



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 17 039 T2** 2007.07.12

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 296 022 B1**

(51) Int Cl.⁸: **F01D 5/30** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 17 039.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 256 480.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **18.09.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.03.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **27.12.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.07.2007**

(30) Unionspriorität:

MI20011970 21.09.2001 IT

(84) Benannte Vertragsstaaten:

CH, DE, FR, GB, LI, NL

(73) Patentinhaber:

Nuovo Pignone Holding S.p.A., Florence, IT

(72) Erfinder:

Pinzauti, Massimo, 50134 Florence, IT;

Giovangrossi, Giacomo, 50143 Florence, IT;

Anichini, Alessio, 50055 Lastra A Signa, Florence, IT

(74) Vertreter:

Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(54) Bezeichnung: **Schaufelblattfuss- und Scheibennutkontur**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine verbesserte Verbindung von Laufschaufeln mit einer Rotorscheibe einer Gasturbine.

[0002] Bekanntermaßen sind Gasturbinen Maschinen, welche aus einem Verdichter und einer Turbine mit einer oder mehreren Stufen bestehen, wobei diese Komponenten miteinander über eine drehbare Welle verbunden sind, und wobei zwischen dem Verdichter und der Turbine eine Brennkammer vorgesehen ist. Das von der Brennkammer ausgegebene Gas, welches eine hohe Temperatur und einen hohen Druck aufweist, erreicht durch entsprechende Rohre die unterschiedlichen Stufen der Turbine, welche die Enthalpie des Gases in für einen Nutzer verfügbare mechanische Energie umwandelt.

[0003] In Turbinen mit zwei Stufen wird das Gas in der ersten Stufe der Turbine unter Temperatur- und Druckbedingungen verarbeitet, welche sehr hoch sind, und durchläuft hier eine erste Ausdehnung. Dann durchläuft es in der zweiten Stufe der Turbine eine zweite Ausdehnung unter Temperatur- und Druckbedingungen, welche niedriger als die in der vorhergehenden Stufe angewendeten sind.

[0004] Es ist auch bekannt, dass es zum Erzielen der maximalen Leistung aus einer spezifischen Gasturbine erforderlich ist, dass die Temperatur des Gases so hoch wie möglich ist. Jedoch sind die maximalen Temperaturwerte, welche bei einem Einsatz der Turbine erreicht werden können, durch die Widerstandsfähigkeit der derzeit verwendeten Materialien begrenzt.

[0005] Es ist auch bekannt, dass in Gasturbinen die Rotorlaufschaufeln keinen einteiligen Körper mit der Rotorscheibe bilden, sondern mittels ihrer Basisverlängerungen in auf dem Umfang der Scheibe ausgebildeten geeigneten Sitzen festgehalten werden. Insbesondere haben die derzeit verwendeten Sitze Seiten mit einem mit Nuten versehenen Profil, in welchem der Endabschnitt des Fußes oder der Wurzel der entsprechenden Laufschaufel in Eingriff steht.

[0006] Ein Problem, welches in der derzeitigen Technik besonders signifikant ist, ist daher, eine optimale Verbindung der Laufschaufeln auf der Rotorscheibe in allen Funktionsbedingungen der Maschine zu garantieren. Es sollte angemerkt werden, dass das Verfahren der Verbindung der Laufschaufeln auf der Rotorscheibe einen entscheidenden Aspekt der Auslegung jedes Rotors unter der Berücksichtigung des Umstandes darstellt, dass die Scheibe zufrieden stellend und zuverlässig den durch die Laufschaufeln erzeugten Belastungen widerstehen muss, ohne dass es zu der Entstehung von Brüchen oder anderen Problemen kommt. Es ist auch bekannt, dass die

Rotorlaufschaufeln während des Betriebs der Maschine hohen Zugspannungen sowohl in der radialen Richtung als auch in einem kleineren Umfang in der axialen Richtung unterworfen sind. Die radialen Zugspannungen werden durch die hohe Rotationsgeschwindigkeit der Turbine verursacht, während die axialen Zugspannungen durch den durch die Strömung des Gases auf die profilierten Oberflächen der Laufschaufeln erzeugten Effekt verursacht werden. Dieselbe Gasströmung überträgt die Umfangskomponente der Zugspannung auf die Laufschaufeln, was es ermöglicht, Nutzenergie an der Antriebswelle zu gewinnen.

[0007] Jedoch muss das Verbindungsverfahren der Laufschaufeln die kleinstmöglichen Abmessungen unter Belegung wirklich beschränkter Räume nutzen, um so die durch die Rotorscheibe und die Laufschaufeln gebildete Anordnung auf die kleinstmöglichen Abmessungen zu reduzieren. Ferner besteht neuerdings der Trend darin, Gasturbinen mit zunehmend hohen Leistungspegeln zu bekommen. Dieses bringt sowohl eine Erhöhung der Rotationsdrehzahl als auch der Verbrennungstemperatur mit sich. Demzufolge liegt auch eine Zunahme in der Temperatur der Gase vor, welche sich in den Stufen der Turbine gegenüber den Laufschaufeln ausdehnen.

[0008] Dieses führt zu einer Erhöhung der Zugspannungen auf die Verbindung zwischen den Laufschaufeln und den Rotorscheiben der Turbine mit einer zunehmend großen Schwierigkeit, eine angemessene Betriebslebensdauer der Laufschaufeln und Rotorscheiben zu garantieren.

[0009] Derzeit ist die am häufigsten eingesetzte Verbindung die, welche allgemein als "Tannenbaum"-Typ bekannt ist. Sie besteht in einer Ausformung der Wurzel oder des Fußes der Laufschaufel derart, dass deren Querschnitt eine charakteristische Form annimmt, welche an einen umgedrehten Tannenbaum erinnert. In dieser speziellen Form weisen die Seiten der Wurzel ein mit Nuten versehenes Profil dergestalt auf, dass sie eine Reihe von Zähnen mit einem abgerundeten Profil ausbilden; ansonsten ist die Wurzel an ihrem unteren Ende durch die Verbindung der zwei unteren Zähne der zwei Seiten ausgebildet. Diese Wurzeln sind mit Sitzen oder dazu komplementären Kopplungsschlitzten verbunden, welche auf dem Umfang der Rotorscheibe derart vorgesehen sind, dass Nuten in den Seiten des Sitzes den Zähnen der Wurzel entsprechen und eine Nut an der Basis des Sitzes dem unteren Ende der Wurzel entspricht. In herkömmlichen Ausführungsformen erstrecken sich diese Sitze für die Wurzeln der Laufschaufeln in einer Richtung, welche im Wesentlichen parallel zur Achse der Rotorscheibe ist.

[0010] GB 677,142 beschreibt eine Befestigung für Turbinenlaufschaufeln, in welcher Zacken auf der

Laufschaufelwurzel und deren Sitzaussparung jeweils symmetrisch um eine Ebene senkrecht zu den geneigten Seiten der Laufschaufelwurzel bzw. der Aussparung sind.

[0011] Andererseits erstrecken sich in unterschiedlichen Ausführungsformen die Sitze für die Wurzeln im Wesentlichen in einer Richtung, welche in Bezug auf die Achse der Scheibe selbst geneigt ist.

[0012] Dieser Verbindungstyp weist Bereiche einer besonderen Konzentration von Zugspannungen auf, welche genauer als am Boden der Nut, auf der Basis des Sitzes und auf der Basis der Nuten jedes Zahnes, welcher das tatsächliche Verbindungsprofil darstellt, sich befindend, ermittelt werden können.

[0013] Die Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit in der Beseitigung der vorstehend beschriebenen Nachteile und insbesondere in der Schaffung einer verbesserten Verbindung für Laufschaufeln auf einer Rotorscheibe einer Gasturbine, welche es ermöglicht, die Zugspannungskonzentrationen zu reduzieren, um es somit zu ermöglichen, die Rotationsgeschwindigkeit der Maschinen oder die Temperatur des Fluids oder eine geeignete Kombination dieser Faktoren zu erhöhen.

[0014] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung einer verbesserten Verbindung von Laufschaufeln einer Rotorscheibe einer Gasturbine, welche eine leichte Montage und Demontage, gemäß den Anforderungen, der Laufschaufeln der unterschiedlichen Stufen der Turbine ermöglicht.

[0015] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung einer verbesserten Verbindung von Laufschaufeln auf einer Rotorscheibe einer Gasturbine, welche auch sehr zuverlässig ist.

[0016] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Erzielung einer Betriebslebensdauer der Komponenten, welche weitaus länger als die ist, welche mit den derzeit verwendeten Verbindungen erreicht werden kann.

[0017] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung einer verbesserten Verbindung von Laufschaufeln auf einer Rotorscheibe einer Gasturbine, welche besonders einfach und funktionell ist, die relativ niedrige Kosten hat und mittels herkömmlicher Verarbeitung produziert werden kann.

[0018] Diese Aufgaben und weitere gemäß der vorliegenden Erfindung werden durch die Schaffung einer verbesserten Verbindung der Laufschaufeln auf einer Rotorscheibe einer Gasturbine gemäß Be-

schreibung in Anspruch 1 gelöst.

[0019] Weitere Eigenschaften werden in den nachfolgenden Ansprüchen dargestellt.

[0020] Gemäß der Erfindung war auch die Feststellung möglich, dass die Reduzierung der Maximalwerte der Zugspannungen in den Konzentrationsbereichen der Kräfte zu einer erheblichen Erhöhung in der Lebensdauer der Komponenten führt.

[0021] Die Eigenschaften und Vorteile einer verbesserten Verbindung der Laufschaufeln auf einer Rotorscheibe einer Gasturbine gemäß der vorliegenden Erfindung werden aus der nachstehenden Beschreibung, die im Rahmen eines nicht einschränkenden Beispiels unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen erfolgt, ersichtlich. In den Zeichnungen ist:

[0022] [Fig. 1](#) ein Querschnitt, welcher eine Verbindung zwischen einer Wurzel einer Laufschaufel und einem Sitz oder Endschlitz einer Rotorscheibe des "Tannenbaum"-Typs gemäß der bekannten Technik darstellt;

[0023] [Fig. 2](#) ein Querschnitt, welcher das Teilprofil einer Wurzel einer gemäß der Beschreibung der vorliegenden Erfindung hergestellten Laufschaufel darstellt ist; und

[0024] [Fig. 3](#) ein Querschnitt, welcher das Teilprofil eines Sitzes oder Endschlitzes einer Rotorscheibe darstellt, in welchen die Wurzel der Laufschaufel in [Fig. 2](#) eingeführt wird.

[0025] [Fig. 1](#) stellt eine Verbindung gemäß der bekannten Technik zwischen einer Wurzel oder einem Fuß **10** einer Laufschaufel **12** und einem Sitz oder Endschlitz **20** einer Rotorscheibe **22** einer Gasturbine dar. Die Wurzel oder der Fuß **10** der Laufschaufel **12** besitzt eine charakteristische Form im Wesentlichen eines umgedrehten gleichschenkligen Dreiecks, wobei dessen zwei Seiten an der Basis konvergieren. Diese Form ist in Bezug auf die Achse Y der Wurzel **10** symmetrisch. Die zwei Seiten oder Flanken besitzen ein mit Nuten versehenes Profil derart, dass sie eine Reihe von Zähnen (**14**) mit einem abgerundeten Profil ausbilden. In dem in [Fig. 1](#) dargestellten Beispiel sind drei Zähne **14** auf jeder Seite der Wurzel **10** vorgesehen.

[0026] Ein unteres Ende **16** der Wurzel **10** wird durch die Verbindung der zwei unteren Zähne **14** der zwei Seiten der Wurzel **10** selbst ausgebildet. Diese Wurzeln **10** sind mit den Sitzen oder zu ihnen komplementären Verbindungsschlitzten **20**, welche auf einem Umfang einer Rotorscheibe **22** vorgesehen sind, so verbunden, dass Nuten **24** auf den Seiten des Sitzes **20** den Zähnen **14** der Wurzel **10** entspre-

chen, und eine innere Endnut **26** an der Basis des Sitzes **20** dem unteren Ende **16** der Wurzel **10** entspricht.

[0027] [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) stellen jeweils Teilprofile der Wurzel **10** und des dazu komplementären Sitzes **20** einer Verbindung gemäß der vorliegenden Erfindung dar. In dem dargestellten Beispiel hat die Wurzel **10** vier Zähne **14** auf jeder Seite. Ein weiterer Zahn **14**, welcher an einem unteren Ende der Seite der Wurzel **10** vorhanden ist, ist mittels einer Verbindung mit dem ähnlichen Zahn **14** verbunden, welcher auf der anderen Seite vorhanden ist, um das untere Ende **16** der Wurzel **10** auszubilden. Demzufolge besitzt der Sitz **20** vier Nuten **24** für jede Seite. Eine weitere Nut **24**, welche an einem unteren Ende der Seite des Sitzes **20** vorhanden ist, ist mittels einer Verbindung mit der ähnlichen Nut **24** verbunden, welche auf der anderen Seite vorhanden ist, um die Nut **26** des inneren Endes des Sitzes **20** auszubilden.

[0028] [Fig. 3](#) stellt die geometrischen Variablen dar, welche das Profil des Sitzes **20** kennzeichnen und demzufolge auch das der Wurzel **10**, welche zu dem Sitz **20** selbst komplementär ist. Die Serie der Nuten **24** erstreckt sich entlang einer Linie X, welche in Bezug auf die Achse Y des Sitzes **20** in einem Winkel β_1 geneigt ist. Demzufolge erstreckt sich die Seite des Sitzes **20** ebenfalls gemäß dieser Neigung.

[0029] Die vier Nuten **24** besitzen gerade Seiten mit Neigungswinkeln α_1 und α_2 in Bezug auf die Achse Y des Sitzes **20**, wobei α_1 der Winkel der der Außenseite der Rotorscheibe **20** gegenüberliegenden Seite ist. Die zwei Seiten der Nut **24** bilden somit einen Nutwinkel α_g , welcher gleich dem von α_1 subtrahierten α_2 ist. Die Nut **24** ist an ihrer Basis über einen Bogen einer Kreislinie mit einem Radius R_4 verbunden. Zusätzlich sind zwischen den vier Nuten **24** und zwischen der unteren Nut **24** und der inneren Endnut **26** vier Verbindungen einen Bogen einer Kreislinie mit einem Radius R_4 vorhanden.

[0030] Die Seite des Winkels α_1 der oberen Nut **24** ist mit der Außenseite der Rotorscheibe **22** über einen Bogen einer Kreislinie mit einem Radius R_3 verbunden.

[0031] Die innere Endnut **26** liegt in der Form eines umgedrehten Omega vor, wobei die zwei symmetrischen oberen Seiten in Winkeln α_1 in Bezug auf die Achse Y des Sitzes **20** angeordnet sind. Diese Seiten sind miteinander über vier Bögen von vier Kreislinien verbunden, welche in Bezug zueinander in Paaren symmetrisch sind. Insbesondere ist deren obere Seite zu Beginn über einen Bogen einer Kreislinie mit einem Radius R_1 und einem Mittelpunkt, der durch eine Höhe H_1 in Bezug auf die Basis der inneren Endnut **26** und durch einen Abstand D_1 in Bezug auf die Achse Y des Sitzes **20** bestimmt ist, verbunden.

[0032] Diesem Bogen einer Kreislinie folgt ein Bogen einer Kreislinie mit einem Radius R_2 und einem Mittelpunkt, der durch eine Höhe H_2 in Bezug auf die Basis der inneren Endnut **26** und durch einen Abstand D_2 in Bezug auf die Achse Y des Sitzes **20** bestimmt ist.

[0033] Komplementär dazu hat, wie es in [Fig. 2](#) zu sehen ist, der Zahn **14** der Wurzel **10** ebenfalls gerade Seiten mit Neigungen in Bezug auf die Achse Y der Wurzel **10** mit denselben Winkeln α_1 und α_2 , wobei α_1 der Winkel der Seite ist, welche der Laufschaufel **12** gegenüberliegt. Die zwei Seiten des Zahnes **14** bilden somit einen Zahnwinkel α_d , welcher gleich dem von α_1 subtrahierten α_2 und somit gleich dem Nutwinkel α_g ist. Der Zahn **14** ist über einen Bogen einer Kreislinie mit einem Radius R_4 verbunden. Zusätzlich sind zwischen den vier Zähnen **14** und zwischen dem unteren Zahn **14** und dem unteren Ende **14** der Wurzel vier Verbindungen über einen Bogen einer Kreislinie mit einem Radius R_4 vorhanden.

[0034] Die Seite mit dem Winkel α_1 des oberen Zahnes **14** ist mit der Laufschaufel **12** über einen Bogen einer Kreislinie mit einem Radius R_3 verbunden.

[0035] Das untere Ende **16** liegt in der Form eines umgedrehten Omegas vor, wobei die zwei symmetrischen oberen Seiten in zweiten Winkeln α_1 in Bezug auf die Achse Y der Wurzel **10** angeordnet sind. Diese Seiten sind miteinander über vier Bögen von vier Kreislinien verbunden, welche in Bezug zueinander in Paaren symmetrisch sind. Insbesondere ist deren obere Seite zu Beginn über einen Bogen einer Kreislinie mit einem Radius R_1 und einem Mittelpunkt, der durch eine Höhe H_1 in Bezug auf das untere Ende **16** der Wurzel **10** und durch einen Abstand D_1 in Bezug auf die Achse Y der Wurzel **10** selbst bestimmt ist, verbunden.

[0036] Diesem Bogen einer Kreislinie folgt ein Bogen einer Kreislinie mit einem Radius R_2 und einem Mittelpunkt, der durch eine Höhe H_2 in Bezug auf das untere Ende **16** der Wurzel **10** und durch einen Abstand D_2 auf die Achse Y der Wurzel **10** selbst bestimmt ist.

[0037] Zusammengefasst werden die acht Zähne **14** der zwei Seiten der Wurzel **10** und das untere Ende **16** der Wurzel **10** selbst jeweils in acht Nuten **24** in den zwei Seiten des Sitzes **20** und die innere Endnut **26** des Sitzes **20** selbst eingeführt.

[0038] Zusätzlich sind die zwei Verbindungen mit einem Radius R_3 der Wurzel **10** und des Sitzes **20** ebenfalls so ausgebildet, dass sie zusammen gleichzeitig mit der Einführung der Wurzel **10** in den Sitz **20** passen, was ausgeführt wird, indem man die Wurzel **10** entlang einer axialen Richtung in den entsprechenden Sitz **20** schiebt.

[0039] Durch ihre Anwendung mit einer Analyse der Zuspansungen hat es die vorliegende Erfindung möglich gemacht, die Zugspannungskonzentrationen zu reduzieren und eine geeignete Geometrie für die Kontaktprofile zwischen den Wurzeln **10** der Laufschaufeln **12** und den Sitzen **20** der Rotorscheibe **22** anzugeben.

[0040] Die Verhältnisse zwischen den Radien R_1 , R_2 , R_3 und R_4 , den Höhen H_1 und H_2 , den Abständen D_1 und D_2 und den Winkeln α_1 , α_2 und β_1 müssen als fundamental betrachtet werden. Tatsächlich bestimmen diese Verhältnisse die Form der Zähne **14** sowie des unteren Endes **16** der Wurzel **10**, welche zu einer verbesserten Verbindung gemäß der vorliegenden Erfindung führen. Unter Verwendung des Radius R_4 als Bezugswert wurde gemäß der vorliegenden Erfindung ermittelt, dass die Verbindung optimiert wird, wenn die nachstehenden Verhältnisse vorliegen:
das Verhältnis zwischen R_3 und R_4 zwischen 1,8 und 2,2 einschließlich der Extremwerte liegt;
das Verhältnis zwischen R_1 und R_4 zwischen 1,8 und 2,2, einschließlich der Extremwerte liegt;
das Verhältnis R_2 und R_4 zwischen 5,5 und 6 einschließlich der Extremwerte liegt.

[0041] Gleichzeitig müssen die nachstehenden Verhältnisse für die Winkel vorliegen:
der Winkel α_1 liegt zwischen 42° und 48° einschließlich der Extremwerte;
der Winkel α_2 liegt zwischen 94° und 100° einschließlich der Extremwerte;
der Winkel β_1 liegt zwischen 17° und 23° einschließlich der Extremwerte.

[0042] Mit diesen Verhältnissen liegt der Nutwinkel α_g , welcher gleich dem Zahnwinkel α_d ist, zwischen 46° und 58° einschließlich der Extremwerte.

[0043] Die Höhen H_1 und H_2 und die Abstände D_1 und D_2 werden als eine direkte Folge der allgemeinen Abmessungen der Wurzel **10** ermittelt, d.h., im Wesentlichen nach der Ermittlung der Höhe der Wurzel **10**.

[0044] Gemäß der vorliegenden Erfindung hat es sich herausgestellt, dass die besten Ergebnisse durch Verwendung von Wurzeln **10** mit vier Zähnen **14** gemäß der in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellten Ausführungsform oder Wurzeln **10** mit fünf Zähnen **14** erzielt werden.

[0045] Die erfolgte Beschreibung macht die Eigenschaften der verbesserten Verbindung gemäß der vorliegenden Erfindung für Laufschaufeln auf einer Rotorscheibe einer Gasturbine sowie deren Vorteile ersichtlich, welche wie angemerkt umfassen sollten:

- Erhöhung der Betriebslebensdauer der Komponenten;
- Erhöhung der Rotationsdrehzahl der Maschi-

nen, oder Erhöhung der Fluidtemperatur oder einer angemessenen Kombination der zwei Aspekte;

- Kosten, welche im Vergleich zu der bekannten Technik niedrig sind, da die Profile immer mittels Räumen erhalten werden können, wie es bereits der Fall für die Verbindungen nach der bekannten Technik ist.

Patentansprüche

1. Verbindung von Laufschaufeln (**12**) auf einer Rotorscheibe (**22**) einer Gasturbine des Typs, bei dem eine Wurzel oder ein Fuß (**10**) jeder Laufschaufel (**12**) in einen Sitz oder Endschlitz (**20**) der Scheibe (**22**) eingesetzt ist, der komplementär zu der Laufschaufel gestaltet ist, wobei der Fuß (**10**) in Form eines umgedrehten gleichschenkligen Dreiecks ausgebildet ist, mit den zwei Seiten, die an der Basis zusammenlaufen und die jeweils ein so mit Nuten versehenes Profil aufweisen, dass sie eine Reihe von Zähnen (**14**) bilden, und mit einem unteren Ende (**16**) des Fußes (**10**), das durch die gemeinsame Verbindung der zwei unteren Zähne (**14**) der beiden Seiten des Fußes (**10**) gebildet ist, wobei die Zähne (**14**) des Fußes (**10**) in den Seiten des Sitzes (**20**) vorgesehen Nuten (**24**) entsprechen und das untere Ende (**16**) des Fußes (**10**) einer in der Basis des Sitzes (**20**) angeordneten inneren Endnut (**26**) entspricht, wobei sich die Reihe der Nuten (**24**) entlang einer Linie (X) erstreckt, die in Bezug auf die Achse (Y) des Sitzes (**20**) unter einem Winkel β_1 zwischen 17° und 23° , einschließlich der Extremwerte, geneigt verläuft, und wobei die Nuten (**24**) gerade Seiten mit Neigungen in Bezug auf die Achse (Y) des Sitzes (**20**) mit Winkeln von α_1 und α_2 haben, wobei α_1 der Winkel der Seite ist, die der Außenseite der Rotorscheibe (**22**) gegenüberliegt, und zwischen 42° und 48° , einschließlich der Extremwerte, beträgt, während α_2 zwischen 94° und 100° , einschließlich der Extremwerte, beträgt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nuten (**24**) auf der Basis über einen Bogen einer Kreislinie mit einem Radius R_4 verbunden sind, Verbindungen zwischen den Nuten (**24**) über einen Bogen einer Kreislinie, die ebenfalls einen Radius R_4 aufweist, geschaffen sind, dass die Seite mit dem Winkel α_1 der oberen Nut (**24**) zu der Außenseite der Rotorscheibe (**22**) hin über einen Bogen einer Kreislinie mit einem Radius R_3 verbunden ist und dass die innere Endnut (**26**) die Gestalt eines umgedrehten Omegas aufweist, wobei die zwei symmetrischen oberen Seiten gemäß zweiten Winkeln α_1 in Bezug auf die Achse des Sitzes (**20**) angeordnet sind und über vier Kreislinienbögen, die zueinander symmetrisch sind, paarweise miteinander verbunden sind, und insbesondere anfangs über Bögen einer Kreislinie mit einem Radius R_1 und anschließend über Bögen einer Kreislinie mit einem Radius R_2 , wobei die Radien R_1 , R_2 und R_3 die nachstehenden Verhältnisse zu dem Radius R_4 haben:

$$1,8 \leq R_3/R_4 \leq 2,2;$$

$$1,8 \leq R_1/R_4 \leq 2,2;$$

$$5,5 \leq R_2/R_4 \leq 6.$$

2. Verbindung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung gemäß einem Bogen einer Kreislinie mit einem Radius R_1 erzeugt wird, indem als der Mittelpunkt der Punkt verwendet wird, der durch eine Höhe H_1 in Bezug auf die Basis der inneren Endnut (26) und durch einen Abstand D_1 in Bezug auf die Achse des Sitzes (20) bestimmt ist, und dadurch, dass die Verbindung gemäß einem Bogen einer Kreislinie mit einem Radius R_2 erzeugt wird, indem als der Mittelpunkt der Punkt verwendet wird, der durch eine Höhe H_2 in Bezug auf die Basis der inneren Endnut (26) und durch einen Abstand D_2 in Bezug auf die Achse des Sitzes (20) bestimmt ist, wobei die Mittelpunkte demzufolge auf der Basis der allgemeinen Abmessungen der Tiefe des Sitzes (20) bestimmt sind.

3. Verbindung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Winkel mit einer Nut α_g , der gleich dem von dem Winkel α_1 subtrahierten Winkel α_2 ist, zwischen 46° und 58° , einschließlich der Extremwerte, beträgt.

4. Verbindung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sitz (20) acht Nuten (24), die paarweise symmetrisch sind, und eine innere Endnut (26) aufweist.

5. Verbindung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sitz (20) zehn Nuten (24), die paarweise symmetrisch sind, und eine innere Endnut (26) aufweist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Fig.1

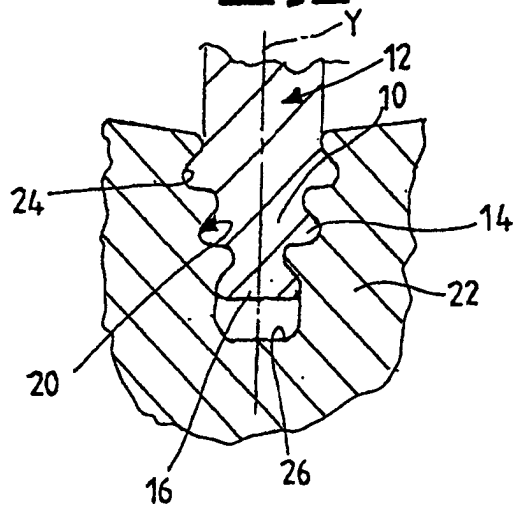


Fig.2

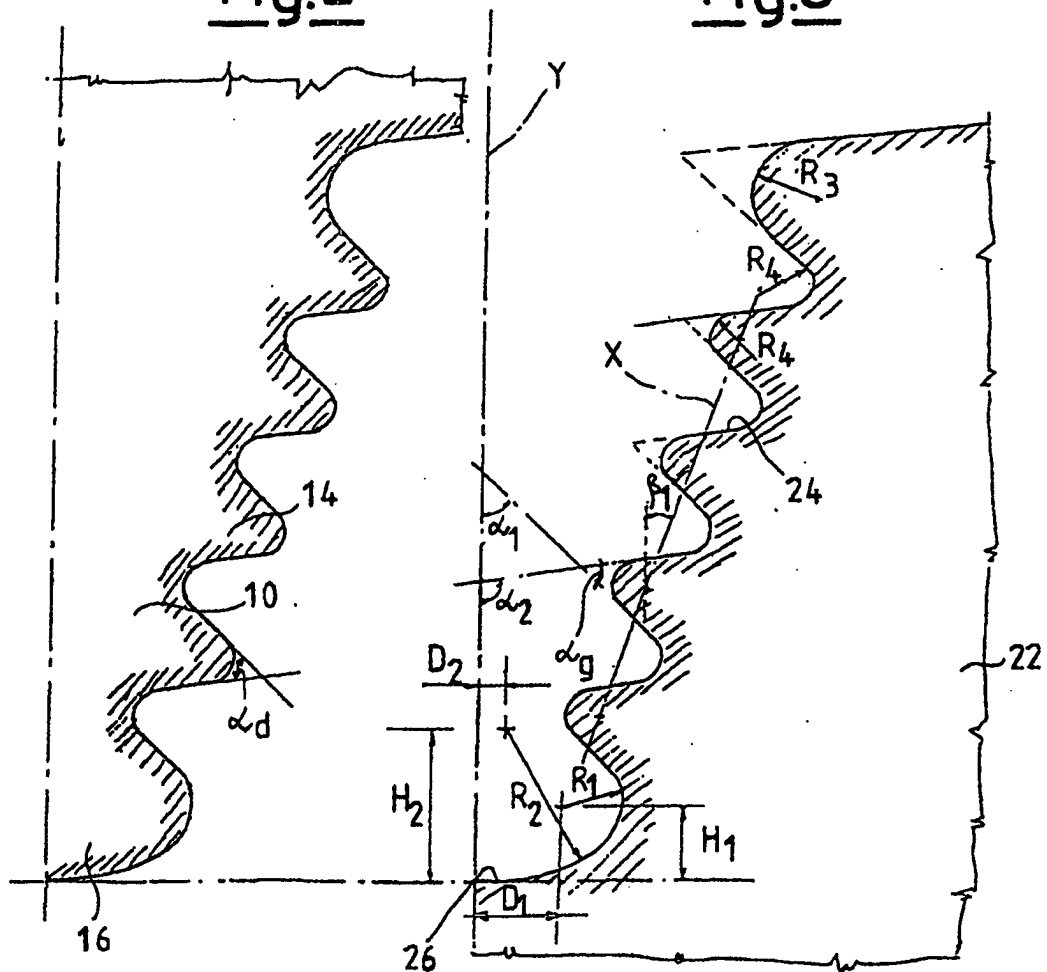


Fig.3

