



## **Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

⑫ PATENTSCHRIFT A5

11

643 634

②1) Gesuchsnummer: 9626/79

⑦3 Inhaber:  
Carrier Corporation, Syracuse/NY (US)

② Anmeldungsdatum: 26.10.1979

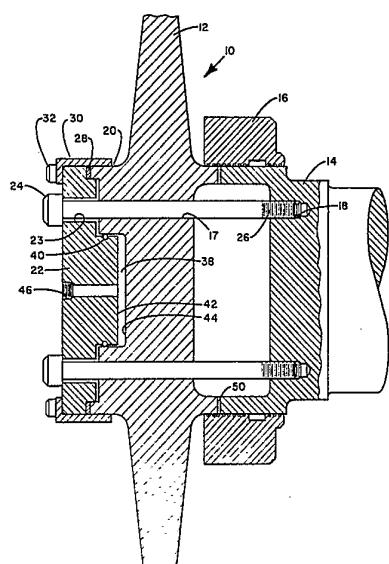
72 Erfinder:  
Carl H. Geary, jun., Greensburg/PA (US)  
Norman A. Samurin, Greensburg/PA (US)  
William A. Straslicka, Norvelt/PA (US)

②4 Patent erteilt: 15.06.1984

74 Vertreter:  
Hepatex-Ryffel AG, Zürich

<sup>54</sup> Einrichtung einer Reaktionsschule im Rahmen des Lern- und Wissens-Transfer-Programms

57 Zum Befestigen des Rades (12) einer Turbomaschine an der Welle (14) werden Schraubenbolzen (24) verwendet, die in Gewindelöcher (18) in der Welle (14) geschraubt werden. Für das Erzeugen der das Rad (12) und die Welle (14) gegeneinanderpressenden Befestigungskraft werden die Schraubenbolzen (24) nicht festgezogen, sondern durch eine hydraulisch erzeugte Kraft gedehnt und dann durch mechanische Mittel, die die Bolzenzugkraft auf das Rad (12) übertragen, im gedehnten Zustand fixiert. Im einzelnen wird ein hydraulisches Hochdruckfluid in eine zwischen dem Rad (12) und einem Kolbenelement (22) vorhandene Kammer (38) eingeführt, um die Schraubenbolzen (24) zu dehnen. Dann wird zwischen dem Rad (12) und dem Kolbenelement (22) eine Beilegescheibe (28) angeordnet, um die Schraubenbolzen (24) auch nach Ablassen des Hydraulikfluids gedehnt und damit vorgespannt zu halten. So wird die Erzeugung von Torsionsspannungen in den Schraubenbolzen (24) vermieden, womit deren Zugfestigkeit voll erhalten bleibt.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Einrichtung zum Befestigen eines Rades (12) an einer drehbaren Welle (14) einer Turbomaschine, gekennzeichnet durch Bolzen (24; 64) zum Anbringen des Rades (12) an einem Ende der Welle (14), eine mit den Bolzen (24; 64) verbundene hydraulische Vorrichtung (22, 46) zum Erzeugen einer hydraulischen Kraft zum Dehnen der Bolzen (24; 64) und Mittel (28; 76) zum Ausüben einer Druckkraft auf das Rad (12) nach dem Dehnen der Bolzen (24; 64), um das Rad (12) an der Welle (14) zu befestigen.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die hydraulische Vorrichtung (22, 46) ein kolbenartiges Element (22) aufweist, das bei einer Seite des Rades (12) angeordnet ist, dass die Bolzen (24; 64) zum Halten des Rades (12) zwischen einander zugekehrten Seiten der Welle (14) und des kolbenartigen Elementes (22) angeordnet sind, dass die hydraulische Vorrichtung (22, 46) Krafterzeugungsmittel (46) zum Bewegen des kolbenartigen Elementes (22) bezüglich des Rades (12) aufweist, um zwischen den einander zugekehrten Seiten des Rades (12) und des kolbenartigen Elementes (22) einen Zwischenraum (38) zu bilden, und dass die genannten Mittel (28; 76) ein zwischen dem Rad (12) und dem kolbenartigen Element (22) angeordnetes Druckglied (28; 76) aufweisen, dessen eine Seite an der zugekehrten Seite des Rades (12) anliegt.

3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die einen Enden (26) der Bolzen (24) in einem Ende der Welle (14) verankert sind und die anderen Enden der Bolzen (24) am kolbenartigen Element (22) verankert sind, so dass durch die Bewegung des kolbenartigen Elementes (22) bezüglich des Rades (12) die Bolzen (24) auf eine vorbestimmte Länge gedehnt und damit unter Spannung gesetzt werden.

4. Einrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckglied (28) ein Abstandhalterglied ist, das zwischen den einander zugekehrten Seiten des Rades (12) und des kolbenartigen Elementes (22) angeordnet ist, wobei seine eine Seite an der zugekehrten Seite des Rades (12) anliegt und seine andere Seite an der zugekehrten Seite des kolbenartigen Elementes (22) anliegt.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Abstandhalterglied (28) aus wenigstens einer ringförmigen Beilegescheibe besteht.

6. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die genannte eine Seite des Rades (12) von einer Endkappe (60) gebildet ist und dass das Druckglied (76) an dieser Endkappe (60) anliegt, um das Rad (12) zwischen der Endkappe (60) und der Welle (14) zusammenzudrücken.

7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Endkappe (60) eine erste Seite mit einem axial abstehenden Flansch (68) aufweist, der eine Kammer (38) bildet, und dass das kolbenartige Element (22) gleitbar in dieser Kammer (38) angeordnet und mit einem freien Ende der Bolzen (64) verbunden ist, so dass durch die Bewegung des kolbenartigen Elementes (22) bezüglich der Endkappe (60) die Bolzen (64) gedehnt und das Rad (12) zwischen der Endkappe (60) und der Welle (14) zusammengedrückt wird.

8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckglied (76) ein mutterartiges Element ist, das auf den Bolzen (64) montiert und bezüglich derselben bewegbar ist und das an einer Seite der Endkappe (60) anliegt, um auf die Endkappe (60) eine Druckkraft zum Zusammendrücken des Rades (12) zwischen der Endkappe (60) und der Welle (14) zu übertragen.

9. Verfahren zum Betrieb der Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Rad (12) anfänglich an der Welle (14) so angebracht wird, dass eine Stirnseite des Rades (12) an dem Ende der Welle (14) anliegt, und dass dann mittels der hydraulischen Vorrichtung (22, 46) eine auf das Rad (12) wirken-

de Druckkraft aufgebaut wird, wobei diese Druckkraft die einzige Kraft für das Befestigen des Rades (12) an der Welle (14) ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Rad (12) zwischen einem kolbenartigen Element (22) der hydraulischen Vorrichtung (22, 46) und dem Ende der Welle (14) angebracht wird, dass das kolbenartige Element (22) bezüglich des Rades (12) bewegt wird, um zwischen den einander zugekehrten Seiten des Rades (12) und des kolbenartigen Elementes (22) einen Zwischenraum (38) zu bilden, und dass zwischen dem Rad (12) und dem kolbenartigen Element (22) ein Druckglied (28; 76) zum Ausüben der Druckkraft auf das Rad (12) für die Befestigung des Rades (12) an der Welle (14) angeordnet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass für das Anbringen des Rades (12) zwischen dem kolbenartigen Element (22) und der Welle (14) die Bolzen (24) durch aufeinander ausgerichtete Öffnungen (23, 17) im kolbenartigen Element (22) und im Rad (12) in je ein Loch (18) in der Welle (14) eingeführt werden, je ein Ende (26) jedes Bolzens (24) in dem dieses Ende (26) aufnehmenden Loch (18) in der Welle (14) befestigt wird und das andere Ende jedes Bolzens (24) am kolbenartigen Element (22) verankert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass für das Bewegen des kolbenartigen Elementes (22) ein Fluid unter Druck in eine Kammer (38) eingeführt wird, in der das kolbenartige Element (22) angeordnet ist, wobei die Bolzen (24) durch die Bewegung des kolbenartigen Elementes (22), an dem sie verankert sind, gedehnt werden.

30

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Befestigen eines Rades an einer drehbaren Welle einer Turbomaschine sowie ein Verfahren zum Betrieb der Einrichtung.

35 Rotoren von Turbomaschinen, wie Zentrifugalkompressoren oder Turbinen, werden häufig als zusammengesetzte Konstruktionen hergestellt, in denen die Laufscheiben oder Räder der Turbomaschine an Wellenenden befestigt sind. Dazu kann man durchgehende Bolzen oder Zugstangen verwenden. Dabei ist es

40 bekannt, die durchgehenden Bolzen zu erhitzen, um dann mit der Abkühlung die Kräfte für die Befestigung der Räder an den Wellen zu entwickeln. Für das Zuführen der Wärme kann man die Wellen auf ihrer ganzen Länge mit Löchern versehen.

Dadurch wird aber die Solidität der Wellen beeinträchtigt und 45 werden die mit der dynamischen und statischen Auswuchtung des Rotors verbundenen Probleme vergrößert. Zudem kann die genaue Ausrichtung der Lagerzapfen der Welle nur noch schwer ohne Anwendung komplizierter und relativ teurer Herstellungsverfahren erreicht werden. Man hat daher vorgeschlagen, auf das 50 zum Befestigen der Räder an den Wellen verwendete Erhitzen zu verzichten und statt dessen Druck- und Torsionskräfte, die durch geeignete Anordnungen von Schraubbolzen und Muttern erzeugt werden, für das Befestigen der Räder an den Wellen zu verwenden.

55 In manchen Anwendungen, etwa bei der Energierückgewinnung, werden Turbomaschinen jedoch bei relativ hohen Temperaturen betrieben. Dabei wird die Betriebsfestigkeit der verschiedenen Elemente der Turbomaschine herabgesetzt, da die Betriebsfestigkeit einer metallischen Komponente im allgemeinen mit steigender Temperatur der Umgebung, in der die

60 Komponente arbeitet, abnimmt. Die beim Befestigen des Rades an der Welle angewandten Torsionskräfte erzeugen Torsionsspannungen. Solche Spannungen können wegen der relativ niedrigen Betriebsfestigkeit der Bolzen zum Versagen einzelner oder

65 mehrerer der Bolzen führen. Allgemein gesprochen ist die Scherfestigkeit der Bolzen, die den Torsionsspannungen zu widerstehen hat, bei jeder gegebenen Temperatur etwa halb so gross wie die Zugfestigkeit der Bolzen. Ein Versagen eines

Befestigungsbolzens kann aber selbstverständlich zu grösseren Schäden in der Turbomaschine führen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Einrichtung zu schaffen, mit der ein Rad an einer Welle ohne Anwendung von Torsionskräften befestigt werden kann.

Die erfindungsgemäss Einrichtung, mit der diese Aufgabe gelöst wird, ist im Patentanspruch 1 definiert.

Das ebenfalls erfindungsgemäss Verfahren zum Betrieb der Einrichtung ist im Patentanspruch 9 definiert.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnungen erläutert. In diesen zeigen:

Fig. 1 und 2 je eine Schnittansicht eines Teils einer Turbomaschine.

Entsprechende Elemente sind in beiden Figuren mit den gleichen Hinweisziffern bezeichnet.

Gemäss Fig. 1 besitzt eine Turbomaschine 10 ein Rad in Form einer Scheibe 12, die an einer Welle 14 zur Drehung mit derselben befestigt ist. Die Scheibe 12 und die Welle 14 bilden zusammen den Rotor der Turbomaschine. Geeignete sich axial erstreckende Dichtungen, z. B. Labyrinthdichtungen 16, sind um die Welle 14 herum angeordnet, um die Leckage des Arbeitsmediums auf einem Minimum zu halten. Die Welle 14 ist mit mehreren Gewindelöchern 18 versehen, die jeweils ein mit einem Gewinde versehenes Ende 26 eines Bolzens 24 aufnehmen. Die Scheibe 12 enthält eine entsprechende Mehrzahl von Bohrungen oder Öffnungen 17, die auf die Gewindelöcher 18 axial ausgerichtet sind. Geeignete Drehmomentübertragungsmittel, z. B. eine Kupplung 50, verbinden die Scheibe 12 mit der Welle 14, so dass sich die Welle und die Scheibe gemeinsam drehen.

Die Turbomaschine 10 kann ein Zentrifugalkompressor, ein Axialkompressor, eine Radialturbine oder eine Axialturbine sein. Das Rad 12 ist ein Schleuderrad, wenn die Maschine 10 ein Zentrifugalkompressor ist, und ein Schaufelrad, wenn die Maschine ein Axialkompressor oder eine Axialturbine ist.

An einer Stirnseite des Rades 12 ist ein kolbenartiges Element 22 angeordnet, das bewegbar in einer Kammer 38 liegt, die von axial gerichteten Flanschen 20 des Rades gebildet ist. Das Kolbenelement 22 enthält mehrere Löcher oder Öffnungen 23, die auf die Löcher 17 und 18 im Rad 12 bzw. in der Welle 14 axial ausgerichtet sind. Die Bolzen 24 erstrecken sich axial durch das kolbenartige Element 22 und die Rotorscheibe 12 und enden in den Gewindelöchern 18 in der Welle 14.

Das kolbenartige Element 22 besitzt ferner eine Fluiddurchlassöffnung 46. An die Öffnung 46 wird eine geeignete Leitung (nicht dargestellt) angeschlossen, durch die ein Hochdruckfluid von einer Quelle (nicht dargestellt) in die Kammer 38 eingeführt werden kann. Eine geeignete Dichtung, z. B. ein O-Ring 40, verhindert den Austritt von Hochdruckfluid aus der Kammer 38.

Wenn das Rad 12 an der Welle 14 befestigt wird, z. B. wenn der Rotor im Gehäuse der Turbomaschine installiert wird, wird zwischen den einander zugekehrten Seiten 42 und 44 des kolbenartigen Elementes 22 und des Rades 12 eine ringförmige Beilegescheibe 28 angeordnet. Der Durchmesser der Beilegescheibe 28 ist gleich gross wie oder kleiner als der Durchmesser des kolbenartigen Elementes 22. Eine Abdeckkappe 30 wird in geeigneter Weise, z. B. mit Schrauben 32, am kolbenartigen Element 22 befestigt.

Wie eingangs erwähnt, ist es wünschbar, die Torsionsspannung, die in den zum Befestigen des Rades an der Welle verwendeten Bolzen erzeugt wird, möglichst klein zu halten. Die Kleinhaltung oder Ausschaltung der Torsionsspannung ist besonders wichtig in Turbomaschinen, in welchen Arbeitsmedien mit relativ hohen Temperaturen verwendet werden.

Beim Zusammenbauen des kolbenartigen Elementes 22, des Rades 12 und der Welle 14 zum Bilden des Rotors der Turbomaschine 10 werden die Bolzen 24 zuerst in die aufeinander ausgerichteten Löcher 17, 18 und 23 eingeführt. Die Bolzen werden nur leicht in die Gewindelöcher 18 hineingedreht, um die

Rotorteile zusammenzuhalten. Die Enden 26 der Bolzen 24 sind dann aber in den Löchern 18 der Welle 14 durch den Gewindeeintritt sicher festgehalten. Die Beilegescheiben 28 werden in diesem Zeitpunkt noch nicht angebracht, so dass die einander

zugekehrten Seiten 42 und 44 in direkter Berührung miteinander stehen. Dann wird hydraulisches Hochdruckfluid durch den

Anschluss 46 in die Kammer 38 eingeführt. Das Fluid entwickelt in der Kammer eine Kraft, die das kolbenartige Element 22 bezüglich des Rades 12 bewegt und den Volumeninhalt der

10 Kammer 38 vergrössert. Durch die Bewegung des Kolbenelementes 22 werden die an demselben gehaltenen Bolzen 24 gedehnt und das Rad 12 zusammengedrückt. Zwischen den einander zugekehrten Seiten 42 und 44 des Kolbenelementes und des Rades entsteht ein Zwischenraum, und die Beilegescheibe 28

15 wird in diesem Zwischenraum eingeführt. Die Beilegescheibe 28 steht in direkter Berührung mit den zugekehrten Seiten des Kolbenelementes 22 und des Rades 12. Die Abdeckkappe 30 wird danach am Kolbenelement 22 angebracht. Nachher, nachdem die Bolzen 24 auf die gewünschte Länge gedehnt worden

20 sind, wird das Fluid aus der Kammer 38 wieder abgelassen. Durch das Dehnen der Bolzen 24 entsteht in denselben eine Zugspannung. Die so entwickelte Zugkraft wird über das Kolbenelement 22 und die Beilegescheibe 28 als Druckkraft auf das Rad 12 übertragen, um das Rad an der Welle 14 festzuhalten. Die

25 durch das Dehnen der Bolzen 24 entstandene Zugkraft ist im wesentlichen die einzige auf die Bolzen wirkende Kraft. Die Festigkeit der Bolzen wird daher nicht durch die Erzeugung von auf die Bolzen wirkenden Torsionskräften und -spannungen herabgesetzt.

30 Wenn das Rad wieder von der Welle abgenommen werden soll, wird wieder Hydraulikfluid in die Kammer 38 eingeführt, um die Bolzen 24 so weit zu dehnen, dass die auf das Rad 12 wirkende Druckkraft aufgehoben wird.

Gemäss Fig. 2 ist auf der von der Welle 14 abgekehrten Seite 54

35 des Rades 12 eine Rotorendkappe 60 angeordnet, die am Rad 12 über ein geeignetes Kupplungsmittel 52 befestigt ist. Die Rotor-endkappe könnte auch einstückig mit dem Rad ausgebildet sein, wobei die Kupplung 52 wegfallen würde. Die Rotorendkappe 60 enthält eine Mehrzahl von Löchern 67, die mit den Löchern 17 im

40 Rad 12 und mit den Löchern 18 in der Welle 14 axial ausgerichtet sind.

Ein kolbenartiges Element 22 ist bewegbar in einer Kammer 38 angeordnet, die von einem axial gerichteten Flansch 68 der Rotorendkappe 60 gebildet ist. Das Kolbenelement 22 enthält

45 mehrere Löcher oder Öffnungen 63, die auf die Löcher und Öffnungen in der Endkappe 60, im Rad 12 und in der Welle 14 axial ausgerichtet sind. Schraubenbolzen 64 erstrecken sich axial durch die aufeinander ausgerichteten Löcher im kolbenartigen Element 22, in der Rotorendkappe 60 und im Rad 12 und enden

50 in den Gewindelöchern 18 in der Welle 14. Das eine Ende 65 jedes Bolzens 64 ist mit einem Gewinde versehen, das in das Gewinde im Loch passt. Das andere Ende 65 jedes Bolzens 64, das sich durch das Loch 63 im Kolbenelement 22 erstreckt, ist hier ebenfalls mit einem Gewinde versehen. In einer abgeänder-

55 ten Konstruktion könnte der Bolzen 64 an der Welle 14 auch mittels einer auf sein Gewinde geschraubten Mutter gehalten sein statt durch den Eingriff dieses Gewindes in ein Gewinde-loch.

Das kolbenartige Element 22 besitzt auch eine Fluiddurchlass-60 öffnung 46. An die Öffnung 46 wird eine Leitung (nicht dargestellt) angeschlossen, durch die ein Hochdruckfluid von einer Quelle (nicht dargestellt) in die Kammer 38 eingeführt werden kann. Eine geeignete Dichtung, z. B. ein O-Ring 40, verhindert den Austritt von Hochdruckfluid aus der Kammer 38.

65 Die Enden 65 der Bolzen 64, die sich durch das kolbenartige Element 22 erstrecken, sind mit Gewinden versehen, die je eine erste Mutter 74 und eine zweite Mutter 76 aufnehmen. Die Mutter 76 liegt zwischen dem kolbenartigen Element 22 und der

Rotorendkappe 60. Die Mutter 74 hält das Ende des Bolzens 64 am Kolbenelement 22.

Wie schon erwähnt, ist es wünschbar, die Torsionsspannungen, die in dem zum Befestigen des Rades 12 an der Welle 14 verwendeten Bolzen erzeugt werden, so klein wie möglich zu halten. Die Kleinhaltung oder Ausschaltung der Torsionsspannungen ist besonders wichtig in Turbomaschinen, in welchen Arbeitsmedien mit relativ hohen Temperaturen verwendet werden.

Beim Befestigen des Rades 12 an der Welle 14 werden die Muttern 76 zuerst in Berührung mit der Seitenfläche 61 der Rotorendkappe 60 geschraubt. Dann wird hydraulisches Hochdruckfluid durch den Anschluss 46 in die Kammer 38 eingeführt. Das Fluid entwickelt in der Kammer 38 eine Kraft, die gegen die Seite 42 des Kolbenelementes 22 wirkt und das Kolbenelement 22 bezüglich des Rades 12 bewegt, wobei der Volumeninhalt der Kammer 38 zunimmt. Durch die Bewegung des Kolbenelementes 22 werden die an demselben gehaltenen Schraubenbolzen 64 gedehnt. Die hydraulische Kraft wirkt auch gegen die Seite 44 der Rotorendkappe 60, und die auf die Rotorendkappe 60 ausgeübte Druckkraft wird auf das Rad 12 übertragen.

Durch das Dehnen der Schraubenbolzen 64 entsteht in denselben eine Zugspannung. Die damit entwickelte Zugkraft wird auf die Welle 14 übertragen und drückt diese gegen das Rad 12, um das Rad an der Welle zu befestigen. Nachdem die Bolzen 64 auf die gewünschte Länge gedehnt worden sind, werden die Muttern 76 erneut gegen die Seitenfläche 61 der Rotorendkappe 60 geschraubt, damit die mit dem Dehnen der Bolzen erzeugte

Zusammendrückkraft zwischen dem Rad und der Welle aufrechterhalten bleibt. Das Hydraulikfluid wird aus der Kammer 38 abgelassen, nachdem die gewünschte Zusammendrückung der Teile erreicht worden ist. Das kolbenartige Element 22 kann nach Abnehmen der Muttern 74 von den Schraubenbolzen 64 aus der Kammer 38 herausgenommen werden, bevor die Turbomaschine in Betrieb gesetzt wird. Damit kann ein einzelnes kolbenartiges Element 22 an mehr als einer Turbomaschine für das Befestigen des Rades an der Welle verwendet werden.

<sup>10</sup> Da die einzige auf die Bolzen 64 wirkende Kraft die Zugkraft ist, die mit dem Dehnen der Bolzen erzeugt wird, wird die Festigkeit der Bolzen nicht durch die Erzeugung von auf die Bolzen wirkenden Torsionskräften und -spannungen herabgesetzt.

<sup>15</sup> Wenn das Rad 12 von der Welle 14 abgenommen werden soll, wird das kolbenartige Element 22 wieder an der Rotorendkappe 60 angebracht. Hydraulikfluid wird wieder in die Kammer 38 eingeführt, um die Bolzen 64 zu dehnen, wonach die Zusammendrückkraft zwischen dem Rad und der Welle aufgehoben wird.

<sup>20</sup> Die beschriebenen Anordnungen enthalten somit vorteilhafte und relativ billige Mittel für das Befestigen des Rades einer Turbomaschine an einer Welle. Sie sind besonders nützlich für <sup>25</sup> Turbomaschinen, in welchen ein Arbeitsmedium mit relativ hoher Temperatur verwendet wird, weil hierbei die Vermeidung von Torsionsspannungen wichtig ist, um Materialermüdungen zu vermeiden.

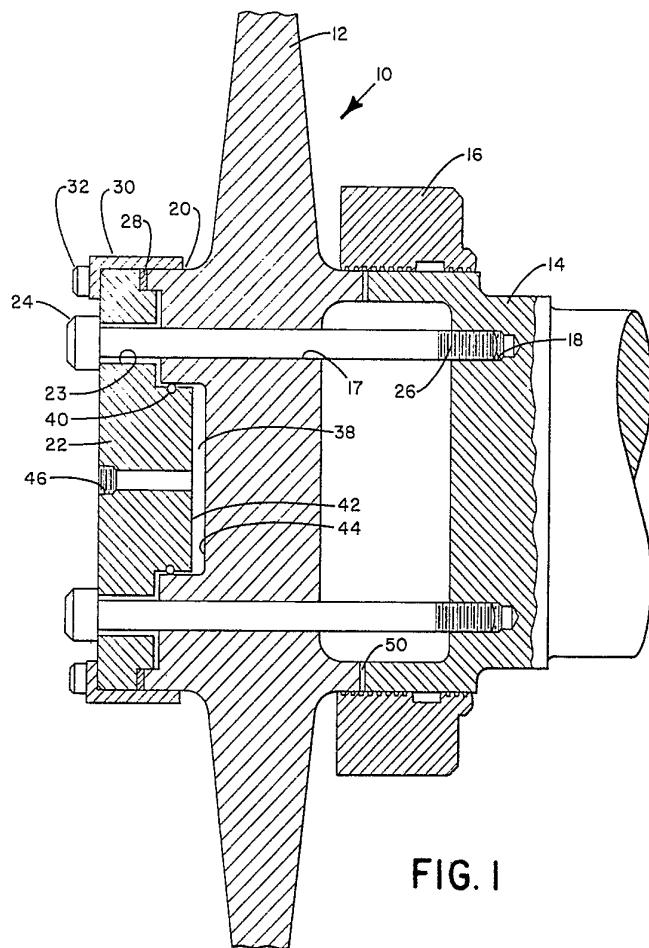


FIG. I

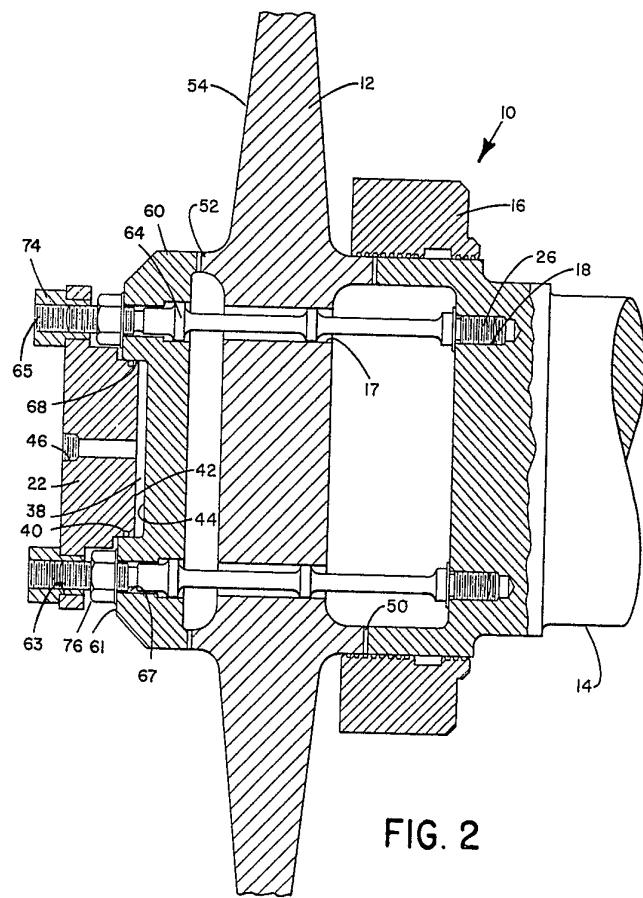


FIG. 2