



(10) **DE 10 2015 214 850 A1** 2016.12.01

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 214 850.5**
(22) Anmeldetag: **04.08.2015**
(43) Offenlegungstag: **01.12.2016**

(51) Int Cl.: **F16C 33/41 (2006.01)**
F16C 33/38 (2006.01)
F16C 33/66 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 91074
Herzogenaurach, DE**

(72) Erfinder:
Meisel, Harald, 91083 Baiersdorf, DE

(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE	199 37 664	A1
DE	10 2011 088 642	A1
US	6 533 462	B2
US	4 133 588	A

EP	2 724 039	B1
EP	2 068 018	A1
JP	2008- 8 411	A
JP	2000- 291 663	A
JP	2011- 47 474	A
JP	2011- 52 814	A
JP	2007- 315 587	A

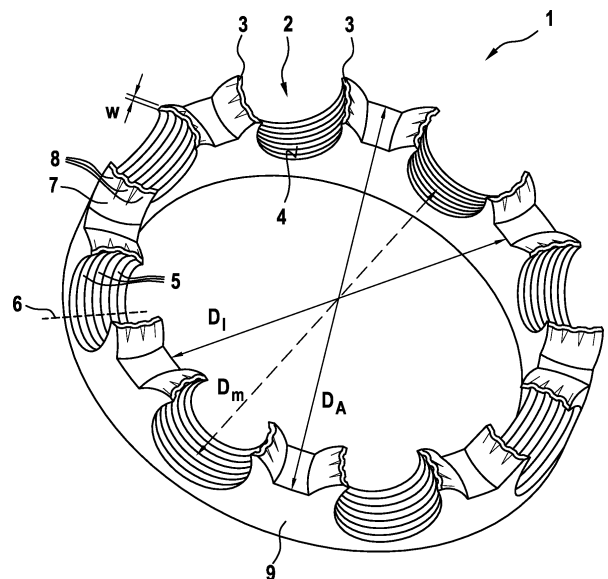
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Schnappkäfig für Kugellager**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Schnappkäfig (1) für Kugellager, mit einer Vielzahl an schalenartigen, einseitig in axialer Richtung offenen Taschen (2) zur Aufnahme von Kugeln, wobei die Taschen (2) durch einen Steg (9) miteinander verbunden sind, und jede Tasche (2) eine Innenumfangsfläche (4) aufweist, die als Führungsfläche für die Kugel dient.

Erfindungsgemäß verläuft an der Innenumfangsfläche (4) mindestens einer Tasche (2) mindestens eine Vertiefung (5) in Umfangsrichtung der Tasche (2), die eine Tiefe (T), in radialer Richtung der Tasche (2) gemessen, und eine Breite (B), in axialer Richtung der Tasche (2) gemessen, aufweist, wobei sich die Tiefe (T) jeder Vertiefung (5) von beiden Enden (3) der Tasche (2) aus in Umfangsrichtung der Tasche (2) zur Mitte (6) hin vergrößert.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schnappkäfig für Kugellager nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie dessen Verwendung gemäß Anspruch 10.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Aus der DE 199 37 664 A1 ist ein Kunststoff-Schnappkäfig für Radialkugellager bereits bekannt. Der Schnappkäfig besteht aus über den Umfang verteilten, dünnwandigen schalenartigen Taschenteilen, die durch Stege einstückig miteinander verbunden sind, so dass in axialer Richtung offene, die Kugeln aufnehmende Taschen gebildet sind.

[0003] Durch die schalenartigen Taschen wird ein hoher Umschlingungsgrad der Wälzkörper erreicht, wodurch die Wälzkörper präzise geführt werden können und somit das Betriebsverhalten des Wälzlagers positiv beeinflusst wird. Jedoch birgt dies auch Nachteile, da durch den hohen Umschlingungsgrad unter bestimmten Umständen zu wenig Schmiermittel zwischen Käfig und Wälzkörper vorhanden sein kann, so dass es zu Ausfällen der Wälzlager kommen könnte.

[0004] In der EP 2 724 039 B1 ist ein Wälzlagerkäfig offenbart, in dessen ringförmiger Grundkontur eine Anzahl Aufnahmetaschen für Wälzkörper angeordnet ist, wobei jede Aufnahmetasche konkav geformte Flächenbereiche aufweist, die der konvexen Außenkontur des Wälzkörpers angepasst sind, wobei in die konkav geformten Flächenbereiche mindestens eine Vertiefung eingebracht ist. Dabei dehnt sich die mindestens eine Vertiefung über eine vorgegebene Erstreckung entlang des konkav geformten Flächenbereichs aus. Die Vertiefung endet in ihrem radial innenliegenden und außenliegenden Endbereich mit jeweils einer im Radialschnitt schrägen Auslauf- fläche. Die Vertiefung bildet dabei einen Aufnahme- raum für Schmierfett.

[0005] In der DE 10 2011 088 642 A1 ist ein Kugellagerkäfig mit mehreren in Umfangsrichtung abfolgenden Kugeltaschen, die durch Kugeltaschenseg- mente gebildet sind, wobei diese jeweils als Blechum- formteile gefertigt sind, offenbart. Die in den Kugel- taschen aufgenommenen Kugeln werden unter en- gem Bewegungsspiel in Umfangsrichtung über den Kugellagerkäfig abgestützt, so dass in beiden Sei- tenbereichen des Kugellagerkäfigs zwischen den Kugeln und der Käfiginnenwandung größere Schmier- stoffspeicherzonen gebildet werden.

Aufgabe der Erfindung

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Schnappkäfig mit Schmierstoffspeicherzonen zu

entwickeln und dadurch eine verbesserte Funktion des Käfigs zu erreichen.

Beschreibung der Erfindung

[0007] Zur Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe werden der im Anspruch 1 angegebene Schnappkäfig sowie deren Verwendung im Anspruch 10 vorge- schlagen. Optionale vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich ganz oder teilweise aus den abhängigen Ansprüchen.

[0008] Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass Käfige aus Kunststoff oder aus Metall hergestellt werden können. Käfige aus Metall sind beispiels- weise Blechnietkäfige. Aus dem Stand der Technik sind bei Blechnietkäfigen Sechsecktaschen bereits bekannt. Die Blechnietkäfige können jedoch auch kalottenförmige Taschen aufweisen. Diese können beispielsweise mittels Blechumformung hergestellt werden. In jeder Tasche sind Vertiefungen erzeug- bar, wie beispielsweise eine längliche Vertiefung, die sich in Umfangsrichtung des Käfigs erstreckt, oder mehrere nebeneinander angeordnete kalottenförmige Vertiefungen. Diese Vertiefungen bilden Schmier- stoffspeicherzonen, die die Wälzkörper ständig mit genügend Schmierstoff versorgen. Das Werkzeug, das die kalottenförmigen Taschen formt, kann bei- spielsweise Erhebungen aufweisen, deren Kontur die Vertiefungen darstellen. Somit kann in einem einzi- gen Schritt ein Blechkäfig mit Vertiefungen hergestellt werden. Aus Kunststoff bestehende Käfige hingegen weisen andere Konturen auf, um die Wälzkörper zu führen, wie beispielsweise eine Schnappkontur.

[0009] Der erfindungsgemäße Schnappkäfig für Ku- gellager, mit einer Vielzahl an schalenartigen, einsei- tig in axialer Richtung, in Bezug auf den Lagerkä- fig, offenen Taschen zur Aufnahme von Kugeln, wo- bei die Taschen durch einen Steg miteinander ver- bunden sind, und jede Tasche eine Innenumfangs- fläche aufweist, die als Führungsfläche für die Ku- gel dient, zeichnet sich dadurch aus, dass an der Innenumfangsfläche mindestens einer Tasche, vor- zugsweise an jeder Tasche, mindestens eine längli- che Vertiefung in Umfangsrichtung der Tasche ver- läuft. Des Weiteren zeichnet sich der Schnappkäfig dadurch aus, dass die Vertiefung eine Tiefe, in radia- ler Richtung der Tasche gemessen, und eine Breite, in axialer Richtung der Tasche gemessen, aufweist, wobei sich die Tiefe jeder Vertiefung von beiden En- den der Tasche aus in Umfangsrichtung der Tasche zur Mitte hin vergrößert. Unter Mitte der Tasche wird eine Achse in radialer Richtung des Schnappkäfigs verstanden, die mittig zwischen den beiden Enden in Umfangsrichtung vorhanden ist. Die Vertiefungen stellen ein Schmiermitteldepot dar, um primär eine Schmierschicht zwischen Wälzkörper und Laufbahn der Lagerringe, aber auch zwischen Käfigtaschen und Wälzkörper, zu gewährleisten. Durch die maxi-

male Tiefe der Vertiefung in der Mitte der Tasche und durch die zu den Enden der Tasche hin verkleinernde Tiefe der Vertiefung sowie aufgrund der geringsten Drehzahl der Wälzkörper nahe der Mitte der Tasche und somit nahe den tiefsten Stellen der Vertiefungen wird die Gefahr schneller Verluste von Schmiermittel minimiert. Des Weiteren sind die Ränder der Vertiefungen vorzugsweise abgerundet.

[0010] Vorzugsweise ist die Vertiefung in der Mitte der Tasche zwischen 5 % und 15 % des Kugeldurchmessers tief. Des Weiteren weist die Breite der Vertiefung in der Mitte der Tasche vorzugsweise einen Wert zwischen 5 % und 15 % des Kugeldurchmessers auf. Außerdem liegt die Tiefe der Vertiefung an den Enden der Tasche vorzugsweise im Bereich von 0 % und 6 % des Kugeldurchmessers. Die Breite der Vertiefung an den Enden der Tasche liegt vorzugsweise im Bereich von 5 % und 25 % des Kugeldurchmessers. Die angegebenen Wertebereiche gelten auch für den Taschendurchmesser, wobei der Taschendurchmesser von der Innenumfangsfläche der Tasche begrenzt wird. Die Vertiefungen können demnach entweder vor den Enden, direkt an den Enden, das heißt die Tiefe an den Enden ist gleich null, oder erst nach den Enden, das heißt die Tiefe an den Enden ist größer null, auslaufen.

[0011] Es ist somit erfindungsgemäß, wenn sich mindestens eine Vertiefung bis zu den Enden der Tasche erstreckt, so dass die Tiefe der Vertiefungen an den Enden größer als null ist, wobei die Wanddicke der Tasche an den Enden konstant ist. Das bedeutet, dass an der Innenumfangsfläche an den Enden der Tasche Vertiefungen ausgebildet sind, die an der Außenseite der Tasche als Erhöhungen wiedergegeben sind, so dass die Wanddicke an den Enden der Tasche konstant ist.

[0012] In einer weiteren Ausführungsform des Schnappkäfigs ist mittig in mindestens einer Tasche, vorzugsweise in jeder Tasche, eine Vertiefung angeordnet, wobei sich die Breite der Vertiefung in Umfangsrichtung der Tasche von der Mitte der Tasche aus zu den Enden hin vergrößert. Die Vertiefung ist demnach in der Tasche axial mittig angeordnet und erstreckt sich in Umfangsrichtung zu beiden Enden der Tasche. Des Weiteren weist die Vertiefung in der Mitte, bezogen auf die Umfangsrichtung der Tasche, die größte Tiefe und die kleinste Breite auf. Die axiale Mitte der Tasche liegt auf einem Durchmesser, der dem Durchmesser des Teilkreises des Wälzkörpersatzes entspricht. Der Teilkreisdurchmesser ist somit der Durchmesser des Kreises, auf dem die Mittelpunkte der Wälzkörper liegen. Näherungsweise entspricht der Teilkreisdurchmesser des Wälzkörpersatzes dem mittleren Durchmesser des Schnappkäfigs.

[0013] Ferner sind bei einer anderen beispielhaften Ausführungsform des Schnappkäfigs zwei Vertiefun-

gen in einer Tasche im gleichen Abstand zum mittleren Durchmesser des Schnappkäfigs angeordnet, wobei die dem mittleren Durchmesser zugewandten Ränder der Vertiefungen zueinander parallel verlaufen und die vom mittleren Durchmesser abgewandten Ränder einen Abstand zueinander aufweisen, der sich von der Mitte der Tasche zu den Enden der Tasche hin vergrößert.

[0014] Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn der Schnappkäfig aus glasfaserverstärktem Kunststoff besteht. In der Regel wird der Schnappkäfig im Spritzgussverfahren hergestellt. Das Spritzwerkzeug kann beispielsweise hierfür mittels generativer Fertigungsverfahren, auch additive Fertigung genannt, hergestellt werden. Generative Fertigungsverfahren, wie zum Beispiel der 3D-Druck, ermöglicht eine schnelle und kostengünstige Fertigung. Dabei werden dreidimensionale Werkstücke schichtweise aufgebaut. Der Aufbau erfolgt computergesteuert aus einem oder mehreren Werkstoffen mittels chemischer oder physikalischer Prozesse nach Vorgabe des rechnerinternen Datenmodells.

[0015] Der beschriebene Schnappkäfig wird vorzugsweise in einem Rillenkugel-, Schrägkugel- oder einem Vierpunktlager verwendet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0016] Weitere Einzelheiten, Merkmale, Merkmalskombinationen und Wirkungen auf der Basis der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter, beispielhafter Ausführungsformen der Erfindung sowie aus den Zeichnungen. Diese zeigen in:

[0017] Fig. 1 eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Schnappkäfigs,

[0018] Fig. 2 eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Schnappkäfigs,

[0019] Fig. 3 eine dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Schnappkäfigs,

[0020] Fig. 4 eine vierte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Schnappkäfigs,

[0021] Fig. 5 eine Tasche aus Fig. 4 mit einem senkrechten Schnitt durch eine Vertiefung.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0022] In der Fig. 1 ist eine erste Ausführungsform eines Schnappkäfigs **1** für Kugellager dargestellt. Der Schnappkäfig **1** weist acht schalenartige, in Umfangsrichtung des Schnappkäfigs **1** hintereinander angeordnete Taschen **2** zur Aufnahme von Wälzkörpern auf, wobei die Wälzkörper nicht dargestellt sind.

Die Taschen **2** sind des Weiteren einseitig in axialer Richtung des Schnappkäfigs **1** offen und weisen jeweils zwei Enden **3** auf. Die Innenumfangsflächen **4** der Taschen **2** dienen als Führungsflächen für die Wälzkörper, wobei an den Innenumfangsflächen **4** jeweils drei Vertiefungen **5** angeordnet sind, die sich in Umfangsrichtung der Taschen **2** erstrecken. Alle Taschen **2** sowie alle Vertiefungen **5** sind identisch ausgestaltet. Die Vertiefungen **5** verändern des Weiteren während ihres Verlaufes in Umfangsrichtung ihre Tiefe T . Die Tiefe T bezieht sich dabei auf die Achsen der jeweiligen Tasche **2**. Das bedeutet, dass die Tiefe T in radialer Richtung der jeweiligen Tasche **2** gemessen wird.

[0023] An der Innenumfangsfläche **4** jeder Tasche ist mittig zwischen beiden Enden **3** die Mitte **6** der Tasche **2** vorhanden. Jede Vertiefung **5** weist in der Mitte **6** der Tasche **2** die größte Tiefe T auf. Die Tiefe T der Vertiefungen **5** wird von der Mitte **6** aus zu den Enden **3** hin immer kleiner, jedoch größer als null. Des Weiteren weist die Tasche **2** an den Enden **3** eine konstante Wanddicke W auf. Das bedeutet, dass die Vertiefungen **5** an der Außenseite **7** der Tasche **2** als Erhöhungen **8** ausgebildet sind und in Umfangsrichtung zur Mitte hin auslaufen. Dadurch wird keine Materialschwächung mittels der Vertiefungen **5** in den Taschen **2** erzeugt.

[0024] Die Taschen **2** sind mittels eines ringförmigen Steges **9** miteinander verbunden. Der Steg **9** weist in axialer Richtung des Schnappkäfigs **1** die dünnsten Stellen an den Mitten **6** der Taschen **2** auf. Der Steg **9** und somit auch der Schnappkäfig **1** weisen einen Außendurchmesser D_A , einen Innendurchmesser D_I und einen mittleren Durchmesser D_M auf, wobei sich der mittlere Durchmesser D_M aus dem Außen- D_A und Innendurchmesser D_I ergibt.

[0025] In der **Fig. 2** ist eine zweite Ausführungsform eines Schnappkäfigs **1** dargestellt. Dabei unterscheidet sich der Schnappkäfig **1** zur **Fig. 1** nur in der Gestaltung der Vertiefungen **5**. In jeder Tasche **2** ist axial mittig, das heißt am mittleren Teilkreisdurchmesser des Lagers, eine Vertiefung **5** ausgebildet, wobei alle Taschen **2** sowie deren Vertiefungen **5** gleich ausgebildet sind. Die Tiefe T der Vertiefung **5** ist ebenfalls in der Mitte **6** der Tasche **2** am größten. In Umfangsrichtung zu den Enden **3** verlaufend wird die Tiefe T immer kleiner. Neben der Tiefe T verändert sich die Vertiefung **5** auch hinsichtlich der Breite B . Die Breite B bezieht sich ebenfalls auf die Achsen der jeweiligen Tasche **2**. Das bedeutet, dass die Breite B in axialer Richtung der jeweiligen Tasche **2** gemessen wird. In der Mitte **6** der Tasche **2** weist die Vertiefung **5** die geringste Breite B auf, die sich zu den Enden **3** hin stetig vergrößert.

[0026] In der **Fig. 3** ist eine weitere Ausführungsform eines Schnappkäfigs **1** dargestellt, die sich ebenfalls

nur hinsichtlich der Gestaltung der Vertiefungen **5** zu **Fig. 1** oder **Fig. 2** unterscheidet. Bei dieser Ausführungsform sind in jeder Tasche **2** zwei Vertiefungen **5** ausgebildet. Die Vertiefungen **5** sind im gleichen Abstand vom mittleren Durchmesser D_M entfernt. Die dem mittleren Durchmesser D_M zugewandten Ränder **10** der beiden Vertiefungen **5** verlaufen zueinander parallel in Umfangsrichtung von einem Ende **3** der Tasche **2** bis zum anderen Ende **3** der Tasche **2**. Die vom mittleren Durchmesser D_M abgewandten Ränder **11** der beiden Vertiefungen **5** hingegen verlaufen nicht parallel zueinander, sondern weisen einen Abstand a auf, der sich von der Mitte **6** der Tasche **2** zu den Enden **3** hin vergrößert. Das bedeutet, dass die abgewandten Ränder **11** von dem mittleren Durchmesser D_M in Richtung Innen- D_I beziehungsweise Außendurchmesser D_A verlaufen.

[0027] In der **Fig. 4** ist eine weitere beispielhafte Ausführungsform eines Schnappkäfigs **1** dargestellt, die sich ebenfalls nur hinsichtlich der Gestaltung der Vertiefungen **5** im Vergleich zu den vorherigen **Fig. 1** bis **Fig. 3** unterscheidet. Alle Taschen **2** sowie alle Vertiefungen **5** sind gleich ausgebildet. In **Fig. 4** sind drei Vertiefungen **5** in axialer Richtung, bezogen auf die Achsen der jeweiligen Tasche **2**, hintereinander im gleichen Abstand ausgebildet. In der Mitte **6** der Tasche **2** ist die Tiefe T der Vertiefungen **5** am Größten. Die Tiefe T läuft in Umfangsrichtung zu den Enden **3** hin aus, so dass die Tiefe T an den Enden **3** gleich null ist. Die Breite B der Vertiefungen **5** ändert sich nicht. In der **Fig. 5** ist der Verlauf hinsichtlich der Tiefe T der Vertiefung **5** gut erkennbar dargestellt.

Bezugszeichenliste

1	Schnappkäfig
2	Tasche
3	Ende einer Tasche
4	Innenumfangsfläche der Tasche
5	Vertiefung
6	Mitte der Tasche
7	Außenseite der Tasche
8	Erhöhung
9	Steg
10	dem mittleren Durchmesser zugewandter Rand der Vertiefung
11	dem mittleren Durchmesser abgewandter Rand der Vertiefung
T	Tiefe der Vertiefung
W	Wanddicke der Tasche
D_A	Außendurchmesser
D_I	Innendurchmesser
D_M	mittlerer Durchmesser
B	Breite der Vertiefung
a	Abstand der beiden äußeren Rändern zweier Vertiefungen

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 19937664 A1 [0002]
- EP 2724039 B1 [0004]
- DE 102011088642 A1 [0005]

Patentansprüche

1. Schnappkäfig (1) für Kugellager, mit einer Vielzahl an schalenartigen, einseitig in axialer Richtung offenen Taschen (2) zur Aufnahme von Kugeln, wobei die Taschen (2) durch einen Steg (9) miteinander verbunden sind, und jede Tasche (2) eine Innenumfangsfläche (4) aufweist, die als Führungsfläche für die Kugel dient, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Innenumfangsfläche (4) mindestens einer Tasche (2) mindestens eine Vertiefung (5) in Umfangsrichtung der Tasche (2) verläuft, die eine Tiefe (T), in radialer Richtung der Tasche (2) gemessen, und eine Breite (B), in axialer Richtung der Tasche (2) gemessen, aufweist, wobei sich die Tiefe (T) jeder Vertiefung (5) von beiden Enden (3) der Tasche (2) aus in Umfangsrichtung der Tasche (2) zur Mitte (6) hin vergrößert.

2. Schnappkäfig (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Tiefe (T) der Vertiefung (5) in der Mitte (6) der Tasche (2) einen Wert zwischen 5 % und 15 % des Kugeldurchmessers aufweist.

3. Schnappkäfig (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Breite (B) der Vertiefung (5) in der Mitte (6) der Tasche (2) einen Wert zwischen 5% und 15% des Kugeldurchmessers aufweist.

4. Schnappkäfig (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Tiefe (T) der Vertiefung (5) an den Enden (3) der Tasche (2) im Bereich von 0 % und 6 % des Kugeldurchmessers liegt.

5. Schnappkäfig (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Breite (B) der Vertiefung (5) an den Enden (3) der Tasche (2) im Bereich von 5 % und 25 % des Kugeldurchmessers liegt.

6. Schnappkäfig (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich mindestens eine Vertiefung (5) bis zu den Enden (3) der Tasche (2) erstreckt, wobei die Wanddicke (W) der Tasche (2) an den Enden (3) konstant ist.

7. Schnappkäfig (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittig in mindestens einer Tasche (2) eine Vertiefung (5) angeordnet ist, wobei sich die Breite (B) der Vertiefung (5), bezogen auf die Umfangsrichtung der Tasche, von der Mitte (6) der Tasche (2) aus zu den Enden (3) hin vergrößert.

8. Schnappkäfig (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Vertiefungen (5) in einer Tasche (2) im gleichen Abstand zum mittleren Durchmesser (D_M) des Schnappkäfigs

(1) angeordnet sind, wobei die dem mittleren Durchmesser (D_M) zugewandten Ränder (10) der Vertiefungen (5) zueinander parallel verlaufen und die vom mittleren Durchmesser (D_M) abgewandten Ränder (11) einen Abstand (a) zueinander aufweisen, der sich von der Mitte (6) der Tasche (2) zu den Enden (3) der Tasche (2) hin vergrößert.

9. Schnappkäfig (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schnappkäfig (1) aus glasfaserverstärktem Kunststoff besteht.

10. Verwendung eines Schnappkäfigs (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 in einem Rillenkugel-, Schrägkugel- oder einem Vierpunktlager.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

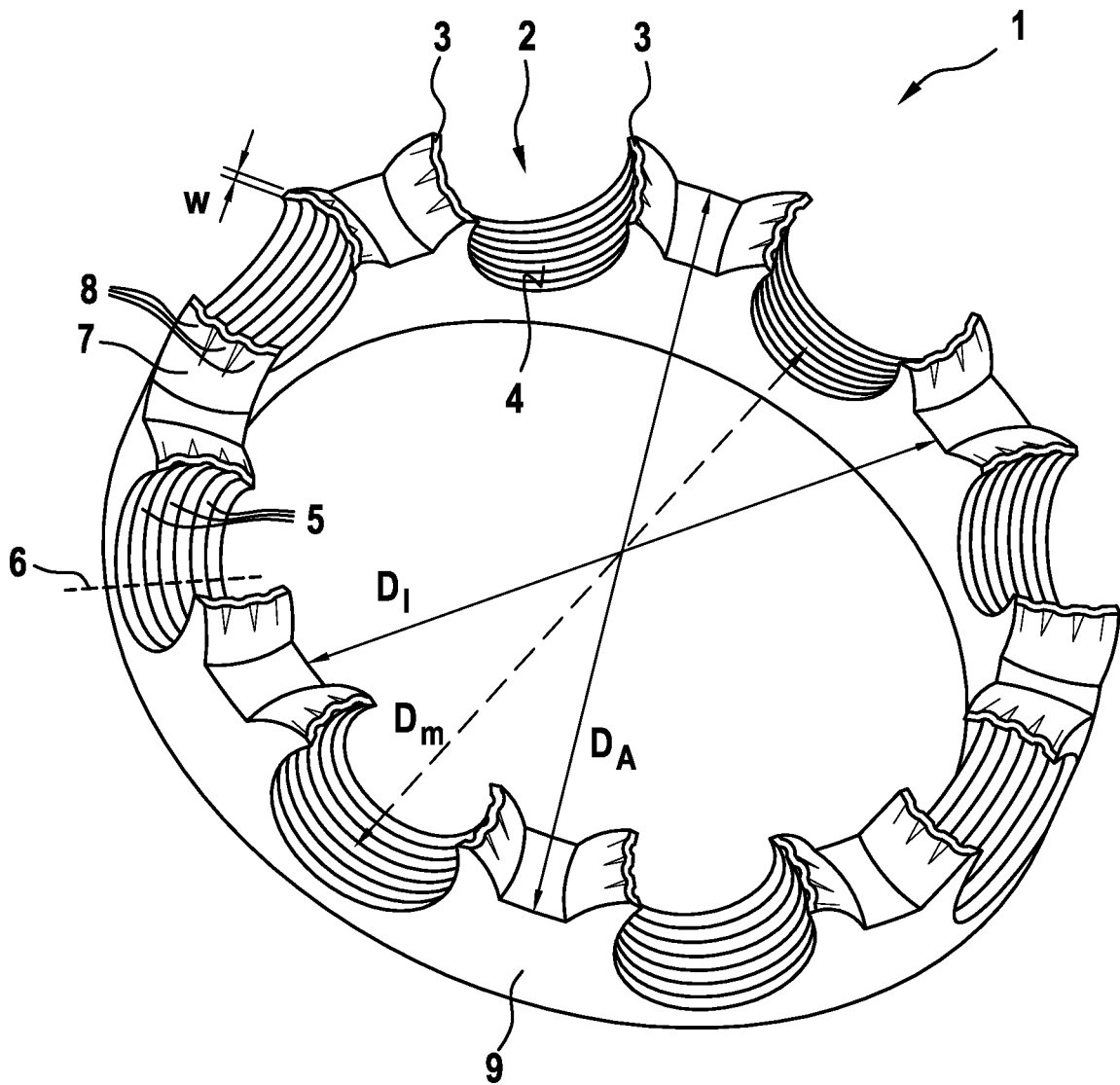


Fig. 2

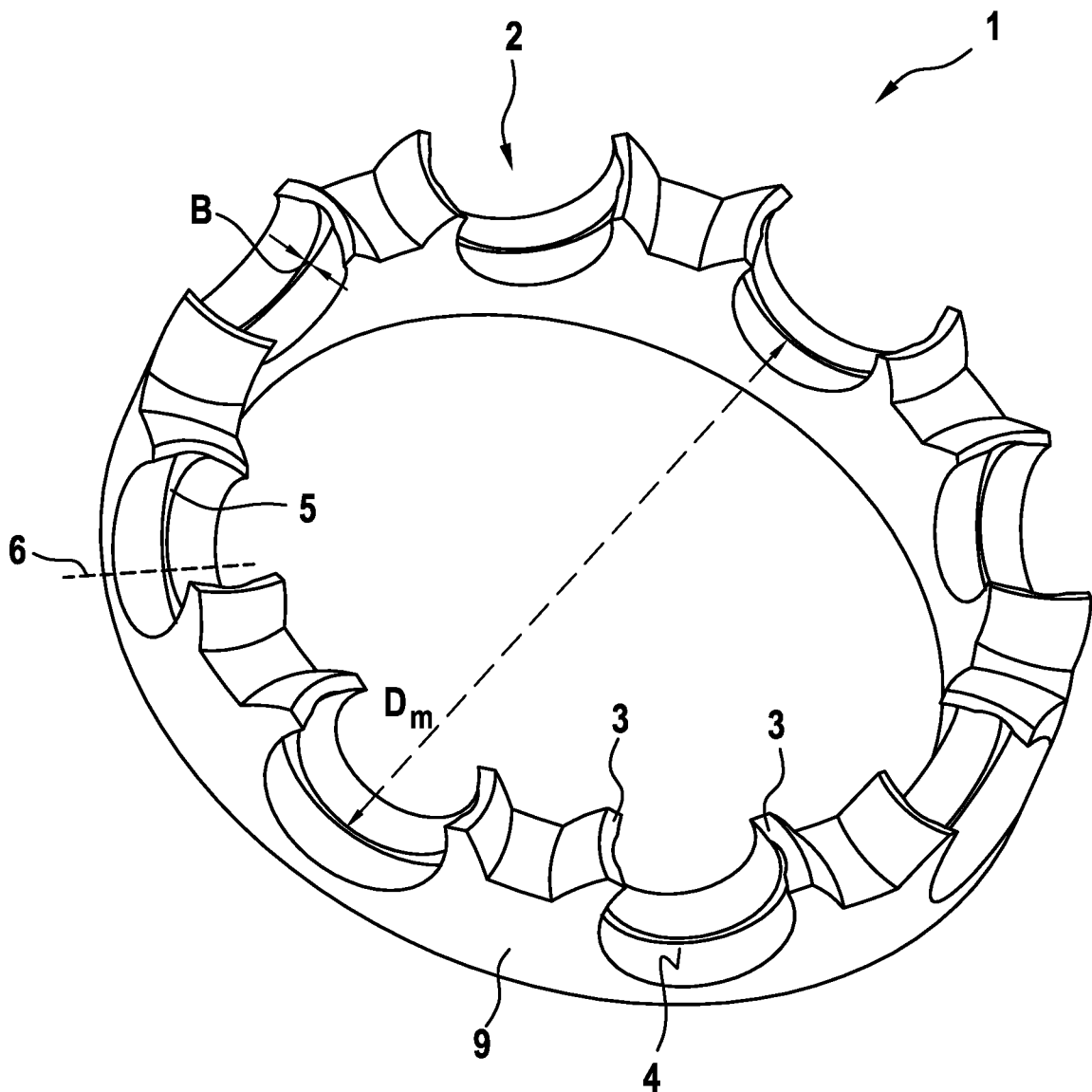
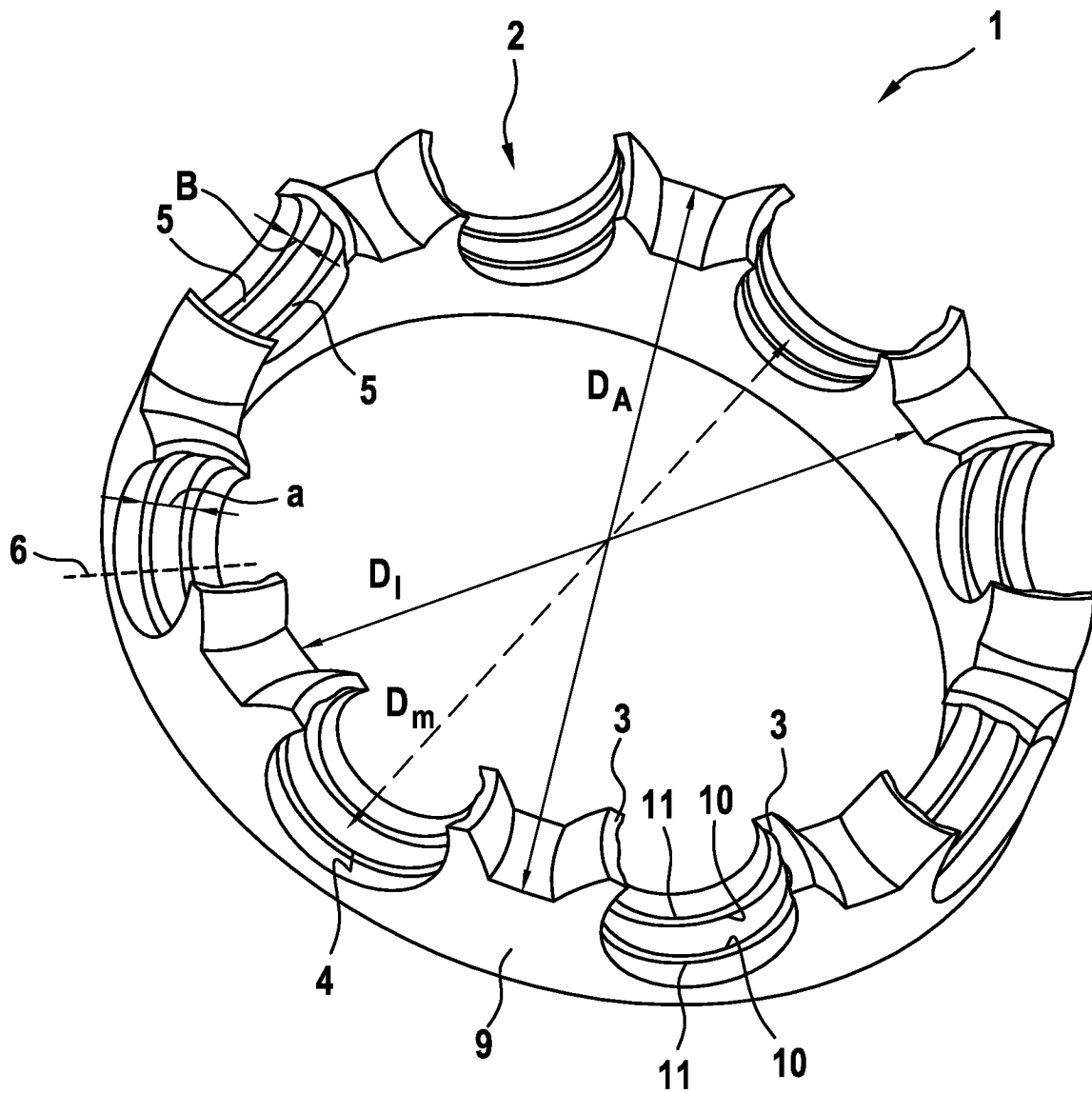


Fig. 3



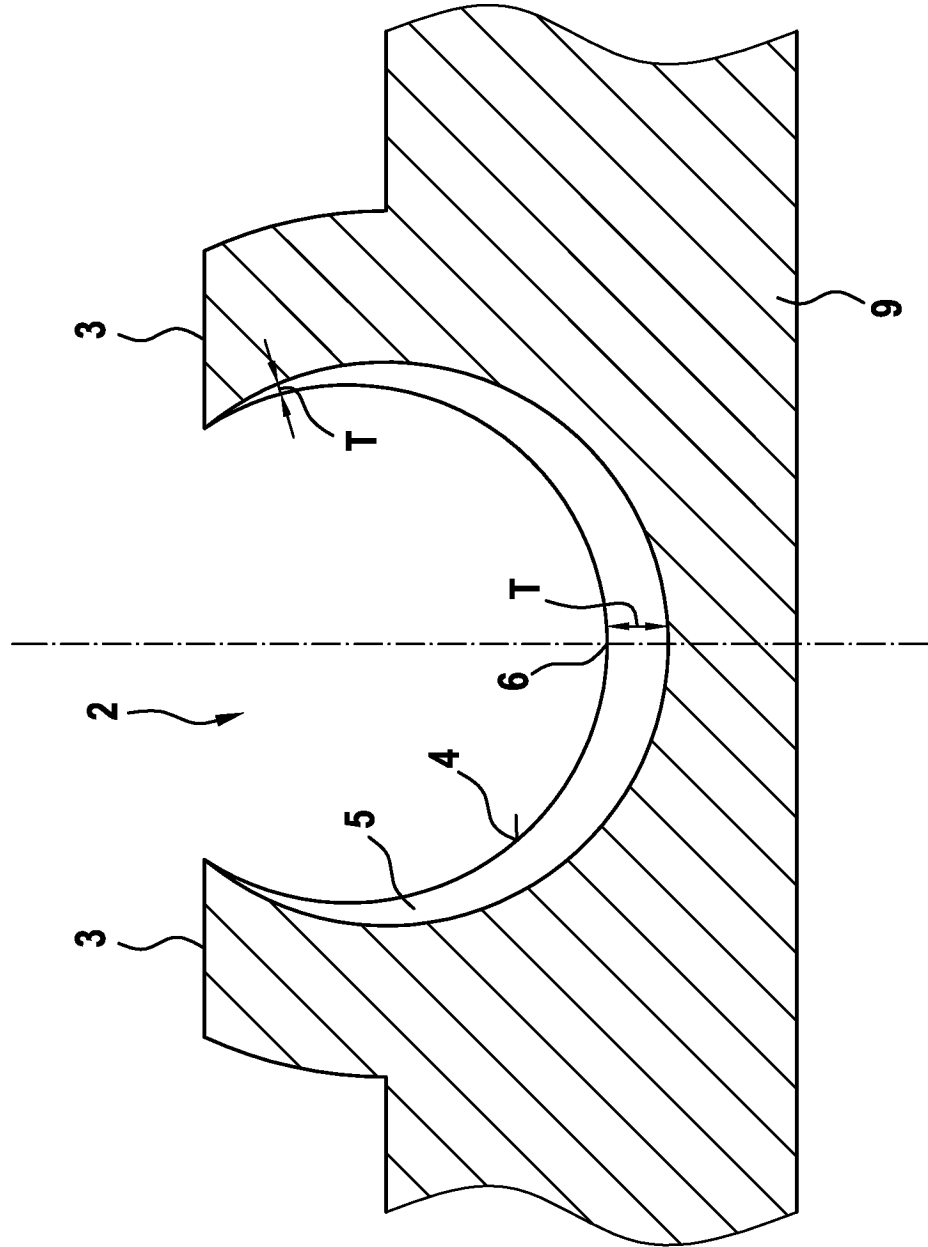


Fig. 5