



(11) **EP 1 276 992 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**25.07.2007 Patentblatt 2007/30**

(51) Int Cl.:  
**F04C 15/00<sup>(2006.01)</sup> F04C 2/18<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **01927598.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE2001/001146**

(22) Anmeldetag: **24.03.2001**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2001/079699 (25.10.2001 Gazette 2001/43)**

---

(54) **ZAHNRADPUMPE, INSBESONDERE FÜR EINE HOCHDRUCK-KRAFTSTOFFPUMPE**  
GEAR-WHEEL PUMP, IN PARTICULAR FOR A HIGH-PRESSURE FUEL PUMP  
POMPE A ENGRENAGES, EN PARTICULIER POUR POMPE A CARBURANT HAUTE PRESSION

---

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE ES FR GB IT**

(30) Priorität: **13.04.2000 DE 10018348**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**22.01.2003 Patentblatt 2003/04**

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:  
• **BOEHLAND, Peter**  
**71672 Marbach (DE)**  
• **REITSAM, Robert**  
**5400 Hallein (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A- 1 553 014 DE-A- 2 116 317**  
**GB-A- 967 944 GB-A- 2 306 354**

**EP 1 276 992 B1**

---

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 eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

---

## Beschreibung

Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Zahnradpumpe mit einem Gehäuse, zwei Zahnrädern, die in dem Gehäuse angeordnet sind und miteinander in Eingriff stehen, und mindestens einer Nut, die im Gehäuse auf der Druckseite der Zahnradpumpe ausgebildet ist, wie es im Oberbegriff des Anspruchs 1 definiert wird. Eine solche Pumpe ist z.B. ass jeder der Druck Schriften DE-A-1553014 oder GB-A-967944 oder GB-A2306354 bekannt.

**[0002]** Eine solche Zahnradpumpe kann insbesondere als Vorförderpumpe für eine Hochdruck-Kraftstoffpumpe dienen, wobei dieser der Kraftstoff von der Vorförderpumpe mit einem Druck von etwa 600kPa (6 bar) bereitgestellt wird. Die Hochdruck-Kraftstoffpumpe erzeugt dann einen Druck, der bis in der Größenordnung von 180 MPa (1800 bar) liegen kann, wie er bei einem sogenannten Common-Rail-Einspritzsystem verwendet wird.

**[0003]** Die Zahnradpumpe wird mit der gleichen Drehzahl wie die Hochdruck-Kraftstoffpumpe angetrieben und muß schon bei der Motorstartdrehzahl eine genügende Kraftstoffmenge fördern. Aus diesem Grunde ist es erforderlich, daß die Zahnräder mit möglichst kleinem Spiel zum Gehäuse laufen und auch die Umschlingungslänge der beiden Zahnräder, also der Winkelbereich, über den die mit dem zu fördernden Kraftstoff gefüllten Zahnzwischenräume zwischen der Saugseite und der Druckseite der Zahnradpumpe durch das Gehäuse abgedichtet sind, möglichst groß ist. Bei maximaler Motordrehzahl jedoch darf die Zahnradpumpe keine zu große Kraftstoffmenge fördern. Anstelle einer aufwendigen Ventilsteuerung zur Mengenregulierung wird auf der Saugseite üblicherweise eine Drossel verwendet, welche diese Fördermenge begrenzt. Dies führt dazu, daß mit Erreichen einer bestimmten Fördermenge die Zahnzwischenräume nicht mehr vollständig mit Kraftstoff gefüllt werden.

**[0004]** Wenn ein solcher Zahnzwischenraum, der nicht vollständig mit Kraftstoff gefüllt ist, auf der Druckseite der Pumpe aus dem Gehäuse in den Druckraum austritt, besteht die Gefahr, daß es zu Kavitationsschäden an den Zahnflanken der Zahnradzähne oder dem Gehäuse kommt. Aus diesem Zweck ist die Nut vorgesehen, die einen möglichst kontinuierlichen Druckanstieg in dem nicht vollständig mit Kraftstoff gefüllten Zahnzwischenraum ermöglichen soll. Die Nut wirkt dabei wie eine Drossel, die ein kontrolliertes Rückfließen des Kraftstoffs von der Druckseite der Pumpe in den sich im Bereich der Nut befindenden Zahnzwischenraum ermöglicht.

**[0005]** Nachteilig an den bisher bekannten Kraftstoffpumpen ist, daß eine sich über einen vergleichsweise großen Winkelbereich erstreckende Nut erforderlich war, um Kavitationsschäden auch bei hohen Drehzahlen zu verhindern. Die große Winkelerstreckung der Nut bewirkt aber, daß der Umschlingungswinkel zwischen Gehäuse

und Zahnrad absinkt, woraus eine geringere Fördermenge bei geringeren Drehzahlen resultiert.

**[0006]** Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Zahnradpumpe der eingangs genannten Art dahingehend weiterzubilden, daß auch bei geringen Drehzahlen eine große Fördermenge erreicht wird, während gleichzeitig bei hohen Drehzahlen Kavitationsschäden vermieden werden sollen.

10 Vorteile der Erfindung

**[0007]** Bei der erfindungsgemäßen Zahnradpumpe mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 bildet die Nut eine Art Vorkammer, die durch den vergleichsweise engen Spalt, der im ersten Abschnitt zwischen dem Boden der Nut und den Spitzen der Zahnradzähne gebildet ist, mit der Druckseite in Verbindung steht. Bei hohen Drehzahlen führt der enge Spalt in Verbindung mit dem Überströmquerschnitt, der im Bereich des zweiten Abschnittes der Nut gebildet ist, zu einem kontinuierlichen Druckanstieg des sich jeweils gerade zur Nut öffnenden Zahnzwischenraumes. Die Nut weist insgesamt eine Erstreckung über einen vergleichsweise kleinen Winkelbereich auf, so daß sich ein großer Umschlingungswinkel zwischen Zahnrad und Gehäuse ergibt, was für die Fördermenge bei geringen Drehzahlen vorteilhaft ist.

**[0008]** Vorteilhafte Ausführungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

30 Zeichnungen

**[0009]** Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf eine bevorzugte Ausführungsform beschrieben, die in den beigefügten Zeichnungen dargestellt ist. In diesen zeigen:

- Figur 1 in einer schematischen Schnittansicht eine Zahnradpumpe in Verbindung mit einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe;
- Figur 2 in einer schematischen, abgebrochenen Schnittansicht eine Zahnradpumpe nach dem Stand der Technik; und
- Figur 3 in einer Ansicht entsprechend derjenigen von Figur 2 eine erfindungsgemäße Zahnradpumpe.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

**[0010]** In Figur 1 ist eine Hochdruck-Kraftstoffpumpe 5 gezeigt, die Kraftstoff mittels eines Pumpenelementes 7 auf einen hohen Druck in der Größenordnung von bis zu 180 MPa (1800 bar) verdichten kann. Dem Pumpenelement wird der Kraftstoff über eine Zahnradpumpe 10 zugeführt, die mit einer Antriebswelle 12 für das Pumpenelement 7 in Verbindung steht.

**[0011]** Die Zahnradpumpe 10 weist zwei Zahnräder 14, 16 (siehe Figur 2) auf, die miteinander in Eingriff ste-

hen und in einem Gehäuse 18 angeordnet sind. Durch Drehung in der Pfeilrichtung fördern die Zahnräder 14, 16 den Kraftstoff, der auf der Saugseite S zugeführt wird, mittels des Zwischenraumes zwischen zwei benachbarten Zahnradzähnen 20 zur Druckseite D.

**[0012]** In Figur 2 ist eine Nut 22 zu sehen, die im Gehäuse ausgehend von der Druckseite angeordnet ist. Die Nut 22 dient dazu, einen möglichst gleichmäßigen, kontrollierten Druckanstieg in den Zwischenräumen zwischen zwei benachbarten Zahnradzähnen zu ermöglichen, wenn in den Zahnzwischenräumen beim Austritt aus dem Gehäuse 18 und dem Übertritt zur Druckseite ein geringerer Druck vorliegt als auf der Druckseite und sie nicht vollständig mit dem Kraftstoff gefüllt sind. Käme es in diesem Zustand zu einem abrupten Druckanstieg, würden die Dampfblasen im Kraftstoff in den Zahnzwischenräumen implodieren, und es könnte zu Kavitationsschäden am Gehäuse und an den Flanken der Zahnradzähne 20 kommen. Hiervon wäre insbesondere das gegen Kavitationsschäden empfindliche Material betroffen. Bei der in Figur 2 gezeigten, herkömmlichen Ausgestaltung der Nut 22 erfolgt der Druckausgleich in den Zahnzwischenräumen bei hoher Drehzahl sehr schnell, so daß eine Druckwelle entsteht, die zu einer starken Druckschwingung hervorruft und zum anderen dazu führt, daß die Kavitationsblasen im Zahnzwischenraum mit hoher Geschwindigkeit implodieren.

**[0013]** In Figur 3 ist die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Nut 22 gezeigt. Die Nut besteht hier aus einem ersten Abschnitt 24, der sich über einen Winkelbereich  $\alpha$  erstreckt, sowie einem zweiten Abschnitt 26, der sich über einen Winkelbereich  $\beta$  erstreckt, wobei der Winkelbereich  $\alpha$  viel kleiner als der Winkelbereich  $\beta$  ist. Im Winkelbereich  $\alpha$  ist der Abstand  $s$  zwischen den Spitzen der Zahnradzähne und dem Boden der Nut 22 vergleichsweise klein, beispielsweise in der Größenordnung von 0,2 mm, während der maximale Abstand  $t$  zwischen den Zahnspitzen und dem Boden der Nut 22 im zweiten Abschnitt deutlich größer ist, beispielsweise in der Größenordnung von 0,7 mm. Im ersten Abschnitt verläuft der Boden der Nut 22 etwa konzentrisch mit der Drehachse des Zahnrades 14, während der Boden der Nut 22 im zweiten Abschnitt etwa parabelförmig ausgehend vom ersten Abschnitt verläuft. Die Kontur der Nut im zweiten Abschnitt ist so gewählt, daß sie auf ihrem vom ersten Abschnitt abgewandten Ende in etwa radialer Richtung in den Bereich des Gehäuses übergeht, der eng an den Zahnradspitzen anliegt. Bei der gezeigten Ausführungsform beträgt der Winkelbereich  $\alpha$  etwa  $5^\circ$ , während der Winkelbereich  $\beta$  etwa  $36^\circ$  beträgt. Die Winkelbereiche sind so auf den Abstand der Zahnradzähne 20 voneinander abgestimmt, daß sich die Nut 22 insgesamt über einen Winkelbereich erstreckt, der geringfügig größer ist als der Winkelabstand zwischen zwei Zahnradzähnen. Hieraus ergibt sich ein großer Umschlingungswinkel  $\gamma$ , also ein großer Winkelbereich, über den die Zahnzwischenräume vom Gehäuse 18 zwischen der Saugseite und der Druckseite abgedeckt sind. Dieser große Um-

schlingungswinkel  $\gamma$  ist vorteilhaft im Hinblick auf geringe Überströmverluste bei geringen Drehzahlen, also im Hinblick auf eine große Fördermenge.

**[0014]** Die spezielle Ausgestaltung der Nut 22 führt zu einem kontinuierlichen Druckanstieg im Bereich der Zahnzwischenräume beim Übertritt eines Zahnzwischenraums aus dem Bereich der Umschlingung durch das Gehäuse in den Bereich der Druckseite. Zu Anfang des Druckanstiegs, wenn sich das Zahnrad 14 also in der in Figur 3 gezeigten Stellung befindet, in der ein vor dem betrachteten Zahnzwischenraum 28 liegender Zahnradzahn 20 in den zweiten Abschnitt 26 der Nut 22 eintritt, ergibt sich ein vergleichsweise enger Spalt zwischen dem Gehäuse und dem entsprechenden Zahnradzahn, so daß der Kraftstoff aus einem Bereich mit höherem Druck vergleichsweise langsam in den Zahnzwischenraum 28 einströmt. Dabei verläuft die Strömung in radialer Richtung, so daß sie der Zahnradflanke in Richtung zum Zahngrund folgt. Dies ist gewährleistet durch den Verlauf der Kontur der Nut 22 in diesem Bereich. Mit dem Überströmen von Kraftstoff in den aufzufüllenden Zahnzwischenraum sinkt der Druck in dem vorhergehenden Zahnzwischenraum, was wiederum durch Nachströmen von Kraftstoff durch den engen Spalt zwischen der Zahnspitze und dem Boden der Nut in deren ersten Abschnitt 24 ausgeglichen wird. Wenn sich das Zahnrad weiter in der Pfeilrichtung dreht, vergrößert sich sowohl der Strömungsquerschnitt zwischen dem ersten Abschnitt 24 der Nut 22 und der diesem gegenüberliegenden Zahnspitze als auch derjenige zwischen dem nachfolgenden Zahnradzahn und dem Ende der Nut 22. Dies ermöglicht einen vollständigen Druckausgleich im Zahnzwischenraum 28 vor dem Austritt zur Druckseite hin. Auf diese Weise werden Kavitationsschäden sowohl an den Zahnradzähnen als auch am Gehäuse der Zahnradpumpe vermieden.

**[0015]** Die beschriebene Nut 22 kann selbstverständlich auch für das zweite Zahnrad 16 vorgesehen sein, um auch dort Kavitationsschäden zu verhindern.

**[0016]** Für die Querschnittsauslegung der Nut 22 gelten die folgenden Regeln:

$$1/(N \cdot Z) \geq T_f$$

$$T_f = V_d / V_p$$

$$A_N = V_p / W$$

wobei

$T_f =$  Füllzeit für einen Zahnzwischenraum durch die

	Nut	
N =	Drehzahl Zahnrad	
Z	= Zähnezahl des Zahnrades	
$V_d$ =	Dampfvolumen in Zahnzwischenraum	
$V_p$ =	Volumenstrom von Kraftstoff durch die Nut zum Zahnzwischenraum	5
w =	Strömungsgeschwindigkeit in der Nut	
$A_N$ =	Effektiver Strömungsquerschnitt in der Nut	

### Patentansprüche

1. Zahnradpumpe mit einem Gehäuse (18), zwei Zahnradern (14, 16), die in dem Gehäuse angeordnet sind und miteinander in Eingriff stehen, und mindestens einer Nut (22), die im Gehäuse auf der Druckseite der Zahnradpumpe ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Nut einen ersten Abschnitt (24) aufweist, der sich ausgehend von der Druckseite erstreckt und in welchem der Boden der Nut (22) einen geringen Abstand von den Spitzen der Zähne (22) des Zahnrades hat, und einen zweiten Abschnitt (26), der sich an den ersten Abschnitt anschließt und in welchem der Boden der Nut (22) einen maximalen Abstand von den Zahnsitzen aufweist, der größer ist als der Abstand im ersten Abschnitt, wobei sich der erste Abschnitt über einen kleineren Winkelbereich ( $\alpha$ ) erstreckt als der zweite Abschnitt und die Nut sich insgesamt über einen Winkelbereich ( $\alpha, \beta$ ) erstreckt, der etwas größer ist als der Winkelabstand zwischen zwei Zähnen (20).
2. Zahnradpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kontur des ersten Abschnittes der Nut (22) einen solchen Verlauf hat, daß sich ein konstanter Querschnitt ergibt.
3. Zahnradpumpe nach einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kontur des zweiten Abschnittes der Nut (22) einen solchen Verlauf hat, daß sich ein abnehmender Querschnitt ergibt.
4. Zahnradpumpe nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kontur des zweiten Abschnittes der Nut (22) einen parabelförmigen Verlauf hat.
5. Zahnradpumpe nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kontur des zweiten Abschnittes (26) auf der vom ersten Abschnitt (24) abgewandten Seite, bezogen auf die Drehachse des entsprechenden Zahnrades, etwa radial verläuft.
6. Zahnradpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe (5) zugeordnet ist und der Abstand (t) zwischen den Zahnsitzen und

dem Boden der Nut im zweiten Abschnitt etwa gleich dem effektiven Strömungsquerschnitt in der Nut geteilt durch die Zahnradhöhe ist, während der Abstand (s) zwischen den Zahnsitzen des Zahnrades (14, 16) und dem Boden der Nut (22) im ersten Abschnitt etwa gleich einem Drittel des Abstandes im ersten Abschnitt ist.

7. Zahnradpumpe nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Abstand (t) zwischen den Zahnsitzen und dem Boden der Nut im zweiten Abschnitt etwa gleich 0,7 mm ist.
8. Zahnradpumpe nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Abstand (s) zwischen den Zahnsitzen des Zahnrades (14, 16) und dem Boden der Nut (22) im ersten Abschnitt etwa gleich 0,2 mm ist.
9. Zahnradpumpe nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich der erste Abschnitt (24) der Nut (22) über einen Winkelbereich von etwa  $5^\circ$  erstreckt, während sich der zweite Abschnitt (26) über einen Winkelbereich von etwa  $36^\circ$  erstreckt.

### Claims

1. Gear pump having a housing (18), two gear wheels (14, 16) which are arranged in the housing and engage with one another, and at least one groove (22) which is formed in the housing on the delivery side of the gear pump, **characterized in that** the groove has a first section (24) which extends starting from the delivery side and in which the base of the groove (22) is at a small distance from the tips of the teeth (22) of the gear wheel, and a second section (26) which adjoins the first section and in which the base of the groove (22) is at a maximum distance from the tips of the teeth, which distance is greater than the distance in the first section, the first section extending over a smaller angular range ( $\alpha$ ) than the second section and the groove extending in total over an angular range ( $\alpha, \beta$ ), which is somewhat greater than the angular distance between two teeth (20).
2. Gear pump according to Claim 1, **characterized in that** the contour of the first section of the groove (22) has such a profile that a constant cross section is produced.
3. Gear pump according to one of Claims 1 and 2, **characterized in that** the contour of the second section of the groove (22) has such a profile that a decreasing cross section is produced.
4. Gear pump according to Claim 3, **characterized in**

that the contour of the second section of the groove (22) has a parabolic profile.

5. Gear pump according to Claim 4, **characterized in that** the contour of the second section (26) on the side facing away from the first section (24) extends approximately radially with respect to the axis of rotation of the corresponding gear wheel.
6. Gear pump according to one of the preceding claims, **characterized in that** it is assigned to a high-pressure fuel pump (5), and the distance (t) between the tips of the teeth and the base of the groove in the second section is approximately equal to the effective flow passage in the groove divided by the height of the gear wheel, while the distance (s) between the tips of the teeth of the gear wheel (14, 16) and the base of the groove (22) in the first section is approximately equal to a third of the distance in the first section.
7. Gear pump according to Claim 6, **characterized in that** the distance (t) between the tips of the teeth and the base of the groove in the second section is approximately equal to 0.7 mm.
8. Gear pump according to Claim 6, **characterized in that** the distance (s) between the tips of the teeth of the gear wheel (14, 16) and the base of the groove (20) in the first section is approximately equal to 0.2 mm.
9. Gear pump according to Claim 6, **characterized in that** the first section (24) of the groove (22) extends over an angular range of approximately 5°, while the second section (26) extends over an angular range of approximately 36°.

#### Revendications

1. Pompe à engrenage comprenant un boîtier (18), deux pignons (14, 16) montés dans le boîtier et en prise l'un avec l'autre, au moins une rainure (22) réalisée dans le boîtier sur le côté en pression de la pompe, **caractérisée en ce que** la rainure présente une première section (24) partant du côté en pression et dans laquelle le fond de la rainure (22) est proche des pointes des dents (20) du pignon, et une seconde section (26) faisant suite à la première et dans laquelle le fond de la rainure (22) est à une distance maximale des pointes des dents plus grande que celle dans la première section, cette première section s'étendant dans une zone angulaire ( $\alpha$ ) plus petite que la deuxième section, tandis que la rainure s'étend sur une zone angulaire ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) dépassant l'espacement angulaire de deux

dents (20).

2. Pompe à engrenage selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le contour de la première section de la rainure (22) présente un tracé qui donne une section constante.
3. Pompe à engrenage selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** le contour de la seconde section de la rainure (22) présente un tracé qui donne une section décroissante.
4. Pompe à engrenage selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** le contour de la seconde section de la rainure (22) présente un tracé en forme de parabole.
5. Pompe à engrenage selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** le contour de la seconde section (26) du côté éloigné de la première section (24) est sensiblement radial par rapport à l'axe de rotation du pignon correspondant.
6. Pompe à engrenage selon une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'** elle est associée à une pompe de carburant à haute pression (5) et la distance (t) séparant les pointes de dent et le fond de la rainure de la seconde section est à peu près égale à la section effective d'écoulement dans la rainure divisée par la hauteur du pignon, tandis que la distance (s) entre les pointes de dent du pignon (14, 16) et le fond de la rainure (22) dans la première section est à peu près égale au tiers de la distance dans la première section.
7. Pompe à engrenage selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** la distance (t) entre les pointes de dent et le fond de la rainure dans la seconde section, est à peu près égale à 0,7 mm.
8. Pompe à engrenage selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** la distance (s) entre les pointes de dent du pignon (14, 16) et le fond de la rainure (22) dans la première section, est à peu près égale à 0,2 mm.
9. Pompe à engrenage selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** la première section (24) de la rainure (22) s'étend sur une zone angulaire d'environ 5°, tandis que la seconde section (26) s'étend sur une zone angulaire d'environ 36°.

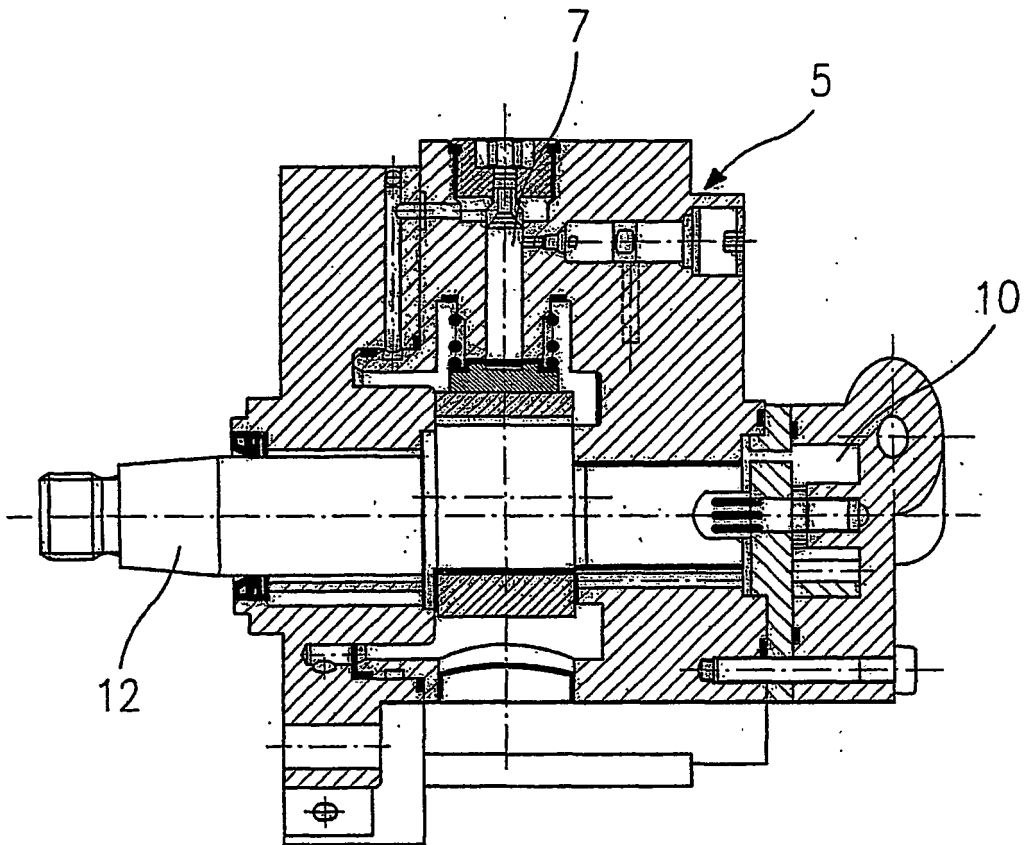


Fig. 1

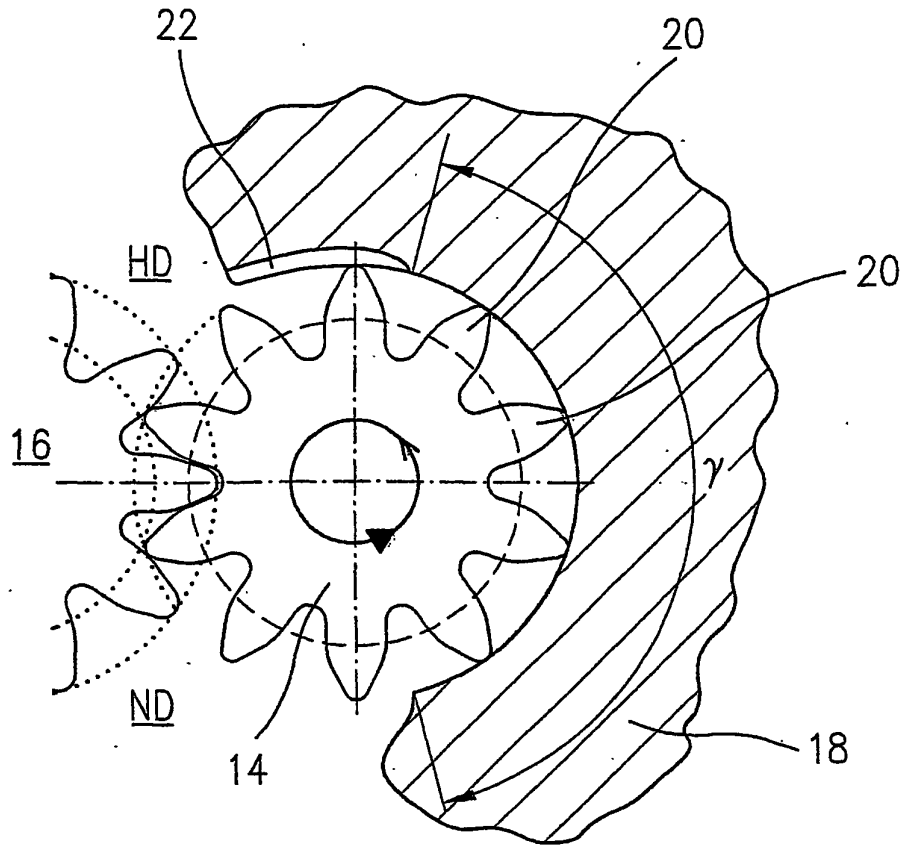


Fig. 2

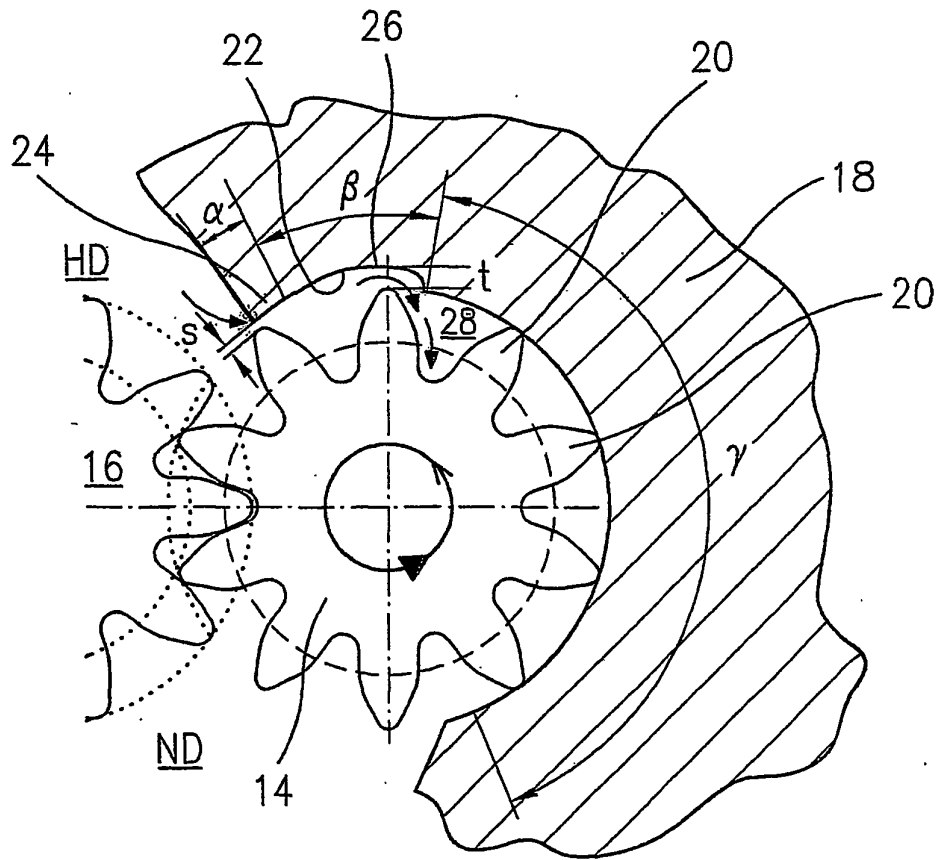


Fig. 3

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 1553014 A [0001]
- GB 967944 A [0001]
- GB 2306354 A [0001]