(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 702 155 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.03.1996 Patentblatt 1996/12

(51) Int. Cl.[6]: **F04C 13/00**, F04C 15/00

(21) Anmeldenummer: **95113673.8**

(22) Anmeldetag: **31.08.1995**

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

(30) Priorität: **13.09.1994 DE 4432551**

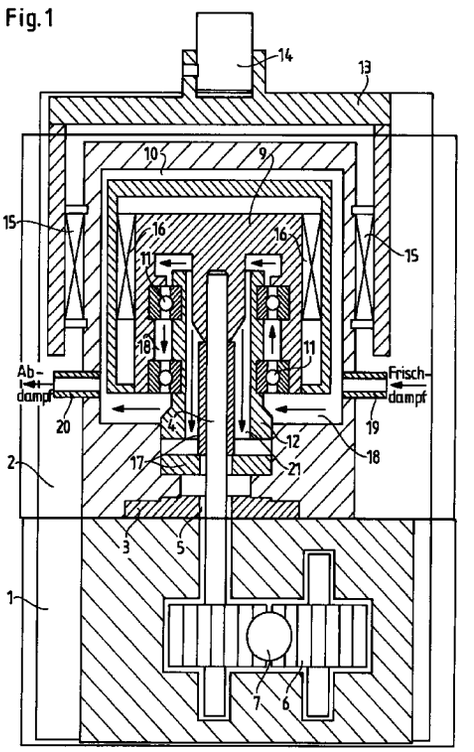
(71) Anmelder: **BAYER AG**
D-51368 Leverkusen (DE)

(72) Erfinder:
- **Dummersdorf, Hans-Ulrich, Dr.**
  D-51399 Burscheid (DE)
- **Waldmann, Helmut, Dr.**
  D-51373 Leverkusen (DE)
- **Härle, Helmut, Dr.**
  D-51375 Leverkusen (DE)
- **Minz, Franz-Rudolf, Dr.**
  D-41542 Dormagen (DE)
- **Gestermann, Fritz, Dr.**
  D-51377 Levekusen (DE)

(54) Pumpe zur Förderung heisser, korrosiver Medien

(57) Die Pumpe weist einen Antriebsteil 2 und einen Pumpenkörper 1 auf, wobei die Antriebswelle 4 über eine Wellendichtung gegenüber dem korrosiven Medium abgedichtet ist. Die Wellendichtung besteht aus einem in den Pumpenkörper 1 und/oder in den Antriebsteil 2 eingepaßten Statorring, durch den die Antriebswelle 4 unter Freilassung eines Dichtungsspalts 5 hindurchgeführt ist. Im Antriebsteil 2 sind ein oder mehrere trocken laufende Lager 11 für die Antriebswelle 4 angeordnet. Außerdem weist der Antriebsteil 2 einen strömungstechnisch mit dem Dichtungsspalt 5 in Verbindung stehenden Gaskanal 18 mit einem Zuführungsstutzen 19 und einem Ableitungsstutzen 20 auf. Während des Betriebs der Pumpe wird der Gasströmungskanal 18 über den Zuführungsstutzen 19 mit einem Heißgas beaufschlagt, das den Antriebsteil durch den Ableitungsstutzen 20 wieder verläßt. Dabei wird der Vordruck so eingestellt, daß der statische Druck des Gases im Gasströmungskanal 18 oberhalb des Statorringes 3 über dem Druck des Fördermediums liegt, welches den Pumpenkörper partiell oder vollständig ausfüllt.

Fig.1



EP 0 702 155 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Pumpe zur Förderung korrosiver Medien von hoher Temperatur und ein Verfahren zum Betrieb dieser Pumpe. Pumpen zur Förderung gefährlicher Medien sind bekannt. Meist werden dazu magnetgekoppelte Pumpen eingesetzt, um Dichtheitsprobleme an sonst unvermeidlichen Antriebswellendurchführungen zu vermeiden. Dabei wird das Fördermedium selbst zur Schmierung des Lagers, welches sich in der Regel in der Nähe der innenlaufenden Magneten befindet, benutzt, füllt also den gesamten Pumpeninnenraum aus. Für korrosive Medien können verschiedene Werkstoffe für den gesamten Pumpeninnenraum eingesetzt werden. Es ist auch bekannt, den Pumpenraum durch z.B. Gleitringdichtungen gegen den Pumpeninnenraum abzudichten und die in der Nähe der Innenmagnete liegenden Wellenlager separat zu schmieren, z.B. durch einen Seitenstrom des Fördermediums. Diese Pumpen haben den Nachteil, daß hochkorrosive Medien nicht gefördert werden können. Tritt zu diesem Problem nunmehr auch noch der Umstand hinzu, daß die zu fördernden hochkorrosiven Medien eine hohe Temperatur (> 300°C) besitzen, wie dies z.B. bei Salzschmelzen der Fall ist, existiert kein Dichtungsmaterial, was diesen beiden Anforderungen an Temperaturbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit genügt. Darüber hinaus verlieren die innenliegenden Pumpenmagnete zunehmend bei höheren Temperaturen ihren Magnetismus, der bei Temperaturen oberhalb von 400°C für die heute bekannten magnetischen Materialien allmählich verschwindet, was dazu führt, daß die Pumpe unbrauchbar wird.

Im Gebrauchsmuster 8711555.7 wird ein Pumpenaggregat zum Fördern heißer Medien beschrieben, welches eine Kühlstromführung dergestalt besitzt, daß der Kühlluftstrom des die Pumpe antreibenden Elektromotors in Richtung auf die Lagerträger und Magnetkupplung gelenkt wird. Dadurch wird in konstruktionsvereinfachender Weise die Betriebstemperatur der Magnete und der Lager auch bei Förderung heißer Medien abgesenkt und die Pumpe bleibt betriebsfähig. Eine solche Pumpe eignet sich aber nicht zur Förderung heißer und hochkorrosiver Medien, wie Salzschmelzen, da eine große Zahl medienberührter Teile im Innenraum existiert, die durch die Salzschmelze in kürzester Zeit korrodiert würden.

In der DE-A 4 212 982 wird eine magnetgekuppelte Pumpe zur Förderung heißer Fördermedien vorgeschlagen. Diese Erfindung setzt sich ebenfalls zum Ziel, Lager und Magnete bei Förderung heißer Fördermedien so zu kühlen, daß die Lager- und Magnettemperaturen begrenzt werden. Gelöst wird diese Aufgabe dadurch, daß in der Antriebswelle für den Außenmagnetträger ein Kühlmittel-Zuströmkanal vorgesehen ist, der mit einem Kühlmittelspalt in Verbindung steht, der wiederum mit dem Außenmagnetträger und der Innenseite einer vorhandenen Außenkapsel der Pumpe in Verbindung steht, wobei die Kühlflüssigkeit aus der Außenkapsel wieder abgeführt wird. Mit einer dieser Lösung gemäßen Pumpe können Fördermedien zwischen 200 bis 300°C gefördert werden, wobei die Lagertemperaturen max. 50 bis 60°C betragen sollen. Die vorgeschlagene Pumpe kann allerdings die Forderung nicht erfüllen, unmittelbar in ihrer dem Pumpengehäuse am nächsten liegenden Lager eine sichere Abdichtung gegen ein zu förderndes hochkorrosives Medium zu gewährleisten, was mit bekannten, in der vorgestellten Konstruktion notwendigen Dichtmaterialien nicht zu verwirklichen ist. Darüber hinaus wurde die vorgesehene Kühlung der inneren Lager zur Auskristallisation der Salzschmelze im Lager führen, was dessen Zerstörung nicht nur durch Korrosion, sondern auch durch Erosion unmittelbar zur Folge hätte. Ein Durchtritt von Salzschmelze aus dem Pumpengehäuse durch die innenliegenden Lager in das Pumpeninnere kann mit der vorgeschlagenen Lösung nicht verhindert werden, da keine geeigneten Dichtmaterialien zur Verfügung stehen. Ein solcher Vorgang jedoch zerstört die Pumpe binnen kürzester Frist.

Es stellte sich daher die Aufgabe, eine Pumpe und ein Verfahren zum Betrieb dieser Pumpe zu finden, welche es gestatten, hochkorrosive und hochtemperierte Medien, wie z.B. Chlorid oder Cu-Salzschmelzen mit Temperaturen über 400°C, zu fördern, wobei die Pumpe einen einfachen Aufbau hat, sowie betriebssicher und kostengünstig zu betreiben ist.

Diese Aufgabe wird bei einer Pumpe mit einem Antriebsteil und einem Pumpenkörper, bei dem die Antriebswelle über eine Wellendichtung gegenüber dem zu fördernden Medium abgedichtet ist, erfindungsgemäß dadurch gelöst,

daß die Wellendichtung aus einem in den Pumpenkörper und/bder in den Antriebsteil eingepaßten Statorring besteht, durch den die Antriebswelle unter Freilassung eines Dichtungsspalts hindurchgeführt ist,

daß der Pumpenkörper und der Statorring einschließlich aller medienberührenden Teile im Pumpenkörper aus einem korrosions- und hochtemperaturfesten Material gefertigt sind,

daß im Antriebsteil ein oder mehrere trocken laufende Lager zur Lagerung der Antriebswelle angeordnet sind und

daß der Antriebsteil einen Gasströmungskanal mit einem Zuführungs- und einem Ableitungsstutzen aufweist, der strömungstechnisch mit dem Dichtungsspalt in Verbindung steht.

Eine bevorzugte Ausführungsform besteht darin, daß die Drehbewegung im Antriebsteil durch eine Magnetkupplung auf die Auftriebswelle übertragen wird.

Vorteilhaft besteht das trockenlaufende Lager im Antriebsteil aus einem keramischen Wälzlager. Zur Verminderung der Gleitreibung können die Laufflächen des trockenlaufenden Lagers mit einem anorganischen Film, z.B. mit Kohlenstoff, beschichtet werden.

Weiterhin kann es zweckmäßig sein, wenn zwischen dem Statorring und dem Antriebsteil eine weitere konventionelle Wellenabdichtung, z.B. eine Gleitringdichtung angeordnet ist.

Die gestellte Aufgabe wird weiterhin durch ein Verfahren zum Betrieb der Pumpe gelöst, bei dem erfindungsgemäß der Gasströmungskanal über den Zuführungsstutzen mit einem Heißgas beaufschlagt wird, das den Antriebsteil durch den Ableitungsstutzen wieder verlaßt, wobei der Vordruck so eingestellt wird, daß der statische Druck des Gases im Gasströmungskanal oberhalb des Statorringes über dem Druck des Fördermediums liegt, welches den Pumpenkörper partiell oder vollständig ausfüllt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführung wird die Temperatur des Heißgases auf einen Wert oberhalb 120°C und der statische Druck des Heißgases im Strömungskanal auf einen Wert oberhalb von 1,5 bar eingestellt.

Als Heißgas wird vorteilhaft Heißdampf eingesetzt.

Weiterhin wird der Heißgasdruck durch einen Regelkreis zweckmäßig auf einen Sollwert eingeregelt, der oberhalb des Förderdrucks des durch die Pumpe geförderten Mediums liegt.

Es kann im Einzelfall zweckmäßig sein, daß statt Heißdampf ein anderes heißes gasförmiges Medium, wie Luft, Stickstoff, Sauerstoff, Kohlendioxyd zur Beaufschlagung des Gasströmungskanals im Antriebsteil verwendet wird.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispieles naher beschrieben. Die Figur zeigt den prinzipiellen Aufbau einer hochtemperatur- und korrosionsfesten Pumpe auf der Basis einer magnetgekoppelten Zahnradpumpe. Die Pumpe ist in Pumpenkörper 1 und Antriebsteil 2 aufgeteilt, wobei der Pumpenkörper 1 und der Antriebsteil 2 durch einen in den Pumpenkörper 1 eingepaßten keramischen Statorring 3 getrennt sind, durch den die Antriebswelle 4 (Pumpenwelle) hindurchgeführt ist. Die Öffnung im Statorring 3 zur Durchführung der Pumpenwelle 4 hat dabei einen geringfügig größeren Durchmesser als die Pumpenwelle, so daß zwischen der Pumpenwelle 4 und der Innenfläche an der Öffnung des Statorrings ein Dichtungsspalt 5 verbleibt.

Der Pumpenkörper 1 besteht einschließlich aller medienberührenden Teile aus einem hochtemperatur- und korrosionsfestem Material, wie Keramik, Steinzeug etc.. Die eigentliche Pumpe besteht aus einer Zahnradpumpe 6, die im Pumpenkörper 1 angeordnet ist und ebenfalls einschließlich der Pumpenwelle aus einem keramischen Material gefertigt ist. Das zu fördernde heiße korrosive Medium strömt durch den Ansaugstutzen 7 der Zahnradpumpe 6 senkrecht in Richtung der Zahnräder, wird zwischen den Zähnen verdichtet und verläßt die Pumpe durch einen entsprechenden Druckstutzen an der gegenüberliegenden Seite der Zahnradpumpe 6. Die Pumpenwelle bzw. Antriebswelle 4 ist im Antriebsteil 2 mit einem zylindrischen Käfiganker 9 fest verbunden, der sich in einer entsprechend großen Gehäuseöffnung 10 im Antriebsteil 2 frei drehen kann. Der Käfiganker 9 ist mittels keramischer Wälzlager 11 gelagert, die zwischen dem Käfiganker 9 und einer fest mit dem Pumpenteil 1 verbundenen, sich in axialer Richtung erstreckenden zylindrischen Lagerschale 12 angeordnet sind.

Konzentrisch um den Käfiganker 9 herum ist im Antriebsteil 2 ein topfförmiger Rotor 13 angeordnet, der über eine Antriebswelle 14 mit einem Elektromotor in Verbindung steht. Auf der Innenseite des Rotors 13 ist ein Magnetpolkranz 15 angeordnet, der zusammen mit einem Gegenmagnetpolkranz 16 auf dem Käfiganker 9 eine Magnetkupplung bildet, die zur Übertragung der Drehbewegung von der Motorwelle 14 auf die Antriebs-/Pumpenwelle 4 dient. Die Motorwelle 14 könnte aber auch direkt mit der Antriebswelle 4 in Verbindung stehen. Zur Verbesserung der Abdichtung zwischen dem Pumpenteil 1 und dem Antriebsteil 2 kann zusätzlich zum Statorring 3 eine weitere konventionelle Dichtung, z.B. eine Gleitringdichtung 17 vorgesehen werden.

Ein wichtiges konstruktives Merkmal besteht darin, daß der Antriebsteil 2 und insbesondere der Käfiganker 9 mit einem Gasströmungskanal 18 versehen ist. Der Gasströmungskanal 18 wird über einen Zuführungsstutzen 19 mit Heißgas bzw. Heißdampf beaufschlagt. Das Heißgas strömt zunächst durch einen radialen, ringförmigen Abschnitt, anschließend durch einen axialen Spalt parallel zur Lagerschale 12, wobei die keramischen Wälzlager 11 umströmt werden und verläßt das Antriebsteil 2 schließlich durch einen Ableitungsstutzen 20. Der Gasströmungskanal 18 steht ferner über einem ringförmigen Verbindungskanal 21 parallel zur Antriebswelle 4 mit dem Dichtungsspalt 5 zwischen Statorring 3 und Antriebswelle 4 in Verbindung. Der Vordruck für das Heißgas am Zuführungsstutzen 19 wird so hoch gewählt, daß der statische Druck des Heißdampfes im Verbindungsspalt 21 über dem Druck des Fördermediums in der Zahnradpumpe 6 liegt. Dadurch kann mit Sicherheit vermieden werden, daß das heiße, agressive Fördermedium, z.B. eine Salzschmelze, durch den Dichtungsspalt 5 und die Gleitringdichtung 17 in das Antriebsteil 2 gelangt.

Während der Pumpenkörper 1 einschließlich der Zahnradpumpe 6 und der Antriebswelle 4 aus Keramik gefertigt sind, kann der Antriebsteil bis auf die keramischen Wälzlager 11 aus Metall bestehen, was ein entscheidender Vorteil der Erfindung ist. Die Laufflächen des Wälzlagers 11 sind vorteilhaft zur Verminderung der Gleitreibung mit einem Kohlenstoffilm beschichtet.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren liegt der erfindungsgemäßen Pumpe folgendes Wirkprinzip zugrunde:

Das Fördermedium, z.B. eine Salzschmelze mit einer Temperatur von 500°C wird über den Ansaugstutzen 7 der Zahnradpumpe 6 angesaugt, zwischen den keramisch ausgeführten Zahnrädern verdichtet und verläßt den Pumpenkörper 1 mit einem Druck von 5 bar. Durch den Statorring 3 ist die Pumpenwelle 4 mit kleinem Spiel (Dichtungsspalt 5) geführt. Der Statorring 3 trennt den Pumpenkörper 1 und den Antriebsteil 2 der Pumpe voneinander bis auf den geringfügigen Spalt gegenüber der Pumpenwelle 4 bzw. dem Pumpenkörper 1. Über den Gaszuführungsstutzen 19 wird nun dem Antriebsteil 2

Dampf mit einem Druck von 5,1 bar und einer Temperatur von 180°C druckgeregelt zugeführt, der den Antriebsteil 2 über den Gasabführungsstutzen 20 wieder verläßt. Durch den Überdruck des Dampfes im Antriebsteil 2 wird ein Durchtreten der flüssigen Salzschmelze durch den Dichtungsspalt 5 zwischen Statorring 3 und Pumpenwelle 4, sowie Statorring 3 und Pumpenkörper 1 verhindert. Dabei strömt eine geringe Dampfmenge vom Antriebsteil 2 in die Salzschmelze, die sich im Pumpenkörper 1 befindet, über. Die geringe, in die Salzschmelze strömende Dampfmenge kann toleriert werden, insofern, als die Salzschmelze weder chemisch beeinflußt wird, als auch die Zahnradpumpe durch in der Salzschmelze enthaltene Dampfblasen in ihrer Förderfähigkeit nicht negativ beeinflußt wird. Eine weitere Minimierung dieses Dampfstromes ist möglich durch die konventionelle Gleitringdichtung 17 zwischen Statorring 3 und dem vorderen Teil des Wälzlagers 11. Der Heißdampf, der den Antriebsteil 2 durchströmt, hat noch eine wichtige zweite Funktion: Er garantiert die wichtige direkte Kühlung der Pumpenmagnete 16 und der trocken laufenden Lager 11 auf Temperaturen unterhalb von 350°C. Durch die Dampfsperrung des Antriebsteiles 2 wird das Eindringen von 500°C heißer Salzschmelze in den Antriebsteil 2 wirksam verhindert und die Pumpenmagnete 16 zur Abführung von aus dem Pumpenkörper 1 in den Antriebsteil 2 einströmender Wärme so gekühlt, daß keine Beeinträchtigung ihrer Funktion auftritt. Gleichfalls werden die Lager 11 intensiv mit Heißdampf gekühlt. Alle im Antriebsteil 2 vorhandenen Bauteile haben keinen Kontakt zum Fördermedium und können mit Ausnahme des keramisch ausgeführten und trocken laufenden Lagers 11 z.B. aus gewöhnlichem Edelstahl ausgeführt werden. Der im Antriebsteil 2 der Pumpe benutzte Dampf, der sich in der Pumpe aufheizt, kann anschließend weiterverwendet werden. Die Pumpe sollte vorzugsweise aufrecht stehend betrieben werden, so daß sich der Pumpenkörper 1 unten und der Antriebsteil 2 über ihm angeordnet ist. Der gesamte Pumpenkörper 1 wird von außen elektrisch beheizt, um die Pumpe auf Arbeitstemperatur zu halten und Thermospannungen in den keramischen Bauteilen zu verhindern.

Patentansprüche

1. Pumpe zur Förderung heißer korrosiver Medien mit einem Antriebsteil (2) und einem Pumpenkörper (1), bei dem die Antriebswelle (4) über eine Wellendichtung gegenüber dem Medium abgedichtet ist, dadurch gekennzeichnet, daß

   a) daß die Wellendichtung aus einem in den Pumpenkörper (1) und/oder in den Antriebsteil (2) eingepaßten Statorring (3) besteht, durch den die Antriebswelle (4) unter Freilassung eines Dichtungsspalts (5) hindurchgeführt ist,

   b) daß der Pumpenkörper (1) und der Statorring (3) einschließlich aller medienberührenden Teile im Pumpenkörper (1) aus einem korrosions- und hochtemperaturfesten Material gefertigt sind,

   c) daß im Antriebsteil (2) ein oder mehrere trokken laufende Lager (11) zur Lagerung der Antriebswelle (4) angeordnet sind und

   d) daß der Antriebsteil (2) einen Gasströmungskanal (18) mit einem Zuführungs- (19) und einem Ableitungsstutzen (20) aufweist, der strömungstechnisch mit dem Dichtungsspalt (5) in Verbindung steht.

2. Pumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Antriebsteil (2) eine Magnetkupplung (15, 16) zur Übertragung der Drehbewegung auf die Antriebswelle (4) vorgesehen ist.

3. Pumpe nach Anspruch 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß das trocken laufende Lager (11) ein keramisches Wälzlager ist.

4. Pumpe nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das trocken laufende Lager (11) auf den Laufflächen Beschichtungen zur Minderung des Gleittreibungskoeffizienten besitzt.

5. Pumpe nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Statorring (3) und dem Antriebsteil (2) eine weitere Wellenabdichtung (17) vorgesehen ist.

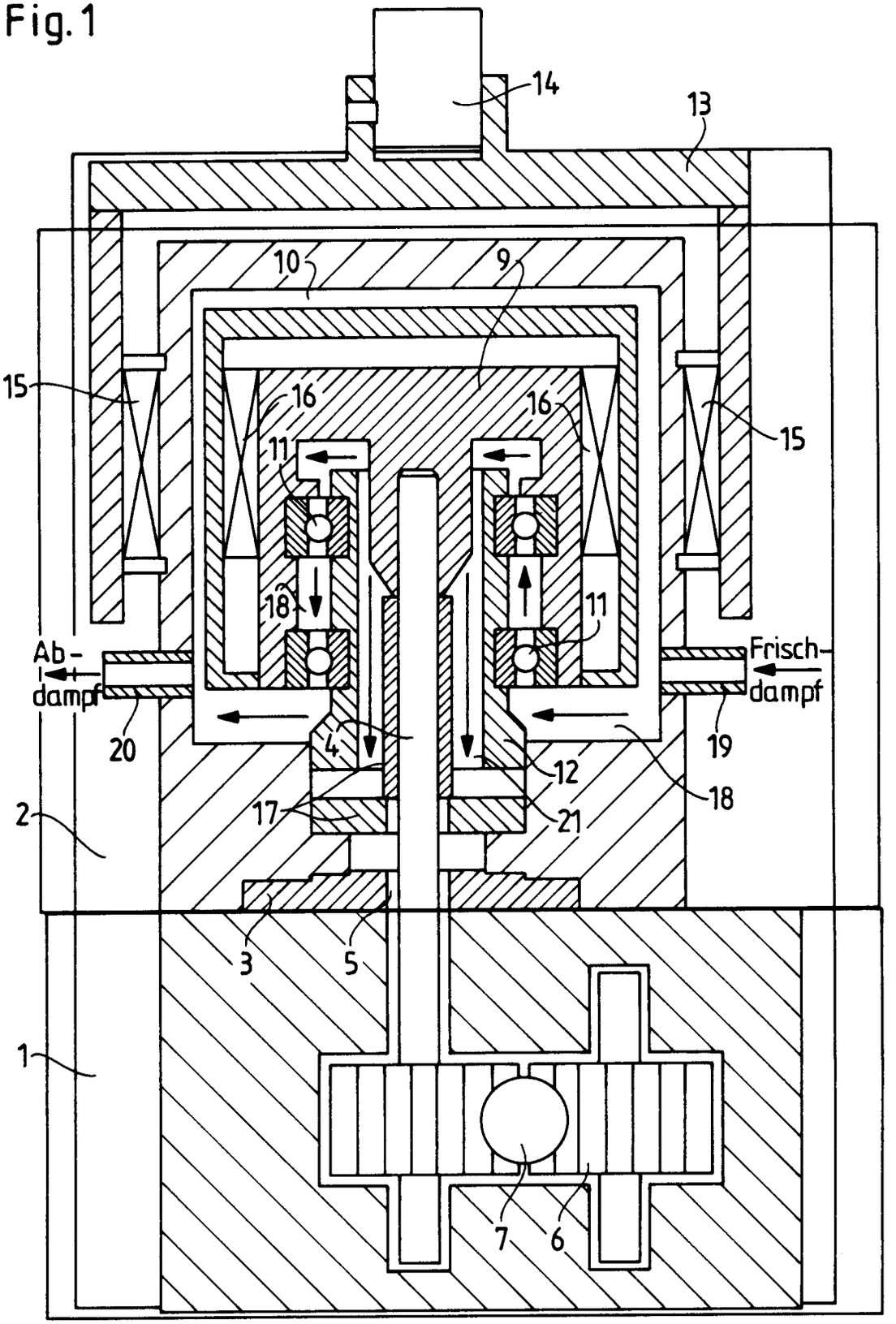
6. Verfahren zum Betrieb der Pumpe nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasströmungskanal (18) über den Zuführungsstutzen (19) mit einem Heißgas beaufschlagt wird, das den Antriebsteil (2) durch den Ableitungsstutzen (20) wieder verläßt und daß dabei der Vordruck so eingestellt wird, daß der statische Druck des Gases im Gasströmungskanal (18) oberhalb des Statorringes (3) über dem Druck des Fördermediums liegt, welches den Pumpenkörper (1) partiell oder vollständig ausfüllt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Heißgases oberhalb 120°C und der statische Druck des Heißgases im Gasströmungskanal (18) oberhalb 1,5 bar liegt.

8. Verfahren nach Anspruch 6 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Heißgas Heißdampf zugeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Heißgasdruck auf einen Sollwert geregelt wird, der oberhalb des Förderdrucks des durch die Pumpe geförderten Mediums liegt.

Fig. 1


14
13
10
9
15
16
16
15
11
11
18
Ab-
dampf
Frisch-
dampf
20
4
19
12
18
2
17
21
3
5
1
7
6