



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 699 19 491 T2 2004.12.23

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 004 749 B1

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: F01D 5/26

(21) Deutsches Aktenzeichen: 699 19 491.1

(96) Europäisches Aktenzeichen: 99 309 426.7

(96) Europäischer Anmeldetag: 25.11.1999

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 31.05.2000

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 18.08.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 23.12.2004

(30) Unionspriorität:  
199615 25.11.1998 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:  
United Technologies Corp., Hartford, Conn., US

(72) Erfinder:  
Bulgrin, Charles A., Palm City, Florida 34990, US;  
Struthers, John O., Palm Beach Gardens, Florida  
33410, US

(74) Vertreter:  
Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

(54) Bezeichnung: Schwingungsdämpfer für rotierende Maschinen

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 eingelebt, 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 Erfindung betrifft Dämpfer für rotierende Maschinen und insbesondere Dämpfer für die Laufschaufeln in der Turbo-Pumpe für ein Raketentriebwerk oder Turbinenlaufschaufeln in Gasturbinenmaschinen.

**[0002]** Wie der Fachmann in dem Gebiet der Luft- und Raumfahrttechnologie erkennt, ist es üblich, Dämpfer insbesondere für die Laufschaufeln in einem Turbinenrotor einer Turbo-Pumpe für Raketentriebwerke oder Turbinenlaufschaufeln eines Strahltriebwerks vorzusehen, die zum Dämpfen der hohen Schwingung dienen, die durch die feindliche Umgebung verursacht ist, der diese Hardware ausgesetzt ist. Typischerweise ist es eines der konventionelleren Verfahren zum Dämpfen, den Dämpfer so auszubilden, dass er eine Dämpfung von Schaufel zu Schaufel liefert. Jedoch ist das Problem bei einem Schaufel-zu-Schaufel-Dämpfer, dass die Dämpfer nur auf ein paar spezielle Moden der Schwingungsbewegung abgestimmt werden kann und die Schwingungsbewegung in anderen Moden nicht dämpft. Bei den Schaufel-zu-Schaufel-Dämpfern ist der Reibwiderstand zwischen Schaufeln gebildet, während bei dem Typ von Dämpfer, der Gegenstand dieser Erfindung ist, der Reibwiderstand zwischen der Schaufel und der Grundstruktur gebildet ist, wie in der folgenden Beschreibung detailliert werden wird. Andere Dämpfer, die in dem Gebiet der Luft- und Raumfahrttechnik verwendet werden, sind Dämpfer, die dazu dienen, den Reibwiderstand zwischen Schaufeln und der Scheibe zu erzeugen, welche die Schaufeln abstützt, was im wesentlichen ein Schaufel-zu-Grundstruktur-Dämpfer ist. Bei diesen Typen von Dämpfern erfolgt das Dämpfen zwischen der Schaufel und einer Hardwarekomponente, die in dem System "geerdet" ist. Typischerweise betrifft dieses Verfahren des Dämpfens primären Schwingungen, die in der Axial- und Umfangsrichtung auftreten.

**[0003]** Beispiele von Schaufel-zu-Schaufel-Dämpfung sind in US-Patent Nr. 4 872 810, welches Brown et al. am 10. Oktober 1989 erteilt wurde und den Titel "Turbine Rotor Retention System" trägt und gemeinsam auf United Technologies Corporation übertragen wurde, beschrieben. Ein Beispiel des Dämpfens, welches zwischen der Schaufel und der Scheibe erzeugt ist oder eine Schaufel-zu-Grundstruktur-Dämpfung ist in US-Patent Nr. 5 205 713 beschrieben, welches Szpunar et al. am 27. April 1993 erteilt wurde und den Titel "Fan Blade Damper" trägt, welches einen Dämpfer beschreibt, wobei die Dämpfung gegen die Plattform der Schaufel rückwirkt und auf die Turbinenscheibe übertragen wird, wobei der Dämpfer in einer statisch bestimmten Weise angebracht ist. Bei einem anderen Typ von Dämpfern ist der Schwerpunkt von dem Kontaktspunkt versetzt, und dieser Typ von Dämpfer ist beispielhaft in US-Patent Nr. 5 052 890

beschrieben, das Roberts am 1. Oktober 1991 erteilt wurde und den Titel "Device For Damping Vibrations in Turbo Machinery Blades" trägt. Alle diese genannten Patente sind von dem Typ, der der Schwingungsbewegung von Schaufel-zu-Schaufel oder Schaufel-zu-Scheibe entgegenwirkt, trotz der Tatsache, dass der Dämpfer auf die Plattform der Schaufel rückwirkt und die Rückwirkung in der Scheibe sein kann, und in all diesen Systemen erfolgt das Dämpfen in einer umfangsmäßigen und/oder axialen Richtung.

**[0004]** Das durch diese Erfindung zu lösende Problem ist, wo die Schwingungsbewegungen, die in der Turbo-Pumpe eines Raketentriebwerks oder der Turbine von Gasturbinenmaschinen-Pumpen, etc. angekommen werden, wo es viele Quellen von zyklischen oder periodischen Belastungen auf einzelne Komponenten des Systems gibt und die Belastungen, die gedämpft werden müssen, in Radialrichtung sind. Die rotierenden Turbinenschaufeln sind Schwingungsanregungen ausgesetzt, die durch diese oszillatorischen Belastungen verursacht werden. Diese Schwingungsanregungen induzieren eine dynamische Spannung zusätzlich zu den statischen Spannungen in der Schaufel, was eine Rissbildung durch Ermüdung und schließlich ein katastrophales Versagen einer Schaufel verursachen kann. Die Dämpfer dienen dazu, Reibung während der Bewegung der Schaufel und des Dämpfers zu erzeugen, was Wärme erzeugt und die durch die Schwingungsbewegung erzeugte Energie verteilt mit einer daraus folgenden Verringerung bei der niederzyklischen Spannung. Mit anderen Worten und gemäß der Erfindung verringert die Dämpfung die Bewegungsamplituden in Radialrichtung während der Schwingungsanregung, so dass die Konstrukteure von Rotationsmaschinen diese Dämpfungstechnik nutzen, um hochzyklische Ermüdung zu vermeiden.

**[0005]** Es ist üblich, eine Masse oder ein kleines Stück eines massiven Gegenstands gegen zwei benachbarte Schaufeln oder benachbarte Schaufel und Scheibe vorzusehen und sich auf die Zentrifugalkraft der rotierenden Maschine zu verlassen, um dieses Bauteil gegen die Arbeitsoberfläche der Schaufel/Schaufel oder Schaufel/Scheibe zu drücken. Der Fachmann weiß, diese Art von Schaufel/Schaufel- oder Schaufel/Scheiben-Dämpfer ist zufriedenstellend, wo es gewünscht ist, die Schwingungen in einer Umfangsrichtung und/oder Axialrichtung zu dämpfen. Leider dämpfen diese Dämpfer-Typen, auf die in den unmittelbar vorangegangenen Absätzen Bezug genommen wurde, nicht in der Radialrichtung, und deshalb wird die zu den radialen Belastungen zugehörige Schwingungsbewegung nicht gedämpft.

**[0006]** Bei experimentellen Test der in Raketentriebwerken verwendeten Brennstoffpumpe hat man gefunden, dass eine Rissbildung und schließlich ein

Versagen von Turbinenschaufeln aufgetreten ist, wenn die bisher bekannten Typen von Dämpfern, d. h. die Schaufel-zu-Schaufel-Dämpfer, verwendet wurden.

**[0007]** Wir haben herausgefunden, dass wir dieses Problem umgehen können, indem wir einen Dämpfer bereitstellen, der Radialbewegung entgegenwirkt und eine Schaufel-zu-Grundstruktur-Dämpfung anstelle einer Schaufel-zu-Schaufel-Dämpfung erzielt. Gemäß einem ersten breiten Aspekt liefert die vorliegende Erfindung eine Rotorkonstruktion mit einem Dämpfer gemäß Anspruch 1. In einer bevorzugten Ausführungsform wird eine Dämpfungsanordnung für eine Schaufel bereitgestellt, wobei ein Dämpfer in einer Ausnehmung oder einem Schlitz angeordnet ist, wobei der Dämpfer derart konfiguriert ist, dass sein Schwerpunkt relativ zu seinem Kontaktpunkt mit der Schaufel versetzt ist.

**[0008]** Der Dämpfer, der vorzugsweise eine kleine Masse eines Metallkörpers ist, ist geometrisch und zielgerichtet konfiguriert, dass er in eine in der umgebenden Hardware gebildete Ausnehmung oder einen Schlitz passt, und der Schwerpunkt des Dämpfers ist vorzugsweise relativ zu dem Kontaktpunkt, den der Dämpfer mit dem benachbarten Teil, sei es die Schaufel oder die Schaufelplattform, bildet, versetzt. Der Schlitz ist entweder in der Scheibe oder der Schaufel gebildet. Während hoher Drehzahl der Rotationsmaschine wird der Dämpfer radial nach außen gezwungen, um gegen die Turbinenlaufschaufel zu drücken. Die gegen die Seitenwand in dem Schlitz induzierten Reaktionskräfte dienen dazu, die in der Radialrichtung auftretende Schwingung zu dämpfen. Man wird erkennen, dass die Verwendung von anderen Dämpfern zur Behandlung von Schwingungsbewegungen in andere Richtungen nicht ausgeschlossen ist, obwohl diese Dämpfer der vorliegenden Erfindung effizient für das Dämpfen von Schwingungsbewegung in der Radialrichtung sind.

**[0009]** Somit ist ein Merkmal einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, dass der Dämpfer frei in einen Leerraum in der Struktur passt und so orientiert ist, dass es zwischen der Plattform der Schaufeln und der die Schaufeln abstützenden Scheibe wirkt.

**[0010]** Der Dämpfer kann zwischen den benachbarten Plattformen von benachbarten Schaufeln angeordnet sein, die in der Scheibe angebracht sind, welche einen Zwei-Stufen-Turbinenmotor abstützt.

**[0011]** Ein Tannenbaumschlitz kann in der Scheibe zum Abstützen der Turbinenschaufel eines Zwei-Stufen-Rotors gebildet sein, und ein sich frei bewegender Dämpfer kann zwischen einer der Schaufeln und einem an der Scheibe abgestützten Zwischenstufen-Schaufelabstützelement eingesetzt sein. Weitere

bevorzugte Merkmale der Erfindung sind in den Ansprüchen definiert.

**[0012]** Eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun nur beispielhaft mit Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, für die gilt:

**[0013]** **Fig. 1** ist eine Teilansicht, welche die zweistufigen Turbinenschaufeln einer Turbo-Pumpe für ein Raketentreibwerk zeigt;

**[0014]** **Fig. 2** ist eine perspektivische Teilansicht, die einen typischen umfangsmäßigen und axialen Dämpfer, ein Zwischenstufen-Schaufelabstandselement und den in der Scheibe des zweistufigen Turbinenrotors angebrachten Dämpfer der Erfindung zeigt;

**[0015]** **Fig. 3** ist eine Teilschnittansicht, die den Dämpfer der Erfindung in der Scheibe montiert zeigt; und

**[0016]** **Fig. 4** ist eine Teilansicht der **Fig. 3** in schematischer Darstellung, welche die Kräfte zeigt, welche auf den Dämpfer, die Schaufel und die Scheibe wirken.

**[0017]** Obwohl eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung in einem zweistufigen Turbinenmotor in einer Turbo-Pumpe für Raketentreibwerke beschrieben wird, sollte man verstehen, dass diese Erfindung einen Nutzen für andere Typen von Rotationsmaschinen und beispielsweise bei der Turbinen- oder Verdichter-Schaufel/Scheibe der Turbine und/oder dem Verdichterrotor einer Gasturbinemaschine hat. Man versteht, dass die Erfindung besonders effizient bei Rotationsmaschinen ist, wo es wünschenswert ist, radiale Belastungen zu dämpfen, die auf die rotierenden Komponenten einer derartigen Rotormaschine einwirken.

**[0018]** Zum Verständnis der Erfindung wird auf die **Fig. 1** bis **4** Bezug genommen, die eine Ausführungsform zeigen, in der die Erfindung besonders effizient ist, was der Turbinenabschnitt ist, der generell mit dem Bezugszeichen **10** in einer Turbo-Pumpe für ein (nicht gezeigtes) Raketentreibwerk gezeigt ist. Der Turbinenabschnitt besteht aus einer zweistufigen Turbine **12**, aufweisend ein Paar aus einer Mehrzahl von umfangsmäßig beabstandeten Turbinenlaufschaufeln **14** und **16**, die an der Turbinenscheibe **18** abgestützt sind. Die Strömung des Arbeitsmediums erfolgt zuerst zwischen den Turbinenlaufschaufeln **14**, durch den Raum zwischen der Mehrzahl von umfangsmäßig beabstandeten Statorleitschaufeln **20** und dann zwischen den Turbinenlaufschaufeln **16**. Diese Turbinenlaufschaufeln sind von dem Axialströmungstyp, der Arbeitsmedium hoher Temperatur in einer Weise aufnimmt, um die Energie davon abzu-

ziehen, um die (nicht gezeigten) Pumpen anzutreiben. Ein Zwischenstufen-Abstandselement, welches generell mit dem Bezugssymbol **22** bezeichnet ist, ist zwischen den Turbinenlaufschaufeln **14** und **16** angeordnet. Das Zwischenstufen-Abstandselement **22** weist einen unterteilten Ring auf, der aus einer Mehrzahl von umfangsmäßigen Abstandselementen **24** gebildet ist, die an der Scheibe **18** angebracht und von dieser abgestützt sind, und jedes Abstandselement erstreckt sich zwischen den Turbinenlaufschaufeln **14** und **16**. Abstandsegmente können eine Mehrzahl von axial beabstandeten sich verjüngenden Vorsprüngen **25** aufweisen, die einen Teil der Labyrinthdichtung bilden, welche dazu dient, die heißen Gase, die typischerweise bei diesen Typen von Rotationsmaschinen verwendet werden, abzudichten. Die Scheibe **18** weist eine Mehrzahl von umfangsmäßig beabstandeten Paaren von tannenbaumförmigen Schlitten **26** und **28** auf. Die Abstandselemente **24** weisen Endflansche **30** und **32** auf, die gegen die Seitenwand der Scheibe dem Ende der Schlitte **26** und **28** benachbart anliegen und sicherstellen, dass die Turbinenlaufschaufeln gehalten sind und nicht unbeabsichtigt axial aus ihrem jeweiligen Schlitz gleiten. Ein Flansch **30** ist mit einer Mehrzahl von Ausnehmungen zum Aufnehmen der Dämpfer **34** und **36** konfiguriert. Dämpfer **34** sind von dem bekannten Typ, der dazu dient, Schwingungen zu dämpfen, die in der Axial- und Umfangsrichtung auftreten, und sie bilden kein Teil der Erfindung. Die Erfindung betrifft insbesondere das Problem des Dämpfens von Schwingungen, die in der Radialrichtung auftreten, und insbesondere die Lösung, die das Problem löst, welche die einzigartige Konstruktion und die wohl gewählte Einbindung des Dämpfers **36** ist.

**[0019]** Wie aus der Betrachtung der **Fig. 1** ersichtlich, ist die in dem Flansch **30** gebildete Ausnehmung **38** der Wurzel **40** und der Plattform **42** der Schaufeln **14** benachbart, und man erkennt, dass ein Teil der Plattform **42** fortgesetzt ist und über der Ausnehmung **38** liegt. Wie nachfolgend detaillierter beschrieben wird, ist der Dämpfer **36** in dieser Ausnehmung oder Tasche **38** positioniert. Wir betrachten **Fig. 4**, welche eine Teilansicht von **Fig. 3** ist, zur Darstellung lediglich eines der Dämpfer **36**. Wie **Fig. 3** ist **Fig. 4** eine Schnittansicht, die entlang der Linien 4-4 von **Fig. 1** genommen ist, und sie zeigt, dass der Dämpfer **36** in einen radialen Schlitz **44** passt und unter der Plattform **42** der Turbinenlaufschaufel **14** liegt und unter bestimmten Betriebsbedingungen an der Unterseite der Plattform **42** anliegt. Er liegt auch gegen den Schenkel **46** an, der radial in den Schlitz **44** des Zwischenstufenschaufel-Abstandselementes **22** gebildet ist. Der Dämpfer **36** passt frei in den Schlitz **44** und ist generell Y-förmig, mit einer relativ bauchigen Oberfläche **50**, die gegen die Unterseite der Plattform **42** und die Seitenfläche des Schenkels **46** und gegen die Seitenwandoberfläche des in dem Zwischenstufenschaufel-Abstandselement **22** gebildeten Radial-

schlitz **44** anliegt. Wie man in **Fig. 4** erkennt, wird der Dämpfer **36** beim Rotieren des Turbinenrotors infolge der Zentrifugalbelastung nach oben gedrängt, so dass er gegen die Oberflächen anliegt und drückt, wie hier gezeigt.

**[0020]** Der Dämpfer **36** ist geometrisch derart konfiguriert, dass sein Schwerpunkt CG (center of gravity) von dem Kontaktpunkt A versetzt ist. Die Folgen der auf den Dämpfer **36** wirkenden Radialkräfte, welche durch die Bezeichnungen  $\mu F_1$  und  $\mu F_2$  repräsentiert sind, bewirken tendenziell, dass sich dieser dreht und die durch die Bezugssymbole **F1** und **F2** angezeigten Kräfte erzeugt. Der Schenkel **46**, wie gezeigt, ist in dem Radialschlitz **44** installiert, der in die umgebende Hardware bearbeitet ist. Bei dieser Ausführungsform kann der Radialschlitz **44** entweder vor oder nach der Befestigung der Turbinenlaufschaufel gebildet werden, solange er unter der Plattform **42** der Turbinenlaufschaufel **14** liegt. Dem Drehen des Dämpfers **36** wirkt der Schenkel **46** entgegen, was zu einer Tangentialbelastung an dem Kontaktpunkt zwischen dem Dämpfer und dem Schlitz führt. Um die Schaufel **14** radial zu bewegen, muss der Dämpfer gleiten und dabei gegen die Reibung arbeiten, die von der Tangentialbelastung erzeugt wird. Dieses reibende Schaben während der Radialbewegung der Schaufel **14** wandelt viel von der Energie der oszillierenden Bewegung der Schaufel in Wärmeenergie um, die durch das vorbei strömende Fluid entfernt wird, welches typischerweise verwendet wird, um die erwärmten Teile des Rotors, die dem heißen gasförmigen Arbeitsmedium der Turbo-Pumpe ausgesetzt sind, gekühlt zu halten. Das Umwandeln dieser kinetischen Energie in Wärmeenergie führt zu niedrigeren Bewegungsamplituden und schließlich zu einer geringeren niederzyklischen Belastung in der Turbinenlaufschaufel.

**[0021]** Bei tatsächlichen experimentellen Tests dieser hier beschriebenen Struktur eliminierte die diese Erfindung nutzende Brennstoffpumpe die Rissbildung von Turbinenlaufschaufeln und deren schließlich Versagen, was ohne die Verwendung des Dämpfers der Erfindung auftrat. Die Erfindung erhöhte die Haltbarkeit der Rotationsmaschine, wie beschrieben und benötigte ein relativ kostengünstiges Bauteil, welches leicht zusammenzubauen und zu zerlegen ist und benötigte keine zusätzlichen Teile zu der Gesamtkonfiguration der Turbopumpe über den Dämpfer hinaus.

**[0022]** Aus dem Vorangegangenen wird man erkennen, dass hier eine Dämpfungsanordnung beschrieben wurde, wobei der Dämpfer mit dem Schwerpunkt versetzt von dem Kontaktpunkt ausgebildet ist und der Reibwiderstand erzeugt wird, um zwischen der Schaufel und der Grundstruktur zu wirken, um die in Radialrichtungen auftretenden Schwingungen zu dämpfen.

**[0023]** Obwohl die Erfindung mit Bezugnahme auf detaillierte Ausführungsformen davon gezeigt und beschrieben wurde, wird der Fachmann erkennen und verstehen, dass verschiedene Änderungen in deren Form und Detail vorgenommen werden können, ohne von dem Umfang der beanspruchten Erfindung abzuweichen.

### Patentansprüche

1. Rotorkonstruktion mit einem Dämpfer (36) zum Dämpfen der Radialschwingungen, die zu den Schaufeln eines Rotors gehören, wobei der Rotor eine Scheibe (18), eine Mehrzahl von umfangsmäßig beabstandeten Schaufeln (14), die in der Scheibe (18) abgestützt sind, aufweist, wobei der Dämpfer (36) frei in einem in der Nähe der Scheibe (18) gebildeten Radialschlitz (44) angebracht ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Dämpfer ein generell Y-förmiges Dämpferelement (36) aufweist, wobei ein Teil (50) des generell Y-förmigen Elements (36) an der Schaufel (14) anliegt und ein Schenkel des Y-förmigen Elements (36) an einer Wand des Radialschlitzes (44) anliegt, wobei der Bereich (50) radial an der Schaufel (14) der Scheibe (18) benachbart anliegt, wenn der Rotor rotiert, wobei die die Schaufel in der Radialrichtung anregenden Schwingungen durch den Dämpfer (36) auf die Scheibe übertragen werden, um eine Reibung zwischen dem einen Schenkel des Y-förmigen Elements (36) und dem Schlitz zu erzeugen zum Dämpfen der Schwingungen.

2. Rotorkonstruktion nach Anspruch 1, wobei die Schaufel (14) eine Plattform (42) aufweist, welche radial von der Schaufel (14) wegragt, wobei der Bereich (50) des Y-förmigen Elements (36) radial an der Unterseite der Plattform anliegt, wenn der Rotor rotiert.

3. Rotorkonstruktion nach Anspruch 2, aufweisend ein Schaufelabstandselement (22), wobei das Schaufelabstandselement (22) in einem zwischen der Plattform (42) und der Scheibe (18) definierten Raum angeordnet ist, wobei das Schaufelabstandselement (22) einen radial verlaufenden Schenkel (46) aufweist, der unter der Plattform (42) ist, aber von dieser beabstandet ist, wobei der Schlitz (44) in dem Schaufelabstandselement (22) derart gebildet ist, dass der Dämpfer (36), wenn der Rotor rotiert, an der Plattform (42) in Radialrichtung, an den Schenkel (46) in Tangentialrichtung und einer weiteren Wand des Schlitzes (44) in Tangentialrichtung anliegt.

4. Rotorkonstruktion nach Anspruch 3, wobei der Dämpfer (36) frei ist, in dem Schlitz um eine parallel zur Rotationsachse des Rotors verlaufende Achse zu rotieren.

5. Rotorkonstruktion nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Schwerpunkt des Dämpfers (36) umfangsmäßig von dem Kontaktpunkt

(A) des Dämpfers mit der Schaufel (14) versetzt ist.

6. Rotorkonstruktion nach Anspruch 1, aufweisend eine erste Reihe von umfangsmäßig beabstandeten Schaufeln (14), die in der Scheibe (18) angebracht sind, eine zweite Reihe von umfangsmäßig beabstandeten Schaufeln (16), die in der Scheibe (18) angebracht sind und axial von der ersten Reihe von Schaufeln (14) beabstandet sind, ein Abstandselement (22), welches in der Scheibe (18) zwischen der ersten Reihe von Schaufeln (14) und der zweiten Reihe von Schaufeln (16) angebracht ist und einen Abstand (38) der ersten Reihe von Schaufeln (14) und der Scheibe (18) benachbart schafft, eine Plattform (42) an jeder der Schaufeln (14, 16) und mindestens eine Plattform (42) in der ersten Reihe von Schaufeln (14), welche über den Raum (38) ragt, einen Schenkel (46), der von dem Abstandselement (22) wegragt und radial in Richtung zu der Plattform (42) ragt, aber von dieser beabstandet ist, wobei der Dämpfer (36) frei in einem Schlitz (44) angeordnet ist, der in dem Abstandselement (22) dem Schenkel (46) benachbart und unter der Plattform (42) gebildet ist, wobei der Dämpfer (36) einen Bereich (50) daran hat, der radial an der Plattform (42) anliegt, wenn die Scheibe rotiert, wobei der Schwerpunkt des Dämpfers (36) von dem Auftreffpunkt (A), wo der Bereich (50) des Y-förmigen Elements (36) an der Plattform (42) anliegt, beabstandet ist, wobei ein Schenkel des Dämpfers (36) tangential an einer Wand des Schlitzes (44) anliegt, wobei sich der Dämpfer tendenziell dreht, wenn er radial durch Schwingungen angeregt wird, die von den Schaufeln (14) erfahren werden, wodurch sich der Dämpfer (36) tendenziell in dem Schlitz (44) dreht und Reibung zwischen dem Dämpfer (36) und der Wand des Schlitzes (44) erzeugt, um die durch die Schwingungen erzeugte Energie zu zerstreuen.

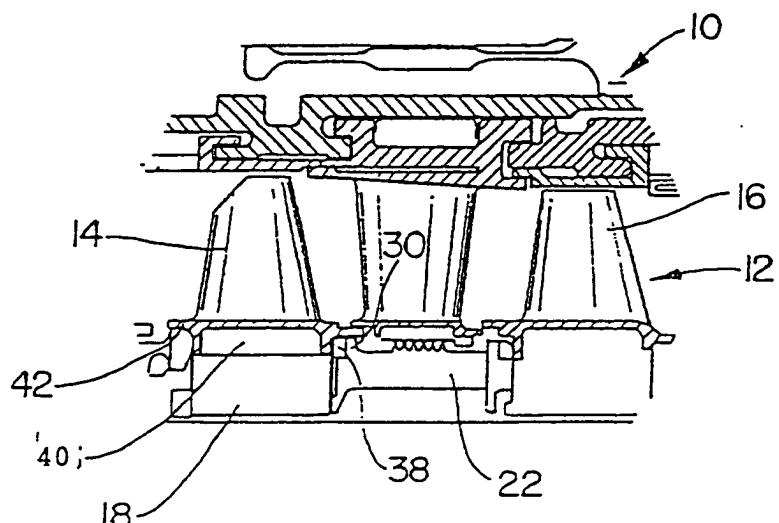
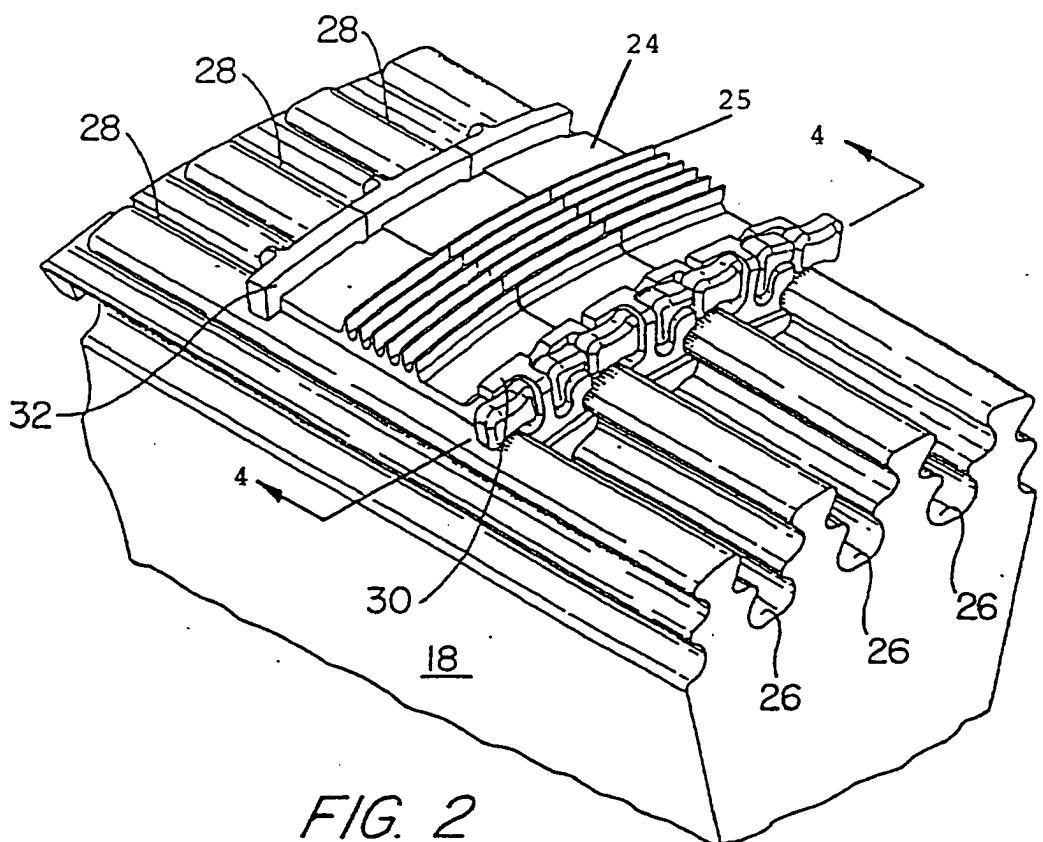
7. Rotorkonstruktion nach Anspruch 6, wobei ein anderer Bereich des Y-förmigen Dämpfers (36) tangential an dem Schenkel (46) anliegt.

8. Rotorkonstruktion nach einem der Ansprüche 3 bis 7, aufweisend einen zweiten Dämpfer (34), der in dem Abstandselement (22) angebracht ist und auch an der Plattform (42) anliegt und umfangsmäßig von dem Y-förmigen Dämpfer (36) beabstandet ist zum Zerstreuen der durch die Schwingungen der Schaufeln (14) erzeugten Schwingung, wenn sie in der Umfangs- und Axialrichtung auftreten.

9. Rotorkonstruktion nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Y-förmige Dämpfer (36) aus Metallmaterial ist und/oder einstückig ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



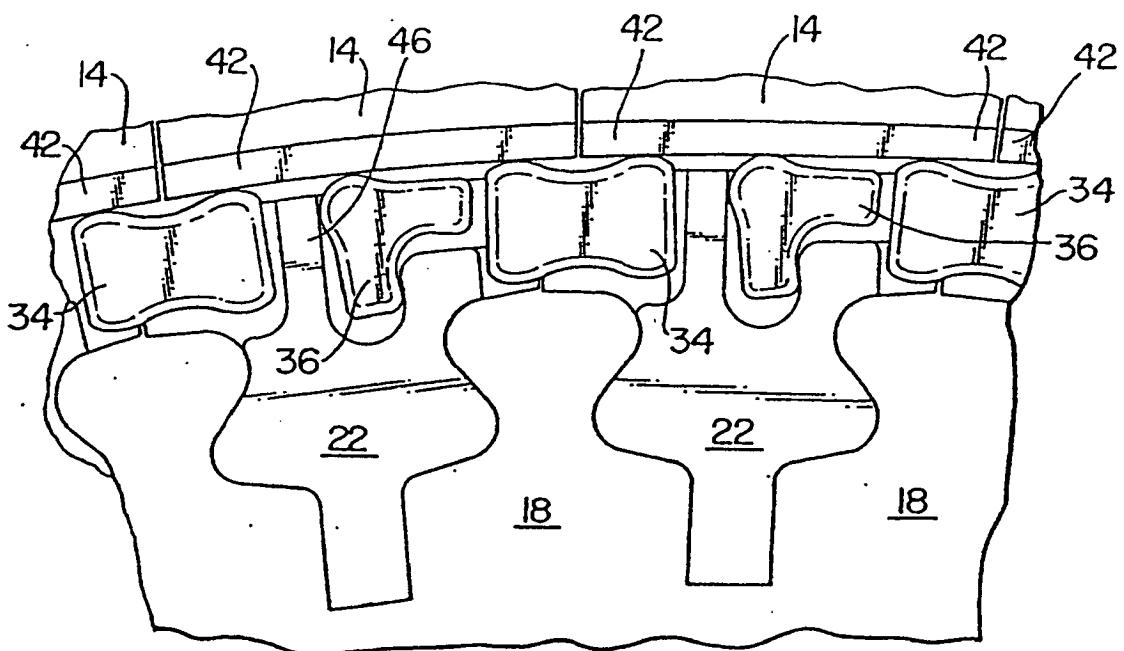


FIG. 3

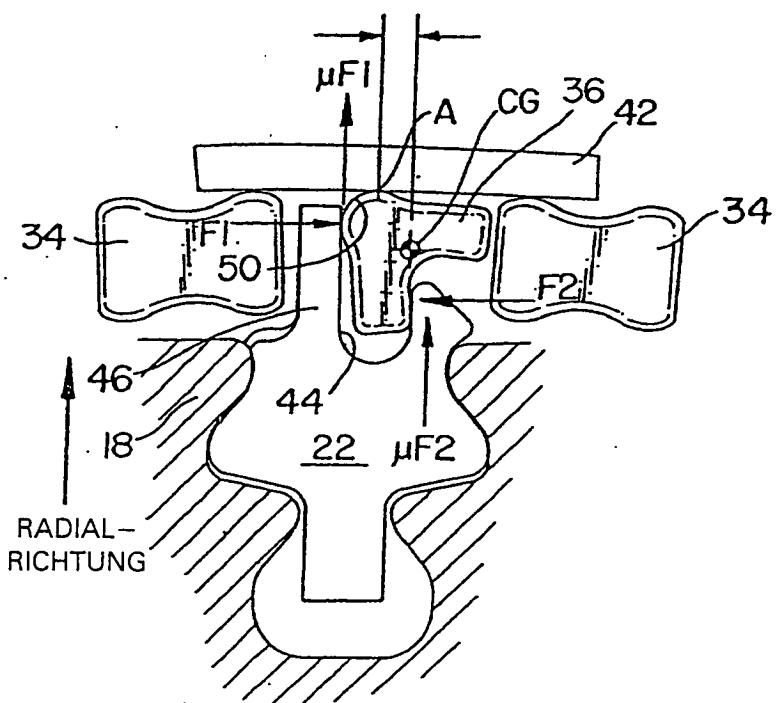


FIG. 4