

(19)



(11)

EP 3 916 235 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
01.12.2021 Patentblatt 2021/48

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 ^(2006.01) **F04D 29/54** ^(2006.01)
F04D 29/64 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20176707.6**

(22) Anmeldetag: **27.05.2020**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Pfeiffer Vacuum Technology AG**
35614 Asslar (DE)

(72) Erfinder:
• **Hofmann, Andreas**
61231 Bad Nauheim (DE)
• **Harapat, Erhard**
35614 Asslar (DE)
• **Keller, Jens**
35614 Asslar (DE)

(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald**
Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER VAKUUMPUMPE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Vakuumpumpe, welche wenigstens eine ringförmige Statorscheibe umfasst, die zum Erzeugen einer Pumpwirkung in Zusammenwirkung mit einem Rotor, insbesondere wenigstens einer Rotorscheibe, der Pumpe eingerichtet ist, wobei die Statorscheibe wenigstens zwei separate Teilringe umfasst; wobei in einem ersten Verfahrensabschnitt wenigstens zwei Statorscheiben-Teilringe derart gemeinsam hergestellt werden,

dass die Teilringe nach dem ersten Verfahrensabschnitt zumindest eine pumpaktive Struktur aufweisen und einteilig verbunden sind, wobei die Verbindung zwischen den Teilringen eine lokal reduzierte Materialstärke aufweist, sodass die Verbindung eine Solltrennstelle bildet, und wobei die Teilringe in einem zweiten, vom ersten gesonderten Verfahrensabschnitt an der Solltrennstelle getrennt werden.

EP 3 916 235 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Vakuumpumpe, insbesondere einer Turbomolekularvakuumpumpe, welche wenigstens eine ringförmige Statorscheibe umfasst, die zum Erzeugen einer Pumpwirkung in Zusammenarbeit mit einem Rotor, insbesondere wenigstens einer Rotorscheibe, der Pumpe eingerichtet ist, wobei die Statorscheibe wenigstens zwei separate Teilringe umfasst.

[0002] Die Erfindung betrifft auch eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularvakuumpumpe, umfassend wenigstens eine ringförmige Statorscheibe, die zum Erzeugen einer Pumpwirkung in Zusammenarbeit mit wenigstens einer Rotorscheibe der Pumpe eingerichtet ist, wobei die Statorscheibe wenigstens zwei separate Teilringe umfasst.

[0003] Z.B. in einer Turbomolekularvakuumpumpe sind typischerweise mehrere Rotorscheiben und Statorscheiben axial in Bezug auf eine Rotationsachse eines Rotors der Pumpe abwechselnd angeordnet. Dabei sind die Statorscheiben meist so aufgebaut, dass sie aus zwei Teilringen bestehen, die sich jeweils um etwa 180° um die Rotationsachse des Rotors der Turbomolekularvakuumpumpe herum erstrecken. Dies dient der vereinfachten Montage der Statorscheiben. Ihre Teilringe lassen sich somit von radial außen in den Zwischenraum zwischen zwei benachbarten Rotorscheiben einführen und so zu einer Statorscheibe zusammensetzen.

[0004] Zur Trennung der Statorscheiben in Teilringe ist es beispielsweise bekannt, eine Statorscheibe mittels eines handgeführten Werkzeugs zu trennen, nachdem die Statorscheibe mit ihrer pumpaktiven Schaufelstruktur zuvor einteilig, insbesondere spanend, hergestellt wurde. Das manuelle Verfahren umfasst hohe Ungenauigkeiten sowie die Gefahr einer undefinierten Gratbildung oder einer Deformierung des Werkstücks.

[0005] Ein anderes bekanntes Verfahren sieht vor, dass nach Herstellung der Statorscheibe mit Schaufelstruktur die Statorscheibe mittels Drahterosion getrennt wird. Die Drahterosion bildet einen zusätzlichen Arbeitsschritt, benötigt aufwendige Vorrichtungen und weist hohe Kosten und Durchlaufzeiten auf.

[0006] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, die Herstellung einer Vakuumpumpe besonders einfach zu gestalten.

[0007] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Hiernach ist vorgesehen, dass in einem ersten Verfahrensabschnitt wenigstens zwei Statorscheiben-Teilringe derart gemeinsam hergestellt werden, dass die Teilringe nach dem ersten Verfahrensabschnitt zumindest eine pumpaktive Struktur aufweisen und einteilig verbunden sind, wobei die Verbindung zwischen den Teilringen eine lokal reduzierte Materialstärke aufweist, sodass die Verbindung eine Solltrennstelle bildet, und dass die Teilringe in einem zweiten, vom ersten gesonderten Verfahrensabschnitt an der Solltrennstelle getrennt werden.

[0008] Durch die Verbindung sind die Teilringe also zunächst als Satz von wenigstens zwei Teilringen zusammengehalten. Die Teilringe können später zu einem beliebigen Zeitpunkt voneinander getrennt werden. Die Solltrennstelle ermöglicht, dass die Trennung unabhängig von der Herstellung der Schaufelstruktur der Teilringe bzw. unabhängig vom ersten Verfahrensabschnitt erfolgen kann. Das Verfahren ermöglicht also ein besonders einfaches Handling der Teilringe im Herstellungsprozess der Pumpe und die Teilringe müssen erst bei Bedarf, zum Beispiel unmittelbar vor der Montage, getrennt werden. Da die Trennung aufgrund der Solltrennstelle besonders einfach ist, ist das Herstellungsverfahren insgesamt vereinfacht.

[0009] Die Unabhängigkeit des Trennens vom ersten Verfahrensabschnitt bedeutet insbesondere, dass zum Trennen entweder ein anderes Werkzeug und/oder eine andere Maschine verwendet werden kann, als zur Herstellung der pumpaktiven Struktur. Folglich muss das Werkzeug bzw. die Maschine lediglich die Teilringe trennen können und lässt sich insoweit deutlich einfacher und kleiner ausführen. Besonders bevorzugt erfolgt das Trennen von Hand, sodass insbesondere überhaupt kein zusätzliches Werkzeug bzw. keine zusätzliche Maschine zum Trennen nötig ist. Die Trennbarkeit von Hand lässt sich auf einfache Weise durch entsprechende Dimensionierung der Materialstärke bzw. die Form der Verbindung sicherstellen.

[0010] Das Trennen an der Solltrennstelle bedeutet eine endgültige Trennung der Teilringe, insbesondere durch Zerstörung des Materials, welches nach dem ersten Verfahrensabschnitt die Verbindung bzw. die Solltrennstelle bildet. Folglich umfasst der zweite Verfahrensabschnitt eine endgültige Trennung der Teilringe, d. h. die Teilringe sind nach dem zweiten Verfahrensabschnitt nicht mehr einteilig verbunden. Grundsätzlich kann der erste Verfahrensabschnitt beispielsweise auch Maßnahmen umfassen, welche die endgültige Trennung vorbereiten, beispielsweise indem sie das Material der einteilig verbundenen Teilringe lokal reduzieren, z.B. kerben, um eine Solltrennstelle herzustellen.

[0011] Unter einer Statorscheibe ist allgemein ein zumindest im Wesentlichen scheibenförmiges Bauteil der Pumpe zu verstehen, welches im Betrieb der Pumpe statisch in Bezug auf ein Gehäuse der Pumpe bleibt und welches eine pumpaktive Struktur aufweist.

[0012] Als Teilring ist grundsätzlich ein Element mit einer pumpaktiven Struktur zu verstehen, die zum Erzeugen einer Pumpwirkung in Zusammenarbeit mit einem Rotor, insbesondere einer Rotorscheibe, geeignet ist. Das Herstellen der Teilringe umfasst also wenigstens das Ausbilden einer pumpaktiven Struktur. Die pumpaktive Struktur kann dabei vor dem zweiten Verfahrensabschnitt beispielsweise vollständig fertig hergestellt sein oder es können grundsätzlich auch noch weitere Verfahrensschritte an der pumpaktiven Struktur nach dem ersten oder auch nach dem zweiten Verfahrensabschnitt vorgenommen werden.

[0013] Die pumpaktive Struktur ist bevorzugt molekular pumpaktiv. Bei der pumpaktiven Struktur kann es sich beispielsweise um eine Turboschaufelstruktur oder um eine Siegbahnstruktur handeln. Der Rotor bzw. die Rotorscheibe weist allgemein eine zur pumpaktiven Struktur der Statorscheibe insoweit korrespondierende Struktur auf, als die Strukturen zusammen und durch ihre Relativbewegung bei rotierendem Rotor eine Pumpwirkung entfalten. Wenn die betreffende Statorscheibe eine Turbomolekular-Statorscheibe ist, weist der Rotor bzw. die Rotorscheibe insbesondere ebenfalls eine Turboschaufelstruktur auf. Wenn die betreffende Statorscheibe z.B. eine Siegbahn-Statorscheibe ist, weist der Rotor bzw. die Rotorscheibe insbesondere eine der pumpaktiven Struktur der Statorscheibe zugewandte Oberfläche auf, die im Wesentlichen glatt und/oder eben ist.

[0014] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Teilringe vor dem Trennen abgesehen von ihrer Verbindung vollständig fertig hergestellt sind. Hierdurch ist es insbesondere möglich, dass die Teilringe durch einen Monteur getrennt werden, und dies insbesondere erst unmittelbar vor einer Montage. Insbesondere umfasst eine solche Montage ein radiales Einführen der Teilringe in einen Zwischenraum zwischen zwei Rotorscheiben, wie beispielhaft oben im Zusammenhang mit Turbostatorscheiben beschrieben. Das Handling im Vorfeld der Montage ist somit besonders einfach.

[0015] Die Solltrennstelle kann beispielsweise wenigstens eine Sollbruchstelle, eine Materialbrücke und/oder eine Kerbung umfassen. Die Teilringe können z.B. zum Trennen in vorteilhafter Weise zerbrochen werden. Brechen bildet einerseits eine besonders einfache Möglichkeit zur Trennung der Teilringe, insbesondere aufgrund der Sollbruchstelle ohne spezielle Werkzeuge und/oder ohne besondere Präzisionsanforderungen. Zudem bietet Brechen den besonderen Vorteil, dass die zerbrochenen Teile, nämlich die Teilringe, anschließend exakt zusammenpassen und im zusammengesetzten Zustand exakt zueinander ausgerichtet sind, dies aufgrund von typischerweise exakt korrespondierenden Bruchkanten.

[0016] Beispielsweise kann die Verbindung bzw. die Solltrennstelle eine Materialstärke von höchstens 1 mm aufweisen, insbesondere in einer Bruchrichtung und/oder in einer kleinsten Dimension eines Querschnitts der Verbindung. Allgemein bevorzugt ist eine Materialbrücke der Verbindung klein ausgeführt, insbesondere so klein, dass sie zerbrechlich ist, bevorzugt von Hand zerbrechbar. Allgemein kann eine Materialbrücke beispielsweise als ein, insbesondere zerbrechlicher, Verbindungssteg ausgeführt sein.

[0017] Generell kann eine Turbomolekular-Statorscheibe und/oder ein Turbomolekular-Statorscheiben-Teilring beispielsweise einen Innenring und/oder einen Außenring aufweisen. Vom Innenring erstrecken sich mehrere Statorschaufeln radial nach außen und vom Außenring erstrecken sich mehrere Statorschaufeln radial nach innen. Wenn sowohl ein Innenring als auch einen

Außenring vorgesehen sind, erstrecken sich mehrere Statorschaufeln radial zwischen Innen- und Außenring.

[0018] Die Verbindung zwischen den Teilringen, welche die Solltrennstelle bildet, kann bevorzugt einen Innen- oder Außenring des einen Teilrings mit einem Innen- oder Außenring, insbesondere nicht mit einer Schaufel, des anderen Teilrings verbinden. Insbesondere setzt eine Materialbrücke der Verbindung an einem Innenring und/oder Außenring wenigstens eines der Teilringe an, insbesondere nicht an einer Schaufel. Die Materialbrücke hat insbesondere gegenüber dem Innen- bzw. Außenring eine deutlich reduzierte Materialstärke.

[0019] Gemäß einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Teilringe von Hand und/oder werkzeuggesteuerter Trennung getrennt werden, insbesondere von einem Monteur, bevor die Teilringe zu einer Statorscheibe zusammengesetzt. Dadurch, dass keine Werkzeuge und/oder Maschinen zur Trennung nötig sind, ist das Verfahren besonders einfach.

[0020] Die Teilringe können bevorzugt erst zur Montage getrennt werden, beispielsweise an einem Montagearbeitsplatz und/oder von einem Monteur. Vorher können die Teilringe also insbesondere als Satz von verbundenen Teilringen zusammenbleiben und sind hierdurch einfach handhabbar. Zum Beispiel können die Teilringe zwischen dem ersten Verfahrensabschnitt und dem zweiten Verfahrensabschnitt, also zwischen der gemeinsamen Herstellung und der Trennung, als Satz bzw. im verbundenen Zustand gelagert, transportiert, behandelt und/oder bearbeitet werden. Was den Transport betrifft, so kann dieser auch den Transport innerhalb des Herstellungsbetriebs umfassen, so zum Beispiel einen Transport von einer Maschine, mittels der die Teilringe gemeinsam hergestellt werden, zu einem Montagearbeitsplatz. Ein Behandeln kann beispielsweise ein Beschichten umfassen.

[0021] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die wenigstens zwei gemeinsam hergestellten Teilringe bei einer Montage der Pumpe zu einer Statorscheibe zusammengesetzt werden. Die wenigstens zwei gemeinsam hergestellten und nach dem ersten Verfahrensabschnitt einteilig verbundenen Teilringe gehören somit in dem Sinne zusammen, dass sie nach der Montage gemeinsam eine Statorscheibe bilden. Hierdurch lassen sich Montagefehler auf einfache Weise vermeiden. Es ist für den Monteur auf einfache Weise erkennbar, welche Teilringe zusammengehören. Insbesondere wenn der Monteur die Teilringe erst unmittelbar vor der Montage trennt, beispielsweise zerbricht, ist eine korrekte Zuordnung auf einfache Weise sichergestellt. Dies gilt neben der Frage, welche Teilringe zusammengehören, auch für deren Relativorientierung. Es ist also beispielsweise wirksam verhindert, dass einer der Teilringe aus Versehen verdreht wird, sodass Ober- und Unterseite vertauscht sind. Wenn der Monteur die Teilringe von Hand zerbricht, hat er diese insbesondere bereits in der richtigen Orientierung in der Hand, sodass er sie auch unmittelbar montieren kann, z.B. radial in einen Zwi-

schenraum zwischen zwei Rotorscheiben einführen kann. Die Montage wird also vereinfacht, wobei zusätzlich mehrere mögliche Fehler ausgeschlossen werden.

[0022] Grundsätzlich kann zwischen den Teilringen nach dem ersten Verfahrensabschnitt auch mehr als eine Verbindung mit Solltrennstelle vorgesehen sein. Insbesondere können mehrere Materialbrücken zwischen den Teilringen vorgesehen sein. Wenigstens zwei beabstandete Verbindungen sorgen auf einfache Weise dafür, dass die Teilringe einerseits fest genug verbunden sein können, um so lange wie nötig zusammen zu bleiben, also beispielsweise beim Transport, und andererseits relativ einfach trennbar, insbesondere zerbrechbar, ausgeführt werden können.

[0023] Grundsätzlich können die Teilringe bei der gemeinsamen Herstellung bzw. im verbundenen Zustand beliebig zueinander ausgerichtet sein. Beispielsweise kann es vorgesehen sein, dass die Teilringe vor dem Trennen zumindest im Wesentlichen so zu einander ausgerichtet sind, wie sie nach der Montage zueinander ausgerichtet sind. Alternativ kann beispielsweise eine material- und/oder platzsparende Anordnung gewählt werden.

[0024] Die Aufgabe der Erfindung wird außerdem gelöst durch einen Satz von wenigstens zwei Statorscheiben-Teilringen nach gemäß dem hierauf gerichteten Anspruch. Die Teilringe sind für wenigstens eine Statorscheibe einer Vakuumpumpe vorgesehen. Sie sind einteilig miteinander verbunden, wobei die Verbindung zwischen den Teilringen eine lokal reduzierte Materialstärke aufweist, sodass die Verbindung eine Solltrennstelle bildet.

[0025] Die Aufgabe der Erfindung wird auch gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 8, nämlich ein solches zur Herstellung einer Vakuumpumpe, welche wenigstens eine ringförmige Statorscheibe umfasst, die zum Erzeugen einer Pumpwirkung in Zusammenarbeit mit einem Rotor, insbesondere wenigstens einer Rotorscheibe, der Pumpe eingerichtet ist, wobei die Statorscheibe wenigstens zwei separate Teilringe umfasst; wobei wenigstens zwei Statorscheiben-Teilringe aus einem Teil oder als ein Teil und durch Trennen des Teils hergestellt werden, wobei das Trennen ein spanendes Verfahren umfasst. Das Verfahren kann zudem die vorstehend beschriebenen Ausgestaltungen und/oder deren Einzelmerkmale umfassen.

[0026] Die Teilringe können durch das spanende Verfahren beispielsweise endgültig voneinander getrennt werden. Besonders bevorzugt kann hingegen durch das spanende Verfahren ein Material der Verbindung zwischen den Teilringen lokal reduziert werden, sodass die Verbindung eine Solltrennstelle bildet und wobei die Teilringe in einem gesonderten Verfahrensabschnitt an der Solltrennstelle getrennt werden, bevorzugt zerbrochen werden. Das spanende Verfahren bildet dabei einen Teilschritt des Trennens und erfolgt in Vorbereitung eines zweiten, gesonderten Teilschritts des Trennens, nämlich eines endgültigen Trennens.

[0027] Insbesondere erfolgen ein erster Verfahrensschritt, bei dem eine Schaufelstruktur ausgebildet wird, ein zweiter Verfahrensschritt, bei dem das spanende Verfahren des Trennens durchgeführt wird, wobei eine, insbesondere kleine, Materialbrücke als Solltrennstelle belassen wird, und ein dritter, von den ersten beiden Verfahrensschritten gesonderter Verfahrensschritt, bei dem die Teilringe endgültig an der Solltrennstelle getrennt werden, beispielsweise zerbrochen werden. In Bezug auf den oben beschriebenen Kontext sind der erste und der zweite Verfahrensschritt beide Teil des ersten Verfahrensabschnitts und der dritte Verfahrensschritt ist Teil des zweiten Verfahrensabschnitts.

[0028] Nach dem Vorstehenden versteht es sich, dass das Trennen an einer Solltrennstelle generell zumindest ein endgültiges Trennen umfasst. Folglich dient ein spanendes Verfahren, welches Teil des Trennens ist, insbesondere einer Vorbereitung des endgültigen Trennens und/oder einer Herstellung einer Solltrennstelle, kann aber auch ein endgültiges Trennen umfassen.

[0029] Bei dem spanenden Verfahren, welches Teil des Trennens ist, kann es sich bevorzugt um Sägen, insbesondere mittels einer Kreissäge, um Fräsen, beispielsweise mittels eines Scheibenfräasers, und/oder um Trennschleifen handeln. Sägen und Fräsen ermöglichen besonders präzise Trennschnitte.

[0030] Die zwei Statorscheiben-Teilringe werden erfindungsgemäß entweder aus einem Teil, beispielsweise spanend aus einem Vollmaterial oder durch Stanzen aus einem Blech, und durch Trennen des Teils hergestellt, oder die zwei Statorscheiben-Teilringe werden als ein Teil, beispielsweise durch Gießen, und durch Trennen des Teils hergestellt. Das Trennen umfasst jeweils ein spanendes Verfahren.

[0031] Gemäß einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel erfolgt das spanende Verfahren des Trennens mit einem Spanwerkzeug, insbesondere einem Sägeblatt, welches eine Schnittbreite von höchstens 1 mm umfasst. Besonders bevorzugt beträgt die Schnittbreite höchstens 0,6 mm. Beim Trennen mittels des Spanwerkzeugs wird typischerweise Material entfernt, sodass letztlich eine Leerstelle zwischen den Teilringen entsteht. Hieraus ergibt sich, dass die Teilringe in Umfangsrichtung entsprechend der Breite der Leerstellen in Umfangsrichtung gegeneinander verschoben werden können. In ihrer Relativorientierung und Positionierung in Bezug auf eine Rotationsachse des Rotors ergibt sich somit ein gewisses Spiel. Durch die geringere Schnittbreite von höchstens 1 mm ergibt sich ein besonders geringes Spiel, für das sich gezeigt hat, dass die Vakuumpumpe im Rahmen dieses Spiels kaum beeinträchtigt wird. Die geringe Schnittbreite vereinbart somit auf vorteilhafte Weise das einfache Herstellungsverfahren mit hohen Performanceansprüchen der herzustellenden Vakuumpumpe.

[0032] Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, dass für beide Teilringe jeweils eine pumpaktive Struktur mittels eines spanenden Verfahrens hergestellt wird, wobei das spanende

Verfahren des Trennens im Rahmen derselben Aufspannung erfolgt, wie das spanende Verfahren zur Herstellung der pumpaktive Struktur. Hierdurch ist eine besonders präzise Anwendung des spanenden Verfahrens des Trennens in Bezug auf die pumpaktive Struktur möglich. Dabei ist zwischen den spanenden Verfahren keine erneute Einspannung mit aufwendiger Ausrichtung nötig. Es kann allerdings beispielsweise ein Werkzeugwechsel zwischen den spanenden Verfahren vorgesehen sein, der beispielsweise je nach Art der verwendeten Maschine bevorzugt auch automatisch erfolgen kann.

[0033] Mit weiterem Vorteil können mehrere Sätze von jeweils wenigstens zwei Statorscheiben-Teilringen in einer Aufspannung, insbesondere unter gemeinsamer Einspannung in einem Einspannwerkzeug, auf einer Maschine hergestellt werden. Bevorzugt kann für jeden Teilring eine pumpaktive Struktur mittels eines spanenden Verfahrens hergestellt werden. Dabei können bevorzugt die Teilringe jedes Satzes getrennt werden, wobei das Trennen jeweils ein spanendes Verfahren umfasst. Auch hier ist es besonders bevorzugt, wenn die spanenden Verfahren zur Herstellung der pumpaktiven Strukturen sowie die spanenden Verfahren der Trennung in ein und derselben Aufspannung erfolgen. Die mehreren Sätze sind bevorzugt gemeinsam in einer Einspannvorrichtung eingespannt.

[0034] Grundsätzlich ist es bevorzugt, wenn zumindest für einen Satz von Teilringen das spanende Verfahren des Trennens nach Herstellung der pumpaktiven Struktur erfolgt. Insbesondere kann es vorgesehen sein, dass für jeden der Sätze die Teilringe nach der Herstellung der pumpaktiven Struktur getrennt werden, wobei das Trennen ein spanendes Verfahren umfasst und wobei sowohl die Herstellung der pumpaktiven Strukturen als auch das spanende Verfahren des Trennens für jeden der mehreren Sätze von Teilscheiben in derselben Aufspannung erfolgen. Bei einem besonders effizienten Beispiel werden zunächst alle pumpaktiven Strukturen aller Sätze von Teilringen hergestellt, wobei anschließend bei allen Sätzen das spanende Verfahren des Trennens durchgeführt wird.

[0035] Allgemein bevorzugt erfolgt die Herstellung von pumpaktiven Strukturen mittels wenigstens eines anderen Werkzeugs, als das spanende Verfahren des Trennens. Eine pumpaktive Struktur kann beispielsweise durch Sägen und/oder Fräsen hergestellt werden.

[0036] Ein Turboschaufelstruktur kann insbesondere dadurch hergestellt werden, dass zwei parallel und konzentrisch ausgerichtete Kreissägeblätter derart rotierend in ein Rohmaterial geführt werden, dass zwischen den Kreissägeblättern eine Statorschaufel stehen bleibt.

[0037] Eine Siegbahn-Struktur kann bevorzugt mittels eines Schafffräser aus einem Rohmaterial herausgearbeitet werden.

[0038] Das spanende Verfahren des Trennens kann grundsätzlich hingegen bevorzugt mittels eines einzelnen Kreissägeblatts erfolgen. Sowohl das Werkzeug zur Herstellung der pumpaktiven Struktur als auch das Werk-

zeug zum Trennen können bevorzugt an ein und derselben Werkzeugaufnahme betrieben werden, insbesondere wobei zwischen der Herstellung der pumpaktiven Struktur und dem spanenden Verfahren des Trennens ein Werkzeugwechsel erfolgt.

[0039] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe nach Anspruch 13. Diese umfasst wenigstens eine ringförmige Statorscheibe, die zum Erzeugen einer Pumpwirkung in Zusammenarbeit mit einem Rotor, insbesondere wenigstens einer Rotorscheibe, der Pumpe eingerichtet ist, wobei die Statorscheibe wenigstens zwei separate Teilringe umfasst. Dabei sind die Teilringe durch wenigstens zwei Trennschnitte separiert, wobei wenigstens einer der Trennschnitte schräg in Bezug auf eine Rotationsachse des Rotors der Pumpe ausgerichtet ist. Bevorzugt sind beide Trennschnitte schräg ausgerichtet.

[0040] Die Erfindung ist grundsätzlich auch auf ein gegenwärtig nicht separat beanspruchtes Verfahren zur Herstellung einer Vakuumpumpe gerichtet, die wenigstens eine ringförmige Statorscheibe aufweist, welche zum Erzeugen einer Pumpwirkung in Zusammenarbeit mit einem Rotor, insbesondere wenigstens einer Rotorscheibe, der Pumpe eingerichtet ist, wobei die Statorscheibe wenigstens zwei separate Teilringe umfasst, wobei die zwei Teilringe durch wenigstens zwei Trennschnitte separiert werden und wobei wenigstens einer der Trennschnitte schräg in Bezug auf eine Rotationsachse des Rotors der Pumpe und/oder in Bezug auf eine Zentralachse der Statorscheibe eingebracht wird.

[0041] Durch die schräge Ausrichtung des Trennschnitts wird die Vakuumpumpe der Pumpe verbessert. Der Trennschnitt ist nicht, wie bisher üblich, parallel zur Rotationsachse ausgerichtet, sondern insbesondere axial optisch dicht. D. h. zu fördernde Teilchen können nicht ungehindert axial durch den Trennschnitt ohne weiteres zurückströmen. Vielmehr weist der Trennschnitt durch die schräge Anordnung insbesondere eine den ebenfalls schräg ausgerichteten Schaufeln ähnliche Wirkung auf.

[0042] Zudem erlaubt die schräge Anordnung des Trennschnitts eine einfache Trennung der Teilringe, insbesondere bei einer Turbomolekular-Statorscheibe auch bei in Umfangsrichtung überlappenden Schaufeln ohne Beschädigung von Schaufeln.

[0043] Bevorzugt ist der Trennschnitt um wenigstens 10°, insbesondere wenigstens 20°, schräg in Bezug auf eine Rotationsachse des Rotors der Pumpe ausgerichtet.

[0044] Die Statorscheibe kann bevorzugt als Turbomolekular-Statorscheibe ausgebildet sein. Gemäß einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel ist der Trennschnitt zumindest im Wesentlichen parallel zu wenigstens einer zum Trennschnitt in Umfangsrichtung benachbart angeordneten Statorschaufel ausgerichtet, insbesondere bezogen auf ein radial inneres Schaufelende, ein radial äußeres Schaufelende und/oder eine radiale Schaufelmitte.

[0045] Allgemein können Statorscheiben und/oder Statorscheiben-Teilringe mit ihrer pumpaktiven Struktur beispielsweise spanend hergestellt, insbesondere gesägt und/oder gefräst, aus Blech geformt oder gegossen sein bzw. werden.

[0046] Grundsätzlich kann bei einer Turbomolekular-Statorscheibe die Schaufelanzahl gerade oder ungerade sein.

[0047] Weiter grundsätzlich können zwei Teilringe einer Statorscheibe z.B. symmetrische Hälften bilden, oder aber alternativ auch unsymmetrisch geteilt sein.

[0048] Insbesondere im Zusammenhang mit einer ungeraden Schaufelanzahl und/oder einer unsymmetrischen Teilung der Teilringe erweist es sich als besonders vorteilhaft, die Teilringe bis zur Montage über eine Solltrennstelle verbunden zu halten, da hierdurch auf einfache Weise sichergestellt ist, dass zusammengehörende Hälften zusammen montiert werden.

[0049] Grundsätzlich kann eine hierin beschriebene Vakuumpumpe bevorzugt als Molekularvakuumpumpe, insbesondere als Turbomolekularvakuumpumpe und/oder Siegbahnvakuumpumpe, ausgebildet sein. Weiter grundsätzlich kann eine oben beschriebene Pumpwirkung eine molekulare, insbesondere eine turbomolekulare oder Siegbahn- Pumpwirkung, sein oder umfassen. Weiter grundsätzlich kann die Vakuumpumpe z.B. ein oder mehrere Turbomolekular-Statorscheiben und/oder Siegbahn-Statorscheiben und/oder Turbomolekular- und/oder Siegbahn-Pumpstufen umfassen. Weiter grundsätzlich können einzelne, mehrere oder alle Statorscheiben entsprechend den hierin beschriebenen Ausführungen ausgebildet sein.

[0050] Eine Turbomolekularvakuumpumpe weist grundsätzlich wenigstens eine im Betrieb der Pumpe rotierende Rotorscheibe sowie eine dieser Rotorscheibe in axialer Richtung in Bezug auf eine Rotationsachse der Rotorscheibe bzw. eines Rotors der Pumpe nachgeordnete Statorscheibe auf. Grundsätzlich kann eine Turbomolekularvakuumpumpe auch mehrere, insbesondere eine Vielzahl von Rotorscheiben und Statorscheiben aufweisen, die insbesondere in Form von mehreren sogenannten Turbostufen angeordnet sein können. Zudem kann die Turbomolekularvakuumpumpe auch weitere Pumpstufen aufweisen, die auf einem anderen Pumpprinzip beruhen, beispielsweise eine Holweckpumpstufe, eine Siegbahnpumpstufe und/oder eine Seitenkanalpumpstufe.

[0051] Die Vakuumpumpe kann beispielsweise auch als sogenannte Splitflow-Vakuumpumpe ausgebildet sein, d. h. neben einem Einlass und einem Auslass auch wenigstens einen Zwischeneinlass aufweisen.

[0052] Es versteht sich, dass die vorstehend beschriebenen Verfahren, Sätze von Teilringen und/oder Vakuumpumpen vorteilhaft durch Einzelmerkmale oder Ausführungsformen der jeweils anderen Aspekte vorteilhaft weitergebildet werden können.

[0053] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnah-

me auf die beigelegten Figuren beschrieben. Es zeigen, jeweils schematisch:

- Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Turbomolekularpumpe,
- Fig. 2 eine Ansicht der Unterseite der Turbomolekularpumpe von Fig. 1,
- Fig. 3 einen Querschnitt der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie A-A,
- Fig. 4 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie B-B,
- Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie C-C,
- Fig. 6 mehrere Statorscheiben für eine Turbomolekularpumpe während eines Herstellungsverfahrens,
- Fig. 7 eine Einspannvorrichtung zur Aufnahme von mehreren Statorscheiben während des Herstellungsverfahrens,
- Fig. 8 zwei separate Teilringe einer Statorscheibe,
- Fig. 9 einen Trennschnitt zwischen zwei Statorschaufeln in einer Seitenansicht,
- Fig. 10 einen Trennschnitt in der Trennebene,
- Fig. 11 eine erste beispielhafte Anordnung von zwei Teilringen bei gemeinsamer Herstellung,
- Fig. 12 eine zweite beispielhafte Anordnung von zwei Teilringen bei gemeinsamer Herstellung,
- Fig. 13 eine dritte beispielhafte Anordnung von zwei Teilringen bei gemeinsamer Herstellung.

[0054] Die in Fig. 1 gezeigte Turbomolekularpumpe 111 umfasst einen von einem Einlassflansch 113 umgebenen Pumpeneinlass 115, an welchen in an sich bekannter Weise ein nicht dargestellter Rezipient angeschlossen werden kann. Das Gas aus dem Rezipienten kann über den Pumpeneinlass 115 aus dem Rezipienten gesaugt und durch die Pumpe hindurch zu einem Pumpenauslass 117 gefördert werden, an den eine Vorvakuumpumpe, wie etwa eine Drehschieberpumpe, angeschlossen sein kann.

[0055] Der Einlassflansch 113 bildet bei der Ausrichtung der Vakuumpumpe gemäß Fig. 1 das obere Ende des Gehäuses 119 der Vakuumpumpe 111. Das Gehäuse 119 umfasst ein Unterteil 121, an welchem seitlich ein Elektronikgehäuse 123 angeordnet ist. In dem Elektronikgehäuse 123 sind elektrische und/oder elektronische Komponenten der Vakuumpumpe 111 untergebracht, z. B. zum Betreiben eines in der Vakuumpumpe angeordneten Elektromotors 125 (vgl. auch Fig. 3). Am Elektronikgehäuse 123 sind mehrere Anschlüsse 127 für Zubehör vorgesehen. Außerdem sind eine Datenschnittstelle 129, z.B. gemäß dem RS485-Standard, und ein Stromversorgungsanschluss 131 am Elektronikgehäuse 123 angeordnet.

[0056] Es existieren auch Turbomolekularpumpen, die kein derartiges angebrachtes Elektronikgehäuse aufwei-

sen, sondern an eine externe Antriebselektronik angeschlossen werden.

[0057] Am Gehäuse 119 der Turbomolekularpumpe 111 ist ein Fluteinlass 133, insbesondere in Form eines Flutventils, vorgesehen, über den die Vakuumpumpe 111 geflutet werden kann. Im Bereich des Unterteils 121 ist ferner noch ein Sperrgasanschluss 135, der auch als Spülgasanschluss bezeichnet wird, angeordnet, über welchen Spülgas zum Schutz des Elektromotors 125 (siehe z.B. Fig. 3) vor dem von der Pumpe geförderten Gas in den Motorraum 137, in welchem der Elektromotor 125 in der Vakuumpumpe 111 untergebracht ist, eingelassen werden kann. Im Unterteil 121 sind ferner noch zwei Kühlmittelanschlüsse 139 angeordnet, wobei einer der Kühlmittelanschlüsse als Einlass und der andere Kühlmittelanschluss als Auslass für Kühlmittel vorgesehen ist, das zu Kühlzwecken in die Vakuumpumpe geleitet werden kann. Andere existierende Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt) werden ausschließlich mit Luftkühlung betrieben.

[0058] Die untere Seite 141 der Vakuumpumpe kann als Standfläche dienen, sodass die Vakuumpumpe 111 auf der Unterseite 141 stehend betrieben werden kann. Die Vakuumpumpe 111 kann aber auch über den Einlassflansch 113 an einem Rezipienten befestigt werden und somit gewissermaßen hängend betrieben werden. Außerdem kann die Vakuumpumpe 111 so gestaltet sein, dass sie auch in Betrieb genommen werden kann, wenn sie auf andere Weise ausgerichtet ist als in Fig. 1 gezeigt ist. Es lassen sich auch Ausführungsformen der Vakuumpumpe realisieren, bei der die Unterseite 141 nicht nach unten, sondern zur Seite gewandt oder nach oben gerichtet angeordnet werden kann. Grundsätzlich sind dabei beliebige Winkel möglich.

[0059] Andere existierende Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, können nicht stehend betrieben werden.

[0060] An der Unterseite 141, die in Fig. 2 dargestellt ist, sind noch diverse Schrauben 143 angeordnet, mittels denen hier nicht weiter spezifizierte Bauteile der Vakuumpumpe aneinander befestigt sind. Beispielsweise ist ein Lagerdeckel 145 an der Unterseite 141 befestigt.

[0061] An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann. Dies ist bei anderen existierenden Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, nicht möglich.

[0062] In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0063] Wie die Schnittdarstellungen der Figuren 3 bis 5 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozessgaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpen-

auslass 117.

[0064] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0065] Die Turbomolekularpumpe 111 umfasst mehrere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete turbomolekulare Pumpstufen mit mehreren an der Rotorwelle 153 befestigten radialen Rotorscheiben 155 und zwischen den Rotorscheiben 155 angeordneten und in dem Gehäuse 119 festgelegten Statorscheiben 157. Dabei bilden eine Rotorscheibe 155 und eine benachbarte Statorscheibe 157 jeweils eine turbomolekulare Pumpstufe. Die Statorscheiben 157 sind durch Abstandsringe 159 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten.

[0066] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Es existieren andere Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt), die keine Holweck-Pumpstufen aufweisen.

[0067] Der Rotor der Holweck-Pumpstufen umfasst eine an der Rotorwelle 153 angeordnete Rotornabe 161 und zwei an der Rotornabe 161 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweck-Rotorhülsen 163, 165, die coaxial zur Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Statorhülsen 167, 169 vorgesehen, die ebenfalls coaxial zu der Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung gesehen ineinander geschachtelt sind.

[0068] Die pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Pumpstufen sind durch die Mantelflächen, also durch die radialen Innen- und/oder Außenflächen, der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 und der Holweck-Statorhülsen 167, 169 gebildet. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweck-Statorhülse 167 liegt der radialen Außenfläche der äußeren Holweck-Rotorhülse 163 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 171 gegenüber und bildet mit dieser die der Turbomolekularpumpen nachfolgende erste Holweck-Pumpstufe. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweck-Rotorhülse 163 steht der radialen Außenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 173 gegenüber und bildet mit dieser eine zweite Holweck-Pumpstufe. Die radiale Innenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 liegt der radialen Außenfläche der inneren Holweck-Rotorhülse 165 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 175 gegenüber und bildet mit dieser die dritte Holweck-Pumpstufe.

[0069] Am unteren Ende der Holweck-Rotorhülse 163 kann ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der radial außenliegende Holweck-Spalt 171 mit dem mittleren Holweck-Spalt 173 verbunden ist. Außerdem kann am oberen Ende der inneren Holweck-Statorhülse 169 ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der mittlere Holweck-Spalt 173 mit dem radial innenliegenden Holweck-Spalt 175 verbunden ist. Da-

durch werden die ineinander geschachtelten Holweck-Pumpstufen in Serie miteinander geschaltet. Am unteren Ende der radial innenliegenden Holweck-Rotorhülse 165 kann ferner ein Verbindungskanal 179 zum Auslass 117 vorgesehen sein.

[0070] Die vorstehend genannten pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Statorhülsen 167, 169 weisen jeweils mehrere spiralförmig um die Rotationsachse 151 herum in axialer Richtung verlaufende Holweck-Nuten auf, während die gegenüberliegenden Mantelflächen der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 glatt ausgebildet sind und das Gas zum Betrieb der Vakuumpumpe 111 in den Holweck-Nuten vorantreiben.

[0071] Zur drehbaren Lagerung der Rotorwelle 153 sind ein Wälzlager 181 im Bereich des Pumpenauslasses 117 und ein Permanentmagnetlager 183 im Bereich des Pumpeneinlasses 115 vorgesehen.

[0072] Im Bereich des Wälzlagers 181 ist an der Rotorwelle 153 eine konische Spritzmutter 185 mit einem zu dem Wälzlager 181 hin zunehmenden Außendurchmesser vorgesehen. Die Spritzmutter 185 steht mit mindestens einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt. Bei anderen existierenden Turbomolekularvakuumumpumpen (nicht dargestellt) kann anstelle einer Spritzmutter eine Spritzschraube vorgesehen sein. Da somit unterschiedliche Ausführungen möglich sind, wird in diesem Zusammenhang auch der Begriff "Spritzspitze" verwendet.

[0073] Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

[0074] Im Betrieb der Vakuumpumpe 111 wird das Betriebsmittel durch kapillare Wirkung von dem Betriebsmittelspeicher über den Abstreifer auf die rotierende Spritzmutter 185 übertragen und in Folge der Zentrifugalkraft entlang der Spritzmutter 185 in Richtung des größer werdenden Außendurchmessers der Spritzmutter 185 zu dem Wälzlager 181 hin gefördert, wo es z.B. eine schmierende Funktion erfüllt.

[0075] Das Wälzlager 181 und der Betriebsmittelspeicher sind durch einen wannenförmigen Einsatz 189 und den Lagerdeckel 145 in der Vakuumpumpe eingefasst.

[0076] Das Permanentmagnetlager 183 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 191 und eine statorseitige Lagerhälfte 193, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten permanentmagnetischen Ringen 195, 197 umfassen. Die Ringmagnete 195, 197 liegen einander unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts 199 gegenüber, wobei die rotorseitigen Ringmagnete 195 radial außen und die statorseitigen Ringmagnete 197 radial innen angeordnet sind. Das in dem Lagerspalt 199 vorhandene magnetische Feld ruft magnetische Abstoßungskräfte zwischen den Ringmagneten 195, 197 hervor, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 153 bewirken. Die rotorseitigen Ringmagnete 195 sind von einem Trägerabschnitt 201 der Rotorwelle 153 getragen, welcher die Ringmagnete

195 radial außenseitig umgibt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind von einem statorseitigen Trägerabschnitt 203 getragen, welcher sich durch die Ringmagnete 197 hindurch erstreckt und an radialen Streben 205 des Gehäuses 119 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 151 sind die rotorseitigen Ringmagnete 195 durch ein mit dem Trägerabschnitt 201 gekoppeltes Deckelelement 207 festgelegt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind parallel zu der Rotationsachse 151 in der einen Richtung durch einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 209 sowie einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 211 festgelegt. Zwischen dem Befestigungsring 211 und den Ringmagneten 197 kann außerdem eine Tellerfeder 213 vorgesehen sein.

[0077] Innerhalb des Magnetlagers ist ein Not- bzw. Fanglager 215 vorgesehen, welches im normalen Betrieb der Vakuumpumpe 111 ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors 149 relativ zu dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor 149 zu bilden, damit eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert wird. Das Fanglager 215 ist als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet und bildet mit dem Rotor 149 und/oder dem Stator einen radialen Spalt, welcher bewirkt, dass das Fanglager 215 im normalen Pumpbetrieb außer Eingriff ist. Die radiale Auslenkung, bei der das Fanglager 215 in Eingriff gelangt, ist groß genug bemessen, sodass das Fanglager 215 im normalen Betrieb der Vakuumpumpe nicht in Eingriff gelangt, und gleichzeitig klein genug, sodass eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen unter allen Umständen verhindert wird.

[0078] Die Vakuumpumpe 111 umfasst den Elektromotor 125 zum drehenden Antreiben des Rotors 149. Der Anker des Elektromotors 125 ist durch den Rotor 149 gebildet, dessen Rotorwelle 153 sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckt. Auf den sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckenden Abschnitt der Rotorwelle 153 kann radial außenseitig oder eingebettet eine Permanentmagnetanordnung angeordnet sein. Zwischen dem Motorstator 217 und dem sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckenden Abschnitt des Rotors 149 ist ein Zwischenraum 219 angeordnet, welcher einen radialen Motorspalt umfasst, über den sich der Motorstator 217 und die Permanentmagnetanordnung zur Übertragung des Antriebsmoments magnetisch beeinflussen können.

[0079] Der Motorstator 217 ist in dem Gehäuse innerhalb des für den Elektromotor 125 vorgesehenen Motorraums 137 festgelegt. Über den Sperrgasanschluss 135 kann ein Sperrgas, das auch als Spülgas bezeichnet wird, und bei dem es sich beispielsweise um Luft oder um Stickstoff handeln kann, in den Motorraum 137 gelangen. Über das Sperrgas kann der Elektromotor 125 vor Prozessgas, z.B. vor korrosiv wirkenden Anteilen des Prozessgases, geschützt werden. Der Motorraum 137 kann auch über den Pumpenauslass 117 evakuiert wer-

den, d.h. im Motorraum 137 herrscht zumindest annäherungsweise der von der am Pumpenauslass 117 angeschlossenen Vorvakuumpumpe bewirkte Vakuumdruck.

[0080] Zwischen der Rotornabe 161 und einer den Motorraum 137 begrenzenden Wandung 221 kann außerdem eine sog. und an sich bekannte Labyrinthdichtung 223 vorgesehen sein, insbesondere um eine bessere Abdichtung des Motorraums 217 gegenüber den radial außerhalb liegenden Holweck-Pumpstufen zu erreichen.

[0081] Die Montage der Statorscheiben 157 lässt sich beispielsweise anhand von Fig. 3 erläutern. Dort sind mehrere Statorscheiben 157 jeweils in einem Zwischenraum zwischen zwei Rotorscheiben 155 angeordnet. Für die Montage wird zunächst der Rotor 149 mit all seinen Rotorscheiben 155 zusammengesetzt. Eine jeweilige Statorscheibe 157 besteht aus zwei Teilringen, die jeweils etwa 180° des Umfangs einnehmen. Zwei zusammengehörende Teilringe werden in radialer Richtung in einen Zwischenraum zwischen zwei Rotorscheiben 155 eingeführt und zu einer Rotorscheibe 157 zusammengesetzt. Zwischen zwei Statorscheiben 157 wird jeweils ein Distanzring 159 angeordnet, der die Statorscheiben 157 gegenüber einander und gegenüber dem Gehäuse 119 in Position hält.

[0082] Fig. 6 illustriert ein beispielhaftes Herstellungsverfahren für eine Turbomolekularpumpe, bei dem mehrere Statorscheiben 10, nämlich Turbomolekular-Statorscheiben, gemeinsam in einer Aufspannung gefertigt werden. Zu diesem Zweck werden Ringscheiben als Halbzeuge für die Statorscheiben 10 gemeinsam in einer Einspannvorrichtung 12 eingespannt und auf ein und derselben Maschine bearbeitet.

[0083] Die Einspannvorrichtung 12 ist als eine Art Turm aufgebaut, wobei zur Einspannung der Statorscheiben 10 bzw. ihrer Halbzeuge abwechselnd ein Segment 14 der Einspannvorrichtung 12 und eine Statorscheibe 10 aufeinander gesteckt werden und anschließend die axial äußersten Segmente 14 gegeneinander verspannt werden, zum Beispiel mittels einer hier nicht dargestellten Schraube. Dabei werden die Statorscheiben 10 axial geklemmt und sind somit fest angeordnet.

[0084] In Fig. 6 ist die Einspannvorrichtung 12 teilweise in Explosion dargestellt, um ihren Aufbau und Zusammenbau zu erläutern. Ferner ist ein Werkzeug, nämlich ein Kreissägeblatt 16, im Einsatz dargestellt. Dies dient ebenfalls lediglich der Illustration. Es versteht sich, dass das Werkzeug typischerweise erst aktiv wird, nachdem die Einspannvorrichtung 12 fertig aufgebaut ist und die Statorscheiben 10 bzw. ihre Halbzeuge fest eingespannt sind.

[0085] Die Statorscheiben 10 sind in der Darstellung der Fig. 6 bereits weitgehend fertig hergestellt, sind aber noch nicht endgültig in Teilringe getrennt, wie es für die Montage der Statorscheiben 10 vorgesehen ist.

[0086] Die Statorscheiben 10 sind identisch aufgebaut und werden anhand der oberen Statorscheibe 10 beispielhaft näher erläutert. Die Statorscheibe 10 umfasst einen Innenring 18, der eine Vielzahl von über den Um-

fang gleichmäßig verteilten Statorschaufeln 20 trägt. Dabei erstreckt sich eine jeweilige Statorschaufel 20 ausgehend von dem Innenring 18 in radialer Richtung nach außen und ist schräg in Bezug auf eine Achse 22 ausgerichtet. Die Achse 22 bildet eine Zentralachse der Statorscheiben 10 und der Einspannvorrichtung 12. Die Zentralachse 22 der Statorscheiben 10 fällt im montierten Zustand mit einer Rotationsachse eines Rotors der Pumpe zusammen, zum Beispiel in Fig. 3 mit der Rotationsachse 151.

[0087] Die Herstellung der Statorscheiben 10 bis zum in Fig. 6 gezeigten Zustand, insbesondere ihrer Schaufelstruktur, umfasst insbesondere, dass - wie es in Fig. 7 illustriert ist - zunächst für jede Statorscheibe 10 eine Ringscheibe 24 als Halbzeug in der Einspannvorrichtung 12 eingespannt wird. Anschließend werden die Schaufeln 20 nacheinander aus dem Vollmaterial der Ringscheibe 24 spanend herausgearbeitet. Zu diesem Zweck können beispielsweise zwei parallel und konzentrisch aber beabstandet angeordnete Kreissägeblätter (nicht dargestellt) in radialer Richtung in das Material der Ringscheibe rotierend eingefahren werden, wobei zwischen den Kreissägeblättern eine Statorschaufel 20 stehen bleibt. Nachdem die Kreissägeblätter wieder herausgefahren sind, wird die Einspannvorrichtung 12 verdreht, nämlich um den vorgesehenen Winkelabstand der Statorschaufeln 20, und die nächste Statorschaufel 20 wird auf gleiche Weise hergestellt. Die Kreissägeblätter sind dabei ähnlich schräg angeordnet, wie in der Darstellung der Fig. 6 das Kreissägeblatt 16, welches aber der Trennung der Statorscheiben 10 in Teilringe dient. Die zwei parallelen Kreissägeblätter zur Herstellung der Statorschaufeln können beispielsweise an derselben Werkzeugaufnahme 26 betrieben werden, wobei zwischen der Herstellung der Statorschaufeln 20 und einem spannenden Verfahren des Trennens der Statorscheiben 10 in Teilringe ein Werkzeugwechsel erfolgt.

[0088] Bevorzugt können ferner sowohl die Herstellung der Statorschaufeln 20 als auch die Trennschnitte mittels des Kreissägeblatts 16 in einer Aufspannung erfolgen. Dies bedeutet für die Anordnung der Fig. 6, dass zunächst drei Ringscheiben 24 als Halbzeuge in die Einspannvorrichtung 12 eingespannt werden und anschließend, ohne die Einspannvorrichtung 12 zwischenzeitlich zu lösen, sowohl die Schaufelstruktur der Statorscheiben 10 als auch das spanende Verfahren mittels des Kreissägeblatts 16 zu deren Trennung durchgeführt werden. Anschließend kann die Einspannvorrichtung 12 gelöst werden und die fertigen Statorscheiben als Teilringe oder als Sätze von Teilringen entnommen werden. Dies hat den Vorteil, dass sich der von dem Kreissägeblatt 16 eingebrachte Trennschnitt exakt in Bezug auf die Statorschaufeln 20 ausrichten lässt, wobei hierfür keine Ausrichtung im Rahmen einer erneuten Einspannung nötig ist.

[0089] Die Trennung der Statorscheiben 10 in Teilringe umfasst also die spanende Bearbeitung mittels des Kreissägeblatts 16. Ein Schneidvorgang mittels des

Kreissägeblatts 16 erfolgt bevorzugt nachdem die gesamte Schaufelstruktur wenigstens der betreffenden Statorscheibe 10, insbesondere aller Statorscheiben 10, fertig hergestellt ist.

[0090] Das Kreissägeblatt 16 ist hier schräg in Bezug auf die Achse 22 sowie im Wesentlichen parallel zu den Statorschaufeln 20 ausgerichtet, zwischen denen es eingefahren ist. Es wird also ein in Bezug auf die Achse 22 schräger Trennschnitt in den Innenring 18 eingebracht. Je Statorscheibe 10 werden zwei Trennschnitte eingebracht, die sich in Bezug auf die Achse 22 gegenüberliegen, also in Umfangsrichtung um 180° versetzt sind. Hierdurch wird die Statorscheibe 10 in zwei in Bezug auf die Achse 22 symmetrische Teilringe geteilt.

[0091] Die Einspannvorrichtung 12 weist mehrere Ausnehmungen 28 auf, die jeweils dafür vorgesehen sind, dass das Kreissägeblatt 16 in den Innenring 18 einfahren kann, ohne das Material der Einspannvorrichtung 12 abzutragen bzw. mit diesem zu kollidieren. Solche Ausnehmungen 28 sind bevorzugt für alle vorgesehenen Trennschnitte vorhanden, d. h. auf der in Fig. 6 dem Betrachter abgewandten Seite und gegenüberliegend den Ausnehmungen 28 sind drei weitere und entsprechend angeordnete Ausnehmungen vorgesehen.

[0092] Die Ausnehmungen 28 weisen eine bestimmte Winkelposition, nämlich die gleiche Winkelposition, auf. Um diese bei der Einspannung sicherzustellen, können die Segmente 14 beispielsweise mittels eines langen Zentrierstifts mit dem richtigen Winkel ausgerichtet werden. Für einen solchen Zentrierstift ist im oberen Segment 14 eine Ausnehmung 30 sichtbar.

[0093] Eine fertige und endgültig in zwei Teilringe 31 getrennte Statorscheibe 10 ist in Fig. 8 dargestellt. Diese umfasst zwei schräge Trennschnitte 32. Die Teilringe 31 sind hier zu Illustrationszwecken in einem großen gegenseitigen Abstand dargestellt, der nicht demjenigen im montierten Zustand und nicht demjenigen im in der Einspannvorrichtung 12 eingespannten Zustand entspricht, d. h. die Trennschnitte 32 sind zu Illustrationszwecken übermäßig breit dargestellt. Die Trennschnitte 32 sind hier also nicht in der Breite dargestellt, in der sie vom Kreissägeblatt 16 eingebracht werden bzw. die sie im montierten Zustand aufweisen. Tatsächlich beträgt die Schnittbreite der Trennschnitt 32 bzw. des Kreissägeblatts 16 bevorzugt weniger als 1 mm.

[0094] Die schräge Anordnung der Trennschnitte 32 ist in Fig. 9 noch näher veranschaulicht. Der Trennschnitt 32 ist dort schräg in Bezug auf die Achse 22 ausgerichtet, weist also einen Winkel 34 in Bezug auf diese Achse 22 auf. Wie bereits angedeutet, entspricht die Achse 22 im in der Vakuumpumpe montierten Zustand der Rotationsachse des Rotors.

[0095] Der Trennschnitt 32 ist ferner parallel zu beiden benachbarten Statorschaufeln 20 ausgerichtet. Der Winkel 34 entspricht daher dem sogenannten Anstellwinkel der Statorschaufeln 20, also deren Winkel in Bezug auf die Achse 22.

[0096] Die Statorschaufeln 20 sind überlappend ange-

ordnet, d. h. ein Teil einer jeweiligen Statorschaufel 20 ragt in Bezug auf die axiale Richtung in den Bereich einer benachbarten Statorschaufel 20 hinein. Dies ist in Fig. 9 beispielsweise daran erkennbar, dass in der Darstellung die Linie der Achse 22 beide Statorschaufeln 20 kreuzt. Die überlappende Anordnung der Statorschaufeln 20 führt auch dazu, dass bei einer Betrachtungsrichtung entlang der Achse 22 der Betrachter nicht zwischen den Statorschaufeln 20 hindurchsehen kann. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von einer optisch dichten Anordnung. Diese ermöglicht eine besonders gute Vakuumperformance, da zu fördernde Teilchen sich nicht einfach auf axialem Weg entgegen der Pumprichtung durch die Statorscheibe 10 hindurchbewegen können.

[0097] Wie es sich in Fig. 9 besonders gut erkennen lässt, erlaubt die schräge Anordnung des Trennschnitts 32 eine Trennung des Innenring 18 trotz der überlappenden Anordnung der Statorschaufeln 20 ohne jede Beeinträchtigung der Statorschaufeln 20. Ein axialer Trennschnitt würde hingegen die Statorschaufeln 20 zumindest an ihren radial inneren Enden beschädigen.

[0098] Ferner ist der Trennschnitt 32 selbst in axialer Richtung optisch dicht, anders als ein axial ausgerichteter Trennschnitt. D. h. der Trennschnitt 32 verhindert, dass sich zu fördernde Teilchen einfach auf axialem Weg entgegen der Pumprichtung durch ihn hindurchbewegen können. Somit wird die Vakuumperformance im Vergleich zu einem axialen Trennschnitt verbessert.

[0099] In Fig. 10 ist ein Trennschnitt 32 in seiner Schnittebene dargestellt, d. h. vom Innenring 18 ist eine Schnittebene sichtbar. An dieser Schnittebene sind ferner zwei kleine Materialbrücken 36 sichtbar. Diese können beispielsweise beim Verfahren gemäß Fig. 6 stehen gelassen werden, indem das Kreissägeblatt 16 nicht so tief in den Innenring 18 eingefahren wird, dass er endgültig getrennt wird, sondern dass die Materialbrücken 36 stehen bleiben.

[0100] Die Materialbrücken 36 bilden eine einteilige Verbindung zwischen zwei Teilringen 31 einer Statorscheibe 10. Hierdurch sind die Teilringe 31 als Satz von Teilringen 31 zusammengehalten und können im Anschluss an das in Fig. 6 illustrierte spanende Verfahren als Satz von Teilringen 31 gelagert, transportiert und gegebenenfalls weiter behandelt und/oder bearbeitet werden.

[0101] Die Materialbrücken 36 sind dabei so dimensioniert, dass sie einerseits die Teilringe derart fest zusammenhalten, dass Lagerung, Transport bzw. Behandlung und/oder Bearbeitung möglich sind und dass sie andererseits bei Bedarf leicht von Hand zerbrochen werden können. Die Materialbrücken 36 bilden also eine Sollbruchstelle 38. Hierdurch ist es möglich, dass der Monteur die Teilringe 31 erst zur Montage trennt, nämlich einfach an der Sollbruchstelle 38 zerbricht. Vorher ist die Handhabung der Teilringe 31 als Satz besonders einfach. Zudem ist für den Monteur stets klar, welche Teilringe 31 zusammengehören, da sie ihm als verbundener Satz bereitgestellt werden. Somit sind mögliche Fehler-

quellen bei der Montage reduziert.

[0102] Die Materialbrücken 36 weisen eine Materialstärke auf, die gegenüber dem Innenring 18 reduziert ist, sodass die Materialbrücken die Solltrennstelle bzw. Sollbruchstelle 38 bilden. Die Materialstärke ist dabei so stark reduziert, dass sich die Materialbrücken 36 trennen lassen, ohne dass der Innenring 18 ansonsten beeinträchtigt, wie etwa verbogen, wird. Die präzise Form des Innenrings 18 und Anordnung und Ausrichtung der Statorschaufeln 20 bleiben somit erhalten, wobei sich die Teilringe 31 trotzdem auf einfache Weise von Hand trennen lassen.

[0103] Es versteht sich, dass die Materialbrücken 36 je nach Festigkeitsanforderung unterschiedlich ausgebildet sein können. Beispielsweise kann auch lediglich eine Materialbrücke 36 am Trennschnitt 32 vorgesehen sein. Form und Anzahl solcher Materialbrücken lassen sich im Kontext des Verfahrens gemäß Fig. 6 einfach durch die Führungsbahn des Kreissägeblatts 16 beeinflussen. Typischerweise weist die Statorscheibe zwei Trennschnitte 32 auf, wie dies z.B. in Fig. 8 der Fall ist. Dabei können grundsätzlich an wenigstens einem der Trennschnitte 32 ein oder mehrere Materialbrücken vorgesehen sein, beispielsweise aber auch an beiden Trennschnitten 32 jeweils wenigstens eine Materialbrücke.

[0104] Die in den Fig. 6 bis 9 beschriebenen Statorscheiben 10 sind spanend hergestellt und ihre Trennung in Teilscheiben umfasst ebenfalls ein spanendes Verfahren, nämlich Sägen mittels des Kreissägeblatts 16. Alternative Herstellungsweisen für Statorscheiben bzw. Schaufelstrukturen sind insbesondere die Herstellung aus Blech, wobei eine Schaufelstruktur typischerweise durch Stanzen und Biegen aus einem Rohblech ausgebildet wird, sowie eine Herstellung durch Gießen. In beiden Fällen kann anschließend die Statorscheibe mit einem spanenden Verfahren, beispielsweise mittels einer Kreissäge, getrennt werden.

[0105] Die nachfolgende Beschreibung zu den Fig. 11 bis 13 bezieht sich insbesondere auf eine Herstellung aus Blech, wobei die Ausführungen grundsätzlich auch auf spanende Herstellung sowie auf eine Herstellung durch Gießen anwendbar sind.

[0106] Die Fig. 11 bis 13 zeigen jeweils einen Satz von zwei Teilringen 31 einer Statorscheibe, wobei die Teilringe 31 unterschiedlich zueinander angeordnet sind. Die Teilringe 31 sind jeweils über Solltrennstellen 38, insbesondere Sollbruchstellen, verbunden. Die Verbindungen bzw. Solltrennstelle in 38 sind als kleine Materialbrücken ausgebildet und in den Fig. 11 bis 13 nicht als solche sichtbar. Die Verbindungen weisen gegenüber dem Teil des betreffenden Teilrings 31, an dem sie ansetzen - dies sind in den Fig. 11 bis 13 ein Innenring 18 und/oder einen Außenring 40 des betreffenden Teilrings 31 - eine deutlich reduzierte Materialstärke auf.

[0107] Fig. 11 zeigt eine besonders einfache Variante, bei der die Teilscheiben 31 so zueinander angeordnet sind, wie sie auch im montierten Zustand zueinander an-

geordnet sind. Die Fig. 12 und 13 zeigen alternative Anordnungsvarianten, die insbesondere einer optimalen Materialausnutzung des Blechs, aus dem die Teilringe 31 ausgestanzt werden, dienen. Je nach konkreter Dimensionierung der Statorscheiben kann zum Beispiel die Anordnung gemäß Fig. 12 oder diejenige der Fig. 13 vorteilhaft sein.

[0108] Die Verbindungen bzw. Solltrennstellen 38 setzen in den Fig. 11 bis 13 stets an einem Innenring 18 und/oder einem Außenring 40, insbesondere aber nicht an einer Schaufel, des betreffenden Teilrings 31 an. In Fig. 11 verbinden zwei Solltrennstellen 38 einen Außenring 40 des einen Teilrings 31 mit einem Außenring 40 des anderen Teilrings 31 und zwei Solltrennstellen 38 verbinden einen Innenring 18 eines Teilrings 31 mit einem Innenring 18 des anderen Teilrings 31. In Fig. 12 verbinden die beiden Solltrennstellen 38 den Innenring 18 des einen Teilrings 31 mit dem Außenring 40 des anderen Teilrings 31. In Fig. 13 verbinden zwei Solltrennstellen 38 einen Innenring 18 mit einem Außenring 40 und zwei weitere Solltrennstellen 38 verbinden einen Innenring 18 mit einem Innenring 18.

[0109] Durch die in den Figuren illustrierten Verfahren werden die Teilringe 31 in einem ersten Verfahrensabschnitt derart gemeinsam hergestellt, dass die Teilringe 31 nach diesem ersten Verfahrensabschnitt zumindest eine Schaufelstruktur aufweisen und einteilig verbunden sind, wobei die Verbindung zwischen den Teilringen 31 eine lokal reduzierte Materialstärke aufweist, sodass die Verbindung eine Solltrennstelle 38 bildet.

[0110] In Bezug auf die Fig. 6 bis 10 umfasst der erste Verfahrensabschnitt die Herstellung der Schaufelstruktur mittels parallel rotierender Sägeblätter sowie einen anschließenden Teilschritt des Trennens, nämlich das Einfahren des Kreissägeblatts 16 in den Innenring 18 lediglich so weit, dass die Materialbrücken 36 stehen bleiben. Ein zweiter Teilschritt des Trennens, nämlich ein endgültiges Trennen durch Zerbrechen von Hand, bildet einen zweiten, vom ersten gesonderten Verfahrensabschnitt. In diesem zweiten, gesonderten Verfahrensabschnitt werden die Teilringe also an der Solltrennstelle endgültig getrennt. Das Trennen umfasst folglich zwei Teilschritte, von denen der erste Teilschritt durch ein spanendes Verfahren, nämlich Sägen, gebildet ist und Teil des ersten Verfahrensabschnitts ist. Der zweite Teilschritt umfasst die tatsächliche und endgültige Trennung der Teilringe voneinander an der Solltrennstelle und bildet den zweiten Verfahrensabschnitt.

[0111] In Bezug auf die Fig. 11 bis 13 umfasst ein erster Verfahrensabschnitt die Herstellung der Schaufelstruktur mittels Stanzen und Biegen aus einem Blech als Ausgangsmaterial. Dabei werden ebenfalls an den Solltrennstelle 38 kleine Materialbrücken belassen, dies insbesondere aufgrund einer entsprechenden Ausformung des verwendeten Stanzwerkzeugs. In einem zweiten, vom ersten gesonderten Verfahrensabschnitt werden die Teilringe an der Solltrennstelle getrennt, zu diesem Zweck beispielsweise einfach von einem Monteur direkt

vor der Montage zerbrochen.

[0112] Es zeigt sich, dass der zweite Verfahrensabschnitt vollkommen unabhängig vom ersten Verfahrensabschnitt ist und letztlich zu einem beliebigen Zeitpunkt erfolgen kann. Bevorzugt werden die Teilringe 31 erst zur Montage voneinander getrennt. Zwischenzeitlich können die Teilringe 31 vorteilhaft als Satz von zwei verbundenen Teilringen 31 gelagert und transportiert sowie zum Beispiel auch weiter bearbeitet und/oder behandelt werden. Dies erlaubt ein besonders einfaches Handling im Herstellungsprozess der Turbomolekularvakuumpumpe.

[0113] Während in den Fig. 6 bis 13 jeweils Sätze von zwei Teilringen illustriert sind, ist es grundsätzlich auch denkbar, mehr als zwei Teilringe als ein Satz bereitzustellen bzw. über Solltrennstellen verbunden zu lassen. So wäre es beispielsweise möglich, für eine Turbomolekularpumpe die Teilringe von wenigstens zwei Statorscheiben, nämlich insbesondere vier Teilringe, als einen Satz bereitzustellen. Z.B. können im Rahmen eines Satzes die Teilringe für alle oder alle gleichartigen Statorscheiben der Pumpe bereitgestellt werden.

[0114] Die im Zusammenhang mit den Figuren beschriebenen Ausführungsformen beziehen sich beispielhaft auf Turbomolekular-Statorscheiben. Die Ausführungen zu den Fig. 1 bis 13 gelten insoweit anwendbar auch z.B. für Siegbahn-Statorscheiben.

Bezugszeichenliste

[0115]

111 Turbomolekularpumpe
113 Einlassflansch
115 Pumpeneinlass
117 Pumpenauslass
119 Gehäuse
121 Unterteil
123 Elektronikgehäuse
125 Elektromotor
127 Zubehöranschluss
129 Datenschnittstelle
131 Stromversorgungsanschluss
133 Fluteinlass
135 Sperrgasanschluss
137 Motorraum
139 Kühlmittelanschluss
141 Unterseite
143 Schraube
145 Lagerdeckel
147 Befestigungsbohrung
148 Kühlmittelleitung
149 Rotor
151 Rotationsachse
153 Rotorwelle
155 Rotorscheibe
157 Statorscheibe
159 Abstandsring

161 Rotornabe
163 Holweck-Rotorhülse
165 Holweck-Rotorhülse
167 Holweck-Statorhülse
5 169 Holweck-Statorhülse
171 Holweck-Spalt
173 Holweck-Spalt
175 Holweck-Spalt
179 Verbindungskanal
10 181 Wälzlager
183 Permanentmagnetlager
185 Spritzmutter
187 Scheibe
189 Einsatz
15 191 rotorseitige Lagerhälfte
193 statorseitige Lagerhälfte
195 Ringmagnet
197 Ringmagnet
199 Lagerspalt
20 201 Trägerabschnitt
203 Trägerabschnitt
205 radiale Strebe
207 Deckelelement
209 Stützring
25 211 Befestigungsring
213 Tellerfeder
215 Not- bzw. Fanglager
217 Motorstator
219 Zwischenraum
30 221 Wandung
223 Labyrinthdichtung
10 Statorscheibe
12 Einspannvorrichtung
14 Segment
35 16 Kreissägeblatt
18 Innenring
20 Statorschaufel
22 Achse/Zentralachse
24 Ringscheibe
40 26 Werkzeugaufnahme
28 Ausnehmung
30 Ausnehmung
31 Teilring
32 Trennschnitt
45 34 Winkel
36 Materialbrücke
38 Solltrennstelle/Sollbruchstelle
40 Außenring

50

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Vakuumpumpe (111), welche wenigstens eine ringförmige Statorscheibe (10, 157) umfasst, die zum Erzeugen einer Pumpwirkung in Zusammenarbeit mit einem Rotor (149), insbesondere wenigstens einer Rotorscheibe (157), der Pumpe (111) eingerichtet ist, wobei die

- Statorscheibe (10, 157) wenigstens zwei separate Teilringe (31) umfasst;
wobei in einem ersten Verfahrensabschnitt wenigstens zwei Statorscheiben-Teilringe (31) derart gemeinsam hergestellt werden, dass die Teilringe (31) nach dem ersten Verfahrensabschnitt zumindest eine pumpaktive Struktur aufweisen und einteilig verbunden sind, wobei die Verbindung zwischen den Teilringen (31) eine lokal reduzierte Materialstärke aufweist, sodass die Verbindung eine Solltrennstelle (36, 38) bildet, und wobei die Teilringe (31) in einem zweiten, vom ersten gesonderten Verfahrensabschnitt an der Solltrennstelle (38) getrennt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Teilringe (31) vor dem Trennen abgesehen von ihrer Verbindung vollständig fertig hergestellt sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Solltrennstelle (38) wenigstens eine Sollbruchstelle, eine Materialbrücke (36) und/oder eine Kerbung umfasst und/oder wobei die Teilringe (31) zum Trennen zerbrochen werden.
4. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Teilringe (31) von Hand und/oder werkzeugfrei getrennt werden.
5. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Teilringe (31) erst zur Montage getrennt werden und/oder wobei die Teilringe (31) zwischen dem ersten Verfahrensabschnitt und dem zweiten Verfahrensabschnitt im verbundenen Zustand gelagert, transportiert, behandelt und/oder bearbeitet werden.
6. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die wenigstens zwei gemeinsam hergestellten Teilringe (31) bei einer Montage der Pumpe (111) zu einer Statorscheibe (10, 157) zusammengesetzt werden.
7. Satz von wenigstens zwei Statorscheiben-Teilringen (31) für wenigstens eine Statorscheibe (10, 157) einer Vakuumpumpe (111), wobei die Teilringe (31) einteilig miteinander verbunden sind und wobei die Verbindung zwischen den Teilringen (31) eine lokal reduzierte Materialstärke aufweist, sodass die Verbindung eine Solltrennstelle (38) bildet.
8. Verfahren zur Herstellung einer Vakuumpumpe (111), welche wenigstens eine ringförmige Statorscheibe (10, 157) umfasst, die zum Erzeugen einer Pumpwirkung in Zusammenarbeit mit einem Rotor (149), insbesondere wenigstens einer Rotorscheibe (155), der Pumpe (111) eingerichtet ist, wobei die Statorscheibe (10, 157) wenigstens zwei separate Teilringe (31) umfasst; insbesondere Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche; wobei wenigstens zwei Statorscheiben-Teilringe (31) aus einem Teil (24) oder als ein Teil und durch Trennen des Teils hergestellt werden, wobei das Trennen ein spanendes Verfahren umfasst.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das spanende Verfahren Sägen, insbesondere mittels einer Kreissäge (16), Fräsen, und/oder Trennschleifen ist.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, wobei das spanende Verfahren mit einem Spanwerkzeug (16), insbesondere einem Sägeblatt erfolgt, welches eine Schnittbreite von höchstens 1mm, insbesondere höchstens 0,6mm, umfasst.
11. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei für beide Teilringe (31) jeweils eine pumpaktive Struktur mittels eines spanenden Verfahrens hergestellt wird und wobei das spanende Verfahren des Trennens im Rahmen derselben Aufspannung erfolgt, wie das spanende Verfahren zur Herstellung der pumpaktiven Struktur.
12. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei mehrere Sätze von jeweils wenigstens zwei Statorscheiben-Teilringen (31) in einer Aufspannung auf einer Maschine hergestellt werden, wobei für jeden Teilring (31) eine pumpaktive Struktur mittels eines spanenden Verfahrens hergestellt wird und wobei die Teilringe (31) jedes Satzes getrennt werden, wobei das Trennen jeweils ein spanendes Verfahren umfasst.
13. Vakuumpumpe (111) umfassend wenigstens eine ringförmige Statorscheibe (10, 157), die zum Erzeugen einer Pumpwirkung in Zusammenarbeit mit einem Rotor (149), insbesondere wenigstens einer Rotorscheibe (155), der Pumpe (111) eingerichtet ist, wobei die Statorscheibe (111) wenigstens zwei separate Teilringe (31) umfasst, wobei die Teilringe (31) durch wenigstens zwei Trennschnitte (32) separiert sind, und wobei wenigstens einer der Trennschnitte (32) schräg in Bezug auf eine Rotationsachse (22, 151) des Rotors (149) der Pumpe (111) ausgerichtet ist.

14. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 13,
wobei die Statorscheibe (10, 157) eine Turbomole-
kular-Statorscheibe ist, insbesondere wobei der
Trennschnitt (32) zumindest im Wesentlichen paral- 5
lel zu einer zum Trennschnitt (32) in Umfangsrich-
tung benachbart angeordneten Statorschaufel (20)
ausgerichtet ist.
15. Vakuumpumpe (111), Verfahren zur Herstellung ei-
ner Vakuumpumpe (111) oder Satz von wenigstens 10
zwei Statorscheiben-Teilringen (31) nach zumindest
einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei die Teilringe (31) mit ihrer pumpaktiven Struk-
tur spanend hergestellt, aus Blech geformt oder ge-
gossen sind bzw. werden und/oder 15
wobei die Vakuumpumpe eine Molekularvakuum-
pumpe, insbesondere eine Turbomolekularvakuum-
pumpe, ist und/oder
wobei die pumpaktive Struktur eine Turboschaufel-
struktur oder eine Siegbahnstruktur ist. 20

25

30

35

40

45

50

55

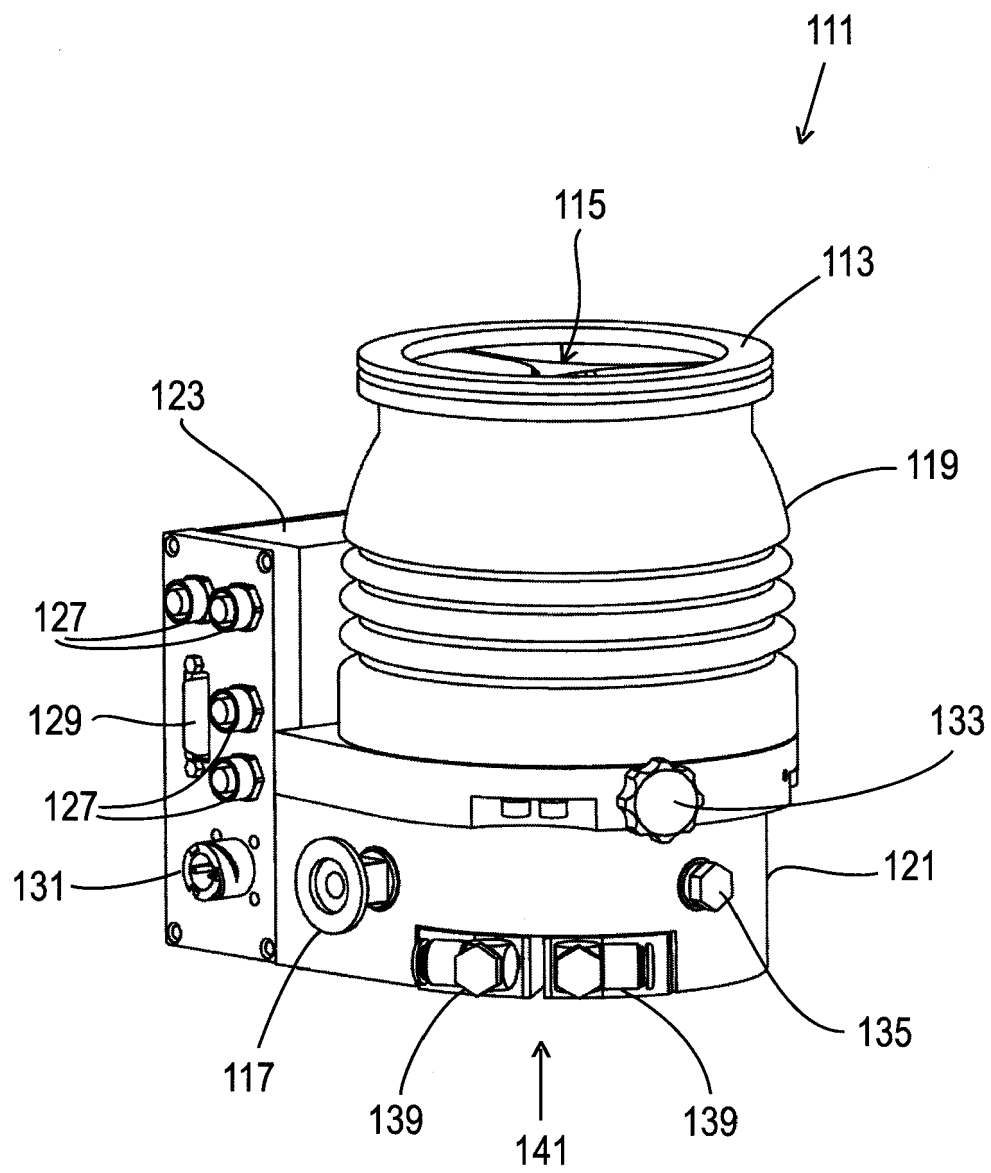


Fig. 1

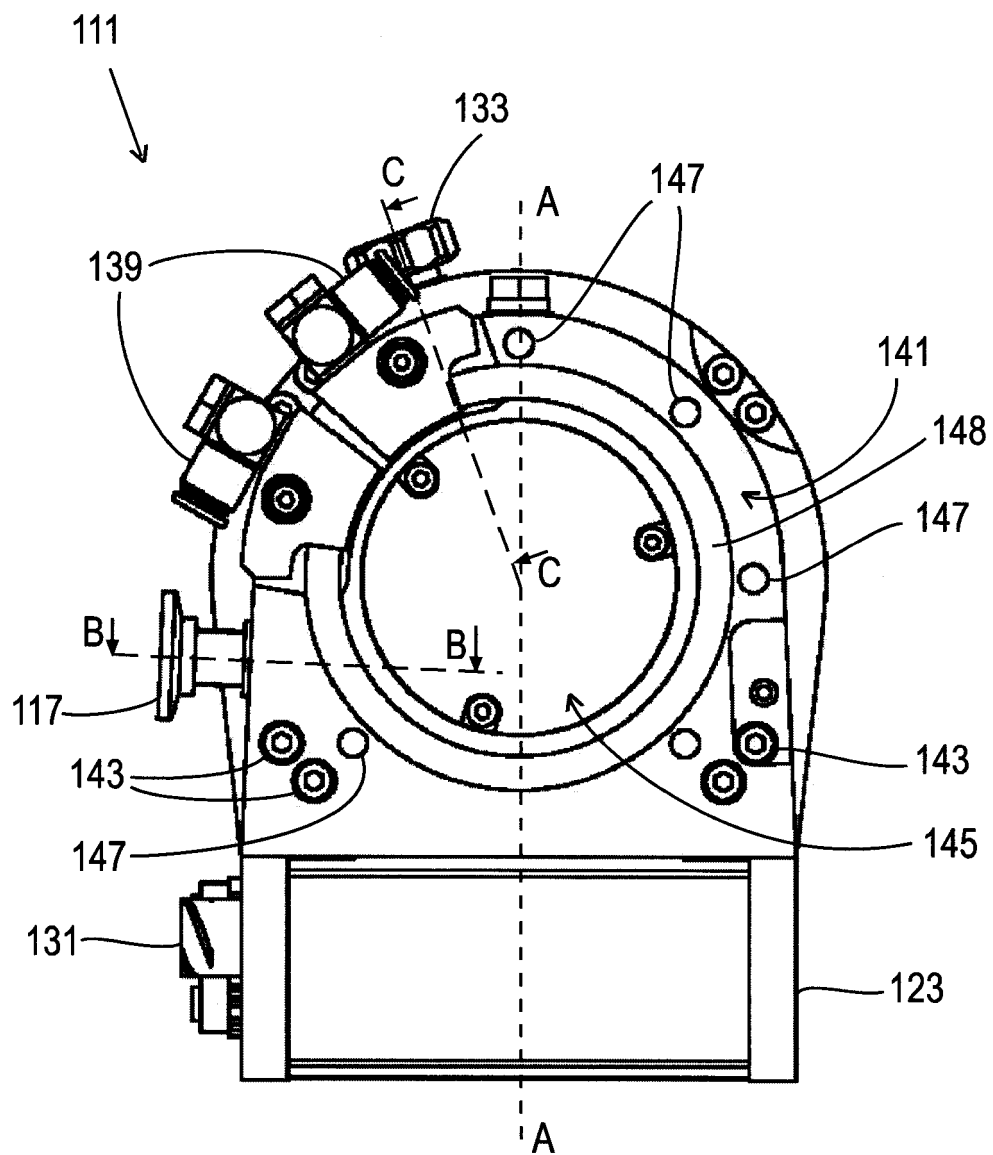


Fig. 2

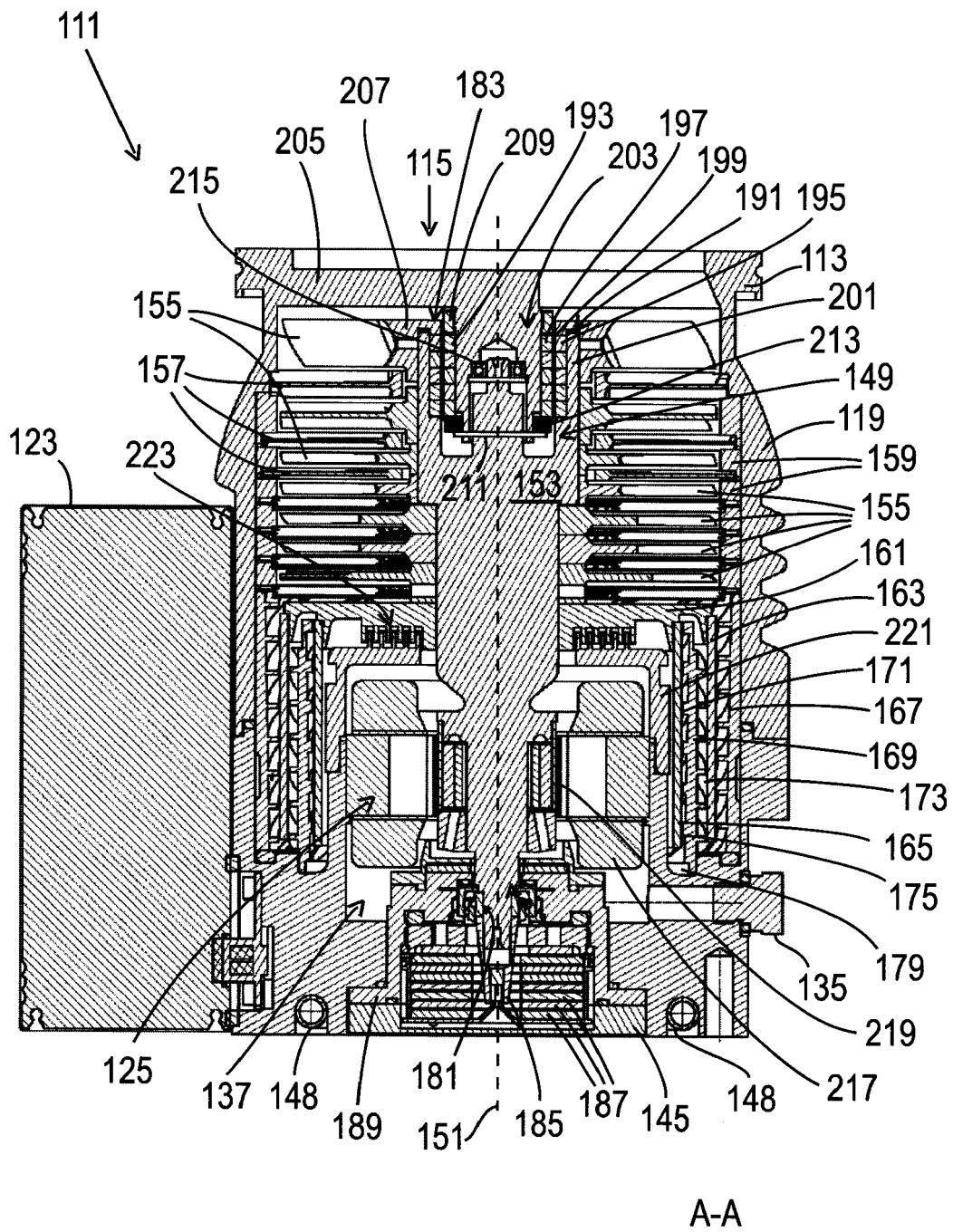


Fig. 3

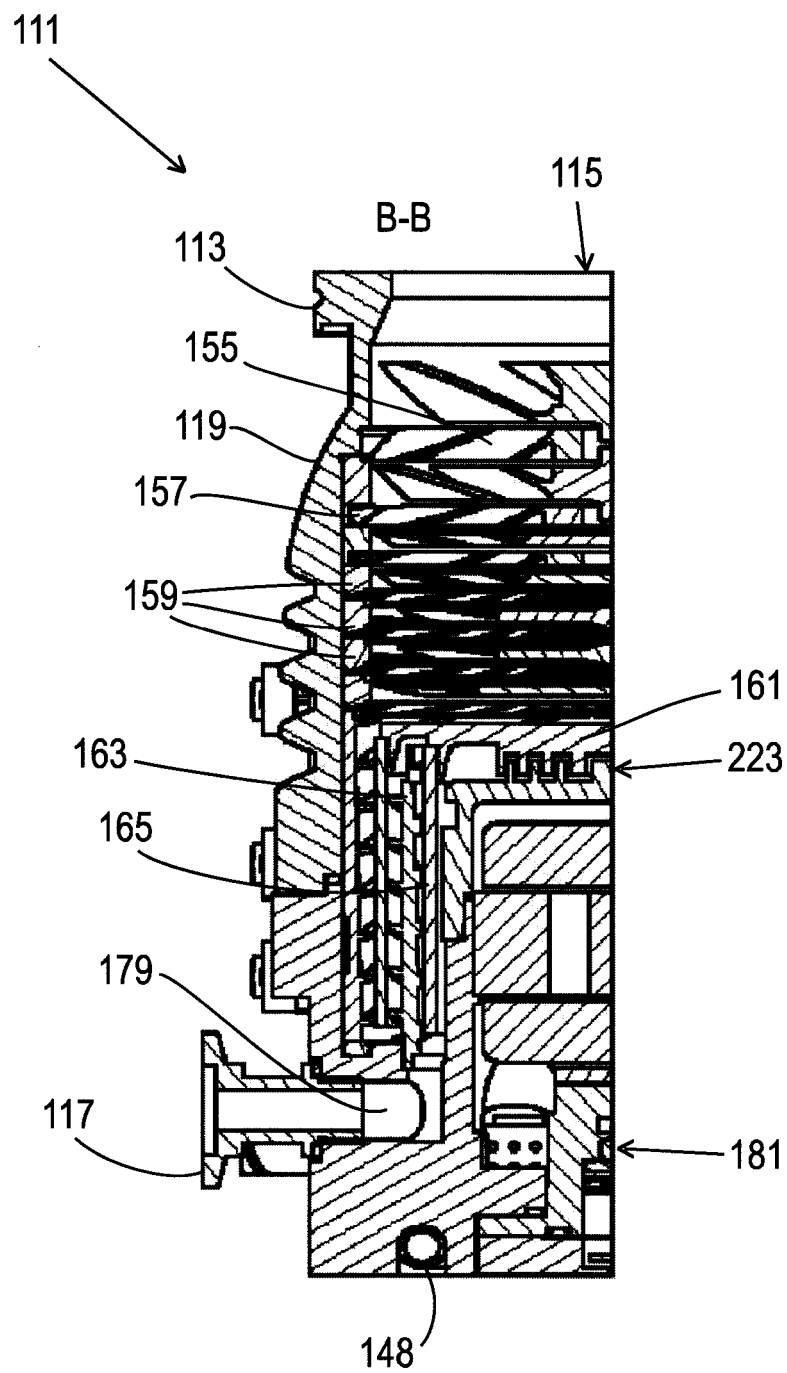


Fig. 4

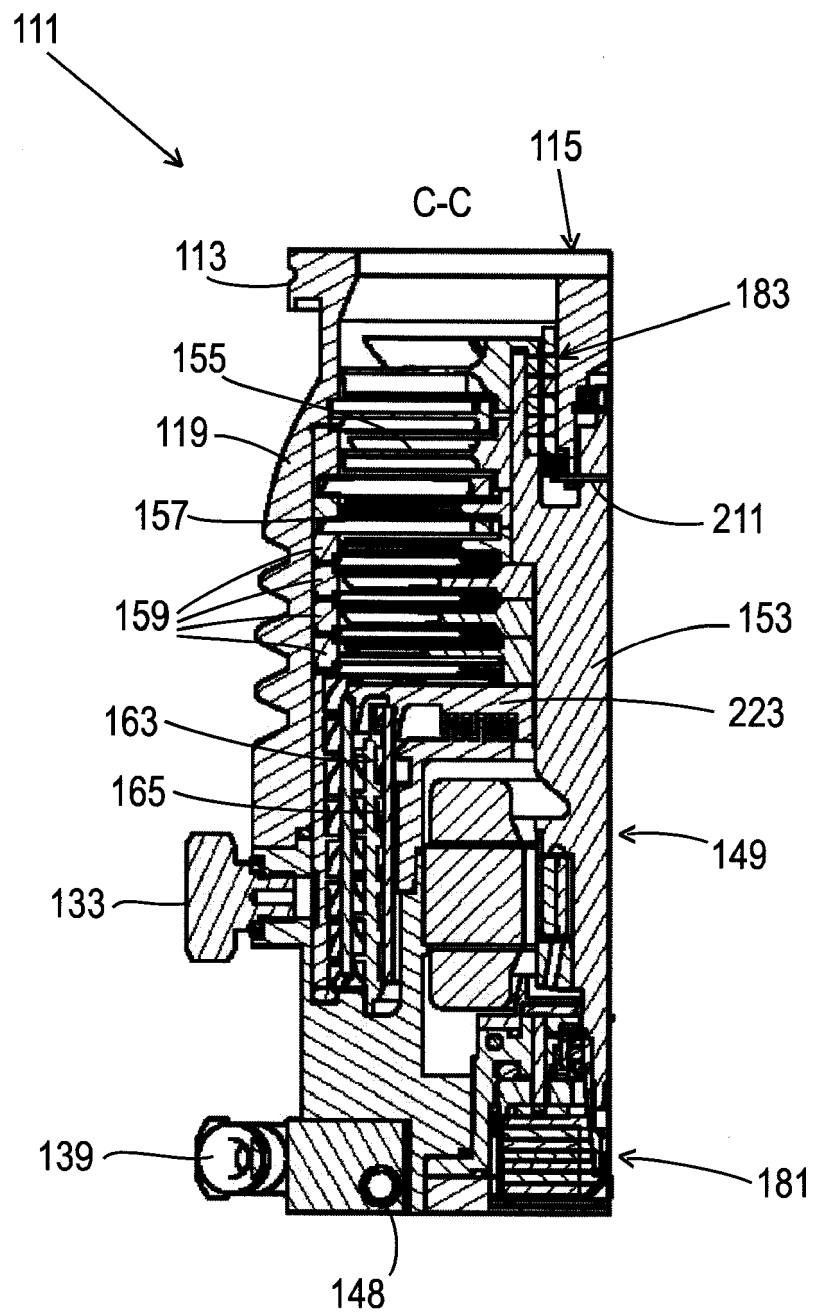


Fig. 5

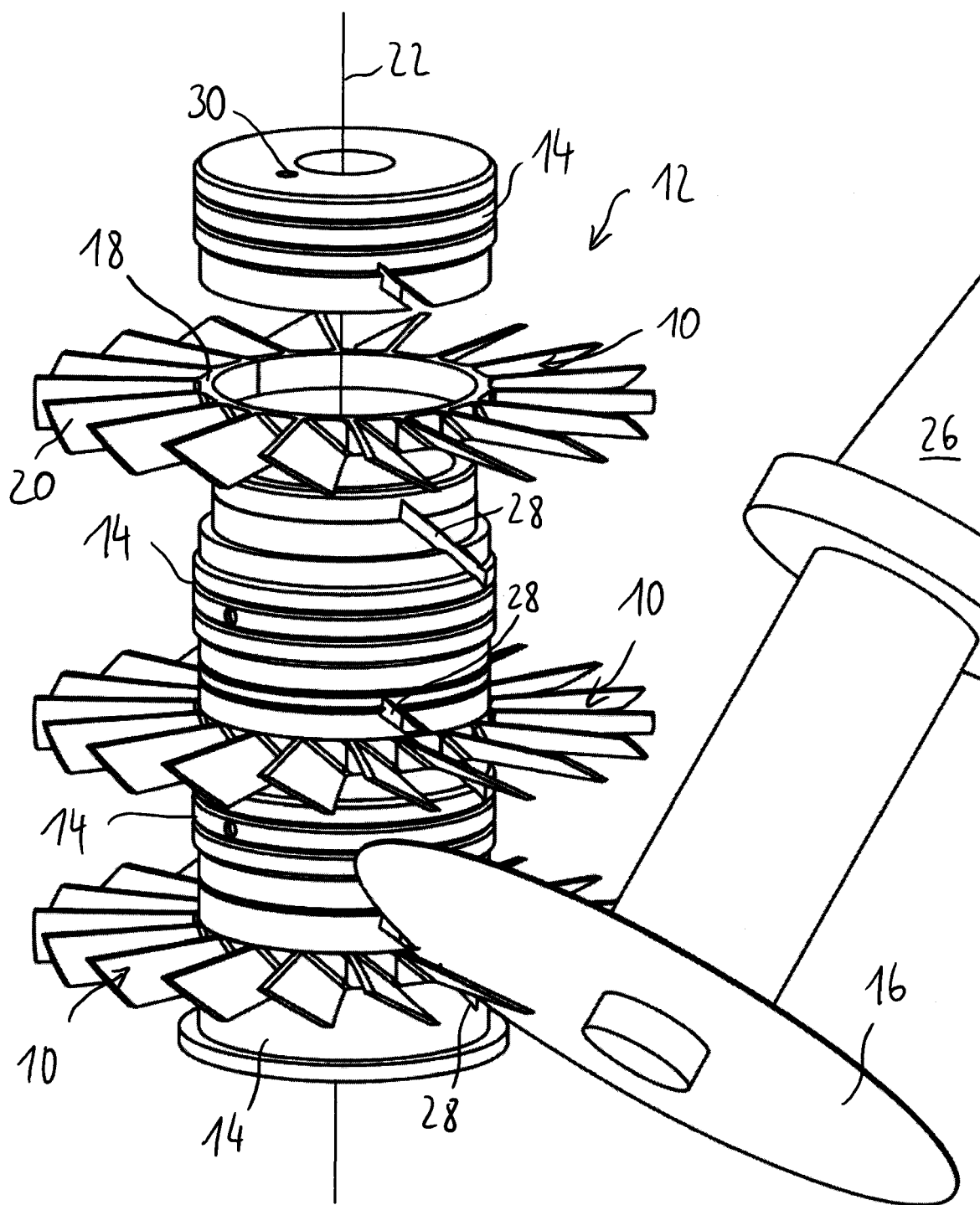


Fig. 6

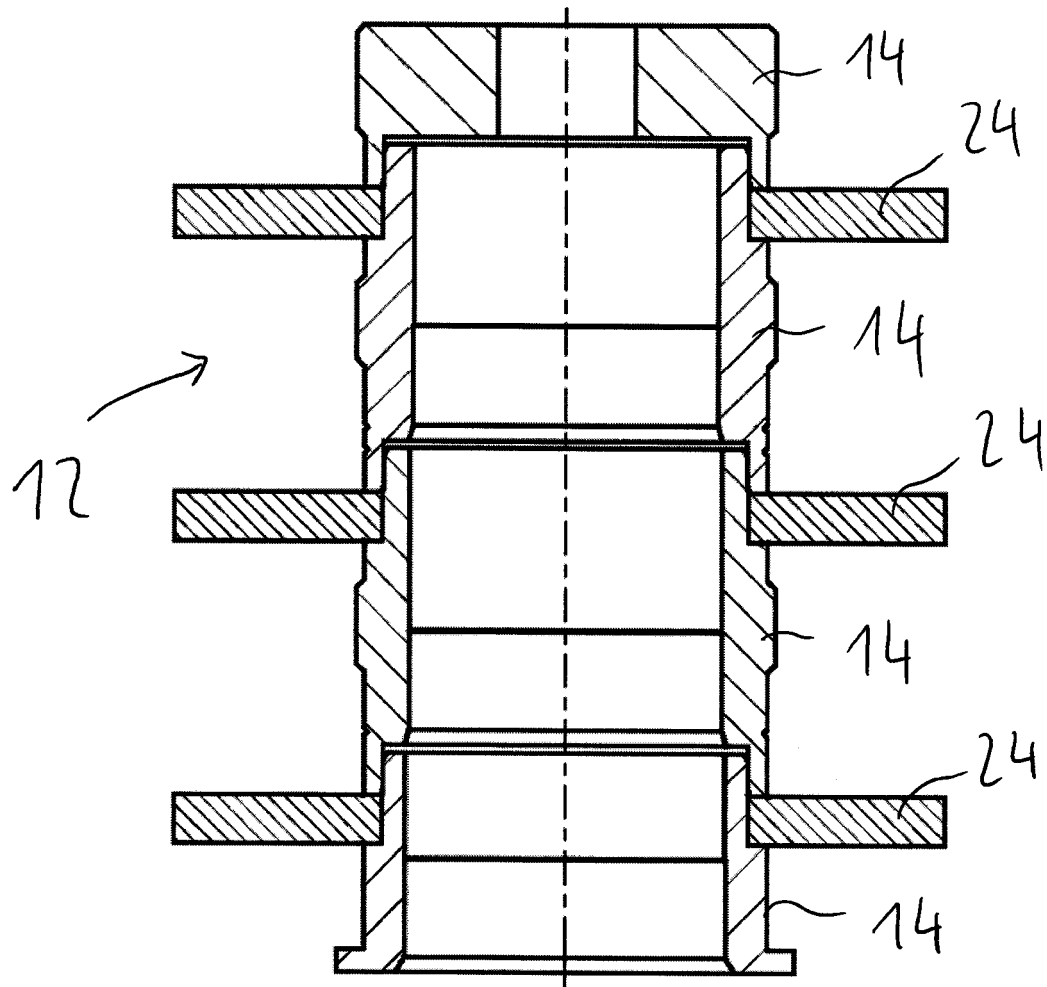


Fig. 7

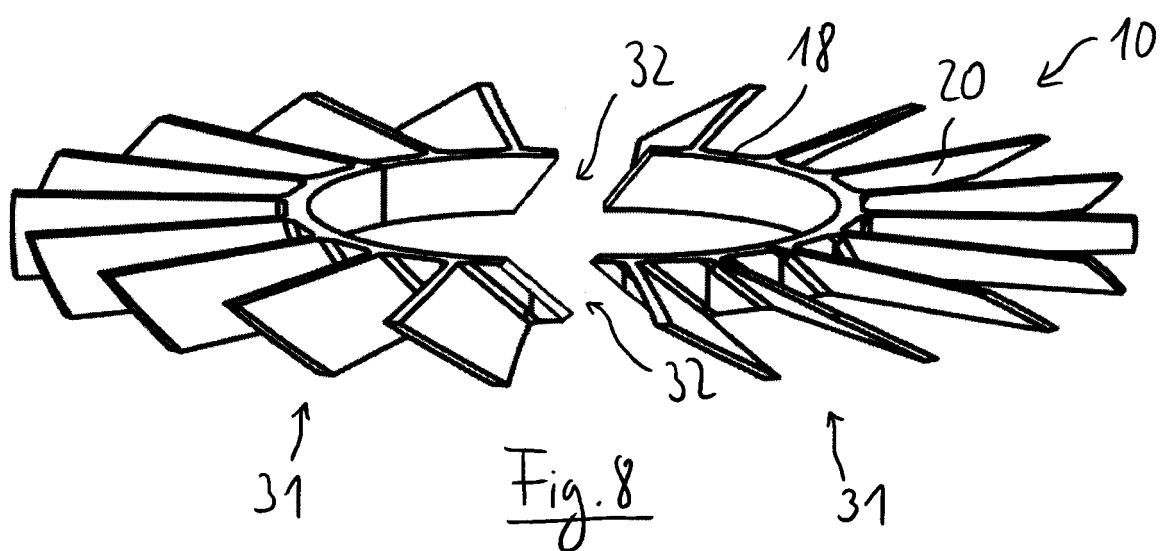


Fig. 8

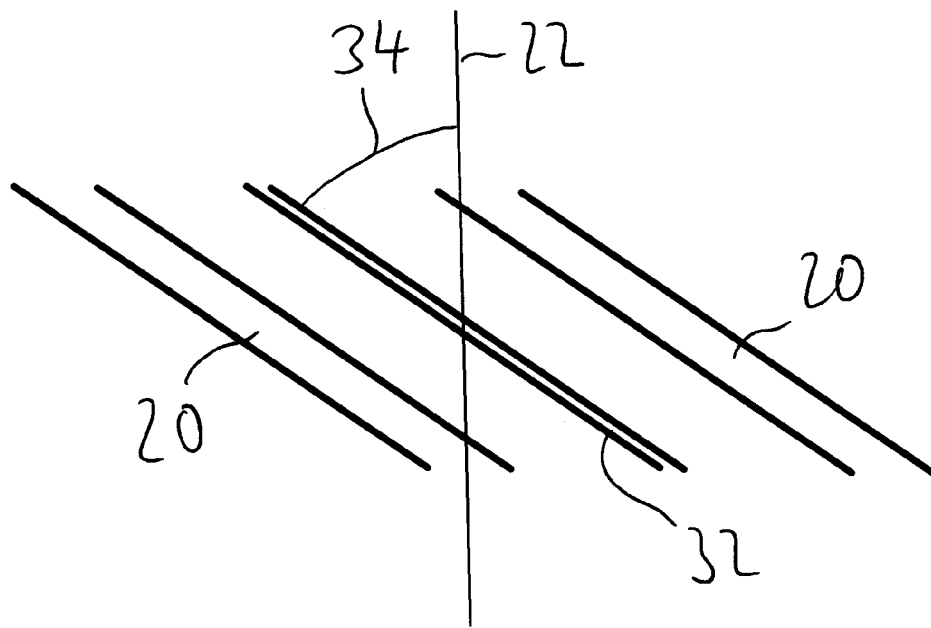


Fig. 9

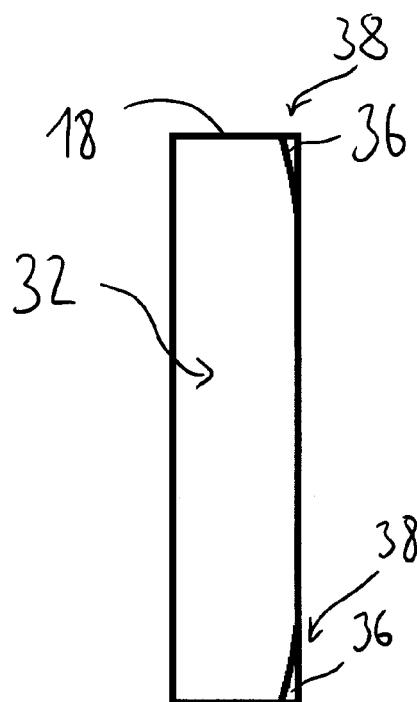


Fig. 10

Fig. 11

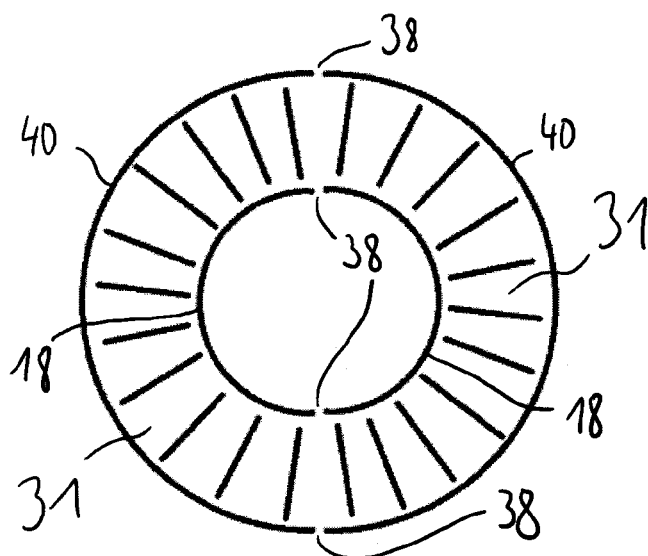


Fig. 12

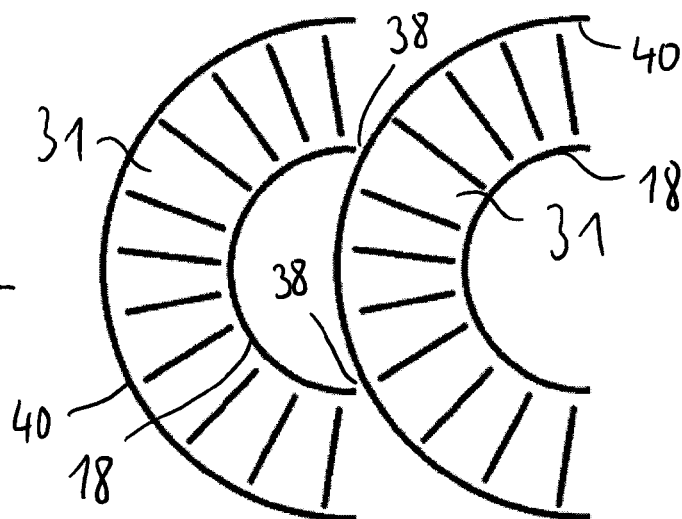
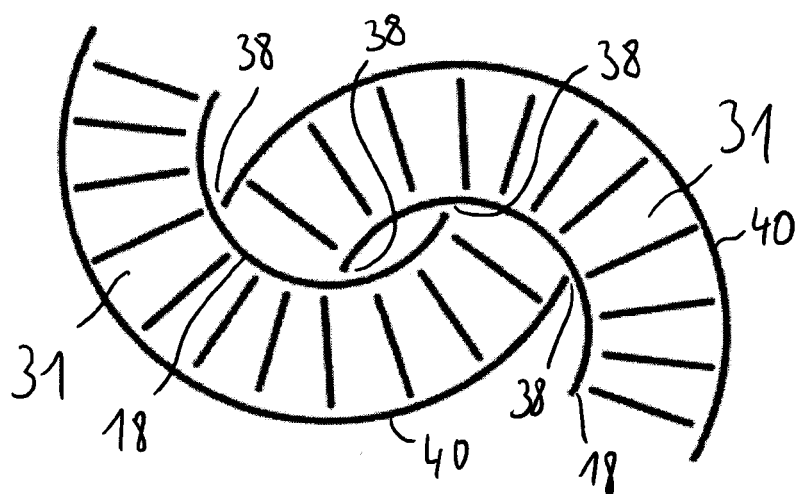


Fig. 13





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 17 6707

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 796 726 A1 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 29. Oktober 2014 (2014-10-29)	13-15	INV. F04D19/04 F04D29/54 F04D29/64
A	* Absätze [0045] - [0047]; Abbildungen 1,2 *	1-12	

A	EP 2 019 208 A1 (EDWARDS JAPAN LTD [JP]) 28. Januar 2009 (2009-01-28) * Absätze [0013] - [0017]; Abbildungen 3a,3b,5,7c *	1-15	

A	JP S62 173594 U (KYOTO CITY SHIMADZU CORPORATION) 4. November 1987 (1987-11-04) * Abbildungen 7,8 *	1-15	

A	EP 2 458 222 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 30. Mai 2012 (2012-05-30) * Absätze [0018] - [0030]; Abbildungen 1-14 *	1-15	

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 13. Oktober 2020	Prüfer Nobre Correia, S
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 17 6707

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13-10-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
15	EP 2796726	A1	29-10-2014	CN	104110392 A	22-10-2014
				DE	102013207269 A1	23-10-2014
				EP	2796726 A1	29-10-2014
				JP	6040195 B2	07-12-2016
				JP	2014214745 A	17-11-2014
				US	2014314554 A1	23-10-2014

20	EP 2019208	A1	28-01-2009	EP	2019208 A1	28-01-2009
				JP	2007309245 A	29-11-2007
				KR	20090015052 A	11-02-2009
				US	2009257889 A1	15-10-2009
				WO	2007135883 A1	29-11-2007

25	JP S62173594	U	04-11-1987	KEINE		

	EP 2458222	A2	30-05-2012	DE	102010052660 A1	31-05-2012
				EP	2458222 A2	30-05-2012

30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82