

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen einer Statorstufe für eine Turbomolekularpumpe, auf eine Turbomolekularpumpen-Statorstufe und auf eine Turbomolekularpumpe.

[0002] Eine Statorstufe für eine Turbomolekularpumpe besteht aus einem Außenring und einem Innenring, wobei zwischen den beiden Ringen mehrere Statorschaufeln befestigt sind. Zur Herstellung einer Statorstufe werden alternativ im wesentlichen zwei Verfahren angewandt. Beim spanabhebenden Verfahren wird die gesamte Statorstufe einschließlich der Statorschaufeln, aus einem massiven Metallkörper herausgefräst. Beim nicht-spanabhebenden Verfahren wird die Statorstufe aus einem Metallblech herausgestanzt und geprägt. Die Herstellung der Statorstufe durch Fräsen aus einem Metallkörper ist sehr aufwendig und kostenintensiv. Bei der Herstellung einer Statorstufe durch Stanzen und/oder Prägen eines Metallbleches ist die axiale Länge des Innenringes und des Außenringes stets gleich der Blechstärke. Zur Beanstandung mehrerer Rotorstufen voneinander müssen daher zwischen den Außenringen noch Distanzringe angebracht werden. Durch die geringe axiale Länge der Innenringe verschlechtert sich der Wirkungsgrad der Turbomolekularpumpe.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Herstellung einer Turbomolekularpumpen-Statorstufe bzw. eine Statorstufe zu schaffen, die eine preiswerte Herstellung, eine einfache Montage und einen guten Wirkungsgrad ermöglicht.

[0004] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1. bzw. 8 gelöst.

[0005] Bei dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren zum Herstellen einer Statorstufe für eine Turbomolekularpumpe werden folgende Verfahrensschritte ausgeführt:

Spanabhebendes Bearbeiten eines Scheibenrohlings unter Herausbildung eines Außenringes, eines Innenringes und einer Ringscheibe zwischen dem Außenring und dem Innenring,
Schneiden der Ringscheibe zur Ausbildung von Statorschaufeln zwischen dem Außenring und dem Innenring, und
Anwinkeln der Statorschaufeln im Verhältnis zur Radialebene der Ringscheibe.

[0006] Das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren besteht also aus einem spanabhebenden Verfahrensschritt und zwei nicht-spanabhebenden Verfahrensschritten. Durch den spanabhebenden Verfahrensschritt kann die axiale Länge des Außenringes, des Innenringes; sowie die axiale Dicke der Ringscheibe bzw. der hieraus gebildeten Statorschaufeln frei bestimmt und den konstruktiven Erfordernissen angepasst werden. Das spanabhebende Bearbeiten erfolgt bevorzugt durch Drehen eines Scheibenrohlings zur Herausbil-

dung des Außenringes, des Innenringes sowie der Ringfläche. Nach dem spanabhebenden Bearbeiten wird die Ringscheibe durch nicht-spanabhebendes Bearbeiten, nämlich durch Stanzen, Prägen und/oder Schneiden bearbeitet, um aus der Ringscheibe die Statorschaufeln zu formen. Das nicht-spanabhebende Bearbeiten zur Formung und Anwinklung der Statorschaufeln lässt sich in einem oder in zwei automatisierten und schnell 1 durchführbaren Arbeitsschritten realisieren.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren besteht aus einer intelligenten Kombination eines spanabhebenden Verfahrens zur Ausbildung des Außenringes der Ringscheibe und des Innenringes sowie eines schnellen nicht-spanabhebenden Verfahrensschrittes zur Ausbildung und Formung der Statorschaufeln.

[0008] Auf diese Weise lassen sich Statorstufen herstellen, die die für eine einfache Montage und Konstruktion erforderlichen verschiedenen axialen Längen des Außenringes und des Innenringes aufweisen, sowie die schnelle und preiswerte Herstellbarkeit der Statorschaufeln durch ein nicht spanabhebendes Bearbeitungsverfahren bieten.

[0009] Vorzugsweise worden durch das Schneiden Haltestege ausgebildet, die jede Statorschaufel an dem Außenring und dem Innenring halten. Die Statorschaufel ist also nicht über ihre gesamte Breite in Umfangsrichtung an dem Innenring bzw. dem Außenring befestigt, sondern über einen Haltesteg, der in Umfangsrichtung eine geringere Breite aufweist als die Statorschaufel. Wie Untersuchungen ergeben haben, ist der Spalt, der hierbei zwischen der Statorschaufel und dem Innenring bzw. dem Außenring ggf. auftritt, praktisch unerheblich für die Pumpleistung. Die Ausbildung eines Haltesteges lässt eine relativ starke Anwinklung der Statorschaufeln im Verhältnis zur Radialebene zu.

[0010] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung erfolgt das Schneiden der Ringscheibe derart, dass die Haltesteg-Breite in Umfangsrichtung jeweils weniger als das 0,5-fache der Statorschaufel-Breite in Umfangsrichtung ist. Die Statorschaufel ist am Innenring wie am Außenring jeweils nur über maximal das 0,5-fache ihres Außen- bzw. Innenumfanges unmittelbar an dem Außenring bzw. Innenring befestigt. Der nicht befestigte Abschnitt der Statorschaufel kann im Verhältnis zur Radialebene angewinkelt werden. Je geringer die Haltestegbreite in Umfangsrichtung ist, desto größer ist die Statorschaufelfläche, die angewinkelt, d. h. geneigt werden kann.

[0011] Vorzugsweise wird der Scheibenrohling derart spanabhebend bearbeitet, dass die axiale Länge des Außenringes größer als die des Innenringes ist, so dass der Außenring einen Distanzring aufweist. Bei der Montage mehrerer Statorstufen zu einem Stator entfällt die Notwendigkeit, separate Distanzringe zur axialen Beabstandung zweier Statorstufen voneinander zu montieren. Hierdurch wird die Montage erheblich vereinfacht und werden die Montagekosten reduziert.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des

erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Scheibenrohling derart spanabhebend bearbeitet, dass die axiale Dicke der Ringscheibe geringer als die axiale Länge des Innenringes ist. Dadurch, dass der Innenring eine gewisse axiale Länge aufweist, kann ein kleiner axialer Ringspalt zwischen der Statorstufe und den benachbarten Rotorstufen im Bereich des Innenringes realisiert werden. Hierdurch wird der Wirkungsgrad der betreffenden Stator und Rotorstufen verbessert.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das spanabhebende Bearbeiten des Scheibenrohlings derart, dass der Außenring, die Ringscheibe und der Innenring zusammen im Querschnitt U-, N- oder H-förmig sind. Die Statorschaufeln werden vorzugsweise derart angewinkelt, dass sie axial im wesentlichen nicht über den Innenring hinausragen. Bei U-förmigem Statorstufen-Querschnitt werden die Statorstufen daher ausschließlich in eine Richtung angewinkelt, während bei N- und H-förmigem Statorstufen Querschnitt die Statorschaufeln bzw. Bereiche der Statorschaufeln in beide axiale Richtungen angewinkelt werden können.

[0014] Vorzugsweise wird die Ringscheibe derart geschnitten, dass zwischen den Haltestegen einer Statorschaufel ein neutraler Streifen gebildet wird, der in einem Winkel α von mindestens 3° zur Radialen verläuft. Durch die nichtradiale Anordnung des neutralen Streifens ist dieser mindestens geringfügig länger als der radiale Abstand des Innenringes von dem Außenring. Beim bzw. nach dem Anwinkeln der Statorschaufeln können hierdurch verursachte geringfügige Verkürzungen des neutralen Streifens durch eine Verkleinerung des Winkels α ausgeglichen werden, so dass der neutrale Streifen in radialer Richtung annähernd spannungsfrei bleibt.

[0015] Gemäß einem nebengeordnetem Patentanspruch weist die Turbomolekularpumpen-Statorstufe einen Innenring und einen Außenring auf, dessen axiale Länge größer als die des Innenringes ist. Ferner sind zwischen dem Außenring und dem Innenring mehrere Statorschaufeln vorgesehen, wobei der Innenring, die Statorschaufeln und der Außenring einstückig miteinander ausgebildet sind. Jede Statorschaufel ist jeweils mit einem radialen Haltesteg mit dem Innenring und dem Außenring verbunden, wobei die Haltesteg-Breite in Umfangsrichtung jeweils weniger als das 0,5-fache der Statorschaufelbreite in Umfangsrichtung beträgt. Die Statorschaufeln sind nicht über ihre gesamte Umfangslänge mit dem Innen- und/oder dem Außenring verbunden, sondern nur mit einem Teil ihres Außen- bzw. Innenumfangs. Hierdurch wird die Ausbildung der Statorschaufeln durch ein nichtmaterialabhebendes Verfahren ermöglicht. Wie Versuche gezeigt haben, wird trotz des unvermeidbaren Spaltes zwischen den Statorschaufeln und dem Innen- und Außenring der Wirkungsgrad der Statorstufe nicht verschlechtert.

[0016] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung weist der Außenring integriert einen axialen Distanzring

auf, so dass die axiale Länge des Außenringes größer als die des Innenringes ist. Hierdurch ist bei der Montage der Statorringe zu einem Stator die Montage eines separaten Distanzringes entbehrlich, so dass die Montage vereinfacht ist.

[0017] Vorzugsweise weist jede Statorschaufel zwischen den beiden Haltestegen einen die Haltestege verbindenden neutralen Streifen auf, der in einem Winkel von mindestens 3° zur Radialen verläuft. Durch die nicht exakt radiale Anordnung des die beiden Haltestege verbindenden neutralen Streifens wird vermieden, dass während und nach dem Anwinkeln der Statorschaufeln aufgrund der unvermeidlichen Verkürzung des neutralen Streifens eine Spannungserhöhung in radialer Richtung innerhalb der Statorschaufeln auftritt.

[0018] Vorzugsweise ist die axiale Dicke der Statorschaufeln geringer als die axiale Länge des Innenringes. Hierdurch wird ermöglicht, dass die angewinkelten Statorschaufeln nicht oder nur geringfügig axial über den Innenring hinausragen. Der Außenring, die Ringscheibe und der Innenring weisen im Querschnitt zusammen einen U-, N- oder H-förmigen Querschnitt auf.

[0019] Im folgenden werden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen drei Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert.

[0020] Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine Hälfte einer Turbomolekularpumpe mit mehreren Statorstufen und Rotorstufen,

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Statorstufe der Turbomolekularpumpe der Fig. 1 im Querschnitt,

Fig. 3 eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Statorstufe im Querschnitt,

Fig. 4 eine dritte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Statorstufe im Querschnitt,

Fig. 5 eine Draufsicht auf die Statorstufe in der Fig. 4, und

Fig. 6 eine vergrößerte Darstellung eines Teiles der Statorstufe der Fig. 5.

[0021] In Fig. 1 sind mehrere Stufen einer Turbomolekularpumpe 10 im Längsschnitt dargestellt. Die Turbomolekularpumpe 10 besteht im wesentlichen aus einem Stator 12 und einem Rotor 14. Der Stator 12 setzt sich in axialer Richtung aus mehreren Statorstufen 16 zusammen, zwischen denen jeweils Rotorstufen 18 angeordnet sind. Jede Rotorstufe 18 wird im wesentlichen gebildet von einem Rotorinnenring 20 und davon befestigten Rotorscheaufeln 22.

[0022] Jede Statorstufe 16 besteht im wesentlichen aus einem umlaufenden Außenring 26, einem ebenfalls umlaufenden Innenring 28 und zwischen dem Außen-

ring 26 und dem Innenring 28 aus Statorschaufeln 30, die aus einer Ringscheibe 30' geformt werden. Der Querschnitt der in den Fig. 1 und 2 dargestellten Statorstufe 16 ist annähernd U-förmig, wobei die axiale Länge D des Innenringes 28 geringer ist als die axiale Länge C des Außenringes 26 und die axiale Dicke E der Statorschaufeln 30 bzw. der Ringscheibe 30' wesentlich geringer ist als die axiale Länge des Innenringes 28.

[0023] In den Fig. 3 und 4 sind zwei alternative Querschnittsformen einer Statorstufe 40, 50 dargestellt. In der rechten Hälfte der in den Fig. 24 dargestellten Statorstufen sind jeweils die Statorstufen-Rohlinge 16', 40', 50' dargestellt, wobei die Ringscheiben 30', 46', 56' jedoch noch nicht als Statorschaufeln 30, 46, 56 ausgebildet sind.

[0024] Die Statorstufe 40 der Fig. 3 hat einen annähernd H-förmigen Querschnitt. Zwischen dem Außenring 42 und dem Innenring 44 ist bei dem Statorstufen-Rohling 40' eine in einer Radialebene liegende Ringscheibe 46' angeordnet. Der Statorstufen-Rohling 40' wurde durch ein spanabhebendes Verfahren, nämlich durch Drehen aus einem Scheibenrohling hergestellt. Die Ringscheibe 46' ist ungefähr in der Mitte der axialen Länge des Innenringes 44 angeordnet.

[0025] Bei dem in Fig. 4 dargestellten Statorstufen-Rohling 50' sind aus der Ringscheibe 56' Statorschaufeln 56 herausgeprägt. Ein Außenring 52, ein Innenring 54 und die Ringscheibe 56', sind ungefähr N-förmig zueinander angeordnet.

[0026] In den Fig. 5 und 6 ist eine aus dem Statorstufen-Rohling 50' der Fig. 4 hergestellte Statorstufe 50 in Draufsicht dargestellt. Aus der Ringscheibe 56' des Statorstufen-Rohlings 50' der Fig. 4 sind durch Schneiden, Prägen und/oder Biegen Statorschaufeln 56 herausgebildet worden, die in Fig. 6 detaillierter dargestellt sind.

[0027] Die Statorschaufel 56 wird an ihren beiden radialen Endseiten jeweils von einem Haltesteg 60, 62 an dem Innenring 54 bzw. dem Außenring 52 gehalten. Die Haltestegbreite A, B der beiden Haltestege 60, 62 ist geringer als das 0,5-fache, insbesondere als das 0,3-fache der Statorschaufel-Breite A', B' in Umfangsrichtung.

[0028] Zwischen den beiden Haltestegen 60, 62 ist ein neutraler Streifen 66 gebildet, der nicht oder nicht stark in eine der beiden axialen Richtungen geneigt ist. Zu beiden Seiten des neutralen Streifens 66 ist ein ungefähr dreieckiger Schaufelteil 68, 70 gebildet, wobei ein Schaufelteil 68 in eine Axialrichtung abgeknickt und der andere Schaufelteil 70 in die andere Axialrichtung von dem neutralen Streifen 66 abgeknickt ist.

[0029] Die Statorstufe 50 ist in zwei Hälften 50₁, 50₂ geschnitten. Die Zerteilung der Statorstufe 50 ist erforderlich für eine einfache Montage der Statorstufe 50 von außen um die entsprechenden Rotorstufen herum.

[0030] Die Herstellung einer Statorstufe sei am Beispiel der in den Figuren 4 - 6 dargestellten Statorstufe 50 erklärt: Zunächst wird aus einem Metall Scheibenrohling durch spanabhebendes Drehen ein Innenring 54, ein Außenring 52 und dazwischen eine Ringscheibe

56' herausgebildet, die zusammen den Statorstufen-Rohling 50' bilden. Anschließend wird der Statorstufen-Rohling 50' durch ein oder mehrere nicht-spanabhebende Verfahrensschritte verformt: Die Ringscheibe 56' wird durch Schneiden, Stanzen und/oder Prägen derart bearbeitet, dass sich aus der Ringscheibe 56' Statorschaufeln 56 herausbilden, die von Haltestegen 60, 62 an dem Innenring 54 bzw. dem Außenring 52 gehalten werden. Bei kleinen Anstellwinkeln der Statorschaufeln 56 können die Statorschaufeln auch über ihre gesamte Breite mit dem Innen- und/oder Außenring verbunden sein, so dass kein (schmalerer) Haltesteg herausgebildet wird.

[0031] Durch die Kombination von spanabhebenden und nicht spanabhebenden Verfahrensschritten kann einerseits die gewünschte Abstufung des Innenringes, des Außenringes sowie der Ringscheibe, und andererseits die Ausbildung von Statorschaufeln auf schnelle und preiswerte Weise erfolgen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Statorstufe (50) für eine Turbomolekularpumpe, mit den Verfahrensschritten:

Spanabhebendes Bearbeiten eines Scheibenrohlings unter Herausbildung eines Außenringes (52), eines Innenringes (54) und einer Ringscheibe (56') zwischen dem Außenring (52) und dem Innenring (54),

Schneiden der Ringscheibe (56') zur Ausbildung von Statorschaufeln (56) zwischen dem Außenring (52) und dem Innenring (54), und

Anwinkeln der Statorschaufeln (56) im Verhältnis zur Radialebene der Ringscheibe (56').

2. Verfahren zum Herstellen einer Statorstufe (50) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Schneiden Haltestege (60, 62) ausgebildet werden, die jede Statorschaufel (56) an dem Außenring (52) und dem Innenring (54) halten.
3. Verfahren zum Herstellen einer Statorstufe (50) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ringscheibe (56') derart geschnitten wird, dass die Haltestegbreite A, B in Umfangsrichtung jeweils weniger als das 0,5-fache der Statorschaufel Breite A', B' in Umfangsrichtung ist.
4. Verfahren zum Herstellen einer Statorstufe (50) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Scheibenrohling derart spanabhebend bearbeitet wird, dass die axiale Län-

ge C des Außenringes (52) größer als die axiale Länge D des Innenringes (54) ist, so dass der Außenring (52) einen Distanzring umfasst.

5. Verfahren zum Herstellen einer Statorstufe (50),
nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Scheibenrohling derart spanabhebend bearbeitet wird, dass die axiale Dicke E der Ringscheibe (56') geringer als die axiale Länge D des Innenringes (54) ist. 5
6. Verfahren zum Herstellen einer Statorstufe (50)
nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Scheibenrohling derart spanabhebend bearbeitet wird, dass der Außenring (26;42;52), die Ringscheibe (30';46';56') und der Innenring (28;44;54) zusammen im Querschnitt U-, N- oder H-förmig sind. 10
7. Verfahren zum Herstellen einer Statorstufe (50)
nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Anwinkeln der Statorschaufeln (56) derart erfolgt, dass die Statorschaufeln (56) axial im wesentlichen nicht über den Innenring (54) hinausragen. 15
8. Turbomolekularpumpen Statorstufe (50) mit
einem Innenring (54) und einem Außenring (52),
dessen axiale Länge C größer als die axiale Länge
D des Innenringes (54) ist, und 20
mehreren Statorschaufeln (56) zwischen dem Außenring (52) und dem Innenring (54), wobei der Innenring (54), die Statorschaufeln (56) und der Außenring (52) einstückig miteinander ausgebildet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Statorschaufel (56) jeweils mit einem radialen Haltesteg (60,62) mit dem Innenring (54) und dem Außenring (52) verbunden ist, wobei die Haltestegbreite A,R in Umfangsrichtung jeweils weniger als das 0,5 fache der Statorschaufelbreite A', B' in Umfangsrichtung beträgt. 25
9. Turbomolekularpumpen-Statorstufe (50) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außenring (52) integriert einen axialen Distanzring aufweist, so dass die axiale Länge C des Außenringes (52) größer als die axiale Länge (D) des Innenringes (54) ist. 30
10. Turbomolekularpumpen Statorstufe (50) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Statorschaufel (56) zwischen den beiden Haltestegen (60,62) einen die Haltestege (60,62) verbindenden neutralen Streifen (66) aufweist, der in einem Winkel α von mindestens 3° zur Radialen verläuft. 35
11. Turbomolekularpumpen Statorstufe (50) nach ei- 40

nem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dicke E der Statorschaufeln (56) geringer als die axiale Länge D des Innenringes (54) ist.

12. Turbomolekularpumpen-Statorstufe (50) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Statorschaufeln (56) axial nicht über die Länge D des Innenringes (54) hinausragen. 45
13. Turbomolekularpumpen-Statorstufe (50) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außenring, die Ringscheibe und der Innenring zusammen einen U-, N- oder H-förmigen Querschnitt aufweisen. 50

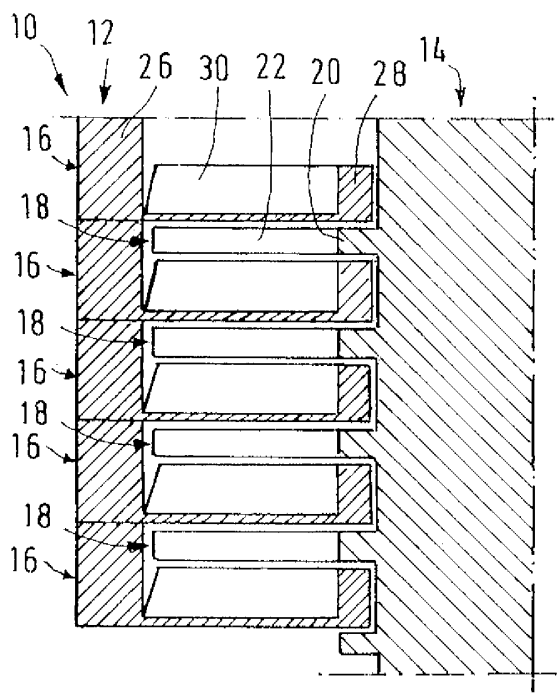


Fig.1

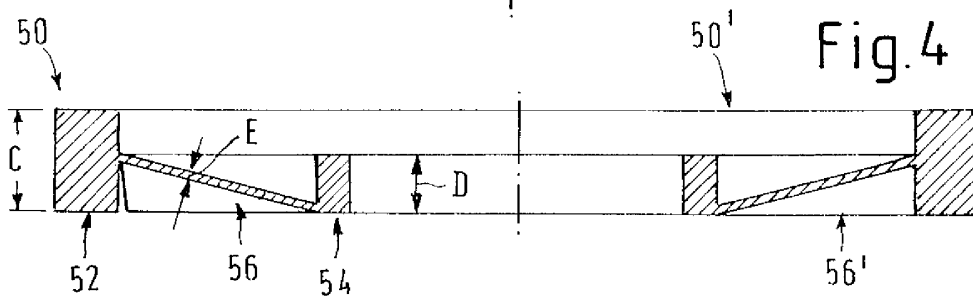


Fig.4

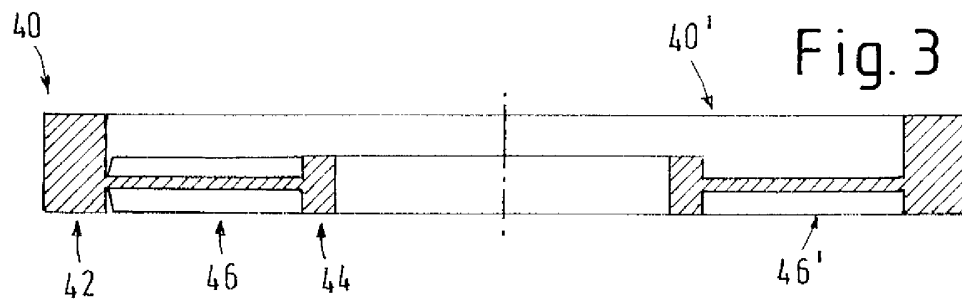


Fig. 3

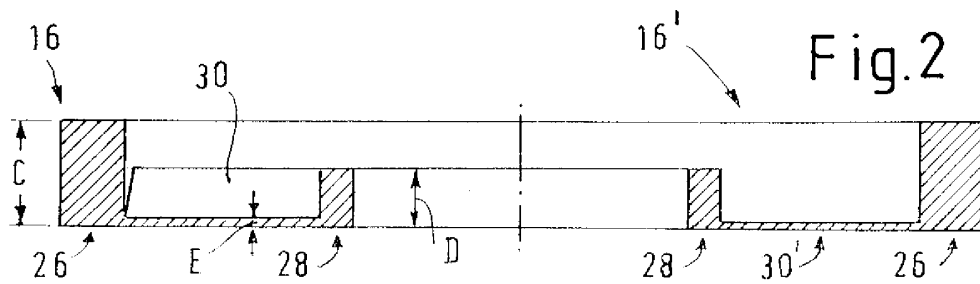


Fig.2

Fig.5

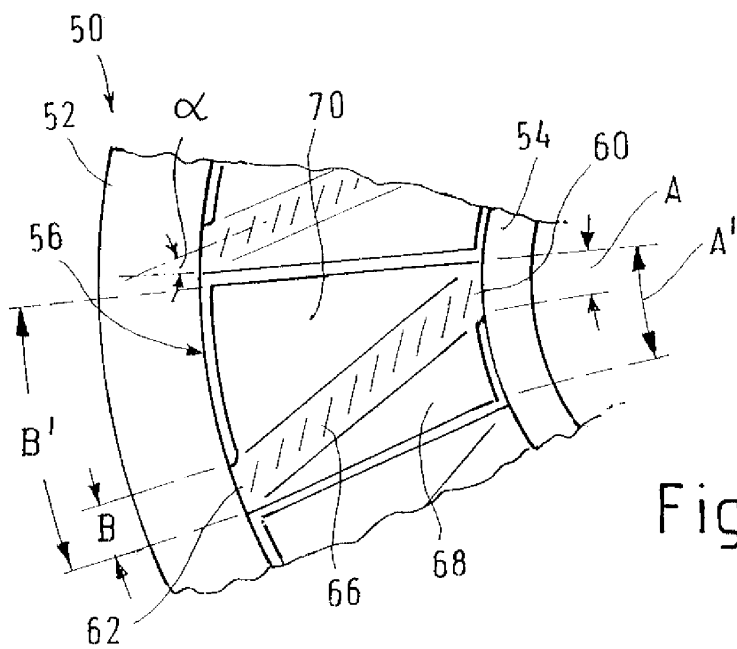
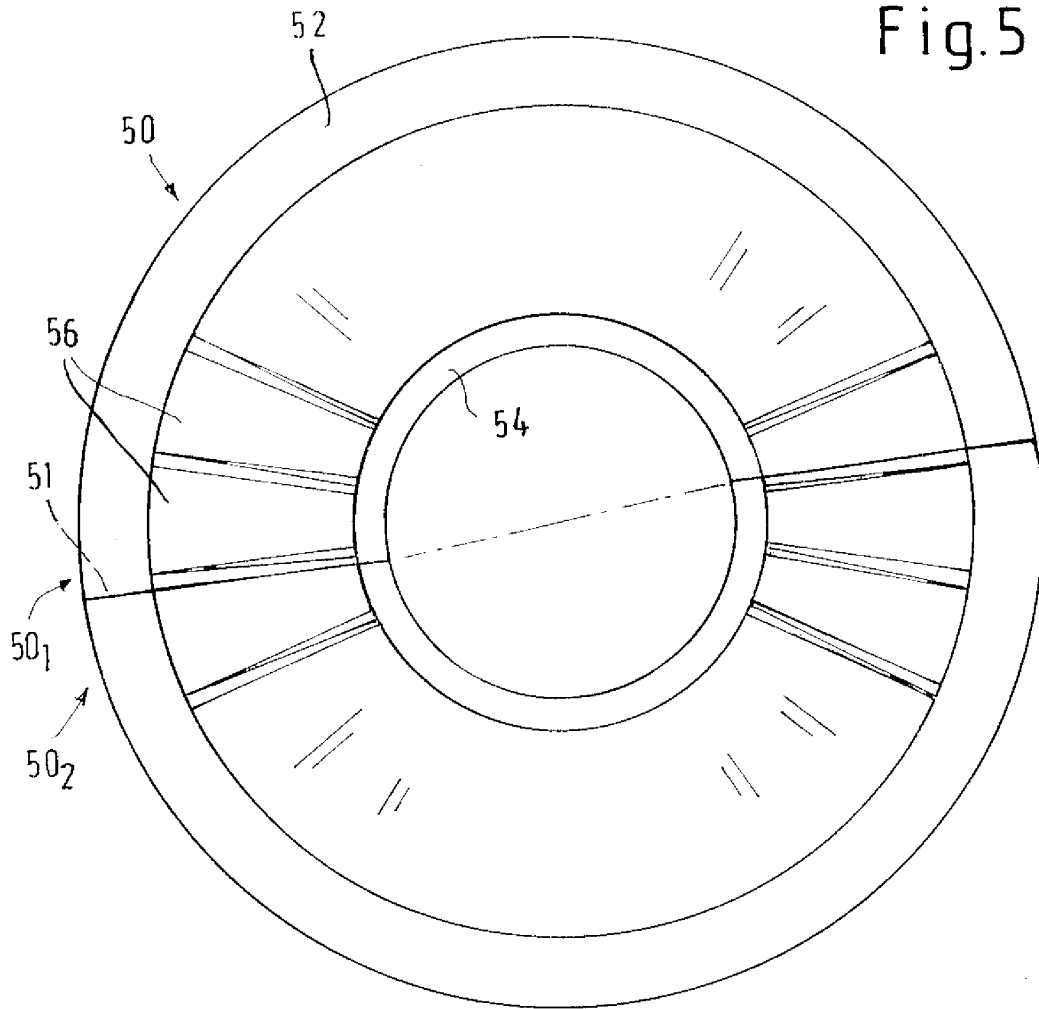


Fig.6