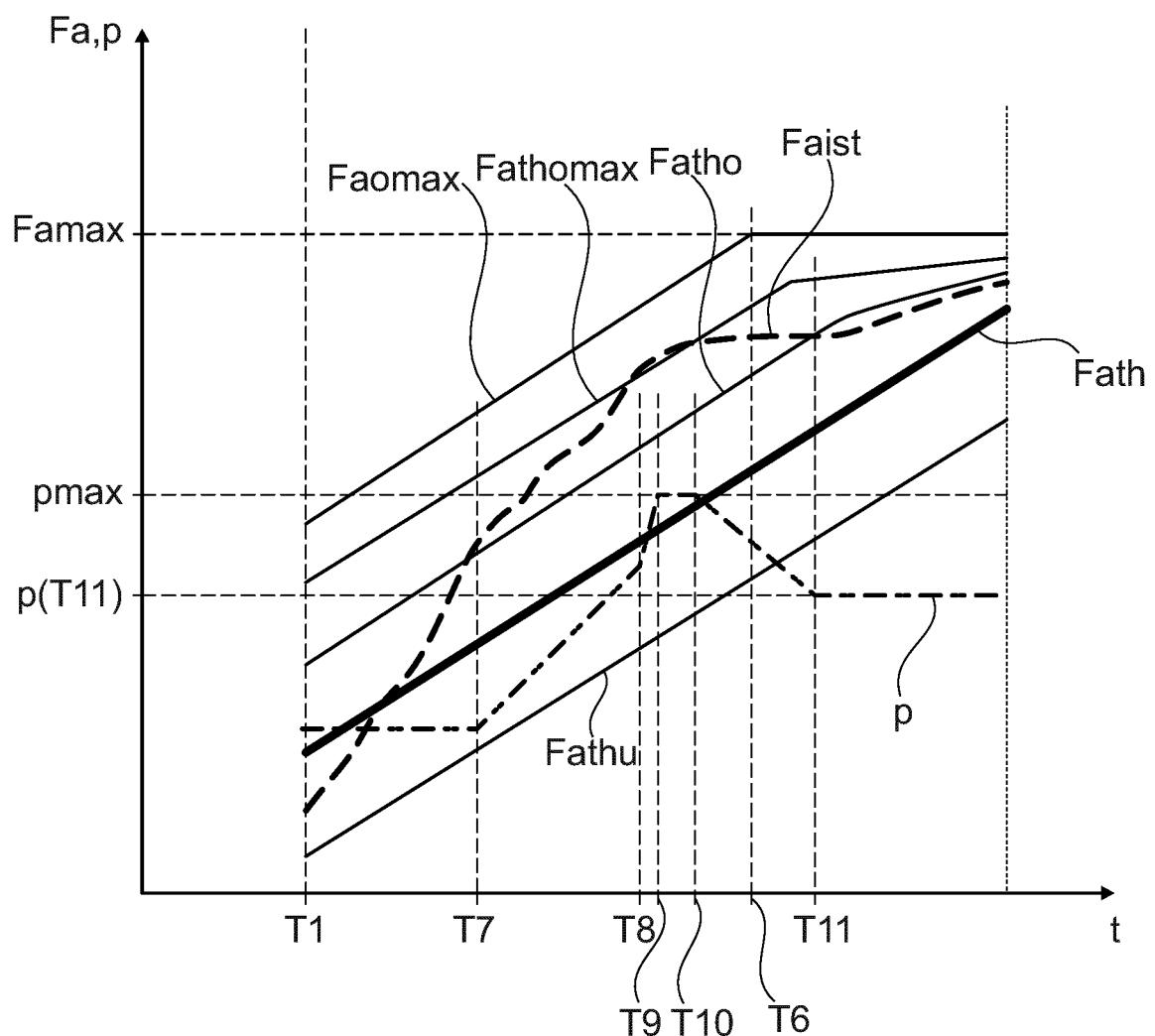


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/052457

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23P 11/02(2006.01)i; **B23P 19/027**(2006.01)i; **F02C 7/36**(2006.01)i; **F16D 1/09**(2006.01)i; **F16H 57/08**(2006.01)i

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)

B23P; F02K; F16D; F16H; F02C

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	EP 0188616 A1 (FUJI HENSOKUKI KK [JP]; SHINJO KINICHI [JP]; GO MUTSUKAZU [JP]) 30 July 1986 (1986-07-30)	1,11-14
A	figure 29 page 16, line 6 - page 17, line 9 page 18, lines 20-23	2-10
A	US 2019331169 A1 (WHITNEY ROBERT M [US] ET AL) 31 October 2019 (2019-10-31) figures 4,5 paragraphs [0008], [0023], [0024], [0029], [0032]	1-14
A	WO 2009049437 A1 (WERNECKE JAN [CH]) 23 April 2009 (2009-04-23) figures 2-10 page 6, line 1 - page 7, line 25	1-14
A	EP 3505295 A1 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND LTD & CO KG [DE]) 03 July 2019 (2019-07-03) figures 2,3 paragraphs [0015], [0016]	1-14

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 16 May 2022	Date of mailing of the international search report 24 May 2022
---------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------

Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands	Authorized officer Sérgio de Jesus, E
Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2022/052457

Patent document cited in search report				Publication date (day/month/year)		Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
EP		0188616	A1	30 July 1986		EP	0188616	A1	30 July 1986
						US	4771654	A	20 September 1988
						US	4885959	A	12 December 1989
						WO	8501334	A1	28 March 1985
US		2019331169	A1	31 October 2019		US	2019331169	A1	31 October 2019
						US	2022080538	A1	17 March 2022
WO		2009049437	A1	23 April 2009		CH	701086	B1	30 November 2010
						CN	101903669	A	01 December 2010
						DK	2212575	T3	15 July 2013
						EP	2212575	A1	04 August 2010
						JP	2011501796	A	13 January 2011
						KR	20100075610	A	02 July 2010
						US	2010239365	A1	23 September 2010
						WO	2009049437	A1	23 April 2009
EP		3505295	A1	03 July 2019		DE	102017129359	A1	13 June 2019
						EP	3505295	A1	03 July 2019
						US	2019178367	A1	13 June 2019

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2022/052457

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. B23P11/02 B23P19/027 F02C7/36 F16D1/09 F16H57/08

ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

B23P F02K F16D F16H F02C

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	EP 0 188 616 A1 (FUJI HENSOKUKI KK [JP]; SHINJO KINICHI [JP]; GO MUTSUKAZU [JP]) 30. Juli 1986 (1986-07-30)	1,11-14
A	Abbildung 29 Seite 16, Zeile 6 – Seite 17, Zeile 9 Seite 18, Zeilen 20-23 -----	2-10
A	US 2019/331169 A1 (WHITNEY ROBERT M [US] ET AL) 31. Oktober 2019 (2019-10-31) Abbildungen 4,5 Absätze [0008], [0023], [0024], [0029], [0032] -----	1-14
A	WO 2009/049437 A1 (WERNECKE JAN [CH]) 23. April 2009 (2009-04-23) Abbildungen 2-10 Seite 6, Zeile 1 – Seite 7, Zeile 25 ----- -/-	1-14

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 erfindnerischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16. Mai 2022

24/05/2022

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

Sérgio de Jesus, E

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2022/052457

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 3 505 295 A1 (ROLLS ROYCE DEUTSCHLAND LTD & CO KG [DE]) 3. Juli 2019 (2019-07-03) Abbildungen 2,3 Absätze [0015], [0016] -----	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/052457

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0188616	A1 30-07-1986	EP 0188616 A1		30-07-1986
		US 4771654 A		20-09-1988
		US 4885959 A		12-12-1989
		WO 8501334 A1		28-03-1985
-----	-----	-----	-----	-----
US 2019331169	A1 31-10-2019	US 2019331169 A1		31-10-2019
		US 2022080538 A1		17-03-2022
-----	-----	-----	-----	-----
WO 2009049437	A1 23-04-2009	CH 701086 B1		30-11-2010
		CN 101903669 A		01-12-2010
		DK 2212575 T3		15-07-2013
		EP 2212575 A1		04-08-2010
		JP 2011501796 A		13-01-2011
		KR 20100075610 A		02-07-2010
		US 2010239365 A1		23-09-2010
		WO 2009049437 A1		23-04-2009
-----	-----	-----	-----	-----
EP 3505295	A1 03-07-2019	DE 102017129359 A1		13-06-2019
		EP 3505295 A1		03-07-2019
		US 2019178367 A1		13-06-2019
-----	-----	-----	-----	-----