(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 870 322 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
03.01.2018 Patentblatt 2018/01

(21) Anmeldenummer: **13732143.6**

(22) Anmeldetag: **26.06.2013**

(51) Int Cl.:
F01D 5/04 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/063410

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/005906 (09.01.2014 Gazette 2014/02)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM VERBINDEN EINES TURBINENRADS MIT EINEM ZWISCHENSTÜCK**

METHOD AND DEVICE FOR CONNECTING A TURBINE WHEEL TO AN INTERMEDIATE PIECE

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF D'ASSEMBLAGE D'UNE ROUE DE TURBINE ET D'UNE PIÈCE INTERCALAIRE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **03.07.2012 DE 102012211494**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.05.2015 Patentblatt 2015/20

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
- **Schmid, Johannes**
  87509 Immenstadt (DE)
- **Reinsch, Bernd**
  71642 Ludwigsburg (DE)
- **Czerwinski, Klaus**
  71296 Heimsheim (DE)
- **Burghardt, Andreas**
  70176 Stuttgart (DE)
- **Rager, Jochen**
  72406 Bisingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 179 539
EP-A2- 1 507 062
EP-A2- 2 366 870
WO-A1-2010/139571
DE-A1-102008 059 617
JP-A- H04 118 182

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 870 322 B1

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Verbinden eines Turbinenrads mit einem Zwischenstück, auf eine entsprechende Vorrichtung sowie auf einen Läufer für eine Turbine.

[0002] Ein Läufer für eine Turbine weist ein Turbinenrad auf, das mit einer Welle zum Weiterleiten einer Drehbewegung des Turbinenrads verbunden ist. Die Welle kann beispielsweise an das Turbinenrad geschweißt oder gelötet sein.

[0003] Die DE 10 2008 059 617 A1 beschreibt einen Rotor für einen Abgasturbolader.

[0004] Die EP 1 507 062 A2 beschreibt einen Rotorzusammenbau, bei dem die Welle auf das Turbinenrad aufgeschrumpft ist.

[0005] Die EP 2 366 870 A2 beschreibt einen Rotor, bei dem die Welle über einen Infiltrationsprozess mit dem Turbinenrad stoffschlüssig verbunden ist.

[0006] Im herkömmlichen Abgasturbolader kann das Turbinenrad, das meist aus einer feingegossenen Nickelbasislegierung besteht, an die Stahlwelle gefügt werden. Dies wird heutzutage standardmäßig mit Verfahren wie Löten, Schweißen oder Reibschweißen bewerkstelligt.

Offenbarung der Erfindung

[0007] Vor diesem Hintergrund wird mit der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zum Verbinden eines Turbinenrads mit einem Zwischenstück, eine entsprechende Vorrichtung sowie ein Läufer für eine Turbine gemäß den Hauptansprüchen vorgestellt. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den jeweiligen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

[0008] Ein Sinterwerkstoff besteht aus einer Vielzahl von Partikeln aus einem Material oder einer Mehrzahl von Materialien. Zumeist ist das Material mit den Eigenschaften, die es als Sinterwerkstoff aufweist, mit herkömmlichen Verfahren, wie beispielsweise Gießen schwer oder nicht zu verarbeiten. Der Sinterwerkstoff liegt in einer Ausgangsform als bildsames Pulver vor. Das Pulver wird mit einem Bindemittel vermengt und kann so in eine Negativform eingebracht werden. In der Negativform wird der Sinterwerkstoff zu einem Zwischenprodukt, einem sogenannten Grünteil verdichtet. In der Negativform verbindet das Bindemittel die Partikel des Pulvers unter hohem Druck und/oder Wärme. Das Grünteil weist im Wesentlichen bereits ein Aussehen des fertigen Sinterteils auf, wenn es aus der Negativform entnommen wird. Das Grünteil weist ein höheres Volumen auf, als das fertige Sinterteil. Das Grünteil kann poröser sein, als das fertige Sinterteil. Das Grünteil weist eine geringere Festigkeit auf, als das fertige Sinterteil, da die Partikel des Pulvers lediglich über das Bindemittel aneinander haften. Das Grünteil kann mit herkömmlichen Methoden mechanisch bearbeitet werden. Das Grünteil kann auch durch einen Spritzgussprozess hergestellt werden. Dazu wird dem Sinterwerkstoff soviel Bindemittel beigemengt, dass das Gemisch plastifiziert werden kann, um unter hohem Druck und hoher Temperatur in eine Spritzgussform injiziert zu werden. Dabei entsteht ein Grünteil, bei dem die Zwischenräume zwischen den Körnern des Pulvers mit Bindemittel gefüllt sind.

[0009] Das Grünteil wird zum Sintern in einen Ofen eingebracht und erhitzt. Im Ofen wird das Bindemittel großteils aus dem Sinterteil ausgetrieben. Die Partikel des Sinterwerkstoffs verbinden sich beispielsweise über Diffusionsprozesse zwischen den Partikeln. Ebenso kann ein Materialbestandteil einen niedrigeren Schmelzpunkt als andere Materialbestandteile aufweisen. Dann kann der niedrigschmelzende Materialbestandteil andere Materialbestandteile in einer Materialmatrix einbetten.

[0010] Die Erfindung basiert auf der Erkenntnis, dass der Sinterwerkstoff beim Sintern sein Gesamtvolumen verringert. Ein Faktor, um den sich der Sinterwerkstoff zusammenzieht, kann mittels des Bindemittels beeinflusst werden. Beispielsweise können zwei verschiedene Sinterwerkstoffe zusammen gesintert werden, wobei ein erster der Sinterwerkstoffe einen größeren Schwund aufweist, als der zweite der Sinterwerkstoffe. Somit kann der Sinterwerkstoff mit dem größeren Schwund auf den Sinterwerkstoff mit dem kleineren Schwund aufschrumpfen. Ein Sintermaterial kann auch auf ein anderes Material aufschrumpfen. Beim Aufschrumpfen kann ein Kraftschluss zwischen zwei Bauteilen erreicht werden. Ebenso kann ein weiteres Material beim Sintern stoffschlüssig und/oder formschlüssig mit dem Sintermaterial verbunden werden. Beispielsweise kann das weitere Material durch Diffusionsvorgänge mit dem Sintermaterial verbunden werden. Oder das weitere Material kann in schmelzflüssigem Zustand in eine Struktur des Sintermaterials eindringen. Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zum Verbinden eines Turbinenrads mit einem Zwischenstück an einer Verbindungsstelle, wobei das Verfahren die Schritte des Anspruchs 1 aufweist. Die vorliegende Erfindung schafft ferner eine Vorrichtung zum Verbinden eines Turbinenrads mit einem Zwischenstück an einer Verbindungsstelle, wobei die Vorrichtung die Merkmale des Anspruchs 9 aufweist. Ferner schafft die vorliegende Erfindung einen Läufer für eine Turbine, wobei der Läufer die Merkmale des Anspruchs 10 aufweist. Unter einem Turbinenrad kann ein rotationssymmetrischer Grundkörper mit beispielsweise radial ausgerichteten Turbinenschaufeln verstanden werden. Die Turbinenschaufeln können strömungsgünstig geformt sein, um Energie aus einem Fluid, das über die Turbinenschaufeln strömt,

in eine Drehbewegung des Turbinenrads um eine Hauptrotationsachse des Turbinenrads umzuwandeln. Ein Zwischenstück kann ein ringförmig geschlossenes Bauteil sein, das als Verbindungselement ausgelegt ist. Das Zwischenstück kann als Manschette oder Einlegestück ausgestaltet sein. Das Zwischenstück kann Funktionsflächen aufweisen. Beispielsweise kann das Zwischenstück Dichtflächen aufweisen. Eine Verbindungsstelle kann eine geplante Fügestelle zwischen dem Turbinenrad und dem Zwischenstück sein. Eine erste Kontaktfläche kann eine erste Seite der Verbindungsstelle ausbilden. Eine zweite Kontaktfläche kann eine zweite Seite der Verbindungsstelle ausbilden. Die Kontaktflächen können eine zueinanderpassende Kontur aufweisen, wobei eine Kontur der ersten Kontaktfläche unvollständig in einer Kontur der zweiten Kontaktfläche abgebildet sein kann. Ebenso kann die Kontur der zweiten Kontaktfläche unvollständig in der Kontur der ersten Kontaktfläche abgebildet sein. Beispielsweise kann eine der Kontaktflächen eine oder mehrere Aussparungen aufweisen, die in der anderen Kontaktfläche nicht abgebildet sind. Im Schritt des Anordnens können die Kontaktflächen einander gegenüberliegend angeordnet werden. Zwischen den Kontaktflächen kann vor dem Schritt des Temperierens ein Spalt sein. Das Zwischenstück kann im Schritt des Anordnens auch an weiteren Stellen auf dem Turbinenrad aufliegen. Beispielsweise kann das Turbinenrad und/oder das Zwischenstück Führungsflächen zum gegenseitigen Positionieren aufweisen. Eine Sintertemperatur kann so hoch sein, um den Sinterprozess zu ermöglichen. Dabei kann das erste Material und/oder das zweite Material irreversibel von einem ersten Zustand in einen zweiten Zustand umgewandelt werden. Das erste Material oder das zweite Material kann bei der Sintertemperatur auch eine Wärmebehandlung erfahren. Während des Sinterns oder nach dem Sintern, beim Abkühlen können das Turbinenrad und das Zwischenstück miteinander fest verbunden werden.

[0011] Das Turbinenrad kann aus einem Sintermaterial bestehen und in einem ungesinterten Zustand bereitgestellt werden, wobei das Turbinenrad eine Aussparung aufweist, die zumindest an einer Innenseite die erste Kontaktfläche ausbildet. Zumindest eine Außenseite des Zwischenstücks kann die zweite Kontaktfläche ausbilden. Das Zwischenstück kann innerhalb der Aussparung angeordnet werden. Das Turbinenrad und das Zwischenstück können auf eine Sintertemperatur des Turbinenrads erwärmt werden und das Turbinenrad während des Temperierens auf das Zwischenstück aufgeschrumpft werden. Das Zwischenstück kann bereits in fertig gesintertem Zustand bereitgestellt werden. Das Zwischenstück kann auch aus einem Nicht-Sintermaterial bestehen, und während des Sinterns des Turbinenrads wärmebehandelt werden. Durch ein Einsetzen des Zwischenstücks in das zu sinternde Turbinenrad kann das Turbinenrad fest mit dem Zwischenstück verbunden werden. Das Zwischenstück kann als Einlegeteil bezeichnet werden.

[0012] Das Turbinenrad kann einen Vorsprung aufweisen, der zumindest auf einer Außenseite die erste Kontaktfläche ausbildet. Das Zwischenstück kann aus einem Sintermaterial bestehen und in einem ungesinterten Zustand bereitgestellt werden, wobei das Zwischenstück eine ringförmige Gestalt aufweist und zumindest eine Innenseite des Zwischenstücks die zweite Kontaktfläche ausbildet. Der Vorsprung kann innerhalb des Zwischenstücks angeordnet werden. Das Turbinenrad und das Zwischenstück können auf eine Sintertemperatur des Zwischenstücks erwärmt werden und das Zwischenstück während des Temperierens auf das Turbinenrad aufgeschrumpft werden. Das Turbinenrad kann bereits in fertig gesintertem Zustand bereitgestellt werden. Das Turbinenrad kann auch aus einem Nicht-Sintermaterial bestehen, und während des Sinterns des Zwischenstücks wärmebehandelt werden. Durch ein Aufsetzen des zu sinternden Zwischenstücks auf das Turbinenrad kann das Turbinenrad fest mit dem Zwischenstück verbunden werden. Das Zwischenstück kann als Ring oder Manschette bezeichnet werden.

[0013] Das Turbinenrad und das Zwischenstück können aus einem Sintermaterial bestehen und jeweils in einem ungesinterten Zustand bereitgestellt werden, wobei das Turbinenrad eine Aussparung aufweist, die zumindest an einer Innenseite die erste Kontaktfläche ausbildet, und zumindest eine Außenseite des Zwischenstücks die zweite Kontaktfläche ausbildet. Das Zwischenstück kann innerhalb der Aussparung angeordnet werden. Das Turbinenrad und das Zwischenstück können auf eine Sintertemperatur des Turbinenrads und des Zwischenstücks erwärmt werden und das Turbinenrad und das Zwischenstück können während des Temperierens co-gesintert werden. Unter dem Begriff "Co-sintern" ist hierbei das Verbinden zumindest zweier Teile während des Sinterprozesses gemeint. Das Zwischenstück kann als Einlegeteil bezeichnet werden.

[0014] Das Turbinenrad und das Zwischenstück können aus einem Sintermaterial bestehen und jeweils in einem ungesinterten Zustand bereitgestellt werden, wobei das Turbinenrad einen Vorsprung aufweist, der zumindest auf einer Außenseite die erste Kontaktfläche ausbildet, und das Zwischenstück eine ringförmige Gestalt aufweist und zumindest eine Innenseite des Zwischenstücks die zweite Kontaktfläche ausbildet. Der Vorsprung kann innerhalb des Zwischenstücks angeordnet werden. Das Turbinenrad und das Zwischenstück können auf eine Sintertemperatur des Turbinenrads und des Zwischenstücks erwärmt werden und das Turbinenrad und das Zwischenstück können während des Temperierens co-gesintert werden. Das Zwischenstück kann als Ring oder Manschette bezeichnet werden. Durch ein gemeinsames Sintern können zwischen dem Zwischenstück und dem Turbinenrad Verbindungen auf Partikelebene entstehen, was zu einer besonders dauerhaften Verbindung führen kann. Die zwei Sintermaterialien können beim Sintern unterschiedlich stark schrumpfen. Dadurch können zusätzlich mechanische Spannungen in und zwischen dem Turbinenrad und dem Zwischenstück entstehen, um einen Kraftschluss zu ermöglichen.

[0015] Die Kontaktfläche des Turbinenrads kann eine Kontur zum Sichern gegen ein Verdrehen des Zwischenstücks aufweisen. Die Kontaktfläche des Zwischenstücks kann eine korrespondierende Kontur zum Sichern gegen ein Verdre-

hen des Turbinenrads aufweisen. Die Kontur und die korrespondierende Kontur können lagerichtig zueinander angeordnet werden, und das Turbinenrad und das Zwischenstück verdrehsicher verbunden werden. Eine Kontur zum Sichern gegen ein Verdrehen kann dazu ausgebildet sein, einen Formschluss zwischen dem Turbinenrad und dem Zwischenstück zu erreichen, wenn das Zwischenstück mit dem Turbinenrad verbunden ist. Beispielsweise kann eine Kontaktfläche zumindest einen Vorsprung aufweisen, der dazu ausgebildet ist, in zumindest eine Ausnehmung der anderen Kontaktfläche einzugreifen. Die Kontur kann schwerpunktneutral ausgeführt sein. Beispielsweise können Vorsprünge und/oder Aussparungen einer Kontur gegengleiche Steineranteile bezüglich der Hauptrotationsachse aufweisen.

[0016] Im Schritt des Bereitstellens kann ferner eine Welle aus einem weiteren Material bereitgestellt werden. Die Welle kann in einer Aussparung des Zwischenstücks angeordnet werden. Das Zwischenstück kann auf die Welle aufgeschrumpft werden. Unter einem weiteren Material kann ein kristallines Nicht-Sintermaterial verstanden werden. Die Welle kann auch aus einem zuvor bereits fertig gesinterten Sintermaterial bestehen. Die Welle kann in der Hauptrotationsachse des Turbinenrads ausgerichtet werden. Beim Aufschrumpfen kann die Welle drehfest mit dem Zwischenstück und damit mit dem Turbinenrad verbunden werden.

[0017] Die Welle kann eine Einstecktiefenbegrenzungsfläche zum Begrenzen einer Einstecktiefe der Welle in das Zwischenstück aufweisen. Alternativ oder ergänzend kann das Zwischenstück eine Eindringtiefenbegrenzungsfläche zum Begrenzen einer Eindringtiefe der Welle in das Zwischenstück aufweisen. Die Einstecktiefenbegrenzungsfläche kann an einer korrespondierenden Fläche des Zwischenstücks anliegend angeordnet werden. Die Eindringtiefenbegrenzungsfläche kann an einer korrespondierenden Fläche der Welle anliegend angeordnet werden. Unter einer Einstecktiefenbegrenzungsfläche und/oder einer Eindringtiefenbegrenzungsfläche kann ein Absatz beispielsweise quer zu der Hauptrotationsachse des Turbinenrads verstanden werden, der dazu ausgebildet ist, als Anlagefläche beim axialen Einführen der Welle in das Zwischenstück zu dienen. Durch die Begrenzung kann zwischen dem Turbinenrad und der Welle ein Hohlraum ausgebildet werden, der eine thermische Isolation der Welle vom Turbinenrad ermöglicht, wodurch eine thermische Belastung von Lagerstellen auf der Welle verringert werden kann.

[0018] Das Zwischenstück kann eine weitere Kontur zum Sichern gegen ein Verdrehen der Welle aufweisen. Die Welle kann eine korrespondierende weitere Kontur zum Sichern gegen ein Verdrehen des Zwischenstücks aufweisen. Die weitere Kontur und die weitere korrespondierende Kontur können lagerichtig zueinander angeordnet werden, und das Zwischenstück verdrehsicher mit der Welle verbunden werden. Durch eine weitere Verdrehsicherung kann ein Drehmoment vom Turbinenrad sicher auf die Welle übertragen werden. Die Schrumpfverbindung wird so nicht auf Scherung belastet.

[0019] Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1	ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Verbinden eines Turbinenrads mit einem Zwischenstück gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
Fig. 2	ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Verbinden eines Turbinenrads mit einem Zwischenstück gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
Die Figuren 3a, 3b, 3c	Herstellungsschritte eines Verfahrens zum Verbinden eines Turbinenrads mit einem Zwischenstück und einer Welle mit dem Zwischenstück gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
Die Figuren 4a, 4b	Herstellungsschritte eines Verfahrens zum Verbinden eines Turbinenrads mit einem Zwischenstück und einer Welle mit dem Zwischenstück gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
Die Figuren 5a, 5b, 5c	Herstellungsschritte eines weiteren Verfahrens zum Verbinden eines Turbinenrads mit einem Zwischenstück und einer Welle mit dem Zwischenstück gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
Die Figuren 6a, 6b, 6c	Herstellungsschritte eines weiteren Verfahrens zum Verbinden eines Turbinenrads mit einem Zwischenstück und einer Welle mit dem Zwischenstück gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
Die Figuren 7a, 7b, 7c, 7d, 7e, 7f, 7g, 7h	Darstellungen von Zwischenstücken mit Verdrehsicherung gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 8 eine Schnittdarstellung durch ein Detail eines Läufers für eine Turbine gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0020] In der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden für die in den verschiedenen Figuren dargestellten und ähnlich wirkenden Elemente gleiche oder ähnliche Bezugszeichen verwendet, wobei auf eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente verzichtet wird.

[0021] Fig. 1 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 100 zum Verbinden eines Turbinenrads mit einem Zwischenstück an einer Verbindungsstelle gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Das Verfahren weist einen Schritt des Bereitstellens 102, einen Schritt des Anordnens 104 und einen Schritt des Temperierens 106 auf. Im Schritt 102 des Bereitstellens werden das Turbinenrad und das Zwischenstück bereitgestellt, wobei das Turbinenrad aus einem ersten Material besteht und eine erste Kontaktfläche aufweist, und das Zwischenstück aus einem zweiten Material besteht und eine zweite Kontaktfläche aufweist, wobei das erste Material verschieden von dem zweiten Material ist. Im Schritt 104 des Anordnens wird das Zwischenstück in einer Relativposition zu dem Turbinenrad angeordnet, wobei die zweite Kontaktfläche im Bereich der Verbindungsstelle der ersten Kontaktfläche zugewandt angeordnet wird. Im Schritt 106 des Temperierens werden das Turbinenrad und das Zwischenstück auf eine Sintertemperatur erwärmt, wobei das Turbinenrad und alternativ oder ergänzend das Zwischenstück gesintert wird, um die erste Kontaktfläche und die zweite Kontaktfläche an der Verbindungsstelle zu verbinden.

[0022] Mit anderen Worten zeigt Fig. 1 ein Verfahren 100 zur Herstellung eines Verbundes zwischen einem Turbinenrad (TR) und einem Übergangsstück, wobei mindestens eine Komponente als Grünkörper vorgelegt und durch einen Sinterprozess verdichtet wird, sodass spätestens in der Endphase des Sinterprozesses eine stoff- und formschlüssige Verbindung erreicht wird. Das Übergangsstück erlaubt eine einfache Verbindung (Schweißen, Löten) des TR an die Stahlwelle, gewährleistet einen geringen Wärmeübergang zwischen TR und Welle und ermöglicht eine einfache Wuchtung des TR mit Welle (Läufer).

[0023] Um die Anbindung des gesinterten oder feingegossenen TR an die Welle unabhängig von der Werkstoffwahl des TR zu machen, wird ein Übergangsstück in Form eines Zwischenstücks (ringförmig oder eckig, mit Nuten oder Federn) zwischen TR und Welle eingefügt. Das Zwischenstück besteht aus einem Werkstoff, der sich gut mit der Welle verbinden lässt, z. B. durch Schweißen oder Löten. Eine Ausführung des Zwischenstücks mit Ecken, Nuten oder Federn hat den Vorteil einer zusätzlichen radialen Fixierung des TR und der Welle. Die Anbindung des Zwischenstücks (Ringes) an das TR wird durch einen Sinterprozess erreicht. Dies setzt voraus, dass mindestens einer der beiden Komponenten - TR oder Zwischenstück - pulvermetallurgisch (PM) hergestellt wurde. Die gewählte Anordnung Zwischenstück/Turbinenrad hat Vorteile hinsichtlich Wärmeübertragung, mechanischen Eigenschaften und Unwucht.

[0024] Vorteilhaft ist, dass insbesondere bei hochsinternden TR-Werkstoffen wie TiAl (Sintertemperatur im Bereich von 1420-1520°C) Zwischenstückwerkstoffe verwendet werden können, deren Schmelztemperaturen unterhalb der Sintertemperatur des TR-Werkstoffes liegen. Dies erweitert die Werkstoffauswahl für das Zwischenstück deutlich.

[0025] Der hier vorgestellte Ansatz kann am Produkt durch Betrachtung, metallografische Schnitte und chemische Analyse (SEMEDX) erkannt werden.

[0026] Der hier vorgestellte Ansatz kann überall dort eingesetzt werden, wo ein Turbinenrad mit einer Welle verbunden werden soll wie z. B. im Abgasturbolader, bei Durchflussmessern, bei Triebwerken oder in Drehmomentwandlern.

[0027] Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zum 200 Verbinden eines Turbinenrads mit einem Zwischenstück an einer Verbindungsstelle gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung weist eine Einrichtung 202 zum Bereitstellen, eine Einrichtung 204 zum Anordnen und eine Einrichtung 206 zum Temperieren auf. Die Einrichtung 202 zum Bereitstellen ist dazu ausgebildet, das Turbinenrad und das Zwischenstück bereitzustellen, wobei das Turbinenrad aus einem ersten Material besteht und eine erste Kontaktfläche aufweist, und das Zwischenstück aus einem zweiten Material besteht und eine zweite Kontaktfläche aufweist, wobei das erste Material verschieden von dem zweiten Material ist. Beispielsweise kann die Einrichtung 202 zum Bereitstellen das Turbinenrad aus einem ersten Vorratsbehälter und das Zwischenstück aus einem zweiten Vorratsbehälter entnehmen und in einem Arbeitsbereich bereitstellen. Die Einrichtung 204 zum Anordnen ist dazu ausgebildet, das Turbinenrad in einer Relativposition zu dem Zwischenstück anzuordnen. Ebenso kann die Einrichtung 204 das Zwischenstück in der Relativposition zu dem Turbinenrad anordnen. Dabei wird die erste Kontaktfläche im Bereich der Verbindungsstelle der zweiten Kontaktfläche zugewandt angeordnet. Die Einrichtung 204 zum Anordnen kann beispielsweise das Zwischenstück und/oder das Turbinenrad aufnehmen und relativ zueinander anordnen, sodass die Kontaktflächen beim nachfolgenden Temperieren miteinander verbunden werden. Die Einrichtung 206 zum Temperieren ist dazu ausgebildet, das Turbinenrad und das Zwischenstück auf eine Sintertemperatur zu erwärmen. Beim Temperieren wird das Turbinenrad und/oder das Zwischenstück gesintert, um die erste Kontaktfläche und die zweite Kontaktfläche an der Verbindungsstelle zu verbinden. Die Einrichtung 206 zum Temperieren kann beispielsweise ein Ofen oder ein Autoklav sein. Das Temperieren kann unter Verwendung eines vorbestimmten Temperaturverlaufs erfolgen. Das Temperieren kann ein Einstellen von vorbestimmten Umweltbedingungen umfassen. Beispielsweise können ein Druck, eine Feuchtigkeit, eine oder mehrere Gaskonzentrationen eingestellt werden. Anschließend an das Erwärmen kann die Sintertemperatur gehalten werden. Danach

können das Turbinenrad und das Zwischenstück von der Sintertemperatur unter Verwendung eines weiteren vorbestimmten Temperaturverlaufs bis auf Umgebungstemperatur abgekühlt werden.

[0028] Für die Realisierung eines Zwischenstücks 302, das fest mit einem Stutzen am Fußbereich eines Turbinenrades 300 verbunden wird, das mit herkömmlichen Fügetechniken (z. B. Löten, Schweißen) oder durch eine Sinterung schwer mit der Welle 304 verbunden werden kann, existieren mehrere Varianten.

[0029] Die Figuren 3a, 3b und 3c zeigen Herstellungsschritte eines Verfahrens zum Verbinden eines Turbinenrads 300 mit einem Zwischenstück 302 und einer Welle 304 mit dem Zwischenstück 302 gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Dabei entsteht ein Läufer 306 für eine Turbine gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, wobei der Läufer 306 das Turbinenrad 300, das Zwischenstück 302 und die Welle 304 aufweist. Das Turbinenrad 300 besteht aus einem ersten Material und weist eine erste Kontaktfläche auf. Das Zwischenstück 302 besteht aus einem zweiten Material und weist eine zweite Kontaktfläche sowie eine Aussparung auf. Das zweite Material ist verschieden von dem ersten Material. Die zweite Kontaktfläche ist mit der ersten Kontaktfläche verbunden. Die Welle 304 besteht aus einem weiteren Material und ist in der Aussparung des Zwischenstücks 302 angeordnet. Das Zwischenstück 302 ist auf die Welle 304 aufgeschrumpft. Das Zwischenstück 302 kann auch ohne die Aussparung ausgeführt sein, dann kann die Welle 304 an das Zwischenstück 302 angeschweißt sein.

[0030] Fig. 3a zeigt das Turbinenrad 300 und das Zwischenstück 302 nach dem Anordnen und vor dem Temperieren. Das Turbinenrad 300 weist bereits seine endgültigen Maße auf. Das Turbinenrad 300 kann aus einem Sintermaterial in gesintertem Zustand sein. Das Turbinenrad 300 kann aus einem anderen Werkstoff sein, der beispielsweise über Feinguss in seine Form gebracht worden ist. Eine Rotationsachse des Turbinenrads 300 ist senkrecht ausgerichtet. Das Zwischenstück 302 ist als ringförmig geschlossenes Bauteil um einen Stutzen des Turbinenrads 300 gelegt. Der Stutzen ist koaxial zu der Rotationsachse angeordnet. Das Zwischenstück 302 ist aus einem Sintermaterial und in einem ungesinterten Zustand. Das Zwischenstück 302 ist ein Grünteil. Das Zwischenstück 302 ist in Fig. 3a größer als seine Fertigmaße. Zwischen der Kontaktfläche des Zwischenstücks 302 auf einer Innenseite des Rings und der Kontaktfläche des Turbinenrads 300 auf einer Außenseite des Stutzens besteht ein Spalt. Mit anderen Worten zeigt Fig. 3a ein ungesintertes Zwischenstück 302 auf einem dichten TR 300.

[0031] Fig. 3b zeigt das Turbinenrad 300 und das Zwischenstück 302 nach dem Temperieren. Das Zwischenstück 302 ist gesintert. Dabei ist das Zwischenstück 302 geschwunden und weist jetzt seine Fertigmaße auf. Die Kontaktfläche des Zwischenstücks 302 ist auf den Stutzen des Turbinenrads 300 aufgeschrumpft. Damit ist das Zwischenstück 302 fest mit dem Turbinenrad 300 verbunden. Mit anderen Worten zeigt Fig. 3b ein dichtes Zwischenstück 302 fest verbunden mit dem dichten TR 300 durch ein Aufschrumpfen durch Sintern.

[0032] Fig. 3c zeigt den Läufer 306. Die Welle 304 ist mit dem Zwischenstück in Verlängerung der Rotationsachse verbunden. Dabei kann die Welle 304 mittels normaler Verbindungsprozesse mit dem Zwischenstück 302 verbunden worden sein. Ebenso kann die Welle 304 in die Aussparung des Zwischenstücks 302 eingeführt worden sein, bevor das Zwischenstück 302 und das Turbinenrad 300 auf Raumtemperatur abgekühlt ist, um das Zwischenstück 302 ebenfalls auf die Welle 304 aufzuschrumpfen. Mit anderen Worten zeigt Fig. 3c einen fertigen Läufer 306 nach einem Fügen der Welle 304.

[0033] Mit anderen Worten zeigen die Figuren 3a, 3b und 3c eine Anbindung eines Turbinenrades an eine Welle mithilfe eines Sinterprozesses. Im Falle des Turbinenrades (TR) 300, das über einen Metallpulverspritzguss (MIM) hergestellt wurde, kann die Sinterung des TR 300 für eine Anbindung an die Welle 304 genutzt werden. Beispielsweise kann ein MIM-TR 300 aus Titanaluminid (TiAl) direkt oder mit einer Zwischenschicht 302 auf die Welle 304 gesintert werden. Das MIM-TR 300 kann über eine Buchse 304 mittels Schweißen oder Löten an die Welle 304 angebunden werden.

[0034] Die Fig, 3 zeigt ein pulvermetallurgisch hergestelltes Zwischenstück 302, das in einem Sinterprozess auf einen Stutzen des bereits dichten TR 300 aufgeschrumpft wird. Das TR 300 kann mittels Feinguss, Erodieren oder auch pulvermetallurgisch hergestellt worden sein. Vorteilhafterweise stimmt die Sintertemperatur dem Zwischenstück 302 und die Wärmebehandlungstemperatur des TR 300 überein, um die Sinterung des Zwischenstücks 302 und die Wärmebehandlung des TR 300 in einen Schritt zusammenzufassen. Bei TR 300 aus TiAl besteht das Zwischenstück 302 vorzugsweise aus einer Nickelbasis-Superlegierung, da deren Sintertemperatur niedriger als die Schmelztemperatur von TiAl liegt und Ni-Werkstoffe sich gut mit der Stahlwelle 304 verbinden lassen.

[0035] Die Figuren 4a und 4b zeigen die Herstellungsschritte eines Verfahrens zum Verbinden eines Turbinenrads 300 mit einem Zwischenstück 302 und einer Welle 304 mit dem Zwischenstück 302 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Das Turbinenrad 300, das Zwischenstück 302 und die Welle 304 entsprechen dabei der Beschreibung in Fig. 3.

[0036] Fig. 4a zeigt wie in Fig. 3a das fertige Turbinenrad 300 und das ungesinterte Zwischenstück 302, das um den Stutzen angeordnet ist. Zusätzlich ist die Welle 304 bereits jetzt in die Aussparung des Zwischenstücks 302 eingesetzt. Die Welle weist zumindest eine Tiefenanschlagfläche 400 auf, der verhindert, dass die Welle 304 beim Einführen in die Aussparung des Zwischenstücks 302 so tief eingeführt wird, dass die Welle 304 das Turbinenrad 300 direkt berührt. Mit anderen Worten zeigt Fig. 4a ein ungesintertes Zwischenstück 302 auf einem dichten TR 300 und einer dichten

Welle 304.

[0037] Fig. 4b zeigt wie in Fig. 3c den fertigen Läufer 306. Das Zwischenstück 302 ist beim Sintern auf den Stutzen und auf die Welle 304 gleichzeitig aufgeschrumpft. Das Zwischenstück 302 bildet so ein Bindeglied zwischen der Welle 304 und dem Turbinenrad 300. Durch den Abstand zwischen der Welle 304 und dem Turbinenrad 300 ist die Welle 304 gegenüber dem Turbinenrad 300 thermisch abgeschirmt. Mit anderen Worten zeigt Fig. 4b den fertigen Läufer 306 nach einem Aufschrumpfen durch Sintern.

[0038] In Fig. 4 wird die bereits dichte Welle 304 während des Sinterprozesses so am TR 300 positioniert, dass das Zwischenstück 302 sowohl auf das TR 300 als auch auf die Welle 304 aufschrumpft und so eine Verbindung schafft. Diese Variante hat den Vorteil, dass kein nachfolgender Fügeschritt zur Verbindung des TR 300 mit dem Ring 302 an die Welle 304 erfolgen muss. Das Wellenende kann zylindrisch, eckig oder stufig ausgeführt sein, um eine zusätzliche radiale Fixierung zu erreichen. Bei TR 300 aus TiAl besteht das Zwischenstück 302 vorzugsweise aus einer Nickelbasis-Superlegierung, da deren Sintertemperatur niedriger als die Schmelztemperatur von TiAl liegt.

[0039] Die Figuren 5a, 5b und 5c zeigen Herstellungsschritte eines weiteren Verfahrens zum Verbinden eines Turbinenrads 300 mit einem Zwischenstück 302 und einer Welle 304 mit dem Zwischenstück 302 gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0040] Fig. 5a zeigt wie Fig. 3a das Turbinenrad 300 und das Zwischenstück 302 nach dem Anordnen des Zwischenstücks 302 um den Stutzen des Turbinenrads 300. Im Gegensatz zu den Figuren 3a und 4a ist das Turbinenrad 300 ebenso wie das Zwischenstück 302 hier aus einem Sintermaterial und in einem ungesinterten Zustand dargestellt. Das Turbinenrad 300 und das Zwischenstück 302 weisen je ein größeres Volumen auf, als im Endzustand. Das TR 300 mit der Buchse 302 kann direkt über den 2-Komponenten-Metallpulverspritzguss hergestellt werden oder die Buchse 304 wird als Pulverpressling oder Spritzgießteil in eine Aussparung im TR 300 eingelegt. In jedem Fall werden Buchse 302 und TR 300 gemeinsam gesintert, wobei eine feste Verbindung zwischen den beiden Teilen entsteht.

[0041] Fig. 5b zeigt das Turbinenrad 300 und das Zwischenstück 302 nach dem Sintern. Das Zwischenstück 302 ist auf den Stutzen des Turbinenrads 300 co-gesintert. Das Turbinenrad 300 ist fest mit dem Zwischenstück 302 verbunden. Beide Teile weisen jetzt zumindest großteils ihre fertigen Maße auf. Mit anderen Worten zeigt Fig. 5b einen dichten Ring 302 fest verbunden mit einem dichten TR 300 nach einem Co-sintern.

[0042] Fig. 5c zeigt den zusammengefügten Läufer 306 bestehend aus dem Turbinenrad 300, dem Zwischenstück 302 und der Welle 304. Die Welle 304 ist an dem Zwischenstück 302 befestigt. Dazu kann die Welle 304 beispielsweise mit dem Zwischenstück 302 verschweißt worden sein. Laserschweißen und Reibschweißen bieten gute Möglichkeiten, um die Welle 304 mit einer geringen Wärmeeinflusszone an dem Zwischenstück zu befestigen.

[0043] In Fig. 5 wird ein pulvermetallurgisch hergestelltes Zwischenstück 302 mit einem pulvermetallurgisch hergestellten TR 300 verbunden und co-gesintert. Die Verbindung kann durch Fügen der ungesinterten Teile (Grünteile) erfolgen oder durch einen 2-Komponenten-Spritzguss erreicht werden. Das Grünteilfügen kann durch Kleben ohne oder mit pulverförmigem Zusatz im Klebstoff, durch thermisches Kleben ohne Klebstoff (Anschmelzen des Binders) oder durch Verkleben nach einem chemischen Anlösen von Binderkomponenten erfolgen. Bei TR 300 aus TiAl besteht das Zwischenstück 302 vorzugsweise aus einer Alarmen Ti - Basislegierung, deren Sintertemperatur durch Zulegieren von Nb, Mo, Zr, V, W, Hf, Ta an die Sintertemperatur des TR 300 angepasst ist. Bei TR 300 aus einer Ni-Basislegierung mit γ'-Ausscheidungen besteht das Zwischenstück 302 vorzugsweise aus einer Ni-Basislegierung, die keine γ'-Ausscheidungen ausbildet und somit besser schweißbar ist.

[0044] Die Figuren 6a, 6b und 6c zeigen Herstellungsschritte eines weiteren Verfahrens zum Verbinden eines Turbinenrads 300 mit einem Zwischenstück 302 und einer Welle 304 mit dem Zwischenstück 302 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0045] Fig. 6a zeigt wie Fig. 5a das Turbinenrad 300 aus einem Sintermaterial in ungesintertem Zustand. Im Gegensatz zu Fig. 5a ist das Zwischenstück 302 entweder bereits fertig gesintert oder aus einem Nicht-Sintermaterial. Das Turbinenrad 300 weist eine Aussparung auf, deren Innenseite zumindest einen Teil der Kontaktfläche des Turbinenrads 300 ausbildet. Das Zwischenstück 302 ist als Scheibe ausgeformt. Das Zwischenstück 302 ist ausgewuchtet und schwerpunktneutral. Die Kontaktfläche des Zwischenstücks 302 ist zumindest teilweise auf einer umlaufenden Mantelfläche ausgebildet. Das Zwischenstück 302 ist in der Aussparung des Turbinenrads 300 angeordnet.

[0046] Fig. 6b zeigt das Turbinenrad 300 und das Zwischenstück 302 in verbundenen Zustand nach dem Temperieren. Das Turbinenrad 300 ist geschwunden und auf das Zwischenstück 302 aufgeschrumpft. Dabei sind die beiden Kontaktflächen verbunden worden.

[0047] Fig. 6c zeigt den zusammengesetzten Läufer 306. Die Welle 304 ist mit dem Zwischenstück 302 verbunden worden.

[0048] In Fig. 6 wird ein pulvermetallurgisch hergestelltes TR 300 in einem Sinterprozess auf das bereits dichtes Zwischenstück 302 aufgeschrumpft. Voraussetzung hierfür ist, dass die Schmelztemperatur des Zwischenstückwerkstoffes höher liegt als die Sintertemperatur des TR 300. Bei TR 300 aus TiAl besteht das Zwischenstück 302 vorzugsweise aus einer Alarmen Ti-Basislegierung mit Zulegierungen (V, Sn, Zr, Mo, Fe, Nb), da deren Schmelzpunkt in der Regel höher als die Sintertemperatur des TR 300 ist. Bei TR 300 aus einer Ni-Basislegierung mit γ'-Ausscheidungen besteht

das Zwischenstück 302 vorzugsweise aus einer Fe-Basislegierung oder einer Ni-Basislegierung ohne γ'- Ausscheidungen, deren Schmelzpunkt höher als die Sintertemperatur des TR-Werkstoffes ist.

[0049] Die Anbindung zwischen Zwischenstück 302 und Welle 304 kann über herkömmliche Verbindungstechniken (Schweißen, Löten) erfolgen, was besonders bei schwer schweißbaren TR-Materialien vorteilhaft ist, z. B. bei Titanaluminid oder Nickelbasislegierungen mit γ'-Ausscheidungen. Je nach Größe von Zwischenstück 302 und Welle 304 und des gewählten Anbindungsverfahrens kann die Anbindung der Welle 304 stirnseitig oder radial in dem Zwischenstück 302 erfolgen. Für die Innenform des Zwischenstücks 302 sind verschiedene Geometrien denkbar, die zu einer zusätzlichen radialen Arretierung des TR 300 und der Welle 304 führen. Die pulvermetallurgische Herstellung des Zwischenstücks 302 erlaubt zudem die kostengünstige Darstellung von Geometrien, die eine definierte Kavität zwischen TR 300 und Welle 304 ermöglichen, welche zu einem verringerten Wärmeübergang zwischen TR 300 und Welle 304 führt ("Wärmedrossel" 804 in Fig. 8). Weitere Vorteile des hier vorgestellten Ansatzes sind die Möglichkeit, das Auswuchten des Läufers 306 (TR 300 mit Welle 304) durch Materialabtrag an dem Zwischenstück 302 vorzunehmen, wodurch das direkte Auswuchten des schwer zu bearbeitenden TiAl-TR 300 vermieden wird, und das Anbringen von umlaufenden Dichtungsriefen o.ä. an dem Zwischenstück 302, wodurch die Wellengeometrie vereinfacht wird.

[0050] Die Figuren 7a, 7b, 7c, 7d, 7e, 7f, 7g und 7h zeigen Darstellungen von Zwischenstücken 302 mit Verdrehsicherung gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. Die Zwischenstücke 302 weisen als Grundkörper einen Hohlzylinder auf. Um eine verdrehsichernde Wirkung zu entfalten, wird ein Gegenstück benötigt, das eine Kontur der Verdrehsicherung invertiert abbildet. Wenn ein, an der Verdrehsicherung beteiligtes Bauteil im Schritt des Anordnens noch nicht gesintert ist, und damit noch mehr Volumen als nach dem Sintern aufweist, dann ist es erforderlich, einen Volumenschwund in den Maßen der Verdrehsicherung des ungesinterten Teils zu berücksichtigen, also um eine Schwindmaßzugabe größer auszuführen. Im Schritt des Anordnens wird das Gegenstück in die Verdrehsicherung axial zu dem Zwischenstück 302 in gleicher Lage, also lagerichtig eingeführt.

[0051] Fig. 7a zeigt eine Grundform des Zwischenstücks 302. Zumindest ein Teil einer Innenseite des Zwischenstücks 302 kann als Kontaktfläche zu einem Turbinenrad, wie es in den Figuren 3 bis 5 dargestellt ist, ausgebildet sein. Ebenso kann die Kontaktfläche auf der Außenseite des Zwischenstücks 302 angeordnet sein, beispielsweise wenn das Zwischenstück 302 in eine Aussparung wie in Fig. 6 eingesetzt wird. Das dargestellte Zwischenstück 302 kann auf der Kontaktfläche eine erhöhte Oberflächenrauigkeit aufweisen, die beim Verbinden eine Mikroverzahnung mit einer Oberfläche des Turbinenrads und/oder der Welle ergeben kann.

[0052] Fig. 7b zeigt ein Zwischenstück 302 mit einer Verdickung 700 auf einer Innenseite des Hohlzylinders. Die Verdickung 700 weist die Form eines Kreissegments auf. Die Verdickung ist einseitig angeordnet.

[0053] Fig. 7c zeigt ein Zwischenstück 302 mit vier gleichmäßig verteilten, diametral gegenüberliegenden Vorsprüngen 702 auf der Innenseite des Zwischenstücks 302 auf. Die Vorsprünge 702 weisen eine halbzylindrische Form auf.

[0054] Fig. 7d zeigt ein Zwischenstück 302, die vier gleichmäßig verteilte, diametral über die Innenseite verteilte Aussparungen 704 aufweist. Die Aussparungen 704 weisen eine halbzylindrische Form auf.

[0055] Fig. 7e zeigt ein Zwischenstück 302, das eine quadratische Innenkontur aufweist. Die Innenkontur ist konzentrisch zu einer Außenkontur des Zwischenstücks 302 ausgerichtet.

[0056] Fig. 7f zeigt ein Zwischenstück 302, das eine hexagonale Innenkontur aufweist.

[0057] Fig. 7g zeigt ein Zwischenstück 302, das eine elliptische Innenkontur aufweist.

[0058] Fig. 7h zeigt ein Zwischenstück 302 mit zwei diametral gegenüberliegenden Verdickungen 706 der Wand, wie sie in Fig. 7b gezeigt ist.

[0059] Fig. 8 zeigt eine Schnittdarstellung durch ein Detail eines Läufers 306 für eine Turbine gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Läufer 306 ist aus einem Turbinenrad 300, ein Zwischenstück 302 und einer Welle 304 zusammengesetzt. Gezeigt ist ein Übergangsbereich des Läufers 306 von dem Turbinenrad 300 auf das Zwischenstück 302 und von dem Zwischenstück 302 auf die Welle 304. Das Turbinenrad 300 weist einen Stutzen 800 auf. Um diesen Stutzen 800 herum ist das Zwischenstück 302 angeordnet. Der Stutzen 800 und das Zwischenstück 302 weisen zueinanderpassende Verdrehsicherungen 802 auf. Die Verdrehsicherung 802 ist eine Aussparung in einem Grundkörper des Stutzens 800 oder des Zwischenstücks 302, die mit einem Vorsprung des Stutzens 800 bzw. des Zwischenstücks 302 korrespondiert. Der Vorsprung greift in die Aussparung ein und unterbindet so eine Verdrehung der beiden Teile. Die Welle 304 ist in das Zwischenstück 302 eingesetzt. Zwischen der Welle 304 und dem Zwischenstück ist ebenfalls eine Verdrehsicherung 802 angeordnet, die wie oben beschrieben wirkt. Zwischen dem Turbinenrad 300 und der Welle 304 ist ein Zwischenraum (Kavität) 804 angeordnet, der eine definierte Größe aufweist und als Wärmedrossel wirkt. Die Welle 304 weist zumindest eine Einstecktiefenbegrenzungsfläche 400 auf, die senkrecht zu einer Rotationsachse des Läufers 306 ausgerichtet ist, und die Welle 302 auf einer axialen Fläche des Zwischenstücks 302 abstützt. Ebenso weist das Zwischenstück zumindest eine Eindringtiefenbegrenzungsfläche 806 auf, die ebenfalls senkrecht zu der Rotationsachse des Läufers 306 ausgerichtet ist, und die Welle 302 abstützt. In diesem Ausführungsbeispiel weisen die Kontaktflächen zwischen dem Zwischenstück 302 und dem Turbinenrad 300 ebenso Eindringtiefenbegrenzungsflächen bzw. Einstecktiefenbegrenzungsflächen auf. Da der Stutzen 800 hier weiter aus dem Turbinenrad 300 hervorsteht, als in den Figuren 3 bis 5.

[0060] Mit anderen Worten zeigt Fig. 8 eine Ausführungsvariante der Zwischenstückgeometrie zur Einstellung einer definierten Kavität 804 am Beispiel des Zwischenstücks 302 aus Fig. 7h.

[0061] Die beschriebenen und in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispiele sind nur beispielhaft gewählt. Unterschiedliche Ausführungsbeispiele können vollständig oder in Bezug auf einzelne Merkmale miteinander kombiniert werden. Auch kann ein Ausführungsbeispiel durch Merkmale eines weiteren Ausführungsbeispiels ergänzt werden.

[0062] Ferner können erfindungsgemäße Verfahrensschritte wiederholt sowie in einer anderen als in der beschriebenen Reihenfolge ausgeführt werden.

[0063] Umfasst ein Ausführungsbeispiel eine "und/oder"-Verknüpfung zwischen einem ersten Merkmal und einem zweiten Merkmal, so ist dies so zu lesen, dass das Ausführungsbeispiel gemäß einer Ausführungsform sowohl das erste Merkmal als auch das zweite Merkmal und gemäß einer weiteren Ausführungsform entweder nur das erste Merkmal oder nur das zweite Merkmal aufweist.

Patentansprüche

1. Verfahren (100) zum Verbinden eines Turbinenrads (300) mit einem Zwischenstück (302) an einer Verbindungsstelle, wobei das Verfahren (100) die folgenden Schritte aufweist:

   Bereitstellen (102) des Turbinenrads (300) und dem Zwischenstück (302), wobei das Turbinenrad (300) aus einem ersten Material besteht und eine erste Kontaktfläche aufweist, und das Zwischenstück (302) aus einem zweiten Material besteht und eine zweite Kontaktfläche aufweist, wobei sich das erste Material und das zweite Material unterscheiden, wobei ferner eine Welle (304) aus einem weiteren Material bereitgestellt wird;
   Anordnen (104) des Zwischenstücks (302) in einer Relativposition zu dem Turbinenrad (300), wobei die zweite Kontaktfläche im Bereich der Verbindungsstelle der ersten Kontaktfläche zugewandt angeordnet wird, wobei die Welle (304) in einer Aussparung des Zwischenstücks (302) angeordnet wird; und
   Temperieren (106) des Turbinenrads (300) und des Zwischenstücks (302) auf eine Sintertemperatur, wobei das Turbinenrad (300) und/oder das Zwischenstück (302) gesintert wird, um die erste Kontaktfläche und die zweite Kontaktfläche an der Verbindungsstelle zu verbinden, wobei das Zwischenstück (302) auf die Welle (304) aufgeschrumpft wird.

2. Verfahren (100) gemäß Anspruch 1, bei dem im Schritt (102) des Bereitstellens ein Turbinenrad (300) bereitgestellt wird, das aus einem Sintermaterial besteht und in einem ungesinterten Zustand bereitgestellt wird, wobei das Turbinenrad (300) eine Aussparung aufweist, die zumindest an einer Innenseite die erste Kontaktfläche ausbildet, und im Schritt (102) des Bereitstellens ein Zwischenstück bereitgestellt wird, bei der zumindest eine Außenseite des Zwischenstücks (302) die zweite Kontaktfläche ausbildet, wobei im Schritt (104) des Anordnens das Zwischenstück (302) innerhalb der Aussparung angeordnet wird, und im Schritt (106) des Temperierens das Turbinenrad (300) und das Zwischenstück (302) auf eine Sintertemperatur des Turbinenrads (300) erwärmt werden und das Turbinenrad (300) während des Temperierens auf das Zwischenstück (302) aufgeschrumpft wird.

3. Verfahren (100) gemäß Anspruch 1, bei dem im Schritt (102) des Bereitstellens ein Turbinenrad (300) bereitgestellt wird, das einen Vorsprung (800) aufweist, der zumindest auf einer Außenseite die erste Kontaktfläche ausbildet, und im Schritt (102) des Bereitstellens ein Zwischenstück bereitgestellt wird, bei dem das Zwischenstück (302) aus einem Sintermaterial besteht und in einem ungesinterten Zustand bereitgestellt wird, wobei das Zwischenstück (302) eine ringförmige Gestalt aufweist und zumindest eine Innenseite des Zwischenstücks (302) die zweite Kontaktfläche ausbildet, wobei im Schritt (104) des Anordnens der Vorsprung (800) innerhalb des Zwischenstücks (302) angeordnet wird, und im Schritt (106) des Temperierens das Turbinenrad (300) und das Zwischenstück (302) auf eine Sintertemperatur des Zwischenstücks (302) erwärmt werden und das Zwischenstück (302) während des Temperierens auf das Turbinenrad (300) aufgeschrumpft wird.

4. Verfahren (100) gemäß Anspruch 1, bei dem im Schritt (102) des Bereitstellens ein Turbinenrad (300) und ein Zwischenstück (302) bereitgestellt werden, die aus einem Sintermaterial bestehen und jeweils in einem ungesinterten Zustand bereitgestellt werden, wobei das Turbinenrad (300) eine Aussparung aufweist, die zumindest an einer Innenseite die erste Kontaktfläche ausbildet, und zumindest eine Außenseite des Zwischenstücks (302) die zweite Kontaktfläche ausbildet, wobei im Schritt (104) des Anordnens das Zwischenstück (302) innerhalb der Aussparung angeordnet wird, und im Schritt (106) des Temperierens das Turbinenrad (300) und das Zwischenstück (302) auf eine Sintertemperatur des Turbinenrads (300) und des Zwischenstücks (302) erwärmt werden und das Turbinenrad (300) und das Zwischenstück (302) während des Temperierens co-gesintert werden.

5. Verfahren (100) gemäß Anspruch 1, bei dem im Schritt (102) des Bereitstellens ein Turbinenrad (300) und ein Zwischenstück (302) bereitgestellt werden, die aus einem Sintermaterial bestehen und jeweils in einem ungesinterten Zustand bereitgestellt werden, wobei das Turbinenrad (300) einen Vorsprung (800) aufweist, der zumindest auf einer Außenseite die erste Kontaktfläche ausbildet, und das Zwischenstück (302) eine ringförmige Gestalt aufweist und zumindest eine Innenseite des Zwischenstücks (302) die zweite Kontaktfläche ausbildet, wobei im Schritt (104) des Anordnens der Vorsprung (800) innerhalb des Zwischenstücks (302) angeordnet wird, und im Schritt (106) des Temperierens das Turbinenrad (300) und das Zwischenstück (302) auf eine Sintertemperatur des Turbinenrads (300) und des Zwischenstücks (302) erwärmt werden und das Turbinenrad (300) und das Zwischenstück (302) während des Temperierens co-gesintert werden.

6. Verfahren (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem im Schritt (102) des Bereitstellens ein Turbinenrad (300) und ein Zwischenstück (302) bereitgestellt werden, bei dem die Kontaktfläche des Turbinenrads (300) eine Kontur (700, 702, 704, 706) zum Sichern gegen ein Verdrehen des Zwischenstücks (302) aufweist, und die Kontaktfläche des Zwischenstücks (302) eine korrespondierende Kontur (700, 702, 704, 706) zum Sichern gegen ein Verdrehen des Turbinenrads (300) aufweist, wobei im Schritt (104) des Anordnens die Kontur (700, 702, 704, 706) und die korrespondierende Kontur (700, 702, 704, 706) lagerichtig zueinander angeordnet werden, und im Schritt (106) des Temperierens das Turbinenrad (300) und das Zwischenstück (302) verdrehsicher verbunden werden.

7. Verfahren (100) gemäß Anspruch 1, bei dem im Schritt (102) des Bereitstellens eine Welle (304) bereitgestellt wird, die eine Einstecktiefenbegrenzungsfläche (400) zum Begrenzen einer Einstecktiefe der Welle (304) in das Zwischenstück (302) aufweist und/oder ein Zwischenstück (302) bereitgestellt wird, die eine Eindringtiefenbegrenzungsfläche (806) zum Begrenzen einer Eindringtiefe der Welle (304) in das Zwischenstück (302) aufweist, wobei im Schritt (104) des Anordnens die Einstecktiefenbegrenzungsfläche (400) an einer korrespondierenden Fläche des Zwischenstücks (302) anliegend angeordnet wird und/oder die Eindringtiefenbegrenzungsfläche (806) an einer korrespondierenden Fläche der Welle (304) anliegend angeordnet wird.

8. Verfahren (100) gemäß einem der Ansprüche 1 oder 7, bei dem im Schritt (102) des Bereitstellens ein Zwischenstück (302) bereitgestellt wird, die eine weitere Kontur (700, 702, 704, 706) zum Sichern gegen ein Verdrehen der Welle (304) aufweist, und eine Welle (304) bereitgestellt wird, die eine korrespondierende weitere Kontur (700, 702, 704, 706) zum Sichern gegen ein Verdrehen des Zwischenstücks (302) aufweist, wobei im Schritt (104) des Anordnens die weitere Kontur (700, 702, 704, 706) und die weitere korrespondierende Kontur (700, 702, 704, 706) lagerichtig zueinander angeordnet werden, wobei das Zwischenstück (302) verdrehsicher mit der Welle (304) verbunden wird.

9. Vorrichtung (200) zum Verbinden eines Turbinenrads (300) mit einem Zwischenstück (302) an einer Verbindungsstelle (304), wobei die Vorrichtung (200) die folgenden Merkmale aufweist:

eine Einrichtung (202) zum Bereitstellen des Turbinenrads (300), des Zwischenstücks (302) und einer Welle (304), wobei das Turbinenrad (300) aus einem ersten Material besteht und eine erste Kontaktfläche aufweist, und das Zwischenstück (302) aus einem zweiten Material besteht und eine zweite Kontaktfläche aufweist, wobei sich das erste Material und das zweite Material unterscheiden, wobei die Welle (304) aus einem weiteren Material besteht;
eine Einrichtung (204) zum Anordnen des Zwischenstücks (302) in einer Relativposition zu dem Turbinenrad (300), wobei die erste Kontaktfläche im Bereich der Verbindungsstelle der zweiten Kontaktfläche zugewandt angeordnet wird, und zum Anordnen der Welle (304) in einer Aussparung des Zwischenstücks (302); und
eine Einrichtung (206) zum Temperieren des Turbinenrads (300) und des Zwischenstücks (302) auf eine Sintertemperatur, wobei das Turbinenrad (300) und/oder das Zwischenstück (302) gesintert wird, um die erste Kontaktfläche und die zweite Kontaktfläche an der Verbindungsstelle zu verbinden, wobei das Zwischenstück (302) auf die Welle (304) aufgeschrumpft wird.

10. Läufer (306) für eine Turbine, wobei der Läufer (306) die folgenden Merkmale aufweist:

ein Turbinenrad (300), das aus einem ersten Material besteht und eine erste Kontaktfläche aufweist;
ein Zwischenstück (302), das aus einem zweiten Material besteht und eine zweite Kontaktfläche sowie eine Aussparung aufweist, wobei das zweite Material verschieden von dem ersten Material ist, und die zweite Kontaktfläche mit der ersten Kontaktfläche verbunden ist; und
eine Welle (304), die aus einem weiteren Material besteht und in der Aussparung des Zwischenstücks (302) angeordnet ist, wobei das Zwischenstück (302) auf die Welle (304) aufgeschrumpft ist.

Claims

1. Method (100) for joining a turbine wheel (300) to an intermediate piece (302) at a joining point, wherein the method (100) has the following steps:

   providing (102) the turbine wheel (300) and the intermediate piece (302), wherein the turbine wheel (300) is made of a first material and has a first contact face, and the intermediate piece (302) is made of a second material and has a second contact face, the first material and the second material being different, wherein furthermore a shaft (304) made of another material is provided;
   arranging (104) the intermediate piece (302) in a relative position with respect to the turbine wheel (300), wherein the second contact face is arranged facing the first contact face in the region of the joining point, wherein the shaft (304) is arranged in a cutout in the intermediate piece (302); and
   thermal treatment (106) of the turbine wheel (300) and of the intermediate piece (302) to a sintering temperature, wherein the turbine wheel (300) and/or the intermediate piece (302) is sintered in order to join the first contact face and the second contact face at the joining point, wherein the intermediate piece (302) is shrink-fitted onto the shaft (304).

2. Method (100) according to Claim 1, in which, in the provision step (102), a turbine wheel (300) is provided which is made of a sintering material and is provided in an un-sintered state, wherein the turbine wheel (300) has a cutout which forms the first contact face at least on an inner side, and in the provision step (102) an intermediate piece is provided in which at least an outer side of the intermediate piece (302) forms the second contact face, wherein in the arranging step (104) the intermediate piece (302) is arranged within the cutout, and in the thermal treatment step (106) the turbine wheel (300) and the intermediate piece (302) are heated to a sintering temperature of the turbine wheel (300) and the turbine wheel (300) is shrink-fitted onto the intermediate piece (302) during the thermal treatment.

3. Method (100) according to Claim 1, in which, in the provision step (102), a turbine wheel (300) is provided which has a projection (800) that forms the first contact face at least on an outer side, and in the provision step (102) an intermediate piece is provided in which the intermediate piece (302) is made of a sintering material and is provided in an un-sintered state, wherein the intermediate piece (302) is annular and at least an inner side of the intermediate piece (302) forms the second contact face, wherein in the arranging step (104) the projection (800) is arranged inside the intermediate piece (302), and in the thermal treatment step (106) the turbine wheel (300) and the intermediate piece (302) are heated to a sintering temperature of the intermediate piece (302) and the intermediate piece (302) is shrink-fitted onto the turbine wheel (300) during the thermal treatment.

4. Method (100) according to Claim 1, in which, in the provision step (102), a turbine wheel (300) and an intermediate piece (302) are provided, which are made of a sintering material and are respectively provided in an un-sintered state, wherein the turbine wheel (300) has a cutout which forms the first contact face at least on an inner side, and at least an outer side of the intermediate piece (302) forms the second contact face, wherein in the arranging step (104) the intermediate piece (302) is arranged in the cutout, and in the thermal treatment step (106) the turbine wheel (300) and the intermediate piece (302) are heated to a sintering temperature of the turbine wheel (300) and of the intermediate piece (302), and the turbine wheel (300) and the intermediate piece (302) are sintered together during the thermal treatment.

5. Method (100) according to Claim 1, in which, in the provision step (102), a turbine wheel (300) and an intermediate piece (302) are provided, which are made of a sintering material and are respectively provided in an un-sintered state, wherein the turbine wheel (300) has a projection (800) which forms the first contact face at least on an outer side, and the intermediate piece (302) is annular and at least an inner side of the intermediate piece (302) forms the second contact face, wherein in the arranging step (104) the projection (800) is arranged inside the intermediate piece (302), and in the thermal treatment step (106) the turbine wheel (300) and the intermediate piece (302) are heated to a sintering temperature of the turbine wheel (300) and of the intermediate piece (302), and the turbine wheel (300) and the intermediate piece (302) are sintered together during the thermal treatment.

6. Method (100) according to one of the preceding claims, in which, in the provision step (102), a turbine wheel (300) and an intermediate piece (302) are provided, in which the contact face of the turbine wheel (300) has a contour (700, 702, 704, 706) for preventing twisting of the intermediate piece (302), and the contact face of the intermediate piece (302) has a corresponding contour (700, 702, 704, 706) for preventing twisting of the turbine wheel (300), wherein in the arranging step (104) the contour (700, 702, 704, 706) and the corresponding contour (700, 702, 704,

706) are arranged in the correct position with respect to one another, and in the thermal treatment step (106) the turbine wheel (300) and the intermediate piece (302) are joined so as to prevent twisting.

7. Method (100) according to Claim 1, in which, in the provision step (102), a shaft (304) is provided which has an insertion depth limiting face (400) for limiting a depth of insertion of the shaft (304) into the intermediate piece (302), and/or an intermediate piece (302) is provided which has a penetration depth limiting face (806) for limiting a depth of penetration of the shaft (304) into the intermediate piece (302), wherein in the arranging step (104) the insertion depth limiting face (400) is arranged so as to bear against a corresponding face of the intermediate piece (302), and/or the penetration depth limiting face (806) is arranged so as to bear against a corresponding face of the shaft (304).

8. Method (100) according to either of Claims 1 and 7, in which, in the provision step (102), an intermediate piece (302) is provided which has a further contour (700, 702, 704, 706) for preventing twisting of the shaft (304), and a shaft (304) is provided which has a corresponding further contour (700, 702, 704, 706) for preventing twisting of the intermediate piece (302), wherein in the arranging step (104) the further contour (700, 702, 704, 706) and the further corresponding contour (700, 702, 704, 706) are arranged in the correct position with respect to one another, the intermediate piece (302) being joined to the shaft (304) so as to prevent twisting.

9. Device (200) for joining a turbine wheel (300) to an intermediate piece (302) at a joining point (304), wherein the device (200) has the following features:

a device (202) for providing the turbine wheel (300), the intermediate piece (302) and a shaft (304), wherein the turbine wheel (300) is made of a first material and has a first contact face, and the intermediate piece (302) is made of a second material and has a second contact face, the first material and the second material being different, wherein the shaft (304) is made of another material;
a device (204) for arranging the intermediate piece (302) in a relative position with respect to the turbine wheel (300), wherein the first contact face is arranged facing the second contact face in the region of the joining point, and for arranging the shaft (304) in a cutout of the intermediate piece (302); and
a device (206) for thermal treatment of the turbine wheel (300) and of the intermediate piece (302) to a sintering temperature, wherein the turbine wheel (300) and/or the intermediate piece (302) is sintered in order to join the first contact face and the second contact face at the joining point, wherein the intermediate piece (302) is shrink-fitted onto the shaft (304).

10. Rotor (306) for a turbine, wherein the rotor (306) has the following features:

a turbine wheel (300) which is made of a first material and has a first contact face;
an intermediate piece (302) which is made of a second material and has a second contact face and a cutout, wherein the second material is different from the first material, and the second contact face is joined to the first contact face; and
a shaft (304) which is made of a further material and is arranged in the cutout of the intermediate piece (302), wherein the intermediate piece (302) is shrink-fitted onto the shaft (304).

Revendications

1. Procédé (100) d'assemblage d'une roue de turbine (300) à une pièce intermédiaire (302) au niveau d'un point d'assemblage, le procédé (100) présentant les étapes suivantes :

fourniture (102) de la roue de turbine (300) et de la pièce intermédiaire (302), la roue de turbine (300) se composant d'un premier matériau et présentant une première surface de contact, et la pièce intermédiaire (302) se composant d'un deuxième matériau et présentant une deuxième surface de contact, le premier matériau et le deuxième matériau étant différents, un arbre (304) en un matériau supplémentaire étant en outre fourni ;
disposition (104) de la pièce intermédiaire (302) dans une position relative par rapport à la roue de turbine (300), la deuxième surface de contact étant disposée dans la région du point d'assemblage de manière tournée vers la première surface de contact, l'arbre (304) étant disposé dans un évidement de la pièce intermédiaire (302) ; et
régulation de la température (106) de la roue de turbine (300) et de la pièce intermédiaire (302) à une température de frittage, la roue de turbine (300) et/ou la pièce intermédiaire (302) étant frittées, afin d'assembler la première surface de contact et la deuxième surface de contact au niveau du point d'assemblage, la pièce intermédiaire

(302) étant emmanchée à chaud sur l'arbre (304).

2. Procédé (100) selon la revendication 1, dans lequel, à l'étape (102) de fourniture, il est fourni une roue de turbine (300) qui se compose d'un matériau de frittage et qui est fournie dans un état non fritté, la roue de turbine (300) présentant un évidement qui constitue au moins au niveau d'un côté intérieur la première surface de contact, et à l'étape (102) de fourniture, il est fourni une pièce intermédiaire, au moins un côté extérieur de la pièce intermédiaire (302) constituant la deuxième surface de contact, à l'étape (104) de disposition, la pièce intermédiaire (302) est disposée à l'intérieur de l'évidement, et à l'étape (106) de régulation de température, la roue de turbine (300) et la pièce intermédiaire (302) sont chauffées à une température de frittage de la roue de turbine (300) et la roue de turbine (300) est emmanchée à chaud sur la pièce intermédiaire (302) pendant la régulation de température.

3. Procédé (100) selon la revendication 1, dans lequel, à l'étape (102) de fourniture, il est fourni une roue de turbine (300) qui présente une saillie (800) qui constitue au moins sur un côté extérieur la première surface de contact, et à l'étape (102) de fourniture, il est fourni une pièce intermédiaire, la pièce intermédiaire (302) se composant d'un matériau de frittage et étant fournie dans un état non fritté, la pièce intermédiaire (302) présentant une configuration de forme annulaire et au moins un côté intérieur de la pièce intermédiaire (302) constituant la deuxième surface de contact, à l'étape (104) de disposition, la saillie (800) étant disposée à l'intérieur de la pièce intermédiaire (302) et à l'étape (106) de régulation de température, la roue de turbine (300) et la pièce intermédiaire (302) étant chauffées à une température de frittage de la pièce intermédiaire (302), et la pièce intermédiaire (302) étant emmanchée à chaud sur la roue de turbine (300) pendant la régulation de température.

4. Procédé (100) selon la revendication 1, dans lequel, à l'étape (102) de fourniture, il est fourni une roue de turbine (300) et une pièce intermédiaire (302) qui se composent d'un matériau de frittage et qui sont chacune fournies dans un état non fritté, la roue de turbine (300) présentant un évidement qui constitue au moins sur un côté intérieur la première surface de contact, et au moins un côté extérieur de la pièce intermédiaire (302) constituant la deuxième surface de contact, à l'étape (104) de disposition, la pièce intermédiaire (302) étant disposée à l'intérieur de l'évidement, et à l'étape (106) de régulation de température, la roue de turbine (300) et la pièce intermédiaire (302) étant chauffées à une température de frittage de la roue de turbine (300) et de la pièce intermédiaire (302) et la roue de turbine (300) et la pièce intermédiaire (302) étant co-frittées pendant la régulation de température.

5. Procédé (100) selon la revendication 1, dans lequel, à l'étape (102) de fourniture, il est fourni une roue de turbine (300) et une pièce intermédiaire (302) qui se composent d'un matériau de frittage et qui sont chacune fournies dans un état non fritté, la roue de turbine (300) présentant une saillie (800) qui constitue au moins sur un côté extérieur la première surface de contact, et la pièce intermédiaire (302) présentant une configuration de forme annulaire et au moins un côté intérieur de la pièce intermédiaire (302) constituant la deuxième surface de contact, à l'étape (104) de disposition, la saillie (800) étant disposée à l'intérieur de la pièce intermédiaire (302), et à l'étape (106) de régulation de température, la roue de turbine (300) et la pièce intermédiaire (302) étant chauffées à une température de frittage de la roue de turbine (300) et de la pièce intermédiaire (302) et la roue de turbine (300) et la pièce intermédiaire (302) étant co-frittées pendant la régulation de température.

6. Procédé (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, à l'étape (102) de fourniture, il est fourni une roue de turbine (300) et une pièce intermédiaire (302), dans lequel la surface de contact de la roue de turbine (300) présente un contour (700, 702, 704, 706) pour la fixation à l'encontre d'une rotation de la pièce intermédiaire (302), et la surface de contact de la pièce intermédiaire (302) présente un contour correspondant (700, 702, 704, 706) pour la fixation à l'encontre d'une rotation de la roue de turbine (300), à l'étape (104) de disposition, le contour (700, 700, 704, 706) et le contour correspondant (700, 702, 704, 706) étant disposés en position correcte l'un par rapport à l'autre et à l'étape (106) de régulation de température, la roue de turbine (300) et la pièce intermédiaire (302) étant assemblées l'une à l'autre de manière non rotative.

7. Procédé (100) selon la revendication 1, dans lequel, à l'étape (102) de fourniture, il est fourni un arbre (304) qui présente une surface de limitation de profondeur d'enfichage (400) pour limiter une profondeur d'enfichage de l'arbre (304) dans la pièce intermédiaire (302) et/ou il est fourni une pièce intermédiaire (302) qui présente une surface de limitation de profondeur de pénétration (806) pour limiter une profondeur de pénétration de l'arbre (304) dans la pièce intermédiaire (302), à l'étape (104) de disposition, la surface de limitation de profondeur d'enfichage (400) étant disposée de manière à s'appliquer contre une surface correspondante de la pièce intermédiaire (302) et/ou la surface de limitation de profondeur de pénétration (806) étant disposée de manière à s'appliquer contre une surface correspondante de l'arbre (304).

8. Procédé (100) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 7, dans lequel, à l'étape (102) de fourniture, il est fourni une pièce intermédiaire (302) qui présente un contour supplémentaire (700, 702, 704, 706) pour la fixation à l'encontre d'une rotation de l'arbre (304), et il est fourni un arbre (304) qui présente un contour supplémentaire correspondant (700, 702, 704, 706) pour la fixation à l'encontre d'une rotation de la pièce intermédiaire (302), à l'étape (104) de disposition, le contour supplémentaire (700, 702, 704, 706) et le contour supplémentaire correspondant (700, 702, 704, 706) étant disposés en position correcte l'un par rapport à l'autre, la pièce intermédiaire (302) étant assemblée de manière rotative à l'arbre (304).

9. Dispositif (200) pour assembler une roue de turbine (300) à une pièce intermédiaire (302) au niveau d'un point d'assemblage (304), le dispositif (200) présentant les caractéristiques suivantes :

un système (202) pour fournir la roue de turbine (300), la pièce intermédiaire (302) et un arbre (304), la roue de turbine (300) se composant d'un premier matériau et présentant une première surface de contact, et la pièce intermédiaire (302) se composant d'un deuxième matériau et présentant une deuxième surface de contact, le premier matériau et le deuxième matériau étant différents, l'arbre (304) se composant d'un matériau supplémentaire ;
un système (204) pour disposer la pièce intermédiaire (302) dans une position relative par rapport à la roue de turbine (300), la première surface de contact étant disposée dans la région du point d'assemblage de manière tournée vers la première surface de contact, et pour disposer l'arbre (304) dans un évidement de la pièce intermédiaire (302) ; et
un système (206) pour réguler la température de la roue de turbine (300) et de la pièce intermédiaire (302) à une température de frittage, la roue de turbine (300) et/ou la pièce intermédiaire (302) étant frittées afin d'assembler la première surface de contact et la deuxième surface de contact au niveau du point d'assemblage, la pièce intermédiaire (302) étant emmanchée à chaud sur l'arbre (304).

10. Rotor (306) pour une turbine, le rotor (306) présentant les caractéristiques suivantes :

une roue de turbine (300) qui se compose d'un premier matériau et présente une première surface de contact ;
une pièce intermédiaire (302) qui se compose d'un deuxième matériau et présente une deuxième surface de contact ainsi qu'un évidement, le deuxième matériau étant différent du premier matériau, et la deuxième surface de contact étant assemblée à la première surface de contact ; et
un arbre (304) qui se compose d'un matériau supplémentaire et qui est disposé dans l'évidement de la pièce intermédiaire (302), la pièce intermédiaire (302) étant emmanchée à chaud sur l'arbre (304).

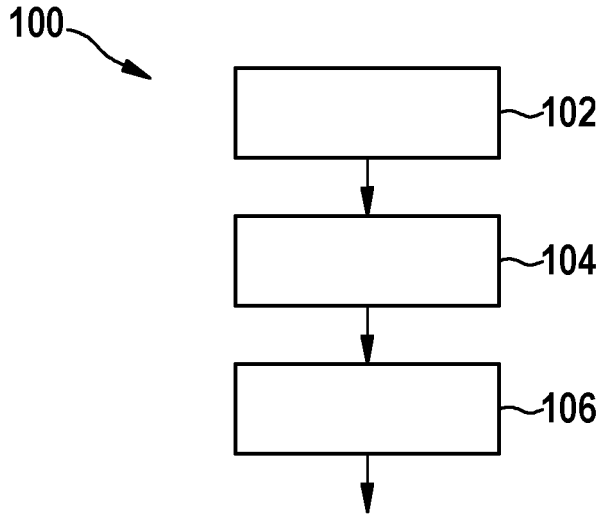


Fig. 1

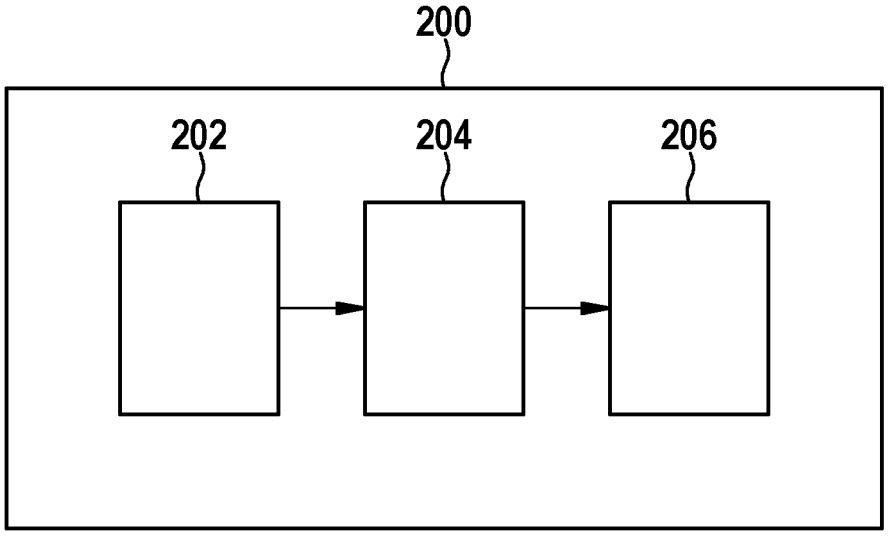


Fig. 2

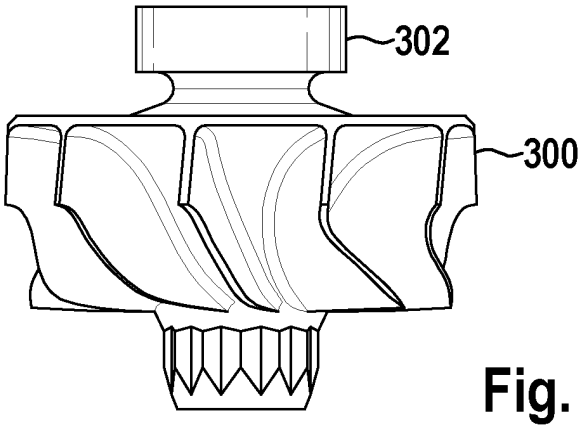


Fig. 3a

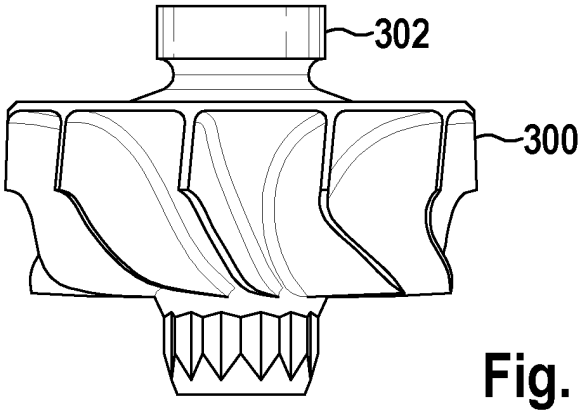


Fig. 3b

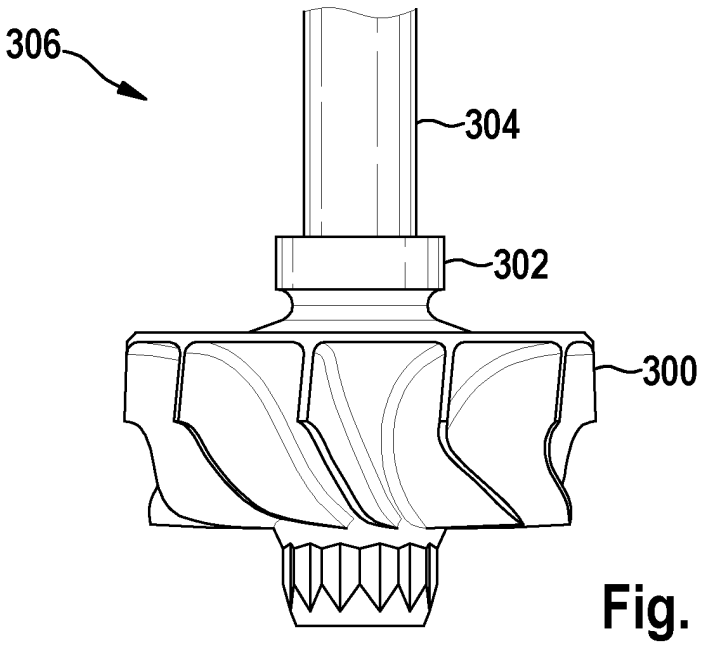


Fig. 3c

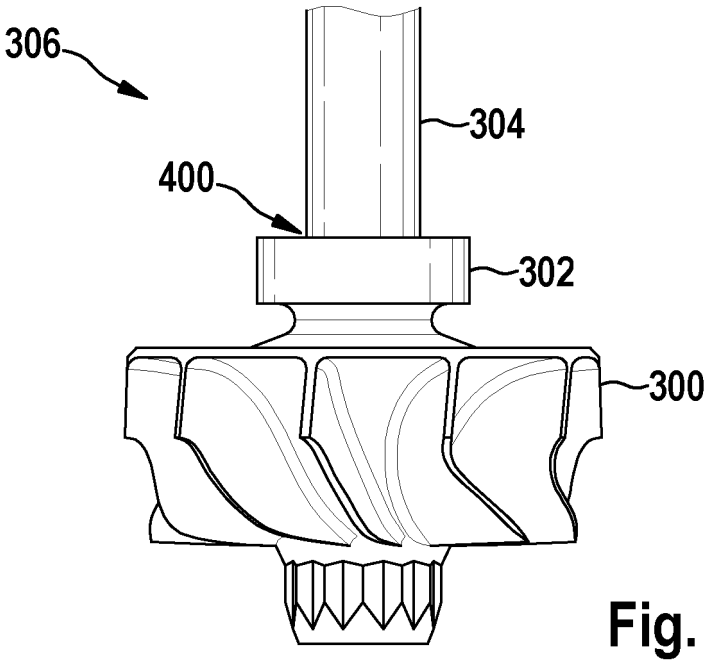


Fig. 4a

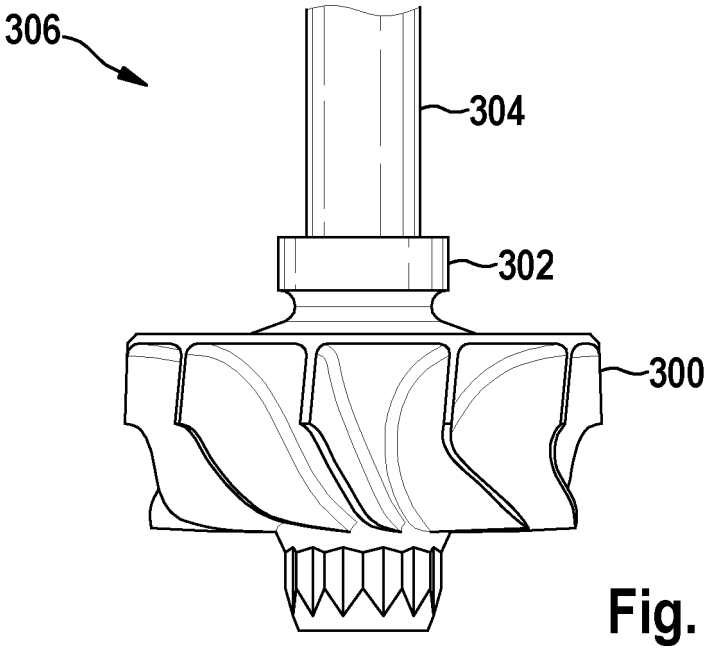


Fig. 4b

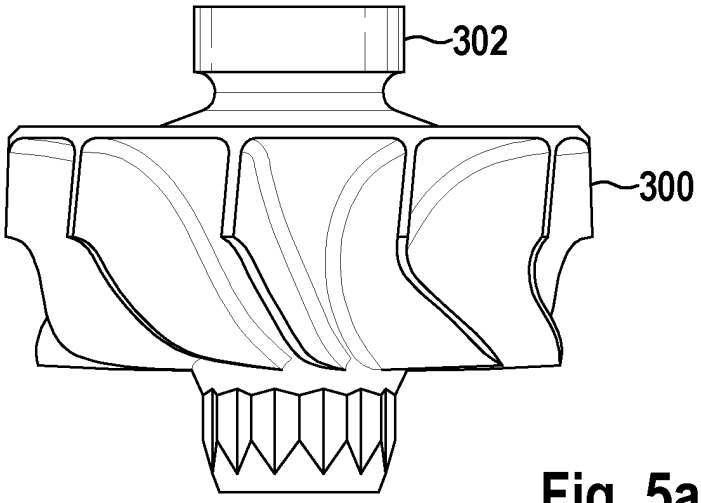


Fig. 5a

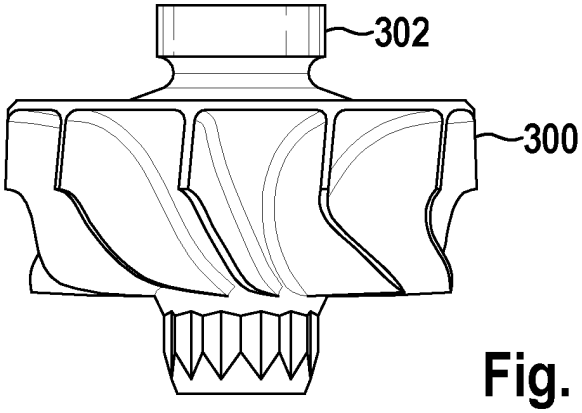


Fig. 5b

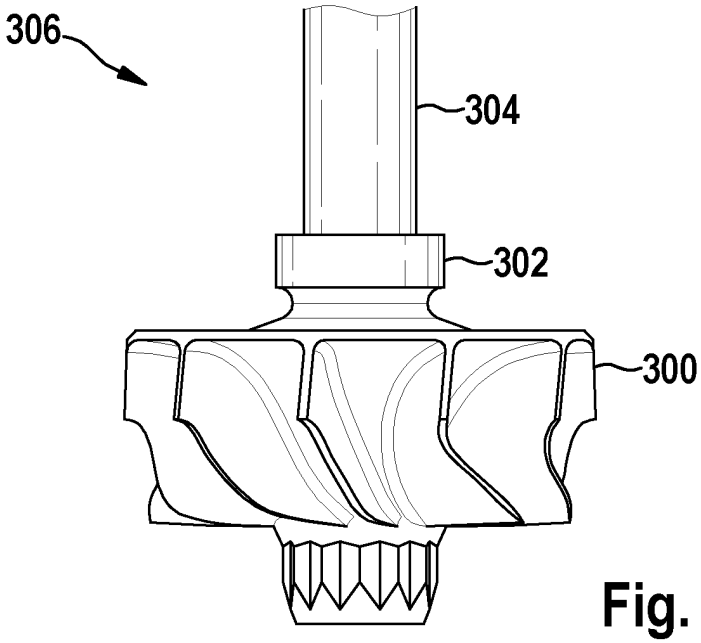


Fig. 5c

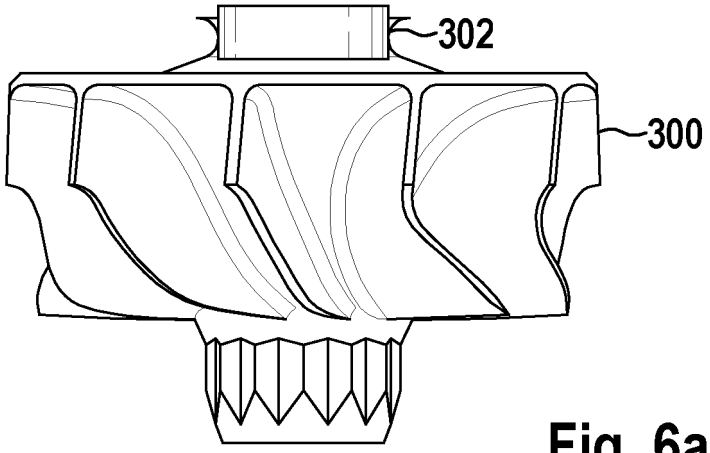


Fig. 6a

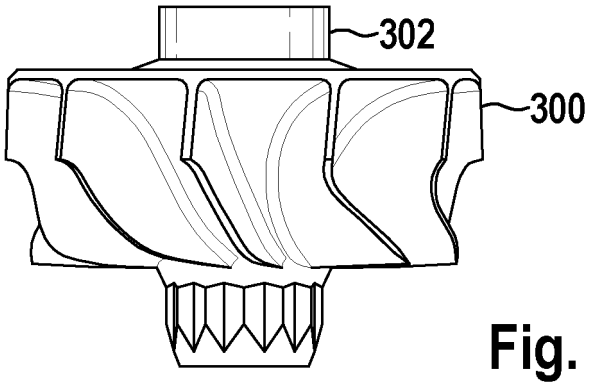


Fig. 6b

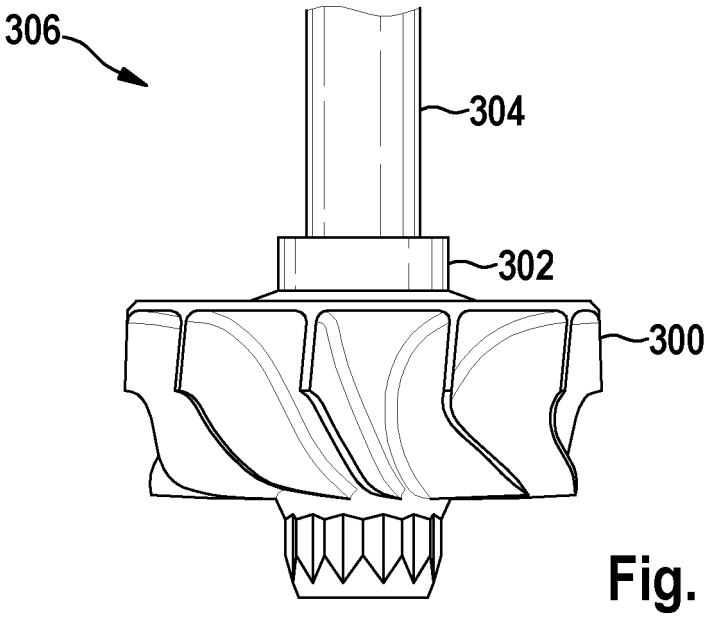


Fig. 6c

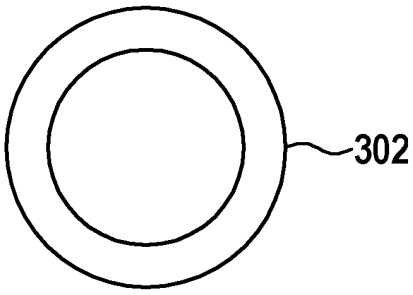


Fig. 7a

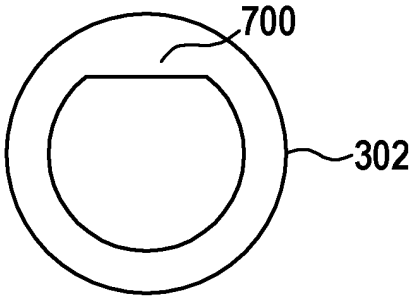


Fig. 7b

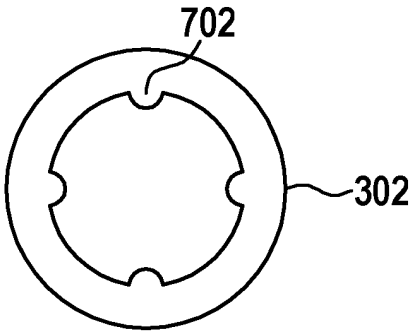


Fig. 7c

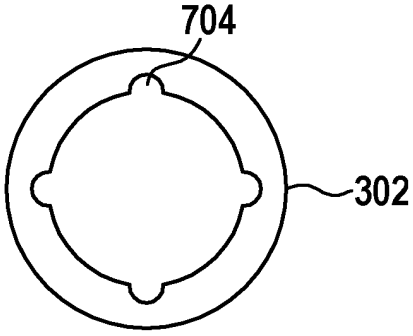


Fig. 7d

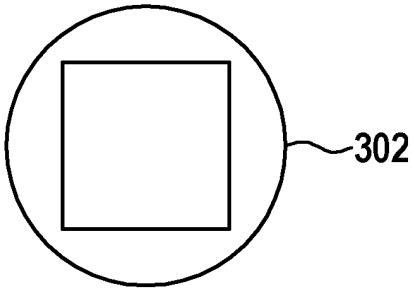


Fig. 7e

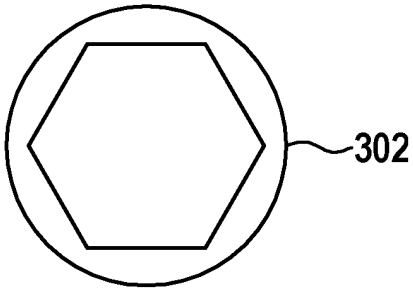


Fig. 7f

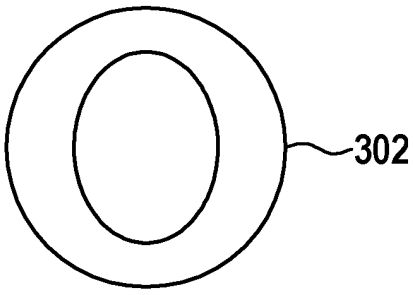


Fig. 7g

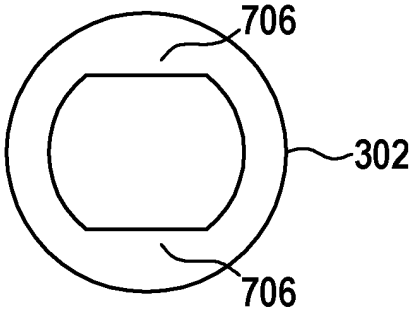


Fig. 7h

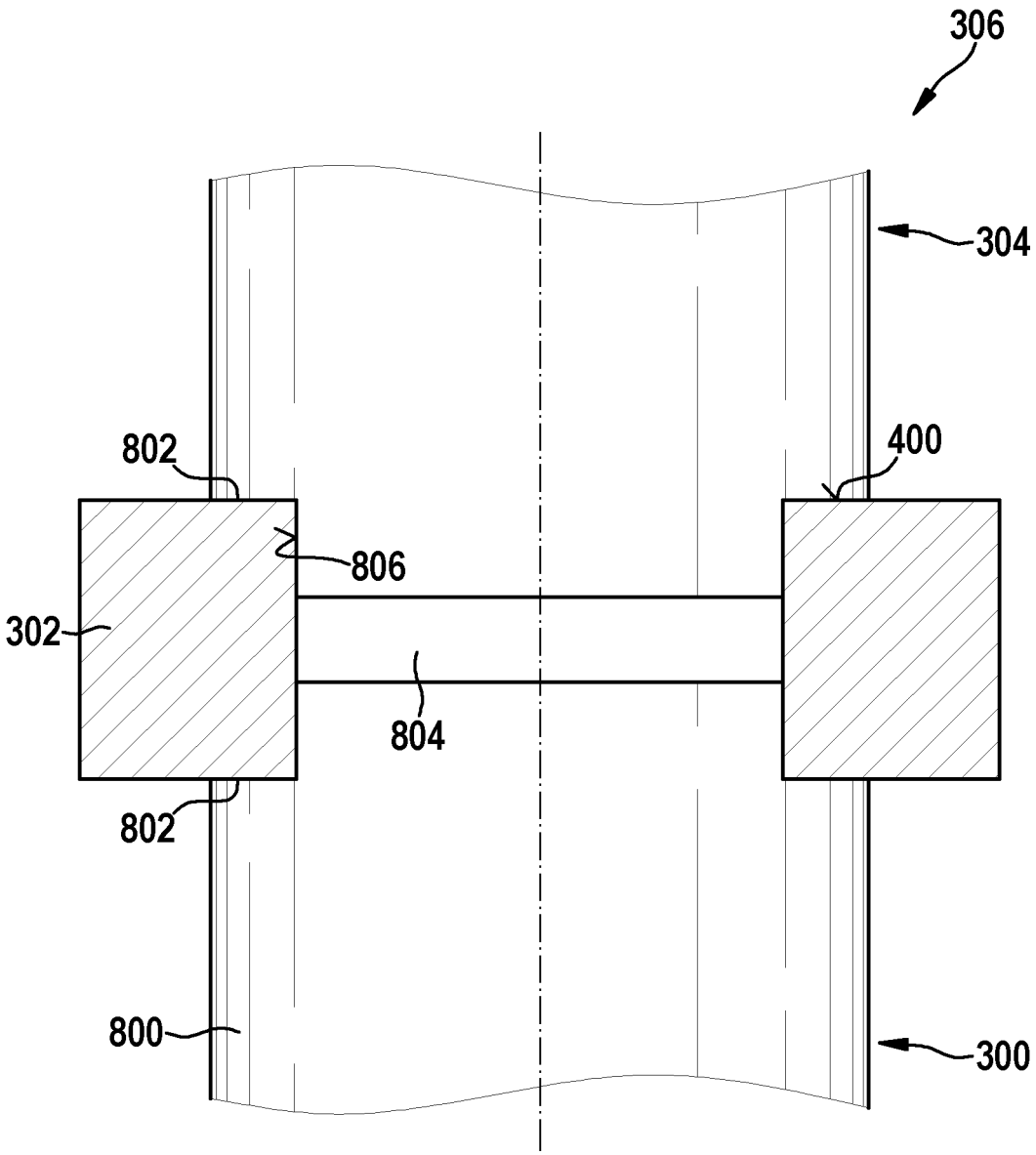


Fig. 8

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102008059617 A1 **[0003]**
- EP 1507062 A2 **[0004]**
- EP 2366870 A2 **[0005]**