



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 685683 A5

⑤① Int. Cl.⁶: B 23 Q 11/12
B 23 B 19/00
B 23 Q 1/70

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑫① Gesuchsnummer: 1985/92

⑫② Anmeldungsdatum: 24.06.1992

⑫④ Patent erteilt: 15.09.1995

⑫⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.09.1995

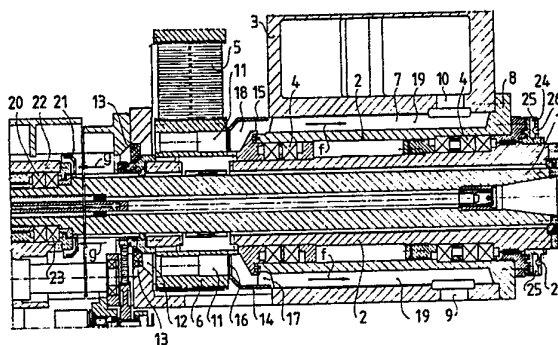
⑫⑦ Inhaber:
San Rocco Donzelli Industriale S.p.A, Solaro (IT)

⑫⑦② Erfinder:
Beretta, Giovanni, Milano (IT)

⑫⑦④ Vertreter:
Frei Patentanwaltsbüro, Zürich

⑫⑤④ Verfahren zum Kühlen mittels Luft der Spindel einer Werkzeugmaschine und entsprechende luftgekühlte Spindel.

⑫⑤⑦ Verfahren zum Kühlen mittels Luft der Spindel (1) einer Werkzeugmaschine und Spindel (1) für eine Werkzeugmaschine mit Einrichtungen zur Luftkühlung, wobei die Spindel (1) der Werkzeugmaschine sowie die Lagerung der Spindel (1) im Kopf (3) der Werkzeugmaschine von einem Zwangskühlluftstrom beeinflusst werden, und die Strömungsmenge des Luftstromes proportional zur Drehzahl der Maschinenspindel (1) ist und wobei zur Erzeugung des Luftstromes ein Turbinen- oder Düsenrad (14) Verwendung findet, das mit der Spindel (1) der Werkzeugmaschine wirkverbunden ist, und das Turbinenrad (14) derartig ausgebildet ist, dass Umgebungsluft vom Turbinenrad (14) angesaugt und in einem Kühlkanal (7) über die zu kühlenden Bauelemente der Spindel (1) gefördert wird und am Ende des Kühlkanales (7) Öffnungen (9, 10) für den Austritt des Luftstromes vorgesehen sind.



Beschreibung

Die vorstehende Erfindung betrifft ein Verfahren gemäss dem Oberbegriff des ersten unabhängigen Patentanspruchs und eine Spindel für eine Werkzeugmaschine gemäss dem Oberbegriff des entsprechenden unabhängigen Patentanspruchs. Das Verfahren dient zum Kühlen mittels Luft der Spindel einer Werkzeugmaschine.

Es ist vom Stand der Technik bekannt geworden, dass an die Kühlung der Spindel einer Werkzeugmaschine, z.B. der Spindel einer Fräsmaschine oder eines Bohrwerkes immer grössere Anforderungen gestellt werden, da die Anhäufung von Wärme im Inneren des Maschinenkopfes, der die Werkzeugspindel der Werkzeugmaschine aufnimmt, zu unerwünschter Wärmedehnung der Spindel führt, was eine Verminderung der Bearbeitungsgenauigkeit der Maschine mit sich bringt und sich negativ auf die Wiederholbarkeit der Bearbeitungsvorgänge niederschlägt.

In den bekannten Spindelköpfen von Werkzeugmaschinen, die über einen Elektromotor und ein Zahnradgetriebe angetrieben werden, erfolgt die Kühlung des Maschinenkopfes und der Werkzeugspindel allgemein unter Zuhilfenahme eines Ölbad, das sowohl für die Schmierung des Zahnradgetriebes als auch zum Kühlen des Maschinenkopfes und der Maschinenspindel zur Verfügung steht.

Um in den bekannten Werkzeugmaschinen eine ausreichende Kühlung des Ölbad, das im Inneren des Maschinenkopfes zu erreichen, war es bisher unumgänglich, einen Wärmetauscher in Form einer Ölwanne vorzusehen. Der Wärmetauscher wurde von der Umgebungsluft beeinflusst oder es war ein kompliziertes Kühlsystem vorzusehen, über das z.B. Freon oder ein ähnliches, für Kühlzwecke geeignetes Gas zugeführt wurde.

Es ist erkennbar, dass ein Kühlvorgang unter Einsatz von Öl technische Beschränkungen aufweist und deshalb vorzugsweise für Werkzeugmaschinen Verwendung findet, in denen die Spindel mit nicht zu hoher Drehzahl angetrieben wird, das heisst in einem Drehzahlbereich von maximal 3000 U/min.

Durch Markteinführung neuer Elektromotoren, in denen Einrichtungen vorgesehen sind, die auf elektronischem Wege eine Drehzahländerung des Motors auf einfache Weise ermöglichen, ist es möglich geworden, die Spindel einer Werkzeugmaschine auch mit sehr hoher Drehzahl anzutreiben (im vorstehenden Fall mit einer Geschwindigkeit von 4000 U/min). Ferner wird es möglich, auf die bisher verwendeten Zahnradgetriebe zum Antrieb der Spindel zu verzichten, wodurch die aufwendigen Einrichtungen zum Schmieren und Kühlen mittels Öl eines Zahnradgetriebes im Maschinenkopf überflüssig werden.

Es ist verständlich, dass bei Antrieb einer Werkzeugmaschinenspindel in einem Drehzahlbereich von 0 bis 4000 U/min und bei Fehlen einer mit Öl gefüllten Kühleinrichtung, örtliche Überhitzungen über die gesamte Längenerstreckung der Spindel, besonders in der Nähe der Präzisionskugellager für die Aufnahme der Spindel, nicht zu vermeiden sind.

Während die heute zum Einsatz kommenden Kugellager meist eine Daueschmierung in Form einer Fettfüllung aufweisen und daher auf die Zufuhr von Schmieröl verzichten können, ist die Erwärmung derartiger Kugellager erheblich. Dies bedingt, dass die unvermeidliche Entwicklung von Wärme, die zu einer nicht kontrollierbaren Wärmedehnung der Bauteile der Spindel sowie des Maschinenkopfes führt, unbedingt und mit Sicherheit abzufördern ist.

Aufgabe der vorstehenden Erfindung ist es daher, ein neues Kühlverfahren für die Spindel einer Werkzeugmaschine vorzuschlagen, wobei die Kühlleistung des Kühlmittels proportional zur Drehzahl der Maschinenspindel veränderbar sein soll und mit dem neuen Kühlsystem die Möglichkeit geschaffen wird, die während der Drehbewegung der Maschinenspindel frei werdende Wärme unmittelbar abzuführen, um damit unerwünschte Wärmedehnungen der Maschinenspindel auszuschliessen, wobei die Maschinenspindel mit sehr niedriger Drehzahl oder wahlweise auch mit sehr hoher Drehzahl antreibbar ist.

Nach dem erfindungsgemässen Verfahren wird die Spindel der Werkzeugmaschine und damit auch die Lagerungen der Spindel im Maschinenkopf von einem Zwangs-Kühlluftstrom gekühlt, wobei die erzeugte Strömungsmenge proportional zur Drehzahl der Spindel ist.

Die erfindungsgemässe Spindel erzeugt den der Spindeldrehzahl proportionalen Luftstrom für ihre eigene Kühlung dadurch, dass sie mit ein oder mehreren Turbinenrädern wirkverbunden ist, welche Turbinenräder auf einer Seite Umgebungsluft ansaugen und Luft auf der anderen Seite des oder der Turbinenräder ausstossen, wobei eine oder mehrere Kühlkammern oder Kühlkanäle vorgesehen sind, durch die diese Luft an die zu kühlenden Bauteile der Spindel geführt wird.

Am Ende des Kühlluftstromes, der sich über die gesamte Länge der Maschinenspindel erstreckt, sind Luftaustrittsöffnungen vorgesehen, die eine Rückführung der Luft an die Umgebung der Maschine erlaubt. Damit wird der besondere Vorteil erzielt, dass stets Umgebungsluft angesaugt wird, die annähernd der Aussentemperatur der Werkzeugmaschine entspricht.

Mit einem derartigen Kühlsystem wird es möglich, auf die bekannten Kühleinrichtungen, die z.B. mit Kühlöl arbeiten, zu verzichten. Mit dem Turbinenrad wird ein Kühlluftstrom erzeugt, dessen Temperatur im wesentlichen der Umgebungstemperatur und somit der Temperatur der Werkzeugmaschine entspricht. Dies hat zur Folge, dass ein örtlich zu starkes und abruptes Abkühlen der Bauteile der Werkzeugmaschine vermieden wird. Durch Verwendung eines Turbinenrades, das für die Erzeugung des Kühlluftstromes vorgesehen ist, wird ein Kühlluftstrom erzeugt, dessen Menge stets proportional zur Drehzahl der Maschinenspindel ist. Ist die Drehzahl der Spindel sehr hoch, wird auch die Kühlluftmenge proportional entsprechend hoch sein. Bei Antrieb der Spindel mit geringer Drehzahl, wird auch die zugeführte Kühlluftmenge entsprechend niedrig sein.

Der Erfindungsgegenstand wird nun genauer an-

hand eines Ausführungsbeispiels beschrieben und in den beigefügten Zeichnungen dargestellt.

Es zeigen:

Fig. 1 schematisch im Längsschnitt die Spindel sowie den Kopf der Werkzeugmaschine mit der erfindungsgemässen Kühleinrichtung;

Fig. 2 ein Detail der Spindelanordnung mit einer Riemenscheibe zum Antrieb der Spindel und einem Turbinenrad, gesamthaft im Längsschnitt und in vergrössertem Massstab;

Fig. 3 im Querschnitt entlang der Linie IV-IV der Fig. 1 ein Detail der Maschinenspindel unter Hervorhebung vorgesehener Kühlrippen;

Fig. 4 im Schnitt ein Detail einer Sekundärturbine zur Erzeugung eines zusätzlichen Kühlluftstromes; und

Fig. 5 eine Kühleinrichtung mit radial angeordneten Düsen am Vorderteil der Maschinenspindel.

Wie der Fig. 1 zu entnehmen ist, ist die Spindel der Werkzeugmaschine längsverschieblich in einer Hülse 2 aufgenommen und im Maschinenkopf 3 unter Zuhilfenahme von Kugellagern 4 gelagert. Die Drehbewegung der Spindel 1 wird über einen steuerbaren Motor (nicht dargestellt) und unter Zuhilfenahme eines Zahnriemens 5, der mit einer Riemenscheibe 6 verbunden ist, die mit der Spindel 1 wirkverbunden ist, eingeleitet.

Zwischen dem Körper des Werkzeugmaschinenkopfes 3 und der Baugruppe, bestehend aus Spindel 1 und Hülse 2, die in ein Aufnahmerohr 8 eingesetzt ist, werden als Kühlkanäle Längskammern 7 gebildet, die sich in Radialrichtung erstrecken und ungefähr von der Riemenscheibe 6 bis zum Vorderteil des Rohrstückes 8 verlaufen. Über Ausflussöffnungen 9 und 10 stehen die Kammern 7 in Verbindung mit der Aussenluft. In die Riemenscheibe 6 sind durchgehende Bohrungen 11 eingearbeitet. Diese Bohrungen 11 sind in Übereinstimmung mit Durchgangsöffnungen 12 vorgesehen, die als Ansaugöffnungen dienen und in den Maschinenkörper eingearbeitet sind. Vor den Ansaugöffnungen 11, 12 kann in vorteilhafter Weise ein ringförmig ausgebildeter Filter 13 angeordnet sein, wodurch vermieden wird, dass Verunreinigungen, wie Staub oder Späne angesaugt werden, die in vorteilhafter Weise vom Filter 13 aufgehalten werden.

In Übereinstimmung mit der Auslaufseite der Öffnung 11 und in Wirkverbindung mit der Riemenscheibe 6 oder der Spindel 1 ist ein Turbinenrad vorgesehen, das gesamthaft mit 14 gekennzeichnet ist. Das Turbinenrad 14 besteht aus einem haubenförmigen Körper, der auf seiner zur Riemenscheibe 5 (Ansaugseite) gerichteten Seite eine ringförmige Ansaugöffnung 16 aufweist. Auf der gegenüberliegenden Seite weist der haubenförmige Körper eine ringförmige Öffnung 17 auf, die für den Auslass des Kühlluftstromes dient. Die ringförmig ausgebildeten Auslassöffnungen 17 entsprechen in ihren Abmessungen den Abmessungen der Längskammern 7, die in radialer Anordnung vorgesehen sind.

Im Inneren weist das Turbinenrad 14 Flügel 18 auf, die während der Drehbewegung der Spindel 1 die Aufgabe übernehmen, über die Öffnung 16 Luft

aus der Umgebung anzusaugen, diese Luft zu verdichten und über die Auslassöffnung 17 einen Kühlluftstrom an die Längskammern 7, wie durch den Pfeil (f) dargestellt, zu liefern.

Der in Richtung der Pfeile (f) geförderte Kühlluftstrom kann am Ende der Längskammern 7 über Auslassöffnungen 9 und 10 entweichen.

Um den Kühleffekt der Luftströmung (f) zu erhöhen, ist das Rohrstück 8 an seiner Aussenseite und in Längsrichtung mit radialen Kühlrippen 19 versehen, die deutlich der Fig. 3 zu entnehmen sind.

Der Fig. 1 kann entnommen werden, dass in Übereinstimmung mit den Lagern 20, die zur Aufnahme der Werkzeugmaschinenspindel 1 vorgesehen sind, vor der Riemenscheibe 6 ein weiteres Turbinenrad 21 vorgesehen ist, das Luft in Richtung des Pfeiles (g) ansaugt, um mit einem Kühlluftstrom den Aussenmantel eines Rohrstückes 22 zu beeinflussen, welches eine Anzahl von Kugellagern 23 aufnimmt, deren Wärme, die während der Drehbewegung der Spindel 1 erzeugt wird, durch den Luftstrom (g), der vom Turbinenrad 21 erzeugt wird, abgeführt wird. Das Turbinenrad 21 ist in vergrössertem Massstab und in einer Querschnittsdarstellung in Fig. 4 dargestellt.

Auch in der Nähe des vorderen Spindelendes 1 ist eine weitere zusätzliche Vorrichtung zur Erzeugung eines Kühlluftstromes vorgesehen. Diese Vorrichtung besteht im wesentlichen aus einem Ring 24, der in Umfangsrichtung eine Anzahl von Bohrungen 25 aufweist, die in radialer Erstreckung angeordnet sind.

Senkrecht zur Achse der Bohrungen 25 ist ein Ringkanal 26 zum Ansaugen der Luft vorgesehen und dieser Kanal steht mit radial verlaufenden Bohrungen 25 in Verbindung. Daraus folgt, dass während der Drehbewegung der Spindel 1 die in den Radialbohrungen 25 enthaltene Luft aufgrund von sich einstellenden Fliehkräften ständig aus den Radialbohrungen 25 austritt. Auf diese Weise bildet sich in diesen Bohrungen 25 ein ständiger Unterdruck, der zu einem Ansaugen der Umgebungsluft über den Ringkanal 26 führt. Diese ständig während der Drehbewegung der Spindel 1 erzeugten Luftströme fliessen über die Radialbohrungen 25 und die zugeordnete Ansaugkammer 26, um dadurch auch von der Vorderseite der Spindel 1 (Spindelteil, das nur bescheiden durch den Zwangsluftstrom (f) beeinflusst wird) und den naheliegenden Lagern, Wärme abzuführen. Die Fig. 3 zeigt im Detail die Anordnung der Kühlrippen 19, die im wesentlichen einstückig mit dem Rohrstück 8 zur Aufnahme der Spindelanordnung 1 und 2 verbunden sind. Durch Vorsehung der Rippen 19 wird die wirksame Kühlfläche der einzelnen Ringkammern 7 wesentlich vergrössert, wodurch ein maximaler Kühleffekt (Pfeil f) erreicht wird.

Die Arbeitsweise der erfindungsgemässen Einrichtung beruht auf folgender Überlegung:

Da für den Antrieb einer Spindel einer Werkzeugmaschine, z.B. der Spindel 1 einer Fräsmaschine, ein aus Zahnradern bestehendes Getriebe nicht mehr erforderlich ist, da die Spindel 1 direkt und mit veränderbarer Drehzahl von 0 bis 4000 U/min unter Zuhilfenahme eines steuerbaren elektrischen

Motoren antreibbar ist, wird es auch überflüssig, Schmieröl im Maschineninneren vorzusehen. Demzufolge steht dieses Schmieröl auch nicht mehr zur Verfügung, um gleichzeitig als Kühlmittel Verwendung zu finden.

Berücksichtigt man, dass auch die Kühlung der Spindel einer Fräsmaschine unter Zuhilfenahme von Inertgasen, z.B. Freon, unerwünschte und unterschiedliche Temperatursprünge gegenüber der vorherrschenden Maschinentemperatur mit sich bringt, kam der Erfinder zur Überlegung, dass bei Verwendung der Umgebungsluft zum Kühlen der Spindel und der dazugehörigen Lager und sonstigen Bauteile der Werkzeugmaschine in Abhängigkeit von der Drehzahl der Spindel 1 bessere Kühlergebnisse zu erzielen sind. Bei Verwendung eines Kühlluftstroms, dessen Temperatur der Umgebungstemperatur der Maschine entspricht, wird automatisch berücksichtigt, dass die Umgebungstemperatur in den Sommermonaten höhere Werte einnimmt und in den Wintermonaten niedrigere Werte vorhanden sind. Wird also zur Kühlung der Maschinenspindel Umgebungsluft verwendet, so wird ein Kühlluftstrom erzeugt, der eine Temperaturdifferenz (zwischen Maschine und Umgebung) hat, die für die durchzuführenden Kühlvorgänge optimal ist und sich stets automatisch einstellt.

Man hat ferner festgestellt, dass bei Verwendung einer Turbine oder eines Ringflansches mit radial angeordneten Düsen und bei Antrieb dieser Einrichtungen über die Maschinenspindel 1 der Werkzeugmaschine, Kühlluftströme erzeugt werden, deren Leistung stets proportional zur Drehzahl der Spindel ist.

Dreht sich die Spindel mit z.B. 4000 U/min, so wird die Leistung der Kühlluftströme einem Maximalwert entsprechen und eine grosse Wärmemenge aufgrund der starken Wärmeabgabe durch die Kugellager abgeführt.

Wird die Spindel hingegen mit einer sehr niedrigen Drehzahl angetrieben, so wird die zu erwartende Wärmeerzeugung der Kugellager proportional niedriger sein und diese geringere Wärmemenge kann durch einen weniger starken Kühlluftstrom abgeführt werden.

Mit dem Verfahren und den vorgeschlagenen Einrichtungen wird eine differenzierte Kühlwirkung in Abhängigkeit von der Drehzahl der Spindel erreicht und der Kühlluftstrom kann mit Genauigkeit an die Bedürfnisse angepasst werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kühlen der Spindel (1) einer Werkzeugmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass die Spindel (1) der Werkzeugmaschine sowie die Lager (4, 20) der Spindel (1) im Kopf (3) der Maschine von einem Zwangs-Kühlluftstrom (f, g) beaufschlagt werden, dessen Strömungsmenge proportional der von der Spindel (1) ausgeführten Drehzahl ist.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlluftstrom (f, g) der Umgebungsluft entnommen wird.

3. Spindel für eine Werkzeugmaschine zur

Durchführung der Verfahren nach Patentanspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Spindel (1) der Werkzeugmaschine ein oder mehrere Turbinenräder (14, 24, 21) wirkverbunden sind und durch die Turbinenräder (14, 24, 21) auf einer Seite Umgebungsluft angesaugt wird, die von der entgegengesetzten Seite des oder der Turbinenräder (14, 24, 21) ausgestossen wird und die zu kühlenden Bauteile (2, 8, 22, 4, 20) der Spindel (1) entlang einem Kühlkanal (7) angeströmt werden.

4. Spindel für eine Werkzeugmaschine, nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass am Ende des Kühlkanals (7) Öffnungen (17) für den Luftauslass vorgesehen sind.

5. Spindel für eine Werkzeugmaschine, nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Kopf (3) der Werkzeugmaschine und einer Hülse (2) und der Spindel (1) Längskanäle (7) gebildet sind, die sich von einer Riemenscheibe (6) der Spindel (1) bis zum Vorderende der Hülse (8) erstrecken und diese Kanäle (7) Öffnungen (9, 10) für den Auslass der Luftströmung (5) aufweisen, die mit der Umgebung in Verbindung stehen.

6. Spindel für eine Werkzeugmaschine, nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Riemenscheibe (6) Durchgangsbohrungen (11) aufweist, die mit einer Ansaugkammer (12), die mit der Umgebungsluft in Verbindung steht, fluchtet.

7. Spindel für eine Werkzeugmaschine, nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die in die Riemenscheibe (6) eingebrachten Bohrungen (11) mit Ansaugöffnungen (16) des Turbinenrades (14) fluchten, während die Auslassöffnungen (17) des Turbinenrades (14) mit Einlassöffnungen der Kühlkanäle (7) fluchten.

8. Spindel für eine Werkzeugmaschine, nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Turbinenrad (14) glockenförmig ausgebildet ist und im inneren Flügel (18) zum Ansaugen und Verdichten der Luft aufweist.

9. Spindel für eine Werkzeugmaschine, nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülse (2), die die Kühlkanäle (7) bildet, Kühlflügel (19) aufweist, die sich in Radialrichtung des Kühlkanals (7) und von der Hülse (2) bis zum Körper des Maschinenkopfes (3) erstrecken.

10. Spindel für eine Werkzeugmaschine, nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass an der Vorderseite (8) der Spindel (1) ein Turbinenrad (24) angeordnet ist, das in Radialrichtung Bohrungen (25) aufweist, und dass jede Radialbohrung (25) mit einem Umfangskanal (26) in Wirkverbindung steht.

11. Spindel für eine Werkzeugmaschine, nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass entlang der Spindel (1) in Übereinstimmung mit den Lagern (20, 23) zusätzliche Turbinenräder (21) mit einer Ansaugöffnung und Verdichtungsflügeln, sowie Auslassöffnungen für den Kühlluftstrom (g) vorgesehen sind.

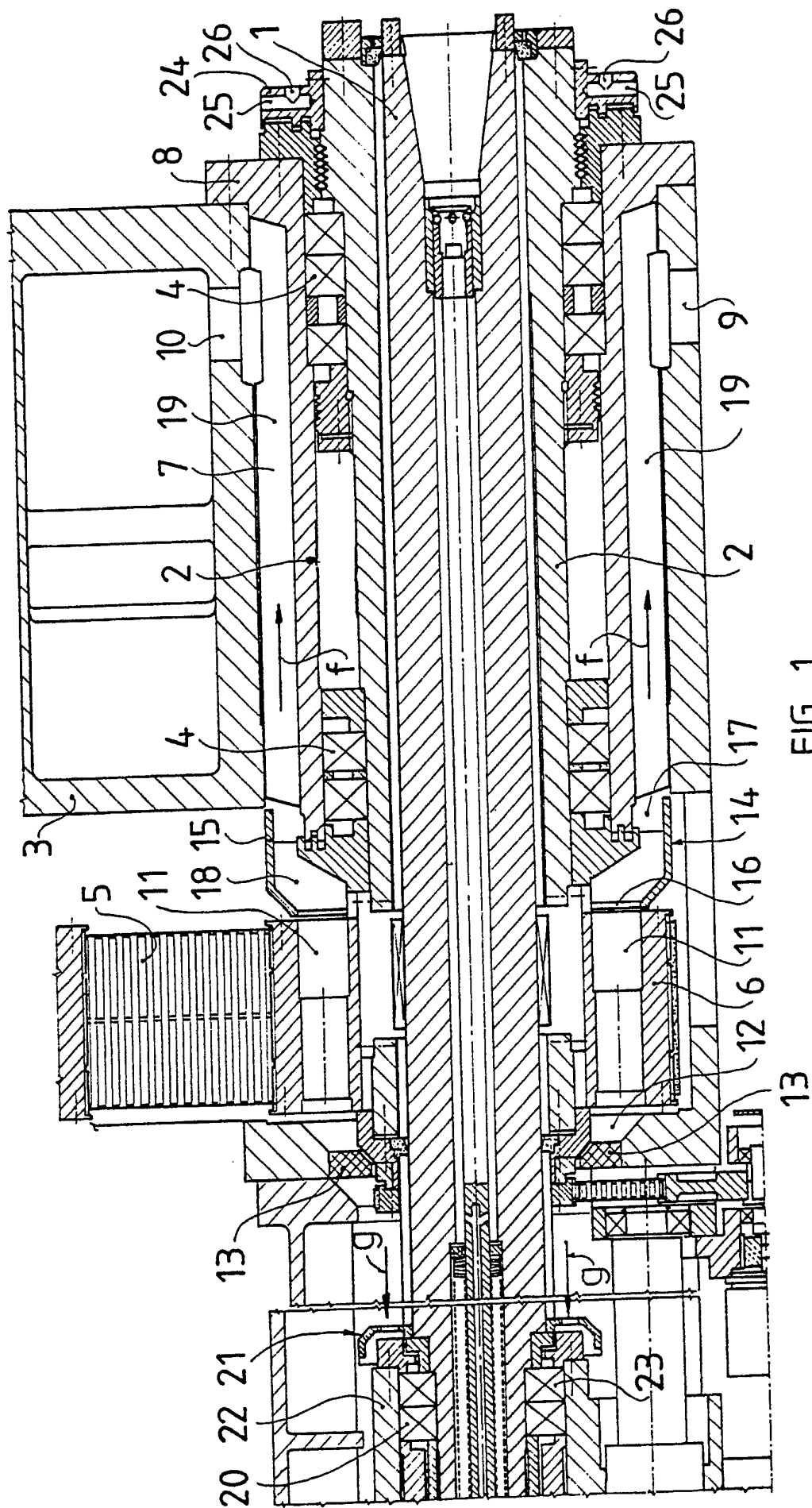


FIG. 1

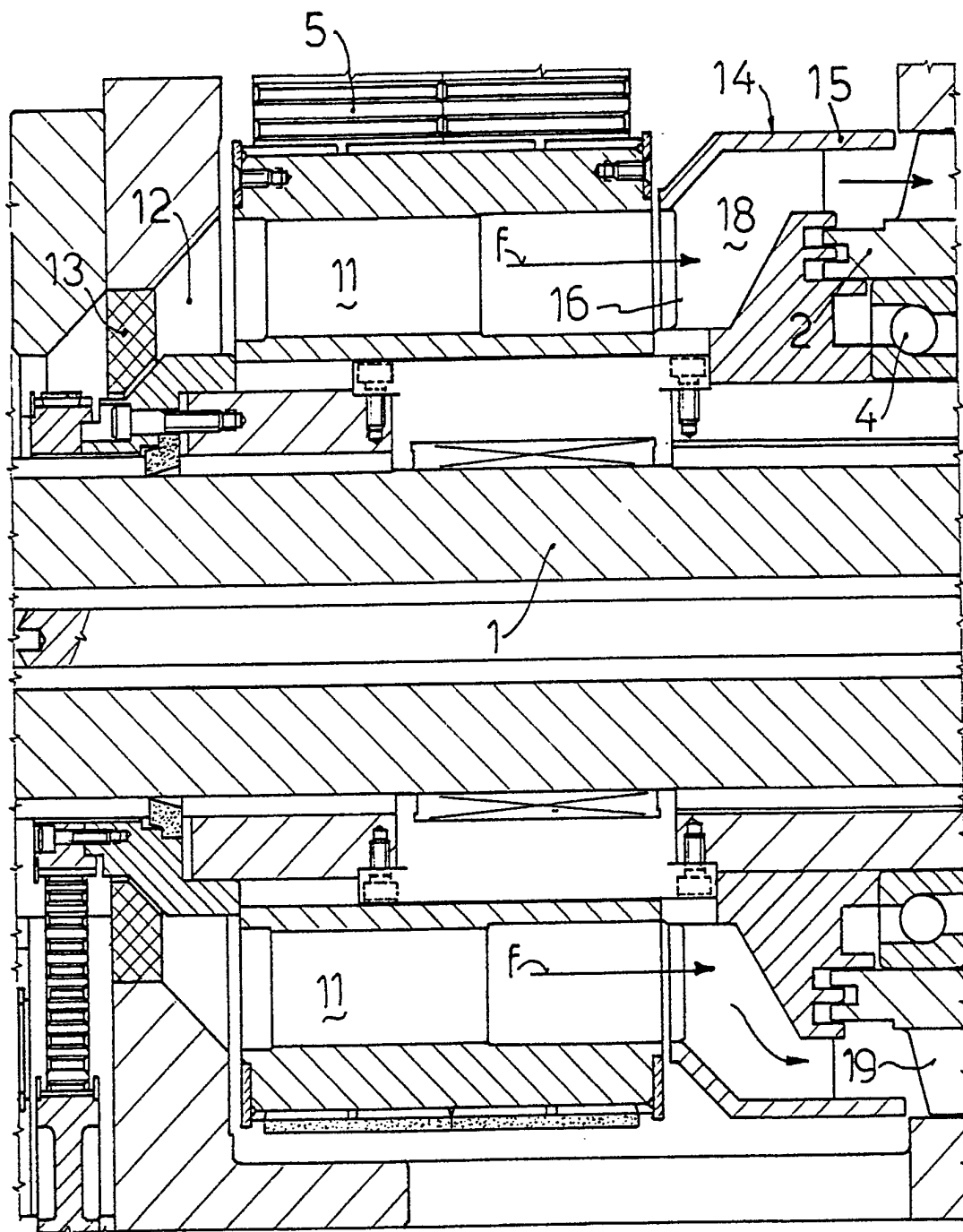


FIG. 2

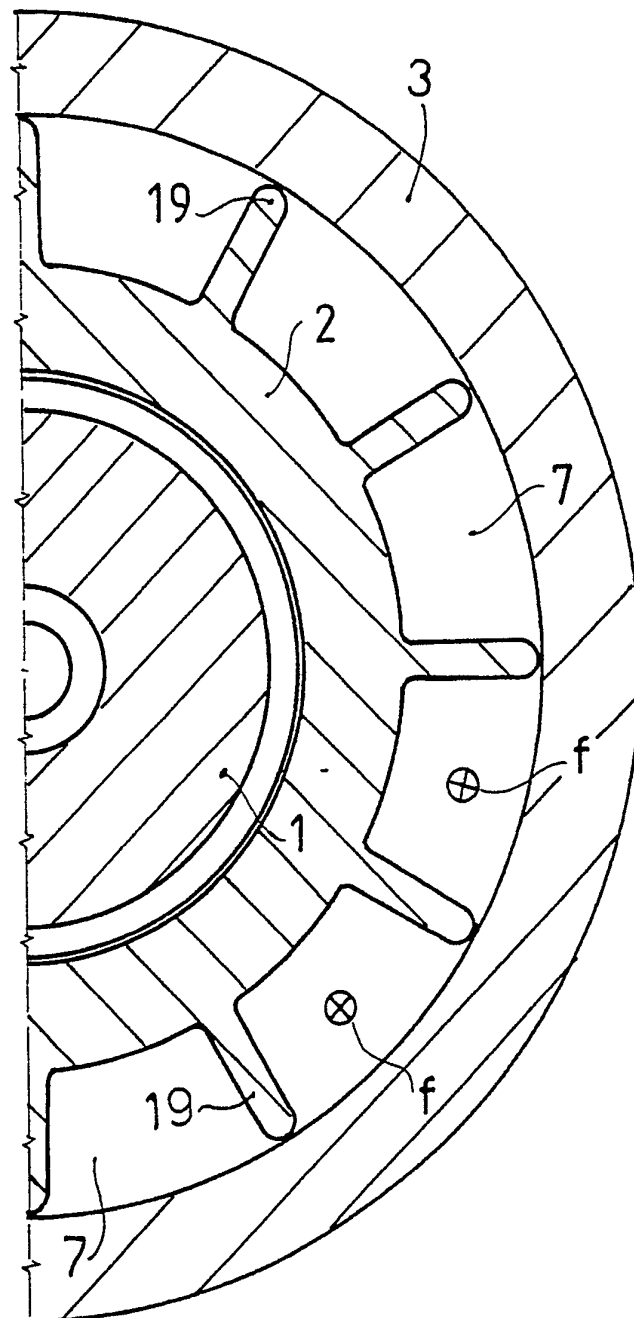


FIG. 3

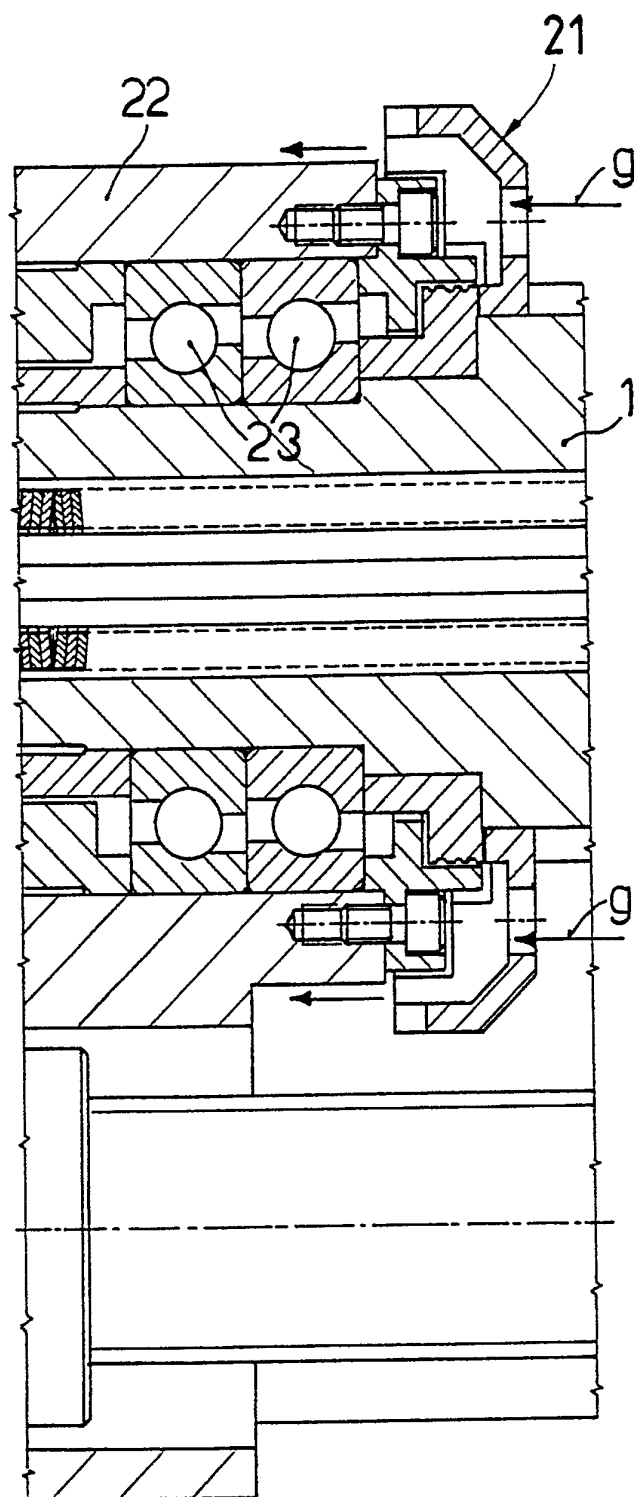


FIG. 4

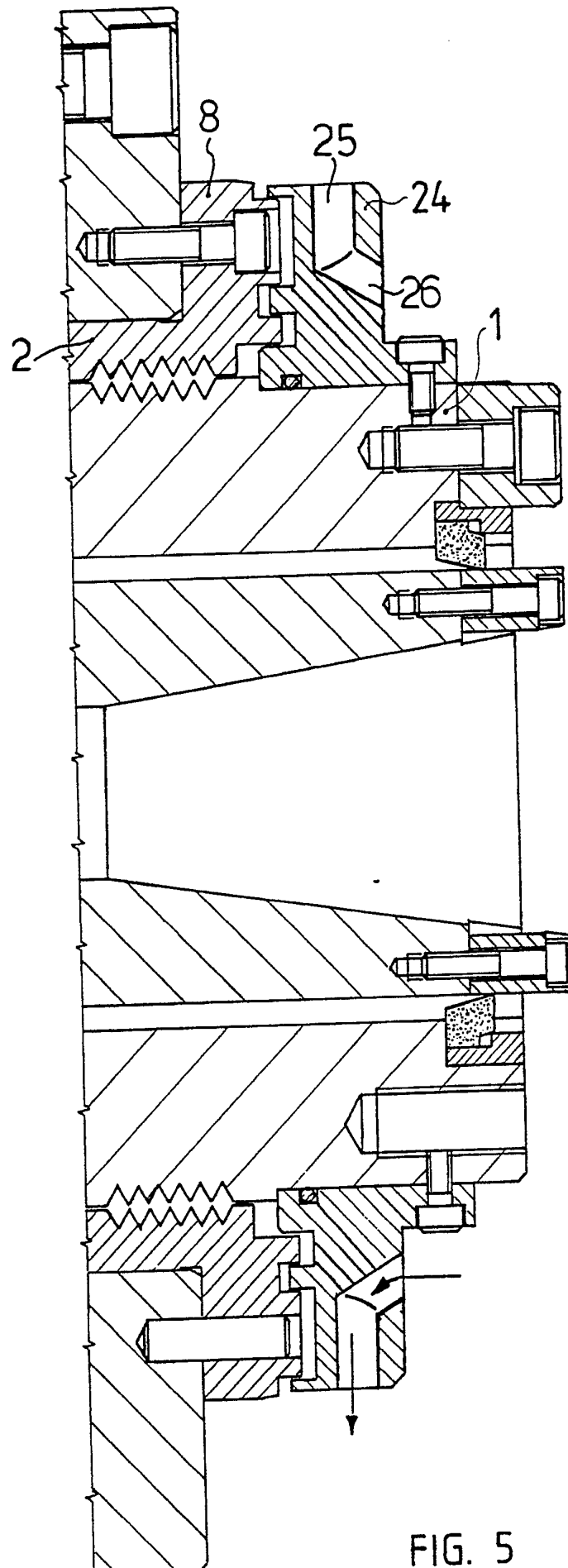


FIG. 5