

Rotorscheibe sowie Rotor für eine Vakuumpumpe

Die Erfindung betrifft eine Rotorscheibe für eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularpumpe, sowie einen Rotor, der derartige Rotorscheiben aufweist.

Vakuumpumpen, wie insbesondere Turbomolekular-Vakuumpumpen, weisen eine in einem Pumpengehäuse gelagerte Rotorwelle auf. Die insbesondere von einem Elektromotor angetriebene Rotorwelle trägt einen Rotor, der von einem in dem Pumpengehäuse angeordneten Stator umgeben ist. Insbesondere Turbomolekularpumpen weisen mehrere Rotorscheiben auf. Die einzelnen Rotorscheiben weisen mehrere Rotorflügel auf. Zwischen benachbarten Rotorscheiben sind jeweils Statorscheiben des den Rotor umgebenden Stators angeordnet, wobei die Statorscheiben ebenfalls Statorflügel aufweisen.

Es ist bekannt, den Rotor einer Turbomolekularpumpe einstückig herzustellen. Hierbei werden die einzelnen Rotorscheiben, insbesondere durch Fräsen, aus dem Vollen hergestellt. Hierbei handelt es sich um ein äußerst langwieriges und teures Verfahren. Die Statorscheiben sind bei derartigen Rotoren meist zweiteilig, so dass diese von außen zwischen zwei benachbarte Rotorscheiben eingesetzt werden können.

Des Weiteren ist es aus DE 10 2007 048 703 bekannt, einen Rotor für eine Turbomolekularpumpe aus einzelnen Rotorscheiben zusammenzusetzen. Hierbei sind die einzelnen Rotorscheiben, die insbesondere jeweils eine Ebene an Rotorflügeln aufweisen, über Armierungsringe miteinander verbunden. Die Armierungsringe umgeben hierbei jeweils einen Innenring der Rotorscheibe. Ein aus mehreren Rotorscheiben aufgebauter Rotor einer Vakuumpumpe wird durch mechanische Fügeverfahren hergestellt. Hierzu weist der Innenring der Rotorscheibe gegenüber dem Armierungsring ein Übermaß auf. Das Fügen erfolgt sodann durch Aufheizen bzw. Kühlen der miteinander zu fügenden Bauteile und anschließendes Verpressen. Dies weist den Nachteil auf, dass durch den Fügeprozess Spannungen in den Innenring bzw. die Nabe der Rotorscheibe eingebracht werden. Weitere Spannungen treten aufgrund der hohen Fliehkräfte sowie auch der thermisch unterschiedlichen Ausdehnungen von Rotorscheibe und Armierungsring im Betrieb auf.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Rotorscheibe sowie einen mehrere Rotorscheiben aufweisenden Rotor zu schaffen, bei dem das Auftreten von Spannungen, insbesondere am Innenring der Rotorscheibe, verringert ist.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch eine Rotorscheibe gemäß Anspruch 1 bzw. einen Rotor gemäß Anspruch 4.

Die erfindungsgemäße Rotorscheibe für eine Vakuumpumpe und insbesondere für eine Turbomolekularpumpe weist einen vorzugsweise im Wesentlichen zylindrisch ausgebildeten Innenring auf. Dieser ist mit sich radial nach außen erstreckenden Flügelementen verbunden und insbesondere einstückig ausgebildet. Erfindungsgemäß weist der Innenring mindestens eine Dehnungsfuge bzw. einen Schlitz auf. Das Vorsehen einer derartigen Dehnungsfuge weist den Vorteil auf, dass hierdurch thermische Spannungen ausgeglichen werden können. Aufgrund des Vorsehens des Schlitzes ist das Auftreten von Tangentialspannungen reduziert oder ggf. sogar vollständig vermieden. Insbesondere im äußeren Bereich des Innenrings, d.h.

insbesondere an den Übergängen zwischen dem Innenring und den Flügelementen, ist das Auftreten von Tangentialspannungen durch das erfindungsgemäße Vorsehen einer Dehnfuge zumindest deutlich reduziert. Hierdurch ist vorzugsweise ein Betrieb eines aus derartigen Rotorscheiben aufgebauten Rotors mit höheren Drehzahlen möglich.

Die Dehnungsfuge bzw. der Schlitz erstreckt sich vorzugsweise parallel zu den Flügeln über die gesamte Breite des Innenrings. Der Innenring der Rotorscheibe ist somit vollständig geschlitzt. Besonders bevorzugt ist es, dass der Schlitz bzw. die Dehnungsfuge geneigt ist. Insbesondere ist die Neigung derart ausgebildet, dass ein Beschädigen der Flügelemente durch den Schlitz vermieden ist. In besonders bevorzugter Ausführungsform ist die Dehnungsfuge bzw. der Schlitz daher schräg angeordnet und weist insbesondere die Neigung des Flügels auf. Relevant ist bei einer sich ändernden Neigung des Flügels die Flügelneigung im Bereich des Flügelfußes, d.h. im Übergangsbereich der Verbindung der Flügelemente mit dem Innenring.

In einer bevorzugten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Rotorscheibe können auch mehrere Dehnungsfugen bzw. mehrere Schlitze vorgesehen sein. Vorzugsweise sind die Dehnungsfugen gleichmäßig am Umfang des Innenrings verteilt angeordnet. Hierbei können die einzelnen Innenring-Segmente ggf. jeweils nur ein Flügelement tragen, so dass ein aus einer Vielzahl von Innenring-Segmenten zusammengesetzter Innenring vorgesehen ist. Die einzelnen Innenring-Segmente können durch Verbindungselemente miteinander verbunden sein. Beispielsweise können in den Schlitten bzw. Dehnungsfugen aus einem Elastomer hergestellte Verbindungselemente vorgesehen sein. Außerdem ist ein Verbinden der einzelnen Innenring-Segmente bei der Montage zu einem Rotor möglich. Durch die Segmentierung des Innenrings wird die Neigung zur Unwucht durch einseitiges Dehnen reduziert bzw. unterbunden. Ferner hat das Vorsehen mehrerer, insbesondere gleichmäßig am Umfang verteilt angeordneter Dehnungsfugen den Vorteil,

dass die Spannungen besser ausgeglichen werden und die Verformung einzelner Segmente jeweils kleiner ist als die Verformung eines gesamten Ringsegments mit nur einem Schlitz.

Bei einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Rotorscheibe sind die Flügelemente im Bereich des Flügelfußes d.h. im Übergangsbereich zwischen den Flügelementen und dem Innenring verjüngt. Insbesondere ist die Verjüngung durch sowohl an der Oberseite als auch an der Unterseite vorgesehene Ausnehmungen realisiert. Diese Ausnehmungen sind vorzugsweise spiegelsymmetrisch ausgebildet, um Unwuchten zu vermeiden. Die Ausnehmungen sind somit spiegelsymmetrisch zu einer Mittellinie der Flügelemente bzw. zu einer mittleren Flügelebene. Das Vorsehen einer Verjüngung der Flügelemente im Bereich des Flügelfußes hat positive Auswirkungen auf gegebenenfalls auftretende Schwingungen der Flügelemente. Dies ist insbesondere in montiertem Zustand vorteilhaft.

Ferner betrifft die Erfindung einen Rotor für eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularpumpe. Der Rotor weist mehrere in Längsrichtung des Rotors bzw. in Längsrichtung einer Rotorwelle angeordnete Rotorscheiben auf, die vorzugsweise wie vorstehend beschrieben ausgebildet sind.

Vorzugsweise ist der mindestens eine Innenring von einem Haltering zur Fixierung umgeben. Bei dem Haltering handelt es sich insbesondere um einen Armierungsring, der vorzugsweise aus faserverstärktem Kunststoff, wie CFK, hergestellt ist. Vorzugsweise sind die Halteringe zumindest teilweise derart ausgebildet und angeordnet, dass ein Haltering jeweils zwei benachbarte Innenringe der Rotorscheiben umgibt. Hierbei umgibt der Haltering zwei benachbarte Innenringe in Längsrichtung jeweils teilweise. Insbesondere ist ein Innenring in bevorzugter Ausführungsform somit durch zwei Halteringe fixiert. Die Halteringe ragen in Längsrichtung jeweils teilweise über den Innenring. Insbesondere ist ein Teil des Innenrings in Längsrichtung hierbei nicht von einem Haltering umgeben, wobei in diesem Bereich des Innenrings

die Flügelemente mit dem Innenring verbunden, insbesondere einstückig ausgebildet sind.

Bei der bevorzugten Weiterbildung der Rotorscheibe, bei der die Flügelemente am Flügelfuß verjüngt sind, kann durch das Vorsehen des Halterings eine Dämpfung erfolgen. Die Flügelemente werden je nach Betriebszustand gegebenenfalls in Schwingungen versetzt. Diese Schwingungen können durch den Haltering reduziert werden. Der Haltering hat bei dieser Ausführungsform somit die Zusatzfunktion eines Dämpfers.

Besonders bevorzugt ist es, dass der Haltering die die Verjüngung ausbildenden Ausnehmungen überdeckt. Ein Teil des Halterings liegt somit an der Oberseite bzw. Unterseite der Flügelemente an. Hierdurch kann eine gute Dämpfung von Schwingungen der Flügelemente realisiert werden. Besonders bevorzugt ist es bei dieser Ausführungsform, dass die Halteringe faserverstärkten Kunststoff aufweisen, wobei es besonders bevorzugt ist, die Halteringe als CFK-Rohre auszubilden.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, bei der die Innenringe mehrteilig ausgebildet sind, ist vorzugsweise innerhalb des Innenrings ein Spannelement vorgesehen. Das Spannelement drückt hierbei die einzelnen Innenring-Segmente gegen den Haltering, so dass eine definierte Lage der Innenring-Segmente gewährleistet ist.

Es ist möglich, dass die Innenringe in Verbindung mit den Halteringen und ggf. zusätzlich mit den Spannelementen eine selbsttragende Konstruktion bilden. Bevorzugt ist es, zusätzlich ein Trägerelement innerhalb der Innenringe vorzusehen. Bei dem Trägerelement kann es sich um die Rotorwelle selbst oder ein mit der Rotorwelle zu verbindendes Element handeln. Ein derartiges mit der Rotorwelle zu verbindendes Element ist vorzugsweise als Hohlzylinder ausgebildet, so dass die Rotorwelle zumindest teilweise in den Hohlzylinder ragt, wobei der Hohlzylinder sodann die Innenringe trägt.

Das insbesondere als Hohlzylinder ausgebildete Trägerelement weist in bevorzugter Weiterbildung einen radial nach außen weisenden, vorzugsweise ringförmig ausgebildeten Halteansatz auf. Durch diesen ebenfalls stufenförmig ausgebildeten Halteansatz ist insbesondere die Lage eines in Längsrichtung äußeren Innenrings und/ oder eines in Längsrichtung äußeren Halterings definiert.

Des Weiteren kann das insbesondere als Hohlzylinder ausgebildete Trägerelement eine in Längsrichtung vorgesehene Öffnung aufweisen, die von einem Deckelelement zumindest teilweise verschlossen ist. Das Deckelelement kann hierbei dazu dienen, wiederum einen äußeren Innenring und/ oder einen äußeren Haltering zu fixieren. Hierbei kann das Deckelelement wiederum einen stufenförmigen radial nach außen weisenden Ansatz aufweisen. Das Deckelelement dient insbesondere zur lagegenauen Fixierung der Innenringe und der Halteringe auf dem Trägerelement.

Zur Montage eines eine Dehnungsfuge aufweisenden Innenrings ist es möglich, diese geringfügig zusammenzudrücken und in den Haltering einzusetzen, so dass die Innenringe aufgrund der Eigenspannung in dem Haltering fixiert sind. Bei mehrteiligen Innenringen sind die einzelnen Innenring-Segmente durch ein Spannelement gegen eine Innenseite der Halteringe gedrückt.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen näher erläutert:

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Draufsicht einer Rotorscheibe,

- Fig. 2 eine schematische Schnittansicht der in Fig. 1 dargestellten Rotorscheibe in Richtung der Pfeile II-II in Fig. 1,
- Fig. 3 eine schematische Schnittansicht eines Rotors, der mehrere der in den Fig. 1 und 2 dargestellten Rotorscheiben aufweist,
- Fig. 4 eine schematische Schnittansicht einer weiteren bevorzugten Ausführungsform eines mehrere Innenring-Segmente aufweisenden Rotors, und
- Fig. 5 eine vergrößerte Teil-Schnittansicht einer weiteren bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäß aufgebauten Rotors.

Eine erfindungsgemäße Rotorscheibe 10 weist einen Innenring 12 auf, an dessen Außenseite 14 mehrere gleichmäßig am Umfang verteilt angeordnete Flügelemente 16 angeordnet sind. Die Flügelemente 16 sind hierbei insbesondere einstückig mit dem Innenring 12 verbunden. Der Innenring 12 weist in Schnittansicht (Fig. 2) zwei im Wesentlichen zylindrisch ausgebildete Ringelemente 18 auf, wobei zwischen den beiden Ringelementen 18 jeweils die Flügelemente 16 mit dem Ringelement 12 verbunden sind.

Bei einer ersten bevorzugten Ausführungsform eines Rotors (Fig. 3) sind mehrere der in den Fig. 1 und 2 dargestellten Rotorscheiben in Längsrichtung 20 auf einem Trägerelement 22 angeordnet. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Trägerelement 22 hohlzylindrisch ausgebildet, so dass dies auf eine nicht dargestellte Rotorwelle aufgesteckt und auf dieser fixiert werden kann.

Das Trägerelement 22 weist an seinem in Fig. 3 unteren Ende einen gestuften Halteansatz 24 mit einer Stufe 26 auf. In Längsrichtung 22 sind auf einer Außenseite 28 des Trägerelements in Längsrichtung im dargestellten Ausführungsbeispiel fünf Rotorscheiben 10 angeordnet. Die Rotorscheiben 10

weisen jeweils einen Schlitz bzw. eine Dehnungsfuge 30 (Fig. 1) auf. In montiertem Zustand sind die Innenringe 12 der Rotorscheiben 10 von Halte- bzw. Armierungsringen 32 umgeben. Zur Montage werden die einen Schlitz 30 aufweisenden Innenringe 10 zusammengepresst und in die als geschlossene Ringe ausgebildeten Halteringe 32 eingefügt. Ein Haltering 32 umgibt hierbei jeweils zwei Ringelemente 18 zweier benachbarter Innenringe 12 mit Ausnahme der beiden äußeren Innenringe 12. Der in Fig. 3 untere Haltering 32 umgibt einerseits das Ringelement 18 des unteren Innenrings 12 sowie die Stufe 26 des Halteansatzes 24 des Trägerelements 22.

Die ggf. vormontierten Rotorscheiben 10 können zusammen mit den Halteringen 32 in Fig. 3 von oben auf das Trägerelement 22 aufgesteckt werden. Zwischen den Rotorscheiben 10 angeordnete Statorscheiben sind hierbei ggf. als geschlossene Ringe ausgebildet und werden bei der Montage der Rotorscheiben bereits zwischen diesen angeordnet. Ebenfalls ist es möglich, dass es sich um beispielsweise zweiteilige Statorscheiben handelt, die nach kompletter Montage des Rotors von außen zwischen zwei benachbarte Rotorscheiben 10 eingefügt werden.

Die in Fig. 3 obere Rotorscheibe 10 wird über einen oberen Haltering mit einem Deckelelement 34 verbunden. Hierzu weist das Deckelelement 34 einen Halteansatz 36 auf, der im dargestellten Ausführungsbeispiel ebenfalls eine Stufe 38 aufweist.

Der obere Haltering 32 liegt somit an dem Ringelement 18 des oberen Innenrings 12 und an der Stufe 38 des Halteansatzes 36 des Deckelelements 34 an. Der Deckel 34 ist in eine Öffnung 40 des als Hohlzylinder ausgebildeten Trägerelements 22 eingesetzt. Im dargestellten Ausführungsbeispiel weist der Deckel 34 eine Bohrung 42 auf. Durch diese kann beispielsweise mittels einer Schraube ein Fixieren des Rotors an einer Stirnseite einer in das Trägerelement 22 eingesetzten Rotorwelle erfolgen.

Auf den in Fig. 3 oberen Haltering 32 und den in Fig. 3 unteren Haltering 32 wirken im Betrieb nur die Kräfte einer Rotorscheibe. Es kann daher gegebenenfalls zweckmäßig sein, diese Halteringe anders auszugestalten, um insbesondere ein Verkippen der Rotorscheiben 10 aufgrund der auftretenden Spannungen und Belastungen zu vermeiden. Dies könnte beispielsweise durch Verringern, insbesondere Halbieren der Breite des oberen Halterings 32 und des unteren Halterings 32 erfolgen.

Bei der weiteren in Fig. 4 dargestellten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Rotors sind ähnliche oder identische Bauteile mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

Diese Ausführungsform weist den wesentlichen Unterschied auf, dass die Rotorscheiben nicht nur einen Schlitz 30 sondern mehrere Schlitz aufweisen, so dass einzelne Rotorsegmente bzw. Innenring-Segmente vorgesehen sind. Die einzelnen Rotorsegmente 42 bilden in zusammengesetzter Form sodann wiederum eine Rotorscheibe, die der Rotorscheibe 10 in ihrer Funktion entspricht. Um ein sicheres Anordnen der Innenring-Segmente der Rotorscheibensegmente 42 zu gewährleisten ist an der Innenseite der Innenringsegmente 44 eine Ausnehmung angeordnet, in der ein Spannelement 46 angeordnet ist. Das Spannelement ist insbesondere ringförmig ausgebildet. Im Übrigen erfolgt die Montage und Anordnung der einzelnen Elemente entsprechend der anhand Fig. 3 beschriebenen Ausführungsform.

Bei der weiteren in Fig. 5 dargestellten Ausführungsform sind ähnliche oder identische Bauteile mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet. Der wesentliche Unterschied dieser Ausführungsform besteht in der Ausgestaltung der Rotorscheiben. Diese weisen zunächst wiederum einen Innenring 12 auf, der mit den Flügelementen 16 verbunden ist. Anstelle des Innenrings 12 kann auch ein der Ausgestaltung des Innenrings 44 (Fig. 4) entsprechender Innenring vorgesehen sein. Im Bereich eines Flügelfußes 48, d.h. im Übergangsbereich zwischen dem Innenring 12 und dem Flügelement 16 ist

eine Verjüngung vorgesehen. Diese ist im dargestellten Ausführungsbeispiel je Flügelement 16 durch zwei einander gegenüberliegende Ausnehmungen 50 ausgebildet. Die Ausnehmungen 50 sind als umlaufende ringförmige rinnenartige Ausnehmungen ausgebildet. Die Ausnehmungen 50 sind zu einer Mittellinie 52 des Flügelements 16 spiegelsymmetrisch ausgestaltet.

Die radiale Breite der Halteringe 32, bei denen es sich insbesondere um CFK-Rohre handelt, ist derart gewählt, dass die Halteringe 32 die Ausnehmungen 50 vollständig überdecken. Insbesondere liegen die Halteringe 32 an einer Oberseite 54 und einer Unterseite 56 der Flügelemente an. Diese Anlage erfolgt vorzugsweise über mehrere Millimeter. Aufgrund der Anlage der Halteringe 32 an der Oberseite 54 sowie der Unterseite 56 der Flügelemente 16 wirken die Halteringe 32 zusätzlich als Dämpfungselemente.

Die Montage der in Fig. 5 dargestellten Ausführungsform erfolgt entsprechend der anhand Fig. 3 beschriebenen Montage.

Ansprüche

1. Rotorscheibe für eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularpumpe, mit

einem Innenring (12, 44) und

mehreren sich radial nach außen erstreckenden mit dem Innenring (12, 44) verbundenen Flügelementen (16),

dadurch gekennzeichnet, dass

der Innenring (12, 44) mindestens eine Dehnungsfuge (30) aufweist.
2. Rotorscheibe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich mindestens eine Dehnungsfuge (30) über die gesamte Breite des Innenrings (12, 44) erstreckt, wobei die Dehnungsfuge (30) vorzugsweise schräg, insbesondere entsprechend der Flügelneigung verläuft.
3. Rotorscheibe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Dehnungsfugen (30) gleichmäßig am Umfang des Innenrings (12, 44) verteilt vorgesehen sind.
4. Rotorscheibe nach einem der Ansprüche 1 -3, dadurch gekennzeichnet, dass die Flügelemente (16) am Flügelfuß (48) verjüngt sind.
5. Rotorscheibe nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Flügelemente (16) zur Verjüngung an einer Oberseite (54) und einer Unterseite (56) eine Ausnehmung (50) aufweisen, die vorzugsweise spiegelsymmetrisch ausgebildet sind.

6. Rotor für eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularpumpe, mit

mehreren in Längsrichtung (20) des Rotors angeordneten Rotorscheiben nach einem der Ansprüche 1 – 5.
7. Rotor nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch zumindest einen den Innenring (12, 44) umgebenden Haltering (32) zur Fixierung des Innenrings (12, 44).
8. Rotor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der Halteringe (32) die Innenringe (12, 44) zweier benachbarter Rotorscheiben (10, 42) umgibt.
9. Rotor nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Haltering (32) die am Flügelfuß (48) vorgesehene Verjüngung überdeckt.
10. Rotor nach einem der Ansprüche 7 - 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteringe (32) zur Schwingungsdämpfung an der Oberseite (54) und an der Unterseite (56) der Flügelemente (16) anliegen.
11. Rotor nach einem der Ansprüche 7 - 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteringe (32) faserverstärkten Kunststoff aufweisen und insbesondere als CFK-Rohr ausgebildet sind.
12. Rotor nach einem der Ansprüche 6 – 11, dadurch gekennzeichnet, dass bei mehrteiligen Innenringen (44) innerhalb des Innenrings ein Spannelement (46) vorgesehen ist.

13. Rotor nach einem der Ansprüche 6 – 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein die Innenringe (12, 44) tragendes Trägerelement (22) vorgesehen ist.
14. Rotor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägerelement (22) als Hohlzylinder ausgebildet ist.
15. Rotor nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägerelement (22) einen radial nach außen weisenden, insbesondere ringförmig ausgebildeten Halteansatz (24) aufweist.
16. Rotor nach einem der Ansprüche 13 – 15, dadurch gekennzeichnet, dass eine Öffnung (40) des Trägerelements (22) von einem Deckelelement (34) zumindest teilweise verschlossen ist, wobei durch das Deckelelement (34) vorzugsweise die Innenringe (12, 44) und ggf. die Halteringe (32) fixiert, insbesondere gegen den Halteansatz (24) gedrückt werden.