



"Hydrostatische Zahnradmaschine"

Die Erfindung bezieht sich auf eine hydrostatische Zahnradmaschine entsprechend dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Bei bekannten Zahnradmaschinen der vorgenannten Art ist deren aufwendige und teure Fertigung und die Notwendigkeit  
5 der Einhaltung eines genauen Achsabstandes zwischen den beiden Zahnrädern von Nachteil. Bei der Herstellung einer solchen Zahnradmaschine wird im allgemeinen von einem Zahnprofil in Form einer Trochoide, einer Zykloide oder eines Kreisbogens bei einem der Zahnräder ausgegangen. Das Profil der  
10 Zähne des Gegenrades ist meist nur empirisch zu bestimmen, wodurch die Konstruktion und der Bau von Werkzeugen für die Herstellung eines die notwendige hohe Qualität aufweisenden Gegenrades erschwert, wenn nicht gar unmöglich ist. Insbesondere ist die Entwicklung von Werkzeugen für das Wälzver-  
15 fahren problematisch, da nur mit größeren Maßabweichungen oder nur mit einem wirtschaftlich kaum vertretbaren Aufwand gearbeitet werden kann. Sonderverzahnungen der vorgenannten Art werden heute überwiegend in zwei Stufen hergestellt,  
20 nämlich das Vorprofilieren mit einem verhältnismäßig große Maßabweichungen aufweisenden Verzahnwerkzeug in der ersten

Stufe und das Verbessern der Form- und Oberflächenqualität der hergestellten Verzahnung durch Formschleifen in der zweiten Stufe. Wenn der Überdeckungsgrad der Verzahnung der beiden miteinander kämmenden Zahnräder verhältnismäßig groß ist, so müssen die Achsabstände der beiden Zahnräder sehr genau sein, um Zahneinriffsstörungen und mechanisch verursachte Geräusche infolge fertigungsbedingter Abmaße zu vermeiden. Zur Verkleinerung des Überdeckungsgrades wird häufig der Zahnkopfbereich verkürzt, wodurch sich jedoch ein zusätzliches, schädliches Totvolumen ergibt.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Zahnprofil zu schaffen, das optimale Verhältnisse in bezug auf Förderleistung, Förderstrompulsation, Zahneinriffsfrequenz, Geräuschverhalten, Platzbedarf und Totvolumen aufweist und eine wirtschaftliche, gut reproduzierbare und gut überprüfbare Fertigung ermöglicht. Diese Aufgabe wird durch die Merkmale im Kennzeichnungsteil des Anspruches 1 oder 5 erfindungsgemäß gelöst. Den Anforderungen an den Betrieb hydrostatischer Zahnradmaschinen und auch der Forderung nach deren wirtschaftlicher Fertigung wird eine Kreisbogenflanke aufweisende Verzahnung an einem Zahnrad, insbesondere an einem innenverzahnten Zahnrad, am ehesten gerecht. Die Zahnflanke besteht aus mindestens drei ineinander übergehenden Kreisbögen. Durch Variation der Verzahnungsparameter, insbesondere Plankenradien, Einriffswinkel, Zahnhöhe, Zahndicke und Zähnezahl, des erzeugenden Rades kann für das Gegenrad ein Zahnprofil erhalten werden, das mit sehr guter Annäherung ebenfalls aus mindestens drei Kreisbögen zusammengesetzt ist und damit ebenfalls verhältnismäßig einfach hergestellt werden kann. Eine entsprechend ausgebildete Zahnräder aufweisende Zahnradmaschine erfüllt insbesondere die Forderungen nach geringen Förderstromschwankungen, geringstmöglichem Totvolumen, größtmöglicher Förderleistung, geringstmöglichem Platzbedarf und geringen Leckmengen durch Anordnung eines

Füllstückes auf einem verhältnismäßig großen Zentriwinkel, so daß möglichst viele Zahnköpfe dem Füllstück unmittelbar gegenüberliegen. Zugleich ergibt sich ein Überdeckungsgrad, der kleiner als zwei, insbesondere kleiner als 1,5 ist, wodurch sich funktions- und fertigungsbedingte Abweichungen der Achsen der Zahnräder von dem vorgegebenen Maß weniger nachteilig auswirken.

In der Zeichnung ist eine Zahnradpumpe als Ausführungsbeispiel des Gegenstandes der Erfindung schematisch dargestellt.  
Es zeigen

Fig. 1 eine Seitenansicht,

Fig. 2 und 3 jeweils einen Ausschnitt aus Fig. 1 in größerem Maßstab.

In einem ortsfesten Hohlrad 1 mit dreizehn Zähnen 2 ist ein Innenzahnrad 3 mit zehn Zähnen 4 um eine Achse 5 drehbar gelagert. Die Zähne 2 und 4 kämmen in der dargestellten Weise miteinander. Die Zähne 2 und 4 sind wie in den Fig. 3 und 2 im größeren Maßstab dargestellt ausgebildet.

Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das Hohlrad 1 das erzeugende Rad. Aus dem Durchmesser des Wälzkreises 6 ergibt sich bei der vorbestimmten Anzahl der Zähne die Breite oder Dicke  $swH$  (jeweils auf dem Umfang des Wälzkreises 6 gemessen) jeden Zahnes und damit auch die Zahnhöhe  $hH$ , welche der Zahndicke gleich ist. Das Verhältnis des Kopfkreisradius  $raH$  zum Radius des Wälzkreises 6 beträgt etwa 0,9.

Der Eingriffswinkel  $b$  im Wälzpunkt C beträgt  $35^\circ$ , wenn die Achsen 5 und 8 der beiden Räder 3 bzw. 1 und der Wälzpumpe C in einer Linie liegen, und das Verhältnis des Kopfkreisradius  $raH$  zu dem Flankenradius  $r2H$  im Bereich des Wälzkreises 0,7. Die Zahnflankenradien gehen tangential ineinander und in den Kopf- oder Fußkreis über.

17. Oktober 1979 By  
P 6554  
121.266F

Das Verhältnis des Kopfkreisradius  $r_{aH}$  zu einem der beiden anderen Flankradien  $r_{1H}$  und  $r_{3H}$  und zur Zahnhöhe  $h_H$  beträgt 35 bzw. 20 bzw. 3,75. Das

Verhältnis des Flankenradius  $r_{2H}$  zu einem der beiden übrigen Flankenradien  $r_{1H}$  und  $r_{3H}$  beträgt 50 bzw. 30 und das Verhältnis der beiden Flankenradien  $r_{3H}$  und  $r_{1H}$  beträgt 1,7. Die Flankenform des Hohlrades 2 ist von der Seite gesehen im überwiegenden Teil konvex gekrümmt.

Die von den Zähnen 2 der Verzahnung des Hohlrades 1 erzeugte 10 Verzahnung des Innenzahnrades 3, das zehn Zähne aufweist und dessen Wälzkreis mit 9 bezeichnet ist, ergibt sich dann wie folgt:

Das Verhältnis des Kopfkreisradius  $r_{aR}$  zu einem der vier Flankenradien  $r_{1R}$ ,  $r_{2R}$ ,  $r_{3R}$  und  $r_{4R}$  beträgt 20 bzw. 0,1 bzw. 15 35 bzw. 0,1. Das Verhältnis der Wälzkreisradien des Hohlrades 1 und des Innenrades 3 beträgt 1,3. Beim Innenrad ist die Zahnhöhe  $h_R$  etwa gleich der Zahndicke  $s_{wR}$  auf dem Wälzkreis des Innenrades gemessen.

Die Flanken der Zähne 4 des Innenrades 3 bilden von der Seite 20 gesehen mit sehr guter Annäherung ebenfalls drei oder vier ineinander und in den Kopf- oder Fußkreis tangential übergehende Kreisbögen. Die Flanke des Zahnes 4 kann im Querschnitt gesehen sowohl konkav (wenn sie durch drei Radien bestimmt ist) als auch zu etwa gleichen Teilen konvex-konkav 25 verlaufen (wenn sie durch vier Radien bestimmt ist).

Zur Erzeugung eines für die Funktion der Pumpe notwendigen Kopf- und Flankenspiels werden die Flanken der Zähne 2 des Hohlrades 1 und/oder der Zähne 4 des Innenzahnrades 3 in Richtung zur Mitte um wenige 1/100 mm radial verschoben.

30 Vorteilhafte Durchmesser des Wälzkreises liegen für das Hohlrad zwischen 35 mm bis 200 mm.

In dem freien Raum zwischen dem Hohlrad 1 und dem Innenrad 3 ist in bekannter Weise ein Füllstück 7 vorgesehen. Die Mitte des Hohlrades 1 ist mit 8 bezeichnet.

Günstige Bereiche vorstehend aufgeführter Verhältnisse sind 5 in den Ansprüchen angegeben.

In gleicher Weise wie die vorbeschriebene Zahnradpumpe kann auch ein Zahnradmotor ausgebildet sein.

In der Zeichnung sind noch folgende Größen angegeben:

- rwH und rwR Radien der Wälzkreise des Hohlrades 1 bzw. des  
10 Innenzahnrades 3,
- rfH und rfR Radien der Fußkreise der Zähne des Hohlrades 1  
bzw. des Innenzahnrades 3,
- aH und aR Zentriwinkel der Dicke swH und swR der Zähne des  
Hohlrades 1 und des Innenzahnrades 3.

15 Wenn das Innenzahnrad das erzeugende Rad ist, ergeben sich folgende Änderungen gegenüber dem vorbeschriebenen Ausführungsbeispiel. Die Zähnezahl des erzeugenden Innenzahnrades beträgt 10 und das Verhältnis des Kopfkreisradius raR zu den drei Flankenradien r1R, r2R und r3R beträgt 20 bzw. 0,1 bzw. 35.

20 Das Verhältnis des Flankenradius r2R zu einem der beiden übrigen Flankenradien r1R und r3R beträgt beim Innenzahnrad 200 bzw. 325 und das Verhältnis der beiden Flankenradien r3R und r1R beträgt 0,6. Die Flankenform des erzeugenden Innenzahn-  
25 rades ist entweder im überwiegenden Teil konkav oder etwa zu gleichen Teilen konkav-konvex gekrümmt.

Beim Innenzahnrad verhält sich der Kopfkreisradius raR zum Wälzkreisradius raR zum Wälzkreisradius rwR wie 1,175. Die mit einem solchen Innenzahnrad erzeugte Gegenflanke auf dem

17. Oktober 1979 z  
P 6554  
121.266F

Hohlrad ist mit sehr guter Näherung ebenfalls eine Kreisbogen-  
flanke, die aus drei Kreisbögen mit unterschiedlichen Radien  
besteht. Die Flanke verläuft im überwiegenden Teil konvex.  
Beim erzeugten Hohlrad verhält sich dann der Kopfkreisradius  
5  $r_{aH}$  zu den drei Flankenradien  $r_{1H}$ ,  $r_{2H}$  und  $r_{3H}$  wie 35 bzw.  
0,7 bzw. 20.

Vorstehend sind bevorzugte Ausführungsbeispiele beschrieben.  
Bereiche, innerhalb der sich einzelne Größen ändern können,  
sind in den Ansprüchen aufgeführt.

A n s p r ü c h e

1. Hydrostatische Zahnradmaschine mit einem innenverzahn-  
ten Hohlrad und einem vom Hohlrad umgebenen und mit  
5 diesem kämmenden außenverzahnten Innenzahnrad, wobei  
die Zahnflanken eines der Zahnräder von der Seite ge-  
sehen mindestens teilweise als Kreisbögen ausgebildet  
sind und wobei die Form der wirksamen Zahnflanken des  
anderen Rades durch das Abwälzen an den Zähnen des ersten  
10 Rades bestimmt ist, g e k e n n z e i c h n e t durch  
folgende Merkmale des erzeugenden Hohlrades
  - a) die ungerade Zahl der Zähne liegt im Bereich von  
11 bis 17,
  - b) der Eingriffswinkel im Wälzpunkt liegt im Bereich  
15 von  $30^{\circ}$  bis  $40^{\circ}$ ,
  - c) das Verhältnis des Kopfkreisradius zu den drei Ra-  
dien der Zahnflanke liegt im Bereich von 30 bis 40 bzw.  
0,55 bis 0,9 bzw 15 bis 25,
  - d) die Zahnhöhe ist etwa gleich der Zahndicke,
  - 20 e) die Zahnflankenradien gehen tangential ineinander  
und in den Kopf- bzw. den Fußkreis des Zahnrades über,



- f) die Zahnflanke ist im Querschnitt gesehen im überwiegenden Teil konvex gekrümmt.
2. Zahnradmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis des zweiten Flankenradius zum ersten und dritten Flankenradius im Bereich zwischen 40 bis 60 bzw. 25 bis 35 und des dritten Flankenradius zum ersten Flankenradius im Bereich zwischen 1,5 und 2 liegt, daß das Verhältnis des Kopfkreisradius zur Zahnhöhe im Bereich zwischen 3,5 und 4 liegt und daß das Verhältnis des Kopfkreisradius zum Wälzkreisradius etwa 0,9 beträgt.
3. Zahnradmaschine nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch folgende Merkmale des erzeugten Innenzahnrades
- 15 a) die Differenz der Zähne des erzeugenden Rades zu den Zähnen des erzeugten Rades beträgt 3 bis 5,  
b) das Verhältnis des Kopfkreisradius zu einem der drei Flankenradien liegt im Bereich zwischen 15 und 25 bzw. 0,075 und 0,125 bzw. 30 und 40,  
20 c) das Verhältnis der Wälzkreisradien des erzeugenden Rades und des erzeugten Rades liegt im Bereich zwischen 1,2 und 1,4;  
d) die Zahnhöhe ist auf dem Wälzzylinder etwa gleich der Zahndicke.
- 25 e) die Zahnflankenradien gehen tangential ineinander und in den Kopf- bzw. den Fußkreis des Zahnrades über.
4. Zahnradmaschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis des Kopfkreisradius zu dem vierten Flankenradius im Bereich zwischen 30 0,075 und 0,125 liegt.

17. Oktober 1979 Z  
P 6554  
121.266F

5. Hydrostatische Zahnradmaschine mit einem innenverzahnten Hohlrad und einem vom Hohlrad umgebenen und mit diesem kämmenden außenverzahnten Innenzahnrad, wobei die Zahnflanken eines der Zahnräder von der Seite gesehen mindestens teilweise als Kreisbögen ausgebildet sind und wobei die Form der wirksamen Zahnflanken des anderen Rades durch das Abwälzen an den Zähnen des ersten Rades bestimmt ist, g e k e n n z e i c h n e t durch folgende Merkmale des erzeugenden Innenzahnrades
- 5
- 10 a) die gerade Anzahl der Zähne liegt im Bereich von acht bis vierzehn
- b) der Eingriffswinkel im Wälzpunkt liegt im Bereich von  $30^\circ$  bis  $40^\circ$
- c) das Verhältnis des Kopfkreisradius zu den drei
- 15 Radien der Zahnflanke liegt im Bereich von 15 bis 25 bzw. 0,09 bis 0,125 bzw. 30 bis 40
- d) die Zahnhöhe ist etwa gleich der Zahndicke
- e) die Zahnflankenradien gehen tangential ineinander und in den Kopf- bzw. den Fußkreis des Zahnrades
- 20 über
- f) die Zahnflanke ist im Querschnitt gesehen entweder im überwiegenden Teil konkav oder etwa zu gleichen Teilen konkav-konvex gekrümmt.

17. Oktober 1979 Z  
P 6554  
121.266F

6. Zahnradmaschine nach Anspruch 5, dadurch g e k e n n -  
z e i c h n e t , daß das Verhältnis des zweiten Flanken-  
radius zum ersten und dritten Flankenradius im Bereich  
zwischen 150 bis 250 bzw. 275 bis 375 und des dritten  
5 Flankenradius zum ersten Flankenradius im Bereich zwischen  
0,4 und 0,8 liegt, daß das Verhältnis des Kopfkreisradius  
zur Zahnhöhe im Bereich zwischen 3,5 und 4 liegt und daß  
das Verhältnis des Kopfkreisradius zum Wälzkreisradius  
im Bereich zwischen 1,1 bis 1,25 liegt.

7. Zahnradmaschine nach Anspruch 5 oder 6, g e k e n n -  
z e i c h n e t , durch folgende Merkmale des erzeugten  
Hohlrades

- a) die Differenz der Zähne des erzeugenden Rades  
zu den Zähnen des erzeugten Rades beträgt 3 bis 5
- 1b) das Verhältnis des Kopfkreisradius zu einem der  
drei Flankenradien liegt im Bereich zwischen 30 bis  
40 bzw. 0,55 bis 0,9 bzw. 15 bis 25
- c) das Verhältnis der Wälzkreisradien des erzeugenden  
Rades und des erzeugten Rades liegt im Bereich zwi-  
20 schen 0,7 und 0,85
- d) die Zahnhöhe ist auf dem Wälzzylinder etwa gleich  
der Zahndicke
- e) die Zahnflankenradien gehen tangential ineinander  
und in den Kopf- bzw. den Fußkreis des Zahnrades  
25 über.

- 5 -

17. Oktober 1979 z  
P 6554  
121.266F

8. Zahnradmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahnflanken gegenüber ihrer spielfreien Lage um wenige 1/100 mm in Richtung zum Fuß des jeweiligen Zahnes verschoben sind.

:

9. Zahnradmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erzeugte Zahnflanke im wesentlichen kreisbogenförmig ausgebildet ist.

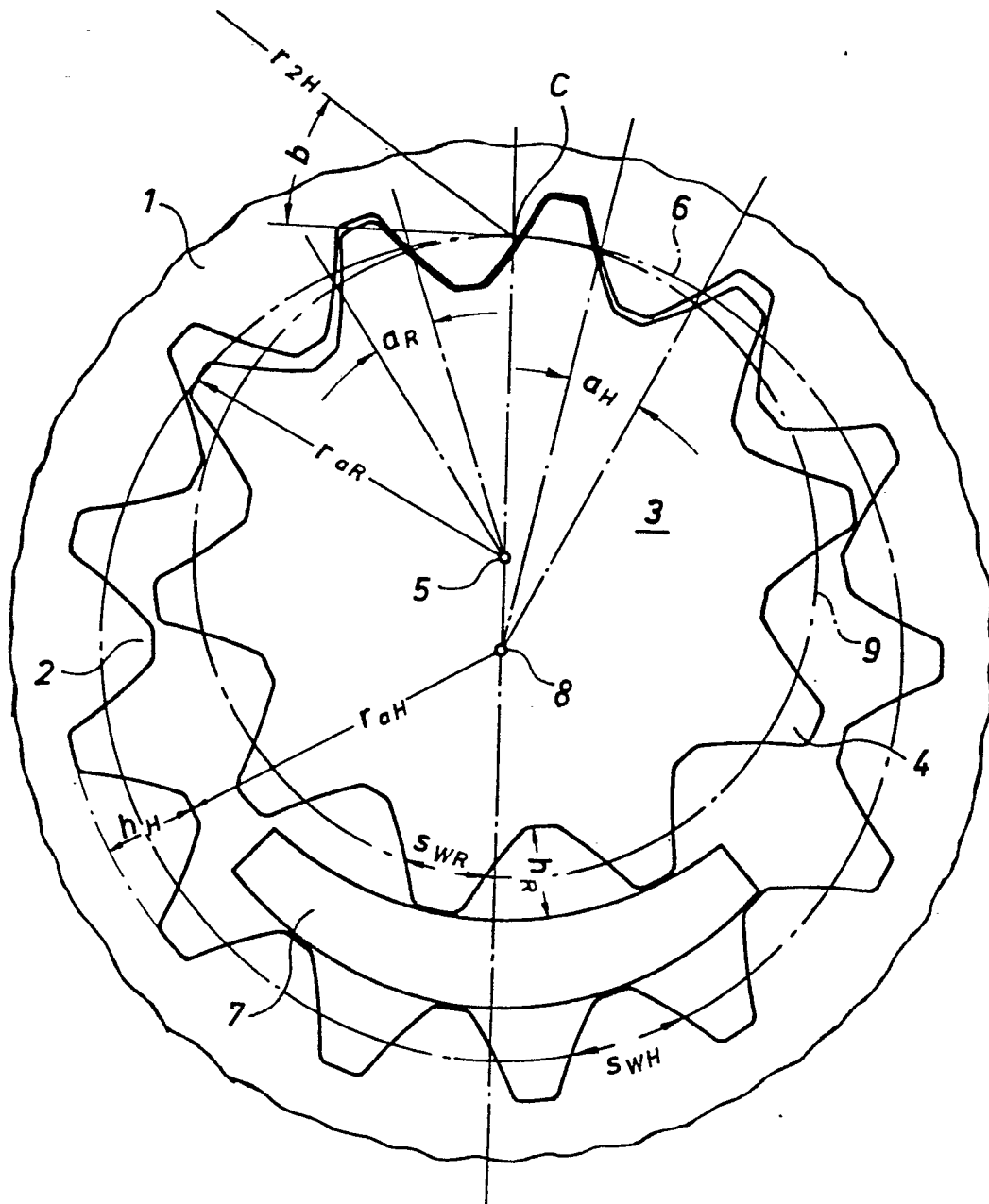


Fig.1

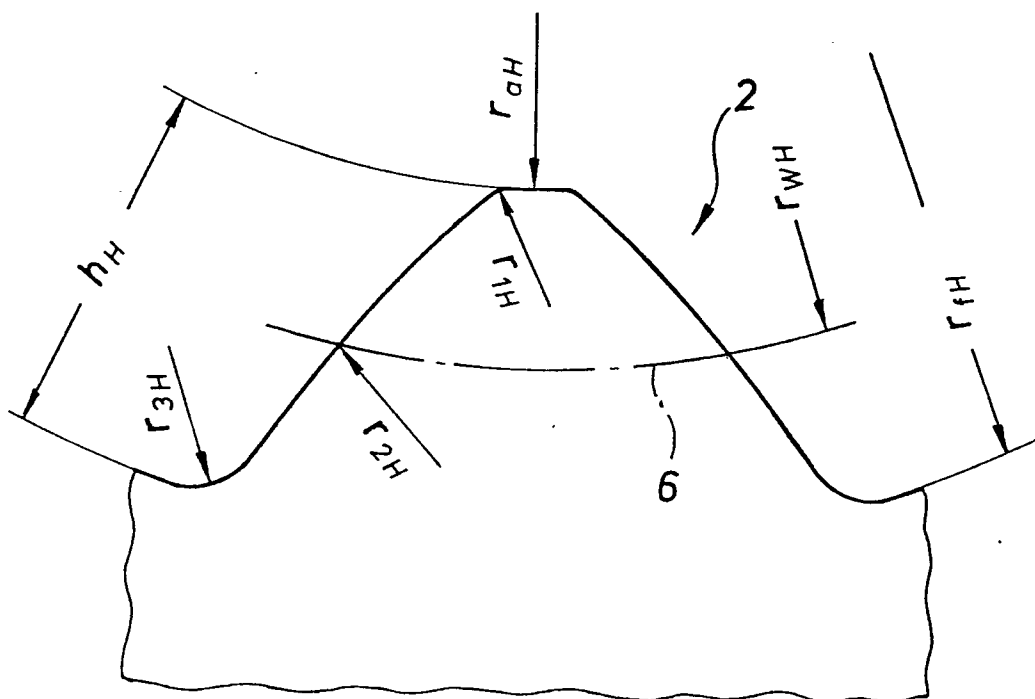
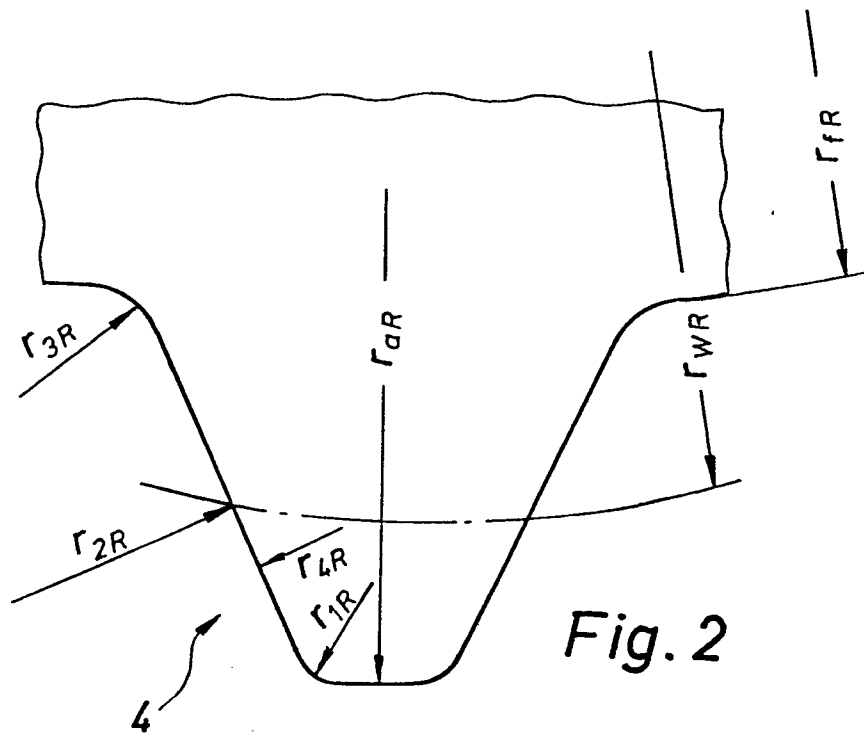


Fig. 3