

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 575 017 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93250128.1**

(51) Int. Cl.⁵: **F01D 5/02**

(22) Anmeldetag: **06.05.93**

(30) Priorität: **17.06.92 DE 4220127**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.12.93 Patentblatt 93/51

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI NL

(71) Anmelder: **MANNESMANN Aktiengesellschaft**
Postfach 10 36 41
D-40027 Düsseldorf(DE)

(72) Erfinder: **Rothstein, Ernst**
Sperlingweg 6
W-4134 Rheinberg(DE)

(74) Vertreter: **Meissner, Peter E., Dipl.-Ing. et al**
Meissner & Meissner,
Patentanwaltsbüro,
Postfach 33 01 30
D-14171 Berlin (DE)

(54) **Ritzelwelle für eine Getriebe-Turbomaschine.**

(57) Ritzelwelle für eine Getriebe-Turbomaschine mit einem Zahnradelement (1), dessen in eine Welle (3) übergehenden anschließenden Bereich als Lagerstelle (4) ausgebildet ist und einem daran anschließenden anderen Wellenteil (5), an dessen freiem Ende ein Laufrad (8) lösbar angeordnet werden kann. Das Wellenteil (5) ist als separates Teil ausgebildet und mit dem aus einem oberflächenhärtbaren Vergütungsstahl hergestellten Zahnradelement (1) verbunden, wobei der für das Wellenteil (5) verwendete Werkstoff der auftretenden Beanspruchung hinsichtlich Temperatur und Art des zu verdichtenden Mediums angepaßt ist.

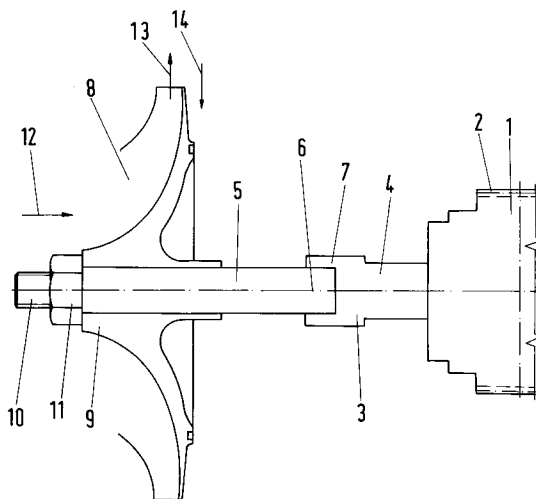


Fig.1

EP 0 575 017 A1

Die Erfindung betrifft eine Ritzelwelle für eine Getriebe-Turbomaschine gemäß dem Gattungsbegriff des Anspruchs 1.

Das Vordringen von Radialverdichtern in immer neue Anwendungsgebiete und auch die Integration verschiedener Verdichtungsprozesse in ein gemeinsames Verdichtergehäuse führen dazu, daß die Beanspruchung der Wellenteile, auf denen die Laufräder lösbar angeordnet sind, hinsichtlich Temperatur und Angriff des zu fördernden Mediums sehr unterschiedlich sind zu den Bereichen, die nicht mit damit beaufschlagt werden. Beispielsweise müssen bei einem LNG-Kompressor (LNG = Liquid Natural Gas) die Verdichterschaukeln aus einem zähen Tieftemperaturstahl (z.B. 9 % Nickelstahl) gefertigt werden, damit diese auch bei tiefen Temperaturen noch eine ausreichende Zähigkeit aufweisen. Andererseits muß die das Laufrad antreibende Ritzelwelle den getriebetechnischen Bedingungen genügen. Insbesondere das Zahnradelement wird im Hinblick auf ausreichende Dauer- und Flankenfestigkeit üblicherweise aus einem legierten Vergütungsstahl gefertigt, dessen Oberfläche im Flankenbereich gehärtet wird. Die Problematik der richtigen Werkstoffwahl ergibt sich bei dem schon erwähnten LNG-Kompressor dadurch, daß auf der Rückseite des Laufrades, insbesondere beim Stillstand und in der Anfahrphase auch ein Teil des Wellenbereiches mit dem tiefgeköhlten Gas beaufschlagt wird. Nun könnte man als Abhilfe sowohl das Laufrad einschließlich des anschließenden Wellenteiles einstückig aus einem tieftemperaturbeständigen Stahl herstellen. Die Herstellung erfordert aber einen großen Zerspannungsaufwand, da die Außenmaße des Laufrades die Größe des zu zerspannenden Blockes bestimmen. Alternativ dazu wäre vorstellbar, das Zahnradelement ebenfalls aus diesem Stahl zu fertigen. Das ergibt aber Schwierigkeiten, da der Tieftemperaturstahl keine ausreichende Festigkeit bzw. Härte hat und die üblichen Härteverfahren wie Flammenhärten oder Nitrieren nicht anwendbar sind. Um die niedrigere Festigkeit in etwa auszugleichen, müßte man das Zahnradelement entsprechend größer bauen und damit würde der gesamte Getriebeteil baumäßig sehr groß werden mit all den Nachteilen, die sich daraus ergeben. Aber auch bei dieser Lösung bleibt das Problem der verminderten Flankentragfähigkeit des aus einem solchen Stahl gefertigten Zahnradelementes infolge des niedrigeren Kohlenstoffgehaltes.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine für hohe Drehzahlen von mindestens 15.000 U/min. vorzugsweise mehr als 20.000 U/min. geeignete und ein einteilig ausgebildetes Zahnradelement aufweisende hochbelastbare Ritzelwelle für eine Getriebe-Turbomaschine anzugeben, die konstruktiv optimal und in der Herstellung kostengünstig der Beanspruchung

hinsichtlich Temperatur und der Art des zu fördernden Mediums angepaßt ist.

Diese Aufgabe wird mit dem im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmal gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Bestandteil von Unteransprüchen.

Die optimale Anpassung an die im jeweiligen Bereich der Ritzelwelle auftretende Beanspruchung wird in der Weise erreicht, daß das Wellenteil, an dessen freiem Ende das Laufrad lösbar angeordnet ist, als separates Teil ausgebildet und mit dem Zahnradelement verbunden ist. Dabei wird der Werkstoff für das Wellenteil so gewählt, daß es der auftretenden Beanspruchung gerecht wird. Im Falle des bereits erwähnten LNG-Kompressors würde ein tieftemperaturbeständiger Stahl für das Wellenteil verwendet werden. Im Falle der Verdichtung von stark erwärmten Gasen würde man das Wellenteil aus einem hochwarmfesten Stahl fertigen. Bei einer Verdichtung von Gasen, die mit Säuren durchsetzt sind, bietet es sich an, einen besonders korrosionsbeständigen Werkstoff für das Wellenteil einzusetzen.

Der Vorteil der vorgeschlagenen Verbundtechnik ist darin zu sehen, daß das Zahnradelement weiterhin aus einem bekannten oberflächenhärtbaren Vergütungsstahl gefertigt wird und für das mit dem zu fördernden Medium direkt in Berührung kommende Wellenteil einschließlich des darauf angeordneten Laufrades ein der Beanspruchung gerecht werdender Werkstoff gewählt wird. Bei dieser Lösung kann das Zahnradelement und das gesamte Getriebeteil weiterhin klein gebaut werden und das damit verbundene Wellenteil kann ebenfalls optimal ausgelegt werden, da bezüglich der Wahl des Werkstoffes keine Einschränkung hinsichtlich getriebetechnischer Überlegungen erforderlich ist.

Für die Verbindung Wellenteil mit Zahnradelement gibt es verschiedene Lösungsmöglichkeiten. Beispielsweise kann eine Schrumpfverbindung und/oder Polygonverbindung vorgesehen werden. Das Laufrad könnte in diesem Falle über einen kegeligen Preßverband mit dem Wellenteil verbunden werden.

Eine weitere Variante besteht darin, beide Enden des Wellenteils mit einer Hirth-Verbindung und die daran anschließenden Bereiche des Zahnradelementes und des Laufrades ebenfalls mit einer komplementär dazu ausgebildeten Hirth-Verzahnung zu versehen. Zur Verspannung der Elemente gegeneinander wird eine durch das Laufrad und das Wellenteil sich erstreckende Dehnschraube im Zahnradelement verankert. Das Zahnradelement weist dazu im Endenbereich eine Gewindebohrung auf, in die die Dehnschraube eingreifen kann. Das andere freie Ende der Dehnschraube hat ebenfalls einen Gewindeabschnitt, so daß eine darauf auf-

schraubbare Mutter das Laufrad und das Wellenteil gegen das Zahnradelement verspannen kann.

Die vorgeschlagene Anordnung hat aber den Nachteil, daß die Dehnschraube im Falle eines LNG-Kompressors ebenfalls aus einem tieftemperaturbeständigen Stahl gefertigt werden muß und wegen der geringeren Festigkeit nur ein geringeres Anzugsmoment übertragen kann. Die Hirth-Verbindung muß auf beiden Seiten einbaufertig hergestellt werden, was bei Berücksichtigung der Herstelltoleranzen zu Winkelabweichungen in der Achslage führen kann. Aus diesem Grunde wird weiterbildend vorgeschlagen auch die Dehnschraube zu teilen. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß die die Elemente Wellenteil und Zahnradelement verbindende Dehnschraube aus einem hochfesten vergütungsstahl gefertigt werden kann, da dieser Bereich mit dem tiefgeköhlten Gas nicht in Berührung kommt. Von weiterem Vorteil ist, daß nach dem Verbinden von Wellenteil und Zahnradelement die Hirth-Verbindung zwischen Laufrad und Wellenteil passend eingeschliffen werden kann. Eine Addition von Fertigungstoleranzen der beiden Hirth-Verbindungen hinsichtlich Form- und Lagetoleranzen ist dadurch ausgeschlossen.

In der Zeichnung wird anhand einiger Ausführungsbeispiele die erfindungsgemäße Ritzelwelle näher erläutert.

Es zeigen:

- Figur 1 im Längsschnitt eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Ritzelwelle,
- Figur 2 im Längsschnitt eine weitere Ausführungsform,
- Figur 3 ähnlich wie Figur 2, jedoch mit einer geteilten Dehnschraube.

In Figur 1 ist skizzenhaft in einem Längsschnitt eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Ritzelwelle beispielsweise eines Getriebeverdrichters dargestellt. Sie besteht aus einem Zahnradelement 1, das eine mit einem Zahnrad des Getriebes (hier nicht dargestellt) kämmende Verzahnung 2 aufweist. Daran schließt sich ein Wellenstück 3 an, das als Lager 4 ausgebildet ist. Das aus einem anderen Werkstoff hergestellte Wellenteil 5 ist beispielsweise mittels einer Schrumpfverbindung mit dem Zahnradelement 1 verbunden. Damit auch große Kraftmomente übertragen werden können, ist es bekannt, den Endbereich 6 des Wellenteils 5 als Polygon auszubilden. Der diesen Bereich 6 umfassende Endbereich 7 des Wellenstückes 3 würde in einem solchen Fall ebenfalls ein komplementär dazu ausgebildetes Innenpolygon aufweisen. Das Laufrad 8 ist über einen hier nur angedeuteten Kegelsitz 9 mit dem Wellenteil 5 verbunden. Die für einen sicheren Sitz erforderliche Verspannung wird durch die auf dem Gewindeteil 10 des Wellenteiles 5 aufgeschraubte Mutter 11

erzeugt. Durch die Pfeile 12, 13 im Laufrad 8 wird die Strömungsrichtung des zu verdichtenden Mediums gekennzeichnet. Im Falle eines Turbinenrades haben die Pfeile 12,13 eine entgegengesetzte Richtung. Der absteigende Pfeil 14 soll andeuten, daß insbesondere beim Stillstand und während der Anfahrphase, wenn das zu fördernde Medium noch keine oder nur eine geringe Temperaturerhöhung erfahren hat, das zu fördernde Medium auch in den Wellenteil 5 gelangen kann. Dies bedeutet bei einem LNG-Kompressor, daß auch das Wellenteil 5 mit dem kalten Gas beaufschlagt wird und deshalb dieses Teil 5 ebenfalls wie das Laufrad 8 aus einem kaltzähen Stahl gefertigt werden muß, um auch bei diesen tiefen Temperaturen noch eine ausreichende Zähigkeit zu haben. Das separat hergestellte zahnradelement 1 kann dagegen in bekannter Weise aus einem Vergütungsstahl hergestellt werden, der im Hinblick auf die getriebetechnischen Anforderungen optimiert ist.

In Figur 2 ist in einem vergleichbaren Längsschnitt eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Ritzelwelle dargestellt, wobei für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen verwendet worden sind. Im Unterschied zur Ausführungsform gemäß Figur 1 weist das Wellenteil 16 an beiden Enden 17, 18 eine Hirth-Verzahnung auf. Der Endbereich 19 des Wellenstückes 25 des Zahnradelementes 20 sowie der Endbereich 21 des Laufrades 22 sind vergleichbar ausgebildet, so daß die Hirth-Verzahnungen ineinander greifen können. Damit die Teile 16, 20, 22 gegeneinander verspannt werden können, greift eine Dehnschraube 23 durch eine Bohrung des Laufrades 22 und des Wellenteiles 16. Der rechtsliegende Gewindeabschnitt 24 der Dehnschraube 23 ist in einer im Wellenstück 25 angeordneten Gewindebohrung einschraubbar. Der linksliegende Gewindeabschnitt 26 der Dehnschraube 23 ragt über den Stirnbereich 27 des Laufrades 22 hinaus. Mittels einer auf diesem Gewindeabschnitt 26 aufschraubbaren Mutter 28 werden die Teile 16, 20, 23 gegeneinander verspannt.

Figur 3 zeigt eine ähnliche Anordnung wie Figur 2, jedoch mit einer geteilten Dehnschraube. Zur Vereinfachung wurden auch hier für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen verwendet. Im Unterschied zur Ausführungsform gemäß Figur 2 ist die das Wellenteil 16, Laufrad 22 und Zahnradelement 20 miteinander verbindende Dehnschraube geteilt. Die eine aus einem üblichen Vergütungsstahl gefertigte Dehnschraube 30 erstreckt sich vom Zahnradelement 20 über die rechts angeordnete Hirth-Verzahnung 18 hinweg bis in den Wellenteil 16. Die zweite Dehnschraube 31, die im Falle eines LNG-Kompressors ebenfalls aus einem kaltzähen Stahl gefertigt ist, erstreckt sich vom Wellenteil 16 über die links angeordnete Hirth-Verzahnung 17 hinweg bis in den stirnseitigen Bereich 27 des

Laufgrades 22.

Zwischen den beiden Dehnschrauben 30,31 befindet sich ein Isolierelement 32, beispielsweise aus PTFE. Die die beiden Dehnschrauben 30,31 miteinander verbindende Zugmutter 33 ist hier nur andeutungsweise dargestellt. Auf die Vorteile, die sich aus dieser Anordnung ergeben, ist in der Beschreibung schon hingewiesen worden, so daß sich eine Wiederholung hier erübrigt.

Patentansprüche

1. Ritzelwelle für eine Getriebe-Turbomaschine mit einem einteilig ausgebildeten Zahnradelement, dessen in eine Welle übergehender anschließender Bereich als Lagerstelle ausgebildet ist und einem daran anschließenden Wellenteil, an dessen freiem Ende ein Laufrad lösbar anordenbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Wellenteil (5, 16) als separates Teil ausgebildet und mit dem Wellenbereich (3, 25) des aus einem oberflächenhärtbaren Vergütungsstahl hergestellten Zahnradelementes (1, 20) verbunden ist, wobei der für das Wellenteil (5, 16) verwendete Werkstoff der auftretenden Beanspruchung hinsichtlich Temperatur und Art des zu verdichtenden Mediums angepaßt ist.
2. Ritzelwelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Wellenteil (5, 16) aus einem tieftemperaturbeständigen Werkstoff besteht.
3. Ritzelwelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Wellenteil (5, 16) aus einem hochwarmfesten Werkstoff besteht.
4. Ritzelwelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Wellenteil (5, 16) aus einem besonders korrosionsbeständigen Werkstoff besteht.
5. Ritzelwelle nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Wellenteil (5) eine Bohrung aufweist, durch die eine das Wellenteil (5) mit dem Wellenbereich (3, 25) des Zahnradelementes (1, 20) verbindende Dehnungsschraube (23) hindurchgreift.
6. Ritzelwelle nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung Wellenteil (5) mit dem Wellenbereich (3) des Zahnradelementes (1) eine Schrumpfverbindung ist.

7. Ritzelwelle nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Ende des Wellenbereiches (3) des Zahnradelementes (1) ein Innenpolygon (7) und der diesem Bereich zugewandte Endenbereich (6) des Wellenteiles (5) ein komplementär dazu ausgebildetes Polygon aufweist.
8. Ritzelwelle nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Wellenteil (16) an beiden Enden eine an sich bekannte Hirth-Verzahnung (17,18) aufweist, die in entsprechende Hirth-Verzahnungen der Endenbereiche (19,21), des Wellenstückes (25), des Zahnradelementes (20) und des Laufgrades (22) eingreifen und eine durch das Laufrad (22) und des Wellenteiles (16) sich erstreckende und zwei Gewindeabschnitte (24,26) aufweisende Dehnschraube (23) im Wellenstück (25) des Zahnradelementes (20) verankert ist und mittels einer auf der Laufradseite (27) auf dem Gewindeteil (26) der Dehnschraube (23) aufschraubbaren Mutter (28) das Wellenteil (16) und das Laufrad (22) gegen das Wellenstück (25) des Zahnradelementes (20) verspannbar ist.
9. Ritzelwelle nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Dehnschraube geteilt (30,31) ist und die eine Dehnschraube (30) vom Zahnradelement (20) bis in den Wellenteil (16) und die zweite (31) vom Wellenteil (16) bis zum Stirnbereich (27) des Laufgrades (22) sich erstreckt und die Verspannung des Wellenteiles (16) gegen das Zahnradelement (20) durch eine zugmutter (33) erfolgt, die mit den beiden einander gegenüberliegenden Gewindeabschnitten der beiden Dehnschrauben (30,31) im Eingriff ist und deren äußerer Durchmesser etwas geringer ist als der innere Durchmesser des Wellenteiles (16).

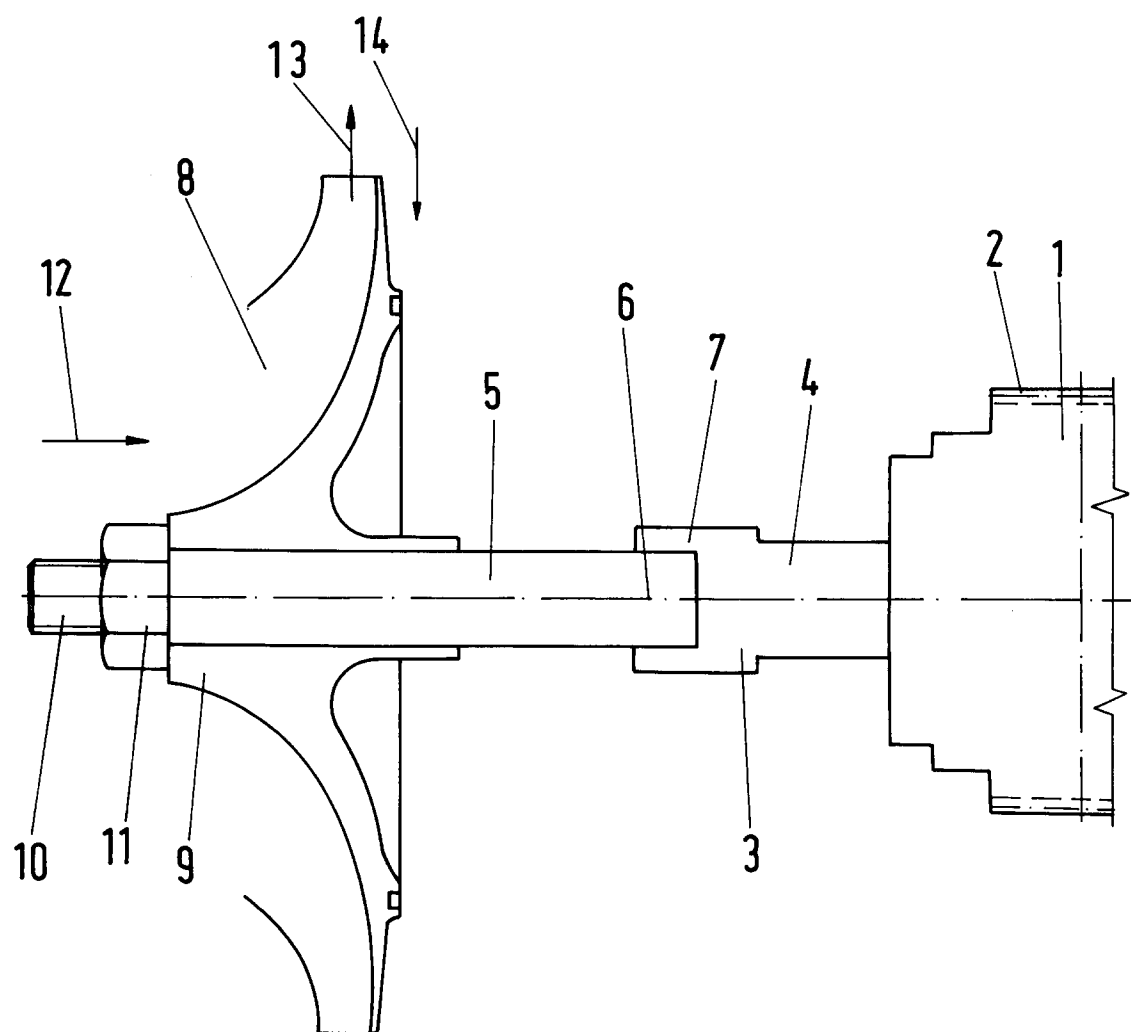


Fig.1

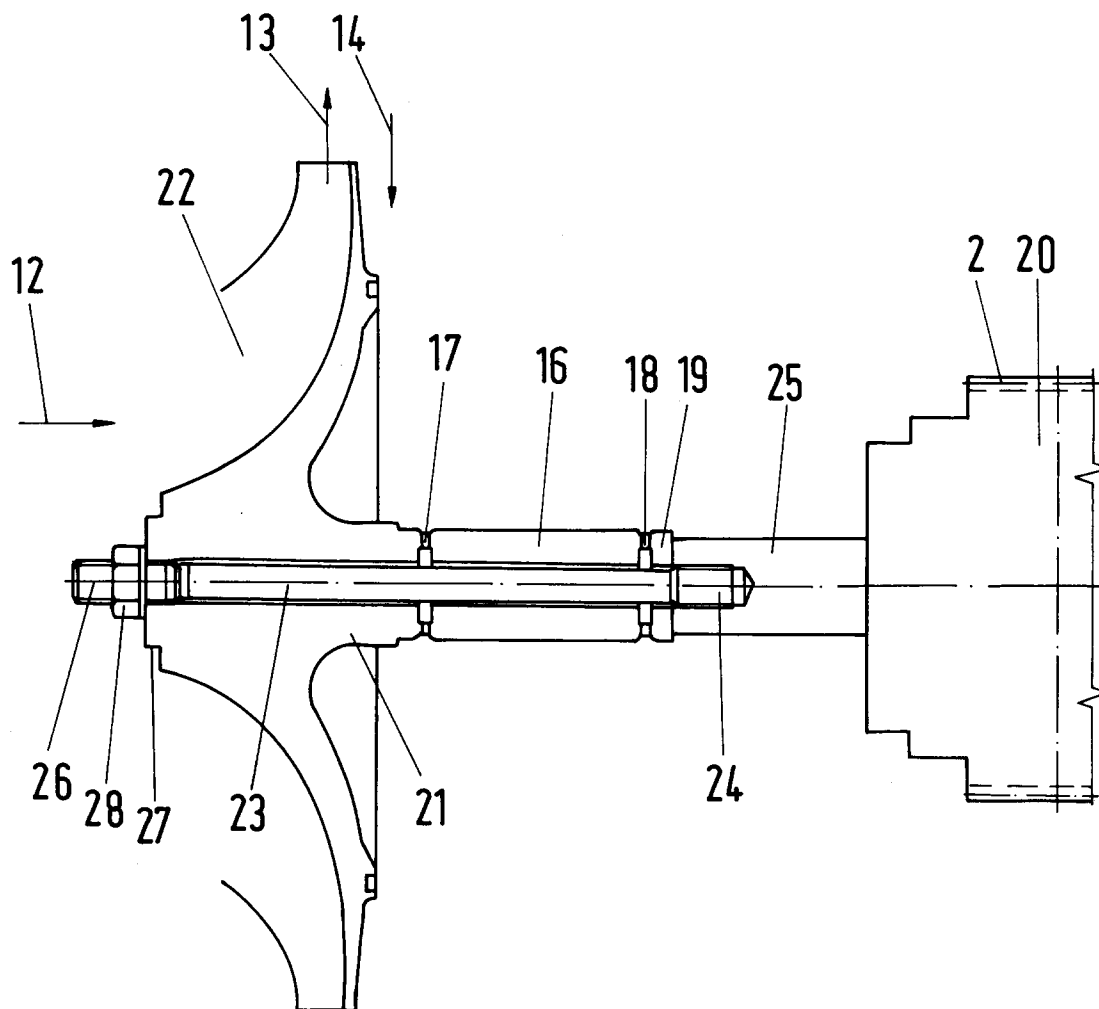


Fig.2

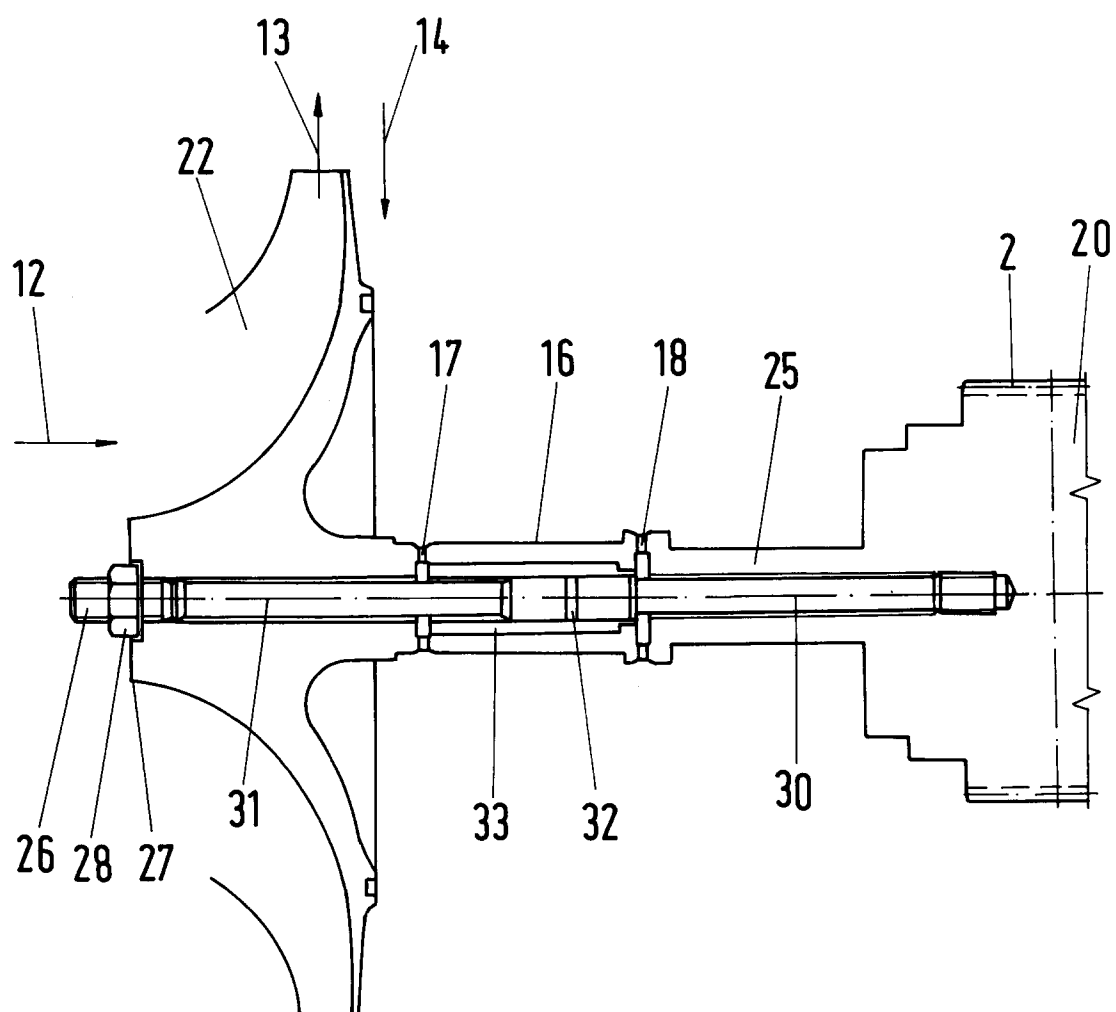


Fig. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 93 25 0128

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	DE-A-2 510 287 (MTU) * das ganze Dokument * ---	1-4,6,7	F01D5/02
X	WO-A-9 006 420 (ALLIED-SIGNAL) siehe Seite 3, Zeilen 22 bis 25 * das ganze Dokument * ---	1-6,8,9	
X	CH-A-288 842 (SULZER) * das ganze Dokument * ---	1-4	
A	DE-B-1 199 055 (AUSTIN MOTOR COMP.) * das ganze Dokument * ---	1,5,8	
A	US-A-3 874 824 (CRONSTEDT) ---	1,5,8	
A	DE-A-2 559 172 (UNITED TURBINE AB) * das ganze Dokument * ---	1-8	
A	FR-A-2 279 972 (MTU) * das ganze Dokument * ---	1-8	
A	GB-A-866 710 (BIRMINGHAM SMALL ARMS CO.) * das ganze Dokument * ---	1-8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
A	DE-A-1 935 268 (MAN TURBO) ---		F01D
A	DE-C-892 402 (JUNKERS) -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 07 SEPTEMBER 1993	Prüfer IVERUS D.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patendokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			