(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

PCT

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
2. Februar 2006 (02.02.2006)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/010602 A2

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: F16H 55/12, 55/06, 55/17, 55/26

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/008145

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. Juli 2005 (27.07.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 036 336.6 27. Juli 2004 (27.07.2004) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastrasse 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **BÖNING, Matthias** [DE/DE]; Aispachstrasse 25, 72764 Reutlingen (DE).

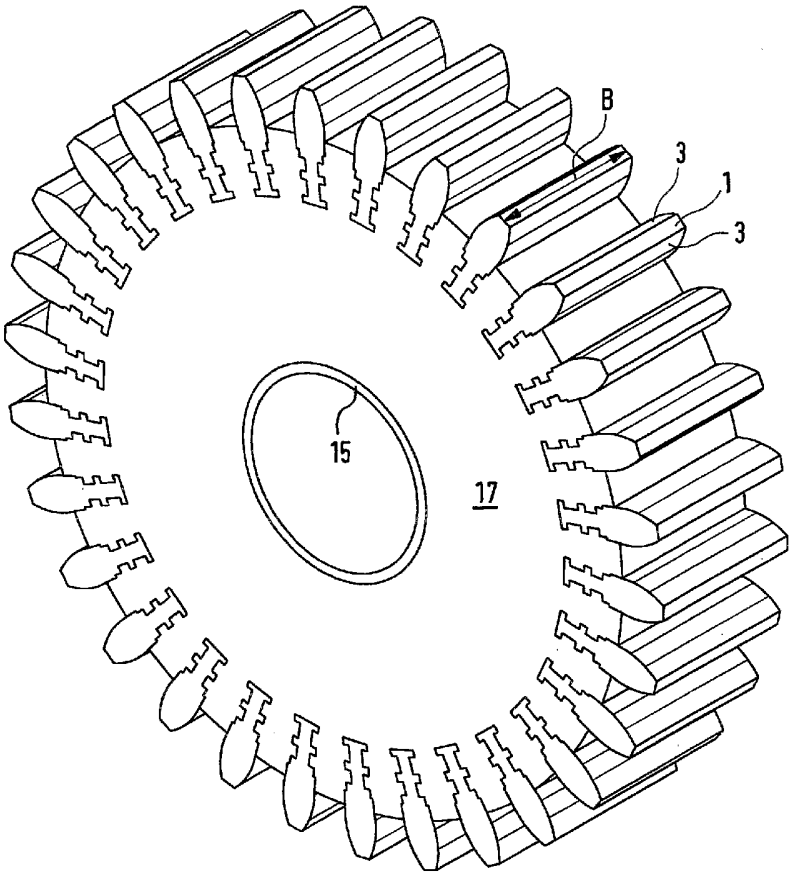
(74) Anwalt: **HELLWIG, Tillmann**; Dreiss, Fühlendorf, Steimle & Becker, Postfach 10 37 62, 70032 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ASSEMBLED GEARWHEEL

(54) Bezeichnung: GEBAUTES ZAHNRAD



(57) Abstract: An assembled gearwheel is disclosed, for which the teeth (1) and a toothed wheel body (17) are produced from different materials. It is thus possible to economically produce high-load gearwheels with low requirement for complex devices and machines, whereby said gearwheels as a rule are much easier to produce than conventional gearwheels produced from one workpiece.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein gebautes Zahnrad vorgeschlagen, bei dem die Zähne (1) und ein Zahnradkörper (17) aus verschiedenen Materialien hergestellt werden. Dadurch ist es möglich, mit geringem Aufwand an Vorrichtungen und Maschinen hochbelastbare Zahnräder kostengünstig herzustellen, wobei die erfindungsgemäßen Zahnräder in der Regel noch sehr viel leichter bauen als konventionelle, aus einem Werkstück hergestellte, Zahnräder.

WO 2006/010602 A2

OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Titel: Gebautes Zahnrad

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Zahnrad mit einer Nabe mit mehreren Zähnen und mit einem Nabe und Zahnkranz verbindenden Zahnradkörper sowie eine Zahnstange.

Üblicherweise werden Zahnräder beispielsweise aus einem Schmiederohling oder einem gegossenen Rohling oder aus dem Vollen herausgearbeitet. Dies bedeutet, dass erstens der Herstellungsaufwand sehr groß ist und zweitens, mit Ausnahme der Nabe, das gesamte Zahnrad aus einem, in der Regel sehr hochwertigen und teueren Werkstoff hergestellt wird. Da diese Werkstoffe in der Regel auch ein hohes spezifisches Gewicht haben, ist das Gesamtgewicht der aus dem Stand der Technik bekannten Zahnräder in der Regel relativ hoch.

Aus der US 5,203, 861 ist ein Kettenrad bekannt, das einen Grundkörper mit über den Umfang verteilten Aussparungen aufweist. Der Grundkörper wird aus Kunststoff hergestellt. In die Aussparungen des Grundkörpers können Zähne seitlich eingeschoben werden, die durch Reibschluss in dem Grundkörper gehalten werden. Bei diesem Kettenrad werden sowohl der Zahnradkörper als auch die Zähne in getrennten Herstellungsverfahren bildhaft gestaltet und erst anschließend zusammengefügt. Nachteilig an diesem Kettenrad ist dessen vergleichsweise geringe Belastbarkeit.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Zahnräder und Zahnstangen bereitzustellen, die einfacher und kostengünstiger hergestellt werden können und deren Gewicht im Vergleich zu herkömmlichen Zahnrädern oder Zahnstangen deutlich reduziert ist. Dabei soll die Belastbarkeit der eines herkömmlichen Zahnrads aus Stahl angenähert sein. Außerdem soll die Herstellung verschiedenster Zahnräder, das

BESTÄTIGUNGSKOPIE

heißt Zahnräder mit unterschiedlichen Modulen und unterschiedlichen Zähnezahlen, möglich sein, ohne teuere Zahnradfräsmaschinen zu benötigen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Zahnrad mit einer Nabe, mit mehreren Zähnen und mit einem Nabe und Zahnkranz verbindenden Zahnradkörper, , mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst Dadurch ist es möglich, die Zähne beispielsweise aus hochfestem gehärtetem Stahl herzustellen, während der Zahnradkörper aus Leichtmetall oder Kunststoff hergestellt wird. Bei der Herstellung des Zahnrades werden zunächst die Einzelzähne bildhaft gestaltet. Mittels eines Urformverfahrens werden die Zähne bei der anschließenden Herstellung des Zahnrads fest mit dem Zahnradkörper verbunden.

Besonders vorteilhaft an diesem gebauten Zahnrad ist, dass, unabhängig von der Zähnezahl des zu bauenden Zahnrads, für jedes Modul nur ein Zahn-Typ hergestellt werden muss. Diese Zahn-Typen können beispielsweise als gezogenes Profil, Schmiedeteil oder durch Feingießen hergestellt werden und werden anschließend auf die gewünschte Zahnbreite abgelängt. Dieses Ablängen kann beispielsweise durch Sägen, Fräsen oder ein anderes Trennverfahren erfolgen. In anderen Worten: Mit einer sehr überschaubaren Zahl von verschiedenen Zähnen, die sich lediglich bezüglich des Moduls unterscheiden, können Zahnräder in beliebigen Abmessungen und Zahnbreiten auch in kleinsten Serien oder sogar als Einzelstücke wirtschaftlich angefertigt werden.

Dadurch, dass der Werkstoff des Zahnradkörpers ein anderer ist als der Werkstoff der Zähne, kann bei dem niedrig belasteten Zahnradkörper ein leichter Werkstoff, der einfach zu bearbeiten ist, eingesetzt werden, so dass erstens die Herstellung des Zahnrads vereinfacht wird und das Massenträgheitsmoment eines erfindungsgemäßen Zahnrads

gegenüber einem herkömmlichen, aus einem Werkstoff hergestellten, Zahnrad deutlich reduziert wird.

Die Zähne des erfindungsgemäß gebauten Zahnrades können durch Ablängen eines entsprechenden Strangpressprofils hergestellt werden oder alternativ durch Feingießen oder als Blechumformteil ausgeführt sein. Welche der genannten oder auch weiterer Herstellungsmethoden im Einzelfall der Vorzug gegeben wird, hängt von den Belastungen und den sonstigen Randbedingungen ab und ist im Einzelfall zu entscheiden.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung weisen die Zähne einen U-förmigen Querschnitt mit zwei Schenkeln auf, wobei die Zahnflanken der Zähne Teil der Schenkel sind. Diese Bauweise ermöglicht einerseits die Ausbildung einer Schnappverbindung an den Zähnen, um die Zähne an einem Ring zu befestigen und andererseits erlaubt sie eine besonders gute formschlüssige und belastbare Verbindung zwischen den Zähnen und dem Zahnradkörper. Dadurch wird die Belastbarkeit des erfindungsgemäßen Zahnrades erhöht.

Um zu gewährleisten, dass die Zähne mit dem Zahnradkörper eine dauerhafte und belastbare Verbindung eingehen, ist am Fuß jedes Zahns ein Befestigungselement vorgesehen. Dieses Befestigungselement ist einstückig mit dem Zahn ausgebildet, so dass es nicht zu einer Trennung von Zahn und Befestigungselement kommen kann.

Vorteilhafterweise weist ein solches Befestigungselement mindestens einen Vorsprung und/oder mindestens eine Vertiefung auf, so dass eine formschlüssige Verbindung mit dem Zahnradkörper möglich ist. Um die Kerbwirkung zu verringern kann vor gesehen sein, dass die Übergänge zwischen dem Vorsprung und/oder der Vertiefung verrundet sind und einen Radius aufweisen.

Um eine sehr belastbare Verbindung zwischen Zahnradkörper und Zahn zu erreichen, erstreckt sich das Befestigungselement bevorzugt über die gesamte Zahnbreite. Alternativ kann das Befestigungselement auch stiftförmig ausgebildet sein. Dies kann dann vorteilhaft sein, wenn eine Schrägverzahnung hergestellt werden soll und somit die Zähne relativ zu dem Zahnradkörper verdreht werden müssen.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass das Befestigungselement als Teil einer Schnappverbindung ausgebildet ist. Dabei sind Schnappverbindungen mit geschlossener oder unterbrochener Formschlusswirkfläche möglich. Wenn das Befestigungselement als Teil einer Schnappverbindung mit unterbrochener Formschlusswirkfläche ausgebildet ist, kann der Zahn beispielsweise durch Strangpressen oder (Blech-)Umformen einerseits sehr wirtschaftlich hergestellt werden und andererseits kann durch die Schnappverbindung der Zahn auf einem Ring, dieser Ring mit den vormontierten Zähnen kann anschließend auch sehr einfache Weise mit dem Zahnradkörper und der Narbe verbunden werden, so dass sich ein einfach herzustellendes und dennoch sehr präzises gebautes Zahnrad ergibt.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Schenkel des Zahns als Schnapphacken ausgebildet sind.

Alternativ ist es auch möglich, dass Befestigungselement als Schlitz auszubilden, wobei der Schlitz sich nur über einen Teil der Breite des Zahns erstreckt.

Es hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, den Zahnradkörper aus Kunststoff, insbesondere einem duroplastischen oder thermoplastischen Kunststoff, oder Metall, insbesondere Leichtmetall, herzustellen. Durch den Einsatz von Kunststoff beim Zahnradkörper können die Festigkeits- und Dämpfungseigenschaften ebenso wie die

Elastizität des Zahnradkörpers in weiten Grenzen an die Anforderungen eines spezifischen Anwendungsfalls angepasst werden, so dass sich ein optimales Betriebsverhalten des erfindungsgemäßen Zahnrads in nahezu allen Einsatzsituationen ergibt.

Durch die Verwendung von Metall, insbesondere Leichtmetall, für den Bau des Zahnradkörpers können hohe Belastungen bei gleichzeitig niedrigem Gewicht übertragen werden.

Außerdem ist es ohne Weiteres und besonders vorteilhaft möglich, den Zahnradkörper durch Strangpressen herzustellen. Dadurch ergibt sich eine sehr hohe Präzision bei gleichzeitig niedrigem Gewicht des Zahnradkörpers.

Um eine in hohem Maße belastbare Verbindung zwischen Zahnradkörper und Zähnen zu erreichen, ist in weiterer Ergänzung der Erfindung vorgesehen, dass der Zahnradkörper und die Befestigungselemente der Zähne formschlüssig und/oder stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

Um einerseits die Herstellung zu vereinfachen und andererseits die Belastbarkeit des erfindungsgemäßen gebauten Zahnrads zu erhöhen, kann in weiterer Ergänzung der Erfindung vorgesehen sein, die Zähne des Zahnrads durch einen Ring miteinander zu verbinden. Dieser Ring kann beispielsweise aus einem gebogenen Blechstreifen bestehen oder wie eine Unterlegscheibe geformt sein, wobei am Außendurchmesser oder am Innendurchmesser dieser Unterlegscheibe Ausnehmungen vorgesehen sind, die mit den Befestigungselementen der Zähne eine formschlüssige Verbindung eingehen.

In vorteilhafter weiterer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Rings ist vorgesehen, dass dieser Schlitze zur Aufnahme der Zähne aufweist. Dadurch ist es möglich, die Zähne auf einfache Weise relativ zueinander zu positionieren und durch den Durchmesser des Rings gleichzeitig den Durchmesser des

Zahnrades festzulegen. Dadurch wird die Herstellung vereinfacht und die Genauigkeit des erfindungsgemäßen gebauten Zahnrads verbessert. Ein ähnlicher Effekt kann auch erreicht werden, wenn die Ausnehmungen in dem Ring mit den als Schnapphaken ausgebildeten Schenkeln der Zähne so zusammen wirken, dass die Zähne federnd in die Ausnehmungen eingerastet werden können. Dadurch ergibt sich eine Schnappverbindung zwischen dem Ring und den Zähnen, die zusätzlich zu den genannten Vorteilen auch noch den Vorteil einer weiter erhöhten Belastbarkeit bezüglich der Drehmomentübertragung von den Zähnen auf den Zahnradkörper aufweist. Auch ist diese Variante sehr gut automatisierbar, da Schnappverbindungen ohne weiteres heutzutage von Handhabungseinrichtungen vollautomatisiert gefügt werden können.

Unabhängig von der Bauart des Rings, können der Ring und die Zähne miteinander verschweißt, verklebt oder verlötet werden. Dadurch ist in jedem Fall gewährleistet, dass die Zähne den richtigen Abstand zueinander haben, wobei sich dieser Abstand letztendlich durch den Modul der Zähne bestimmt. Es ist also möglich, beispielsweise einen endlosen Blechstreifen mit Zähnen zu bestücken und dann, abhängig von der Zähnezahl des zu bauenden Zahnrads, von diesem Blechstreifen ein Stück abzulängen, diesen Blechstreifen im Kreis zu biegen und die Stoßstelle zu verschweißen. Anschließend wird dieses Gebilde mit dem Zahnradkörper vergossen und eine Nabe in den Zahnradkörper montiert.

Die erfindungsgemäß gebauten Zahnräder können geradverzahnt oder schrägverzahnt sein, sie können eine Evolventen- oder Zykloidenverzahnung aufweisen und können sowohl als Stirnrad als auch als Zahnrad mit Innenverzahnung ausgeführt sein. Auch Schneckenräder oder Schraubenräder sind möglich. Ebenso ist es möglich, das Zahnrad als Zahnsegment auszubilden. Es versteht sich von selbst, dass auch Zahnräder mit einem unendlich großen Teilkreisdurchmesser möglich sind, so dass

das erfindungsgemäße Zahnrad in eine gebaute Zahnstange übergeht.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird auch gelöst durch ein Verfahren zum Herstellen eines Zahnrads mit mehreren Zähnen, mit einer Nabe und mit einem Zahnradkörper durch folgende Verfahrensschritte:

- Herstellen mehrerer Zähne, wobei jeder Zahn ein Befestigungselement aufweist.

- Anordnen der Zähne in der gewünschten Position und Ausfüllen des Zwischenraums zwischen der Nabe und den Zähnen mit einem gießfähigen oder spritzfähigen Werkstoff, so dass die Befestigungselemente der Zähne von der Vergussmasse umschlossen werden.

Durch dieses erfindungsgemäße Verfahren können Zahnräder verschiedenster Durchmesser und Zähnezahlen ebenso wie mit verschiedenen Modulen auf einfache Weise und ohne den Einsatz komplizierter und teuerer Zahnradfräsmaschinen hergestellt werden.

Alternativ können erfindungsgemäße Zahnräder auch dadurch hergestellt werden, dass in einem ersten Schritt mehrere Zähne angefertigt werden, wobei jeder Zahn ein Befestigungselement aufweist, in einem zweiten Schritt ein prismatischer Zahnradkörper hergestellt wird, wobei der Zahnradkörper je Zahn ein Mittel zum formschlüssigen Befestigen eines Zahnes aufweist, und dass anschließend die Zähne mittels der Befestigungselemente im Zahnradkörper befestigt werden.

Dadurch ist es möglich, den einen metallischen Zahnradkörper, beispielsweise aus Aluminium oder einem sonstigen Leichtmetall, herzustellen und die Zähne fest und formschlüssig mit dem Zahnradkörper zu verbinden. Dabei ist

es möglich, den Zahnradkörper so breit wie die Zahnbreite der Zähne auszuführen oder alternativ auch den Zahnradkörper aus einem Blech, beispielsweise durch Laserschneiden, auszuschneiden. In diesem Fall ist es möglich, beispielsweise durch das Übereinanderstapeln mehrerer solcher Blechzuschnitte, den Zahnradkörper so breit zu machen, dass die Zähne ausreichend fest mit dem Zahnradkörper verbunden sind. Vorteilhaft an dieser Variante ist, dass kein Werkzeug zum Strangpressen hergestellt werden muss, sondern durch ein vergleichsweise einfach parametrierbares Steuerprogramm für eine Laserschneidmaschine, Zahnradkörper für verschiedenste Teilkreisdurchmesser und Nabendurchmesser bei Bedarf hergestellt werden können. Diese Variante zeichnet sich also unter anderem durch besonders geringe Werkzeug- und Maschinenkosten aus.

Um das erfindungsgemäße Zahnrad zu vervollständigen kann vorgesehen sein, eine Nabe im Zahnradkörper zu befestigen. Diese Nabe kann als Gleitlager oder Wälzlager ausgeführt sein, ebenso kann die Nabe auch eine Vielkeilverzahnung, eine Nut für eine Passfeder oder ein sonstige Mittel zum Übertragen von Drehmomenten zwischen dem erfindungsgemäßen Zahnrad und einer Welle, auf die das Zahnrad aufgeschoben wird, aufweisen.

Der Zahnradkörper kann durch Urformen oder Umformen, insbesondere durch Strangpressen, oder durch Ausschneiden aus einem Blech, hergestellt werden.

Die Zähne können durch Strangpressen, Gießen oder Schmieden oder ein anderes formgebendes Verfahren hergestellt werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Zähne gehärtet und/oder geschliffen werden. Wenn höchste Anforderungen an die Genauigkeit der Verzahnung gestellt werden, können die Zähne auch nach dem Verbinden der Zähne mit dem Zahnradkörper, das heißt wenn das erfindungsgemäße Zahnrad

schon fertiggestellt ist, geschliffen oder geläppt werden. Dadurch werden Fertigungsungenauigkeiten ausgeglichen und die Verzahnungsgüte eines erfindungsgemäßen Zahnrades entspricht der eines aus einem Stück gefertigten konventionellen Zahnrades.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung können der nachfolgenden Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen entnommen werden. Alle in der Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich sein.

Es zeigen:

Figur 1 einen erfindungsgemäßen Zahn in einer isometrischen Darstellung;

Figur 2 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Zahnrads in einer Seitenansicht;

Figur 3 eine isometrische Darstellung des Zahnrads gemäß Figur 2;

Figur 4 mehrere, auf einem Blechstreifen befestigte Zähne;

Figur 5 ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Zahnrads;

Figur 6 ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Zahnrads;

Figur 7 ein durch Strangpressen oder Laserschneiden hergestellter Zahnradkörper in einer Seitenansicht;

Figur 8 den Zahnradkörper gemäß Figur 7 in einer isometrischen Darstellung;

Figur 9 eine erfindungsgemäße Zahnstange;

Figuren 10 -15 Darstellungen weiterer Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Zahnräder und deren Bauteile.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Figur 1 zeigt einen erfindungsgemäßen Zahn, der in seiner Gesamtheit mit dem Bezugszeichen 1 versehen wurde in einer isometrischen Darstellung. Der Zahn 1 weist zwei Zahnflanken 3, einen Zahnkopf 5 und einen Zahnfuß 7 auf. An den Zahnfuß 7 schließt sich ein Befestigungselement 9 an. Das in Figur 1 dargestellte Befestigungselement 9 ist symmetrisch aufgebaut und weist auf jeder Seite drei Vorsprünge 11 und zwei Vertiefungen 13 auf. Dadurch ist, wie aus Figur 2 ersichtlich, eine hochbelastbare, formschlüssige Verbindung mit einem Zahnradkörper (nicht dargestellt) möglich.

Die Zahnflanke 13 kann als Evolvente oder Zykloide ausgebildet sein. Andere Zahnformen sind jedoch auch möglich.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 erstrecken sich sowohl die Zahnflanken 3 als auch das Befestigungselement 9 mit seinen Vorsprüngen 11 und Vertiefungen 13 über eine gesamte Breite B des Zahns 1.In anderen Worten: Der Zahn 1 mit dem Befestigungselement 9 ist ein prismatischer Körper, der besonders gut durch Strangpressen oder Walzen hergestellt werden kann. Je nach gewünschter Zahnbreite B wird aus diesem Profilmaterial ein Zahn 1 durch Ablängen hergestellt.

Um die Kerbwirkung zu verringern können die Übergänge zwischen den Vorsprüngen 11 und den Vertiefungen 13 auch abgerundet sein.

Es ist jedoch auch möglich, das Befestigungselement 9 als radial angeordneten Stift (nicht dargestellt) auszubilden. Dieses stiftförmige Befestigungselement weist vorzugsweise auch Vorsprünge 11 und/oder Vertiefungen 13 auf, so dass eine formschlüssige Verbindung mit dem Zahnradkörper möglich ist.

In Figur 2 ist ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Zahnrads in einer Seitenansicht dargestellt. Dieses Zahnrad besteht aus einer Vielzahl von Zähnen 1 gemäß Figur 1. Im Zentrum des Zahnrads ist eine Nabe 15 vorgesehen. Diese Nabe 15 kann als Gleitlager oder Wälzlager ausgebildet sein, wenn das Zahnrad drehbar auf einer nicht dargestellten Welle gelagert werden soll.

Wenn zwischen der nicht dargestellten Welle und dem Zahnrad Drehmomente übertragen werden sollen, wird die Nabe 15 entsprechend ausgebildet. Beispielsweise kann eine Verzahnung (nicht dargestellt) vorgesehen sein. Alternativ kann auch eine Nut (nicht dargestellt) in der Nabe 15 vorgesehen werden in die eine Passfeder oder eine Scheibenfeder eingelegt wird. Die Gestaltung der Nabe 15 kann bei einem erfindungsgemäßen Zahnrad jede aus dem Stand der Technik bekannte Form und Ausprägung haben.

Zwischen der Nabe 15 und den Zähnen 1 des Zahnrads befindet sich der Zahnradkörper 17. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel besteht der Zahnradkörper 17 aus einer Vergussmasse, beispielsweise einem erforderlichenfalls faserverstärkten Kunstharz.

Das in Figur 2 dargestellte Zahnrad wird hergestellt, indem die Zähne 1 und die Nabe 15 in der gewünschten Position angeordnet werden und anschließend der Zwischenraum zwischen Zähnen 1 und Nabe 15 mit einer Vergussmasse aufgefüllt werden. Dabei ist es wichtig, dass die Befestigungselemente 9 der Zähne 1 vollständig von der Vergussmasse umgeben werden,

so dass sich eine sehr belastbare form- und stoffschlüssige Verbindung zwischen dem Zahnradkörper 17 und den Zähnen 1 ergibt. Es versteht sich von selbst, dass die Verbindung zwischen Zähnen 1 und Zahnradkörper 17 von entscheidender Bedeutung für die Belastbarkeit des erfindungsgemäßen Zahnrads ist. Durch eine geeignete Wahl des Werkstoffs des Zahnradkörpers 17 können die Festigkeit, das Schwingungsverhalten, das Gewicht und die Dämpfungseigenschaften des Zahnrads in weiten Grenzen an den vorgesehenen Anwendungsfall angepasst werden.

Es ist auch möglich, wenn höchste Anforderungen an die Präzision der Verzahnung gestellt werden, nach dem Vergießen von Nabe 15 und Zähnen 1 die Zahnflanken 3 der Zähne auf einer konventionellen Zahnradschleifmaschine zu schleifen und/oder die Zahnflanken durch Läppen noch feinzubearbeiten. Dadurch kann das erfindungsgemäße Zahnrad höchste Anforderungen hinsichtlich der Qualität der Verzahnung erfüllen.

In Figur 3 ist das zuvor beschriebene Zahnrad in einer isometrischen Darstellung nochmals dargestellt. Aus dieser Darstellung wird deutlich, dass sich der Zahnradkörper 17 über die gesamte Zahnbreite B der Zähne 1 erstreckt. Dadurch ist eine sehr belastbare und dauerfeste Verbindung der Zähne 1 mit dem Zahnradkörper 17 möglich.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figuren 2 und 3 handelt es sich um ein geradverzahntes Zahnrad. Die Erfindung ist jedoch nicht auf geradverzahnte Zahnräder oder Zahnstangen beschränkt, sondern kann auch mit den gleichen Vorteilen bei schrägverzahnten Zahnrädern (nicht dargestellt) eingesetzt werden. Es ist vorteilhaft, wenn die einzelnen Zähne 1 als prismatischer Körper ausgebildet werden, um eine wirtschaftliche und rationelle Herstellung der einzelnen Zähne 1 zu ermöglichen.

Anhand des ersten Ausführungsbeispiels gemäß Figuren 2 und 3 wird deutlich, dass mit einem Typ von Zähnen 1 Zahnräder mit verschiedenen Zähnezahlen ohne komplizierte und aufwändige Fertigungseinrichtungen herstellbar sind. Es muss lediglich ein Typ von Zähnen 1 mit dem gewünschten Modul zum Beispiel in Form einer Profilstange vorrätig sein. Von dieser Profilstange werden dann Zähne 1 mit der gewünschten Zahnbreite B abgelängt und zusammen mit der Nabe 15 und dem Zahnradkörper 17 zu einem Zahnrad zusammengefügt.

In den Figuren 4 und 5 ist eine Variante eines erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens dargestellt. Bei diesem Herstellungsverfahren werden die Zähne 1 auf einem Blechstreifen 19 in dem gewünschten Abstand befestigt. Dabei können die Zähne 1 durch Schweißen, Löten oder Kleben mit dem Blechstreifen 19 verbunden werden. Alternativ ist es auch möglich, durch eine Schnappverbindung (nicht dargestellt) die Zähne mit dem Blechstreifen 19 zu verrasten. In Figur 4 sind Schweißnähte oder Schweißpunkte, welche die Zähne 1 mit dem Blechstreifen 19 verbinden, mit dem Bezugzeichen 21 gekennzeichnet. Der Blechstreifen 19 kann eine oder mehrere Bohrungen 23 aufweisen, damit der Blechstreifen 19 für die Vergussmasse durchlässig wird. In einem weiteren Fertigungsschritt wird der Blechstreifen 19 zu einem Kreis gebogen und an dem dadurch entstehenden Stoß 26 verschweißt. Anschließend werden die Zähne 1 und der Blechstreifen 19 mit der Nabe 15 in ähnlicher Weise wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 und 3 vergossen. In Figur 5 ist eine Seitenansicht dieses Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Zahnrads dargestellt.

Diese Variante vereinfacht die genaue Positionierung der Zähne 1 und erlaubt gleichzeitig die Übertragung größerer Kräfte zwischen den Zähnen 1 und dem Zahnradkörper 17. Es ist bei diesem Ausführungsbeispiel auch möglich, die Zähne 1 auf einem endlosen Blechstreifen 19 zu befestigen und bei Bedarf einen Blechstreifen 19 in der benötigten Länge abzuschneiden

und zu einem Ring zu biegen. Dadurch können in besonders einfacher Weise Zahnräder als Einzelstücke oder in kleinen Serien ohne große Werkzeug- und Maschinenkosten hergestellt werden.

Es ist auch möglich, beispielsweise im Ausland oder wenn ein beschädigtes Zahnrad nicht lieferbar ist, ein beschädigtes Zahnrad durch ein erfindungsgemäßes, neu angefertigtes Zahnrad vor Ort herzustellen.

In Figur 6 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Zahnrads in einer Seitenansicht dargestellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel werden die Zähne 1 durch einen Ring 25 in ihrer Position gehalten. Der Ring 25 hat bei diesem Ausführungsbeispiel die Form einer Unterlegscheibe. Für jeden Zahn 1 ist in dem Ring 25 eine Ausnehmung 27 vorgesehen, die mit den Befestigungselementen 9 der Zähne 1 eine formschlüssige Verbindung ermöglicht.

Ein solcher Ring 25 kann beispielsweise durch Laserschneiden aus einem Blech ausgeschnitten werden. Wenn ein solches Programm zum Steuern einer Laserschneidmaschine erstellt wurde, kann durch einfaches Ändern weniger Abmessungen des Rings 25 und des Moduls der eingesetzten Zähne 1 die Zahl der Ausnehmungen 27 bestimmt werden und der Ring 25 maßgeschneidert für den gewünschten Anwendungsfall hergestellt werden. Diese Variante hat den Vorteil, dass die Werkzeugkosten nahezu vernachlässigbar sind und trotzdem eine sehr präzise Positionierung der Zähne 1 ermöglicht wird. Außerdem ist wegen des Formschlusses zwischen den Befestigungselementen 9 und dem Ring 25 die Belastbarkeit der Zähne 1 sehr hoch.

Falls erforderlich, können auch mehrere, aus blechförmigen Zuschnitten hergestellte Ringe 25 übereinander gelegt werden, um die Belastbarkeit des Zahnrads weiter zu erhöhen. Besonders vorteilhaft an dieser Variante ist, dass durch

Verdrehen zweier solcher übereinander angeordneter Ringe gegeneinander eine Schrägstellung der Zähne 1 und damit ein schrägverzahntes Zahnrad auf einfache Weise erreicht werden kann.

Wenn es gewünscht wird, können die Zähne 1 mit dem Ring 25 auch verschweißt werden. Die Schweißnähte sind in Figur 6 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Dadurch ergibt sich eine weiter erhöhte Belastbarkeit des erfindungsgemäßen Zahnrads.

Anschließend werden die Zähne 1 und der Ring 25 zusammen mit der Nabe 15 in der bereits beschriebenen Weise vergossen, so dass sich zwischen der Nabe 15 und den Zähnen 1 der Zahnradkörper 17 ausbildet.

Bei diesem Ausführungsbeispiel ist eine besonders gute Krafteinleitung von den Zähnen 1 über den Ring 25 in den Zahnradkörper 17 möglich. Durch die Zahl der Ringe 25, deren Abstand zueinander und der Art der Verbindung zwischen Zähnen 1 und Ringen 25 können die Eigenschaften des erfindungsgemäßen Zahnrads hinsichtlich seiner Elastizität, seines Dämpfungsverhaltens und seiner Belastbarkeit in weiten Bereichen an dem gewünschten Anwendungsfall angepasst werden.

In Figur 7 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Zahnradkörpers 17 dargestellt. Dieser Zahnradkörper 17 kann durch Strangpressen, hergestellt werden. In diesem Fall ist es sehr vorteilhaft, wenn der Zahnradkörper 17 aus Aluminium oder einem anderen Leichtmetall, das zum Strangpressen geeignet ist, hergestellt wird. Dadurch ergibt sich eine sehr hohe Gewichtsersparnis und die Präzision eines mit einem solchen Zahnradkörpers 17 versehenen erfindungsgemäßen Zahnrades ist sehr hoch. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Nabe 15 gleich in den Zahnradkörper 17 integriert, was weitere Gewichts- und Kostenvorteile mit sich bringt.

In die Ausnehmungen 27 des in Figur 7 dargestellten Zahnradkörpers 17 können Zähne gemäß Figur 1 eingeschoben werden. Vorteilhafterweise wird ein Presssitz zwischen den Ausnehmungen 27 und den Befestigungselementen 9 der Zähne 1 (siehe Figur 1) vorgesehen. Alternativ ist es jedoch auch möglich, die Zähne mit dem Zahnradkörper 17 zu verpressen, zu verkleben oder durch einen Schweißpunkt dauerhaft mit dem Zahnradkörper 17 zu verbinden.

Alternativ zum Herstellen des Zahnradkörpers 17 aus einem Strangpressprofil ist es auch möglich, den Zahnradkörper 17 durch Ausschneiden aus mehreren Blechen quasi schichtweise aufzubauen. Dadurch wird die Herstellung eines Strangpresswerkzeugs vermieden und durch eine geeignete parametrierbare Programmierung der Steuerung, beispielsweise einer Laserschneidmaschine, können Zahnräder mit verschiedensten Zähnezahlen und Teilkreisdurchmesser auf einfachste Weise und ohne nennenswerte zusätzliche Kosten hergestellt werden. Dadurch ist es auch möglich, beispielsweise zur Reparatur einer Maschine, wenn ein Originalersatzteil nicht verfügbar ist, ein Zahnrad als Einzelanfertigung schnell und kostengünstig herzustellen.

In Figur 8 ist das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 7 in einer isometrischen Darstellung ohne Zähne 1 gezeichnet.

In Figur 9 ist ein erfindungsgemäßes Zahnrad mit einem unendlich großen Teilkreisdurchmesser dargestellt. Dies bedeutet nichts anderes, als dass das Zahnrad in eine Zahnstange übergegangen ist. Es liegt auf der Hand, dass durch die geeignete Anordnung von Zähnen 1 in einem gleichmäßigen Abstand zueinander und anschließendes Vergießen dieser Zähne 1 auch die Herstellung von gebauten Zahnstangen oder Zahnsegmenten auf einfache Weise möglich ist. Eine vorteilhafte Ausgestaltung dieser erfindungsgemäßen Zahnstange sieht vor, dass die Zähne 1 auf einem

Blechstreifen 19 angeordnet sind, was das Vergießen beziehungsweise das Positionieren der Zähne vereinfacht. Bezüglich der Befestigung der Zähne 1 auf dem Blechstreifen 19 gilt das im Zusammenhang mit den Figuren 4 und 5 Gesagte entsprechend.

Bei der Zahnstange gemäß Figur 9 ist die Vergussmasse zwischen den Zähnen 1, welche auch den Blechstreifen 19 umschließt, mit dem Bezugzeichen 30 versehen.

Sowohl bei Zahnrädern als auch bei Zahnstangen kann die Vergussmasse 30 aus Thermoplasten, Duroplasten und/oder Metallschäumen bestehen.

Abschließend sei der Hinweis erlaubt, dass mit den erfindungsgemäßen Verfahren auch gebaute Zahnräder mit Innenverzahnung herstellbar sind. In diesem Fall werden beispielsweise an einem Ring 25 die Ausnehmungen 27 (siehe Figur 6 oder 7) nicht am Außendurchmesser sondern am Innendurchmesser vorgesehen. Auch hier zeigt sich wieder die Flexibilität und Variabilität des erfindungsgemäßen Zahnrades, da auf den Einsatz von Wälzfräsmaschinen oder Zahnradschleifmaschinen verzichtet werden kann.

In Figur 10 ist ein Zahn 1 mit einem U-förmigen Querschnitt dargestellt. Dabei bilden sowohl die Zahnflanken 3 als auch die Befestigungselemente 9 die beiden Schenkel (ohne Bezugszeichen) des U-förmigen Querschnitts. Im Bereich der Befestigungselemente 9 ist ein Schlitz 29 vorgesehen, der sich nicht über die gesamte Breite B des Zahns 1 erstreckt. In dem in Figur 10 dargestellten Ausführungsbeispiel hat der Schlitz 29 etwa eine Tiefe, welche der halben Breite B des Zahns 3 entspricht. Alternativ wäre es auch möglich, an beiden Enden des Zahns 1 je einen Schlitz von entsprechend verringerter Tiefe vorzusehen. Dieses Ausführungsbeispiel ist nicht dargestellt.

Wegen des U-förmigen Querschnitts des Zahns 1 gemäß Figur 10 ist in beiden Schenkeln des Zahns 1 jeweils ein Schlitz 29 vorgesehen. In Figur 11 ist ein zylindrischer Ring 25 dargestellt, der verschiedene Schlitze 31 aufweist. Diese Schlitze 31 des Rings 25 sind mit den Schlitzen 29 des Zahns 1 (siehe Figur 10) hinsichtlich Tiefe und Breite und Abstand so abgestimmt, dass die Zähne 1 gemäß Figur 10 auf den Ring 25 gemäß Figur 11 aufgeschoben werden können. Dadurch werden erstens die Zähne 1 relativ zueinander und in dem gewünschten Durchmesser positioniert. Außerdem kann von den Zähnen 1 durch die mit Hilfe der Schlitze 29 und 31 gebildeten formschlüssigen Verbindung, das auf die Zähne im Betrieb wirkende Biegemoment in den Ring 25 abgeleitet werden. Dadurch wird die Belastbarkeit des gebauten Zahnrads erhöht. Außerdem kann, wenn der mit den Zähnen 1 bestückte Ring 25 in einen Zahnradkörper (nicht dargestellt) eingegossen wird, die Steifigkeit der Zähne 1 erhöht und die Belastbarkeit des Zahnrads insgesamt erhöht werden. Dieser Effekt ergibt sich durch die formschlüssige Verbindung zwischen Zähnen 1 und Ring 25 aber auch die gute formschlüssige Verbindung zu dem Zahnradkörper (nicht dargestellt), wenn dieser im Inneren des Rings 25 bzw. unterhalb der Zahnflanken 3 der Zähne 1 ausgegossen wird.

In Figur 12 ist ein Ring 25 dargestellt in den mehrere Zähne 1 eingeschoben wurden. Aus dieser Darstellung werden die zuvor genannten Vorteile deutlich. Der Zahnradkörper ist bei diesem Ausführungsbeispiel nicht dargestellt.

In den Figuren 13 bis 15 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen gebauten Zahnrads dargestellt. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel haben die Zähne 1 einen u-förmigen Querschnitt, der es erlaubt, dass die beiden Schenkel (ohne Bezugszeichen) des U-förmigen Querschnitts federnd aufeinander zu elastisch verformt werden, wenn die Schnappverbindung zwischen dem Zahn 1 und dem Ring 25 (siehe Figur 14) hergestellt werden soll. Bei diesem

Ausführungsbeispiel ist das Befestigungelement als Schnapphaken 33 ausgebildet. Außerdem ist ein Anschlag 35 an beiden Schenkeln des Zahns 1 ausgebildet, der einerseits dafür sorgt, dass der Zahn 1 nicht zu tief in den Ring 25 (siehe Figur 14) eingeführt werden kann. Andererseits dienen die Anschläge 35 auch zur Abstützung des Zahns 1 auf dem Ring 25, sodass während des Betriebs das auf die Zähne 1 wirkende Kippmoment bestmöglich in den Ring 25 abgeleitet wird.

In dem Ring 25 sind verschiedene Ausnehmungen 27 vorgesehen. In jede dieser Ausnehmungen 27 kann ein Schnapphaken 33 des Zahns 1 gemäß Figur 13 einrasten. In Figur 15 ist ein Segment eines Rings 25 dargestellt, in das mehrere Zähne 1 eingeschnappt wurden. Aus dieser Darstellung ist gut ersichtlich, wie die Anschläge 35 einerseits die radiale Fixierung und Positionierung der Zähne 1 relativ zum Ring 25 bewirken und andererseits die während des Betriebs auf die Zähne 1 wirkenden Biegemomente in den Ring 25 einleiten. Auch bei diesem Ausführungbeispiel ist es möglich, eine sehr leistungsfähige kraft- und formschlüssige Verbindung zwischen den Zähnen 1 und dem Ring 25 einerseits sowie dem später hinzugefügten Zahnradkörper 17 (nicht dargestellt) herzustellen.

Da bei diesem Ausführungsbeispiel sogar die Zähne 1 mit dem gleichen Material wie der Zahnradkörper ausgegossen werden können, ergibt sich dadurch eine besonders gute Krafteinleitung von den Zähnen 1 in den Zahnradkörper, was die Leistungsfähigkeit des erfindungsgemäßen Zahnrads weiter erhöht. Außerdem kann eine weitere Gewichteinsparung durch diese Bauart mit U-förmigen Zähnen realisiert werden.

Um die Leistungsfähigkeit des erfindungsgemäßen Zahnrads weiter zu steigern kann der Zahnradkörper auch aus einer Hohlkugelstruktur bestehen. Dabei können die Hohlkugeln aus einem metallischen oder keramischen Werkstoff bestehen.

Beispielsweise können die Hohlkugeln aus Aluminiumschaumkugeln bestehen.

Solche Hohlkugeln werden beispielsweise im Wirbelschichtverfahren hergstellt und sind am Markt in verschiedenen Durchmessern erhältlich. Üblichwerweise werden die Hohlkugeln in Durchmesserbereichen von 3 mm bis 4 mm, 6 mm bis 7 mm sowie 9 mm bis 10 mm hergestellt.

Dabei kann der gesamte Zahnradkörper 17 aus Hohlkugeln bestehen. Damit die Hohlkugeln die zur Übertragung von Drehmomenten erforderliche mechanisch Belastbarkeit erreicht, können die Zwischenräume zwischen den Hohlkugeln mit der Vergußmasse 30 ausgegossen werden. Für diese Variante eignen sich besonders Hohlkugeln aus Aluminiumschaum, die von der flüssigen Vergussmasse aus einem Polymer oder einem anderen Werkstoff infiltriert wird.

Bei dieser Variante dienen die Hohlkugeln dazu, die festigkeit des Zahnradkörpers zu steigern und gleichzeitig die Wärmeabfuhr von den Zähnen 1 in den Zahnradkörper 17 zu verbessern. Dadurch wird die thermische Belastung der Zähne 1 reduziert und außerdem verringert sich die Temperatur an der Kontaktstelle zwischen den Zähnen 12 und dem Zahnradkörper 17. In Folge dessen wird die Vergussmasse 30 vor dem Erweichen geschützt, was sich ebenfalls positiv auf die Belastbarkeit des Zahnrads auswirkt.

Schließlich haben die Hohlkugelstrukturen eine hohe Eigendämpfung was zu einem leisen Lauf des erfindungsgemäßen Zahnrads beiträgt und die Schwingungsanregung eines mit erfindungsgemäßen Zahnrädern ausgerüsteten Getriebes reduziert.

Alternativ ist es auch möglich, die Hohlkugeln durch Sintern und/oder Löten miteinander und mit den Zähnen 1 zu verbinden, so dass sich eine eigenstabile Hohlkugelstruktur mit

minimalem Gewicht und hoher Festigkeit ergibt. In diesem Fall kann auf die Verguzssmasse 30 verzichtet werden.

Über Gradieren können die Eigenschaften der Hohlkugelstruktur anisotrop, d. h. richtungsabhängig, eingestellt werden.

Es hat sich weiterhin als vorteilhaft erwiesen, wenn der Zahnradkörper teilweise oder vollständig aus einem Metallschaum besteht. Die Füllmaterialien (Metallschäume) werden im Bereich des Zahnradkörpers so angeordnet, dass dem durch den Zahneingriff entstehenden Körperschall Energie entzogen wird und der z.B. in die Welle und damit in die Umbauteile weitergeleitete Körperschallanteil vermindert wird. Außerdem werden die Vibrationen, welche beim Zahnradeinsatz entstehen, werden durch den Einsatz des Füllstoffs Metallschaum wirkungsvoll gedämpft.

Dabei sind unter anderem Metallschäume auf der Basis von Eisen, Zink, Zinn, Blei, Aluminium sowie deren Legierungen geeignet.Zur Herstellung von Metallschäumen sind verschiedene Verfahren denkbar, die nachfolgend kurz erläutert werden:

Bei der Schaumerzeugung aus der metallischen Schmelze unterscheidet man zwischen der diskontinuierlichen und der kontinuierlichen Herstellung

Bei der diskontinuierlichen Herstellung wird eine Aluminiumschmelze erzeugt, welche durch mechanisches Einrühren eines pulverförmigen Treibmittels zur Expansion angeregt wird. Zur Viskositätserhöhung kann die Schmelze zusätzlich mit Elementen wie z.B. Calcium, versetzt werden. Die Expansion findet in in einer geschlossenen Kokille statt.

Bei der kontinuierlichen Herstellung wird in einer beheizten Form einer Metallschmelze mit einer Lanze ein Aufschäummittel (Gas, Feststoff) zugeführt, was zum Aufschäumen der Metallschmelze führt. Zur Viskositätserhöhung wird die

Schmelze zusätzlich mit Zusätzen, wie z.B. Calcium, versetzt. Durch geeignete Umformung des noch teilflüssigen Schaumes wird ein festes Schaummaterial erzeugt.

Zur Erhöhung der Festigkeit werden auch partikelverstärkte Metallschäume eingesetzt. Dazu wird ein zellbildendes Gas oder Gasgemisch in eine Schmelze aus Metall mit fein verteilten Verstärkungsmitteln eingebracht wird. Der sich an der Oberfläche ansammelnde Metallschaum wird abgenommen und abgekühlt, so dass er erstarrt.
Alternativ können Metallschäume auch aus einem festem Halbzeug hergestellt werden. Diesbezüglich können vier unterschiedliche Verfahren betrachtet werden. Diese unterscheiden sich im Wesentlichen in der Art und Integration des eingebrachten Treibmittels.

Bei der Schaumerzeugung durch Verdampfen eines flüchtigen Metalls werden feinverteilte leichtflüchtige Metalle in einem aufzuschäumenden Material eingebracht. Die Gesamtmasse wird unter Atmosphärendruck bis zu ihrem Schmelzpunkt erwärmt und anschließend einem geringen Druck ausgesetzt. Dies hat zur Folge, dass das leichtflüchtige Metall verdampft und aufschäumt.

Bei der Schaumerzeugung durch Expansion eines eingeschlossenen Gases wird eine Kapsel wird mit einem entsprechenden Matrixmetall und einem Metallpulver gefüllt. Im Anschluss daran erfolgt die Evakuierung und Flutung der Kapsel mit Argon. Während des heißisostatischen Pressens der Kapsel erfolgt der Einschluss des Argons unter hohem Druck in die metallische Matrix.

Bei der Schaumerzeugung durch Abspaltung eines gelösten Gases wird der Effekt ausgenützt, dass einige Metalle für Gase signifikante Löslichkeitssprünge bei der Überschreitung von Phasengrenzen aufweisen. Die im Überschuss gelösten Elemente werden beim Wiederaufschmelzen unter Normaldruck frei und

bilden Gasblasen, die bei entsprechend schneller Abkühlung konserviert werden.

Schließlich können Schäume auch durch Zersetzung von Treibmittelpulver erzeugt werden. Dabei werden zum Beispiel im Fall von Aluminiumschäumen die Ausgangsprodukte, d.h. ein Pulver einer Aluminiumlegierung (z.B. AlSi12) und ein Treibmittel Titanhydrid gemischt. Im nachfolgenden Fertigungsschritt wir diese Mischung unter kontrollierten Bedingungen zu einem Halbzeug verdichtet (axiales Heißpressen oder Strangpressen). Durch die Erwärmung des Halbzeugs bis knapp über seinen Schmelzpunkt, wird das Metall geschmolzen und die Gasfreisetzung des Treibmittels und somit der eigentliche Aufschäumprozess ausgelöst. Dabei vergrößert sich das Volumen des Halbzeuges um den Faktor 4, wobei eine porige Struktur entsteht (sphärische und/oder ellipsoide Porenform). Herstellungsparameter wären z.B. Zusammensetzung, Struktur, Dichteverteilung, Porosität usw.

Patentansprüche

1. Zahnrad mit einer Nabe(15), mit mehreren Zähnen (1) und mit einem Nabe (15) und Zähne (1) verbindenden Zahnradkörper (17), wobei die Zähne (1) aus einen anderem Material als der Zahnradkörper (17) bestehen, dadurch gekennzeichnet dass der Zahnradkörper (17) und die Zähne (1) stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

2. Zahnrad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet dass der Zahnradkörper (17) mindestens teilweise aus einer Vergussmasse (30) besteht, und dass die Vergussmasse (30) die Zähne (1) teilweise umgibt.

3. Zahnrad nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet dass der Zahnradkörper (17) mindestens teilweise aus Hohlkugeln besteht.

4. Zahnrad nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet dass die Vergussmasse (30) die Hohlkugeln und die Zähne (1) mindestens teilweise umgibt.

5. Zahnrad nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Hohlkugeln miteinander und mit den Zähnen (1) des Zahnrads durch Sintern und/oder Löten verbunden sind.

6. Zahnrad nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Hohlkugeln aus einem metallischen oder keramischen Werkstoff bestehen.

7. Zahnrad nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Hohlkugeln aus Aluminiumschaum bestehen.

8. Zahnrad nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet dass der Zahnradkörper (17) mindestens teilweise aus Metallschaum besteht.

9. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne (1) als Strangpressprofil oder Blechumformteil ausgeführt sind.

10. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne (1) einen U-förmigen Querschnitt mit zwei Schenkeln () aufweisen, und dass die Zahnflanken () der Zähne () Teil der Schenkel () sind.

11. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an einem Zahnfuß (3) jedes Zahns (1) ein Befestigungselement (9) vorgesehen ist, und dass das Befestigungselement (9) einstückig mit dem Zahn (1) ausgebildet ist.

12. Zahnrad nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement (9) mindestens einen Vorsprung (11) und/oder mindestens eine Vertiefung (13) aufweist.

13. Zahnrad nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement (9) sich über die gesamte Zahnbreite (B) erstreckt.

14. Zahnrad nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement (9) stiftförmig ausgebildet ist.

15. Zahnrad nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement (9) als Schlitz (29) ausgebildet ist, und dass der Schlitz (29) sich nur über einen Teil einer Breite (B) des Zahns (1) erstreckt.

16. Zahnrad nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement als Teil einer Schnappverbindung mit geschlossener Formschlußwirkfläche ausgebildet ist.

17. Zahnrad nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement als Teil

einer Schnappverbindung mit unterbrochener Formschlußwirkfläche ausgebildet ist, und dass die Schenkel des Zahns (1) als Schnapphaken (33) ausgebildet sind.

18. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Zahnradkörper (17) aus Kunststoff, insbesondere einem duroplastischen oder thermoplastischen Kunststoff, oder Metall, insbesondere Leichtmetall, besteht.

19. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Zahnradkörper (17) durch Strangpressen oder Laserschneiden hergestellt ist.

20. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Zahnradkörper (17) und die Befestigungselemente (9) der Zähne formschlüssig und/oder stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

21. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne (1) des Zahnrads aus Stahl, insbesondere gehärtetem Stahl, bestehen.

22. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne (1) des Zahnrads durch einen Ring (19, 25,) miteinander verbunden sind.

23. Zahnrad nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Ring (25) aus einem gebogenen Blechstreifen (19) hergestellt ist.

24. Zahnrad nach einem der Ansprüch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Ring (19, 25) und die Zähne (1) miteinander verschweißt sind.

25. Zahnrad nach einem der Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Ring (19, 25) mindestens eine Ausnehmung (27) je Zahn (1) aufweist, und dass die

mindestens eine Ausnehmung (27) mit dem Befestigungselement (9) eines Zahns (1) eine formschlüssige Verbindung bildet.

26. Zahnrad nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausnehmungen () zur Aufnahme der Zähne (), insbesondere zur Aufnahme der als Schnapphaken ausgebildeten Schenkel der Zähne (1), ausgebildet sind.

27. Zahnrad nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Ring (25) Schlitze (29) zur Aufnahme der Zähne (1) aufweist.

28. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zahnrad schrägverzahnt ist.

29. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zahnrad eine Evolventenverzahnung aufweist.

30. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zahnrad eine Zykloidenverzahnung aufweist.

31. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zahnrad ein Stirnrad ist.

32. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zahnrad eine Innenverzahnung aufweist.

33. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zahnrad ein Schneckenrad ist

34. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zahnrad ein Schraubenrad ist.

35. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zahnrad als Zahnsegment ausgebildet ist.

36. Zahnrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Teilkreisdurchmesser des Zahnrads gegen unendlich geht und dass das Zahnrad als Zahnstange ausgebildet ist.

37. Verfahren zum Herstellen eines Zahnrads mit mehreren Zähnen (1), mit einer Nabe (15) und mit einem Zahnradkörper (17), gekennzeichnet, durch folgende Verfahrensschritte:

Herstellen mehrerer Zähne (1), wobei jeder Zahn ein Befestigungselement (9) aufweist,

Anordnen der Zähne (1) in der gewünschten Position in einem Formwerkzeug und

Ausfüllen des Zwischenraums zwischen der Nabe (15) und den Zähnen (1) mit einer gießfähigen oder spritzfähigen Vergussmasse (30), so dass die Befestigungselemente (9) der Zähne (1) von der Vergussmasse (30) umschlossen werden.

38. Verfahren nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich des Zahnradkörpers (17) in dem Formwerkzeug vor dem Ausgießen mit der Vergussmasse (30) Hohlkugeln und/oder Metallschaum eingebracht wird.

39. Verfahren zum Herstellen eines Zahnrads mit mehreren Zähnen (1), mit einer Nabe (15) und mit einem Zahnradkörper (17), gekennzeichnet, durch folgende Verfahrensschritte:

Herstellen mehrerer Zähne (1), wobei jeder Zahn ein Befestigungselement (9) aufweist,

Anordnen der Zähne (1) in der gewünschten Position in einem Formwerkzeug und

Ausfüllen des Zwischenraums zwischen der Nabe (15) und den Zähnen (1) mit Hohlkugeln, und

Verbinden der Hohlkugeln miteinander und mit den Zähnen (1) durch Sintern und/oder Löten.

40. Verfahren zum Herstellen eines Zahnrads mit mehreren Zähnen (1), mit einer Nabe (15) und mit einem Zahnradkörper (17), gekennzeichnet, durch folgende Verfahrensschritte:

Herstellen mehrerer Zähne (1), wobei jeder Zahn ein Befestigungselement (9) aufweist,

Anordnen der Zähne (1) in der gewünschten Position in einem Formwerkzeug und

Auffüllen des Zwischenraums zwischen der Nabe (15) und den Zähnen (1) mit einem Metallschaum und

Ausfüllen des Zahnradkörpers (17) mit einer gießfähigen oder spritzfähigen Vergussmasse (30), so dass die Befestigungselemente (9) der Zähne (1) und der Metallschaum von der Vergussmasse (30) umschlossen werden.

41. Verfahren zum Herstellen eine Zahnrads mit mehreren Zähnen (1), mit einer Nabe (15) und mit einem Zahnradkörper (17), gekennzeichnet, durch folgende Verfahrensschritte:

Herstellen mehrerer Zähne (1), wobei jeder Zahn ein Befestigungselement (9) aufweist,

Herstellen eines prismatischen Zahnradkörpers (1), wobei der Zahnradkörper (17) je Zahn (1) ein Mittel zum formschlüssigen Befestigen eines Zahns (1) aufweist, und

Befestigen der Zähne (1) mittels der Befestigungselemente (9) im Zahnradkörper (17).

42. Verfahren nach Anspruch 37 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass eine Nabe (15) im Zahnradkörper (17) befestigt wird.

43. Verfahren nach einem der Ansprüche 37 bis 42, dadurch gekennzeichnet, dass der Zahnradkörper (17) durch Strangpressen oder Laserschneiden hergestellt wird.

44. Verfahren nach einem der Ansprüche 37 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne (1) durch Profilziehen, Gießen, Schmieden oder Umformen, insbesondere Blechumformen, hergestellt werden.

45. Verfahren nach Anspruch 37 bis 44, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Zähne (1) durch Ablängen eines prismatischen Zahnrohlings hergestellt werden.

46. Verfahren nach einem der Ansprüche 37 bis45, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne (1) gehärtet und/oder geschliffen werden.

47. Verfahren nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne (1) nach dem Verbinden der Zähne (1) mit dem Zahnradkörper (17) geschliffen und/oder geläppt werden.

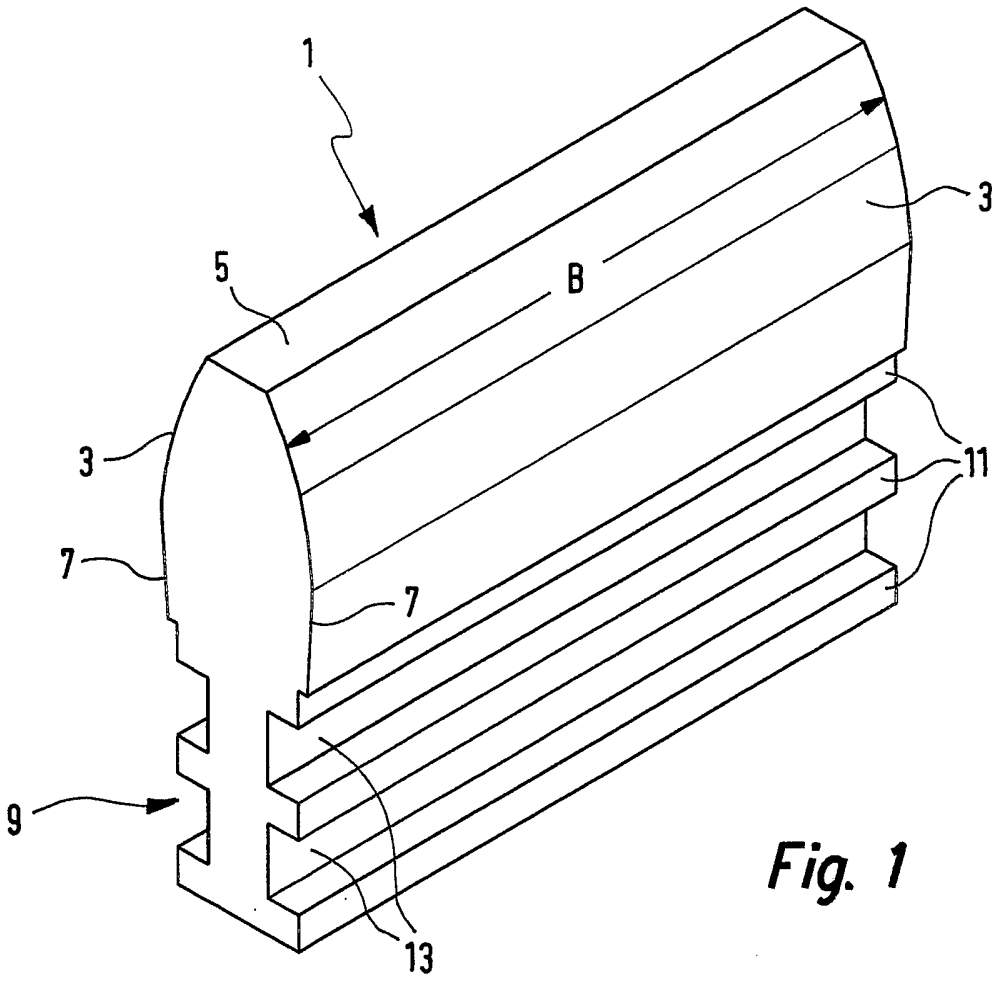


Fig. 1

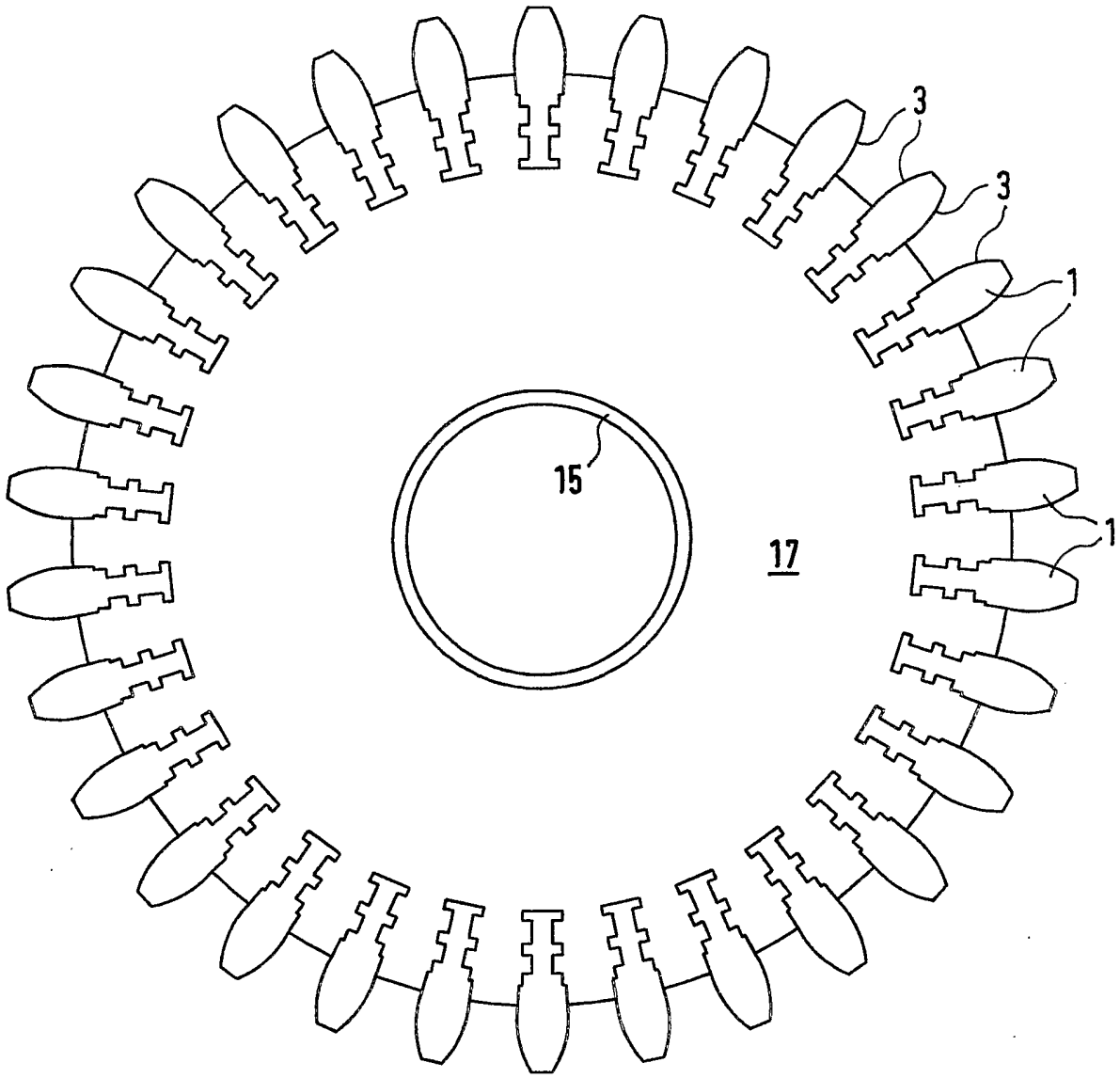


Fig. 2

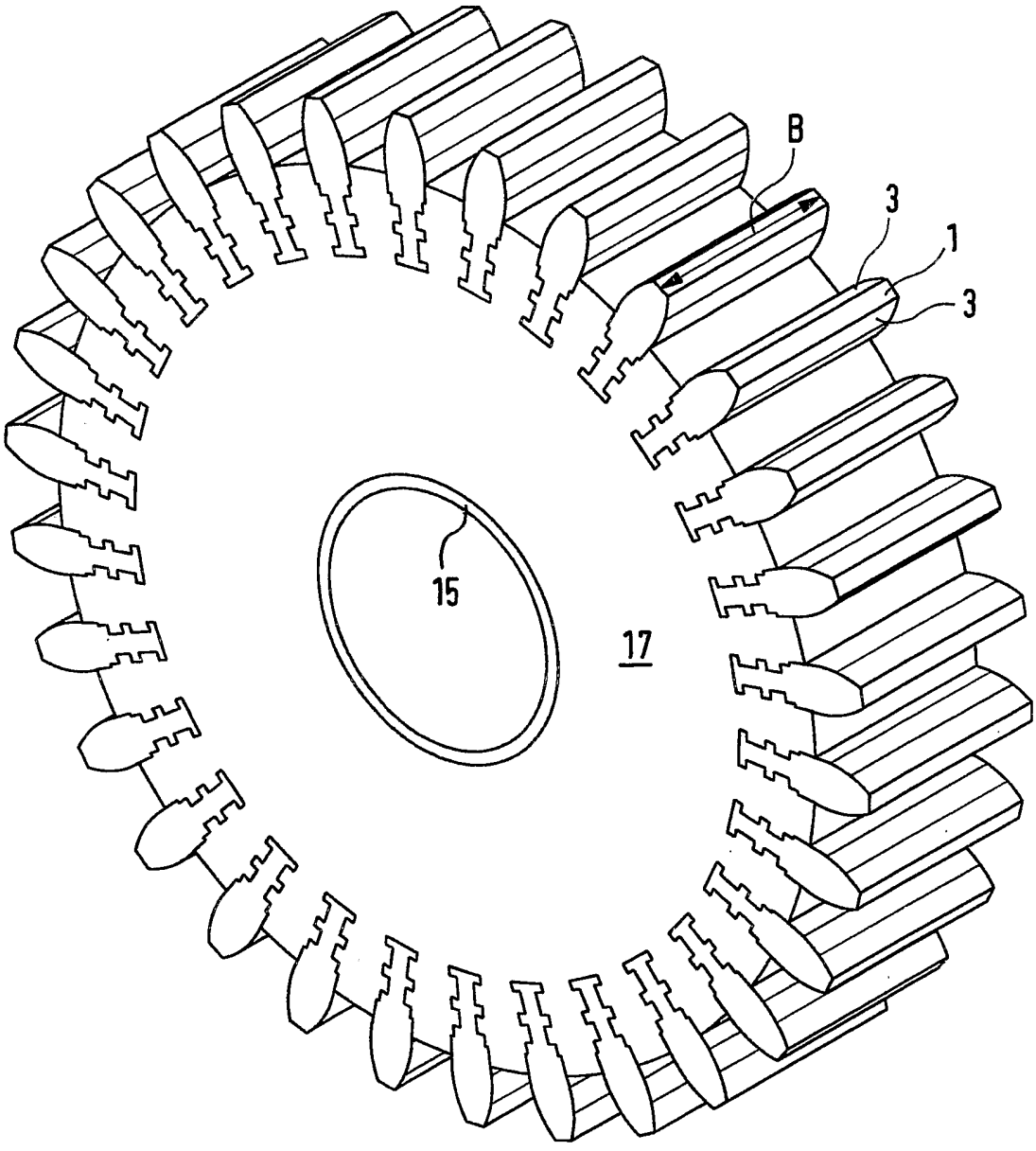


Fig. 3

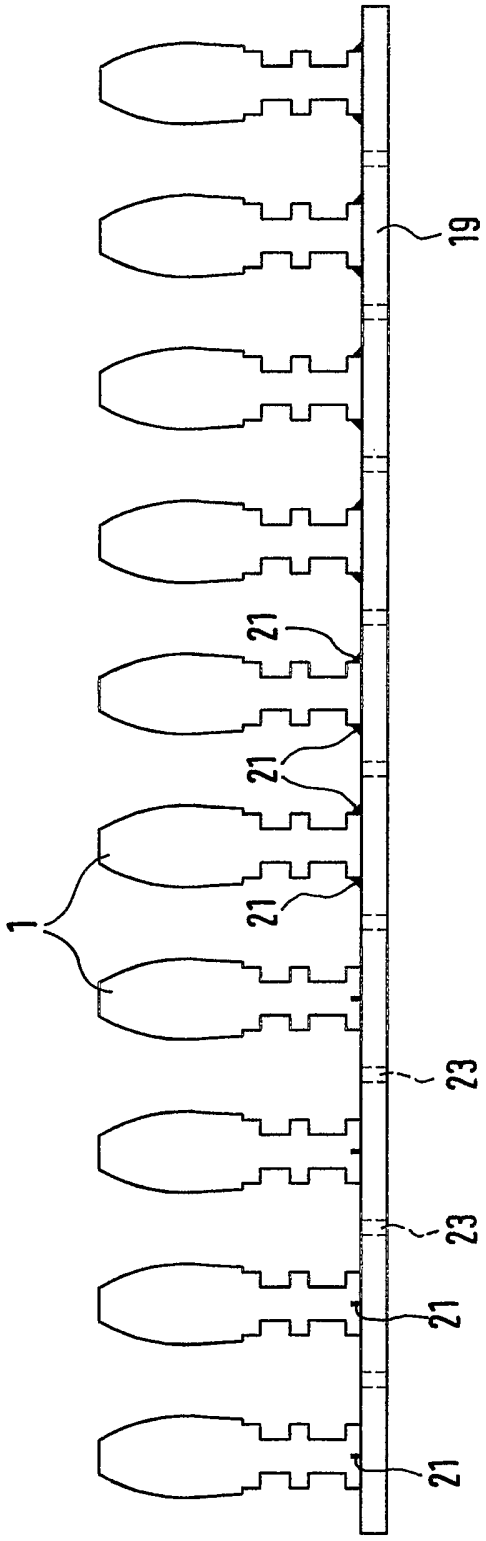


Fig. 4

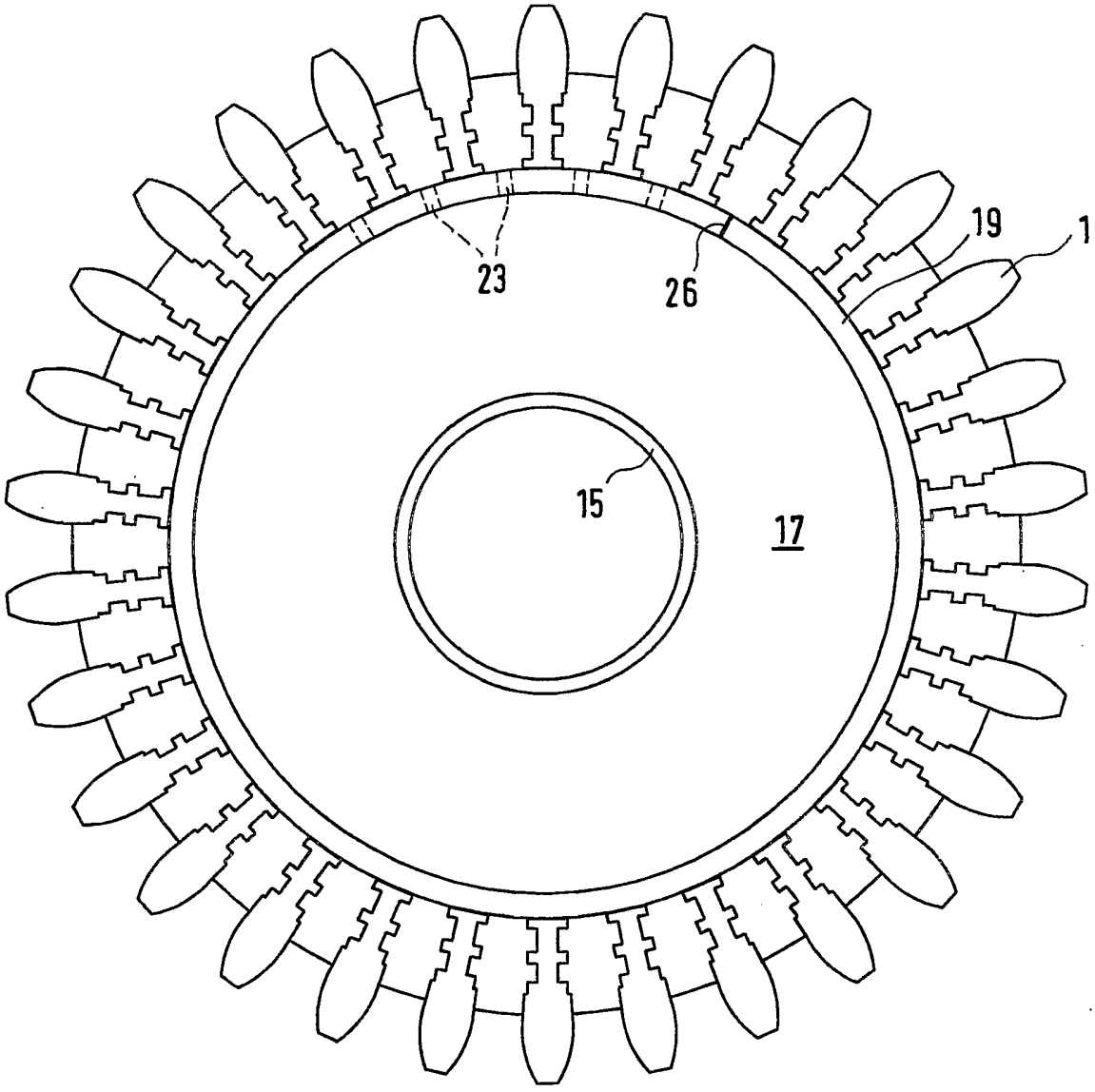


Fig. 5

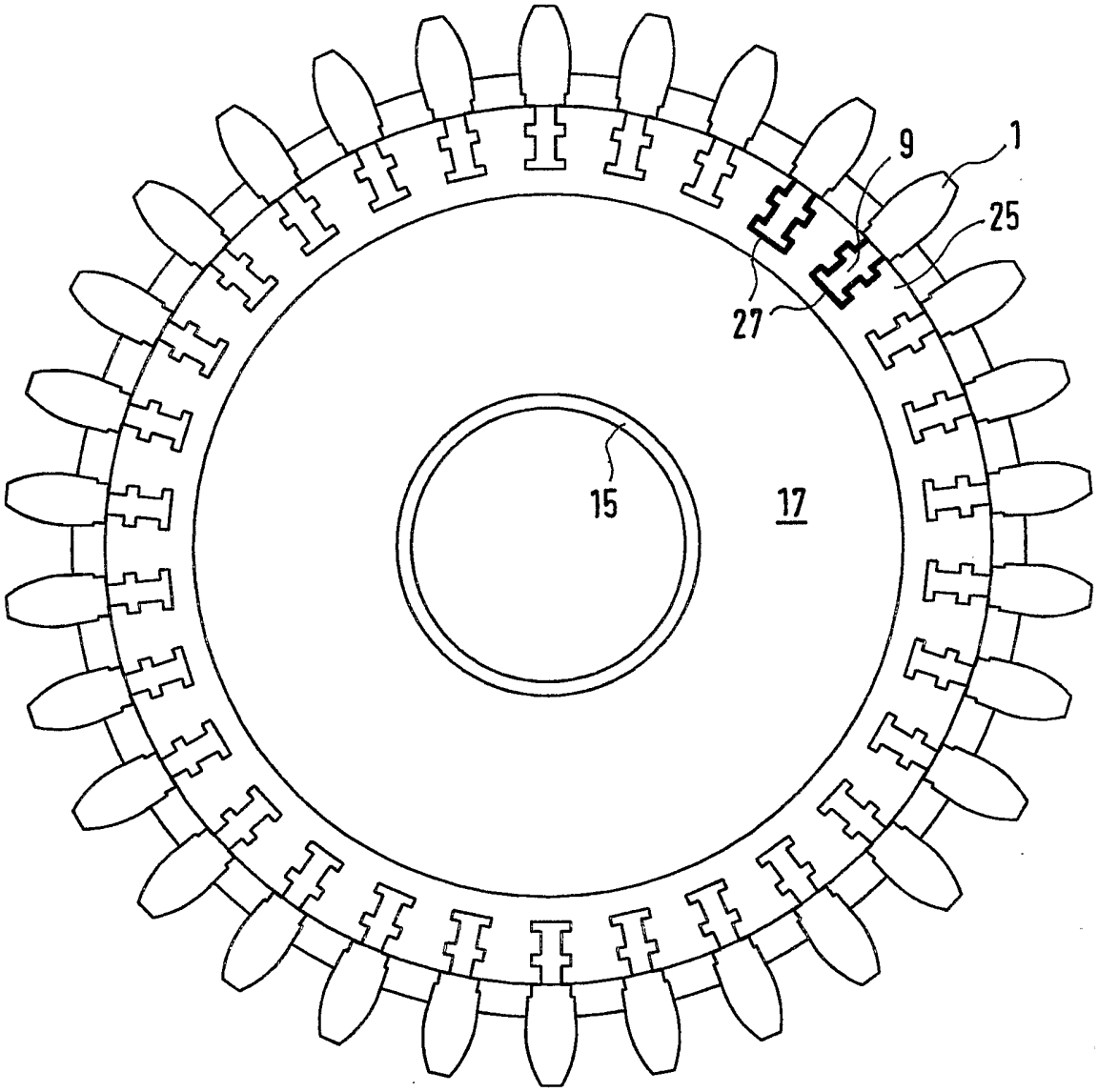


Fig. 6

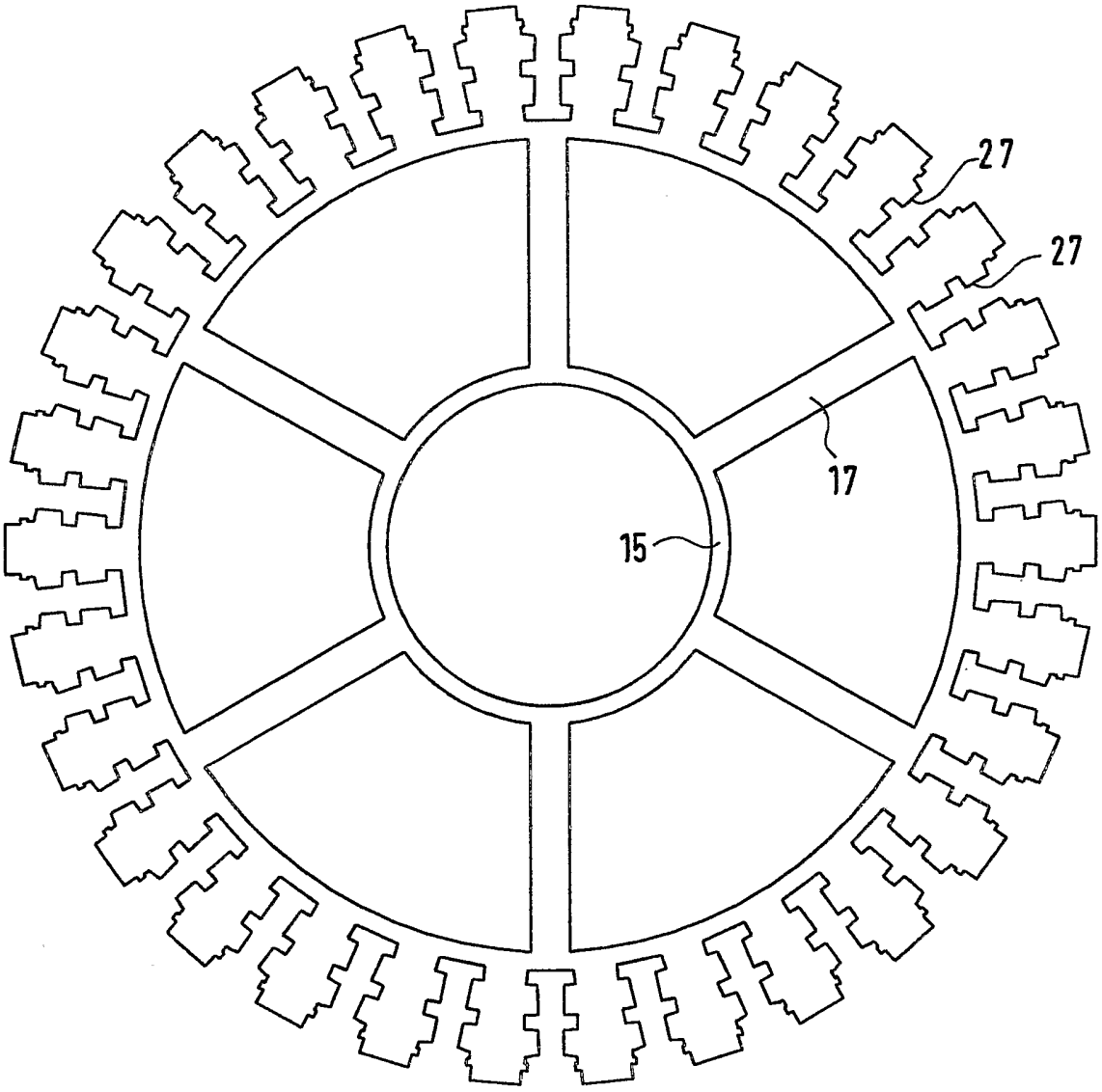


Fig. 7

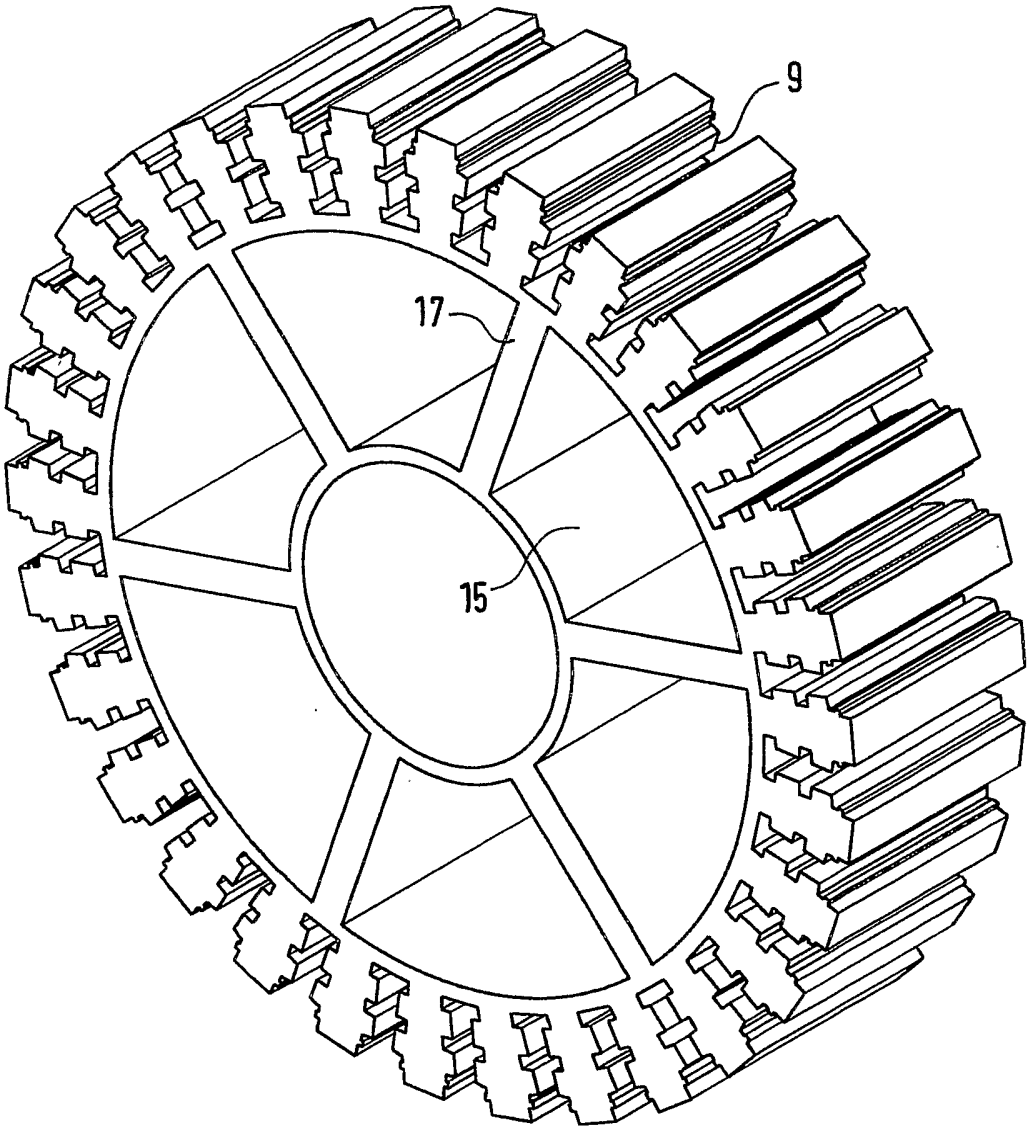


Fig. 8

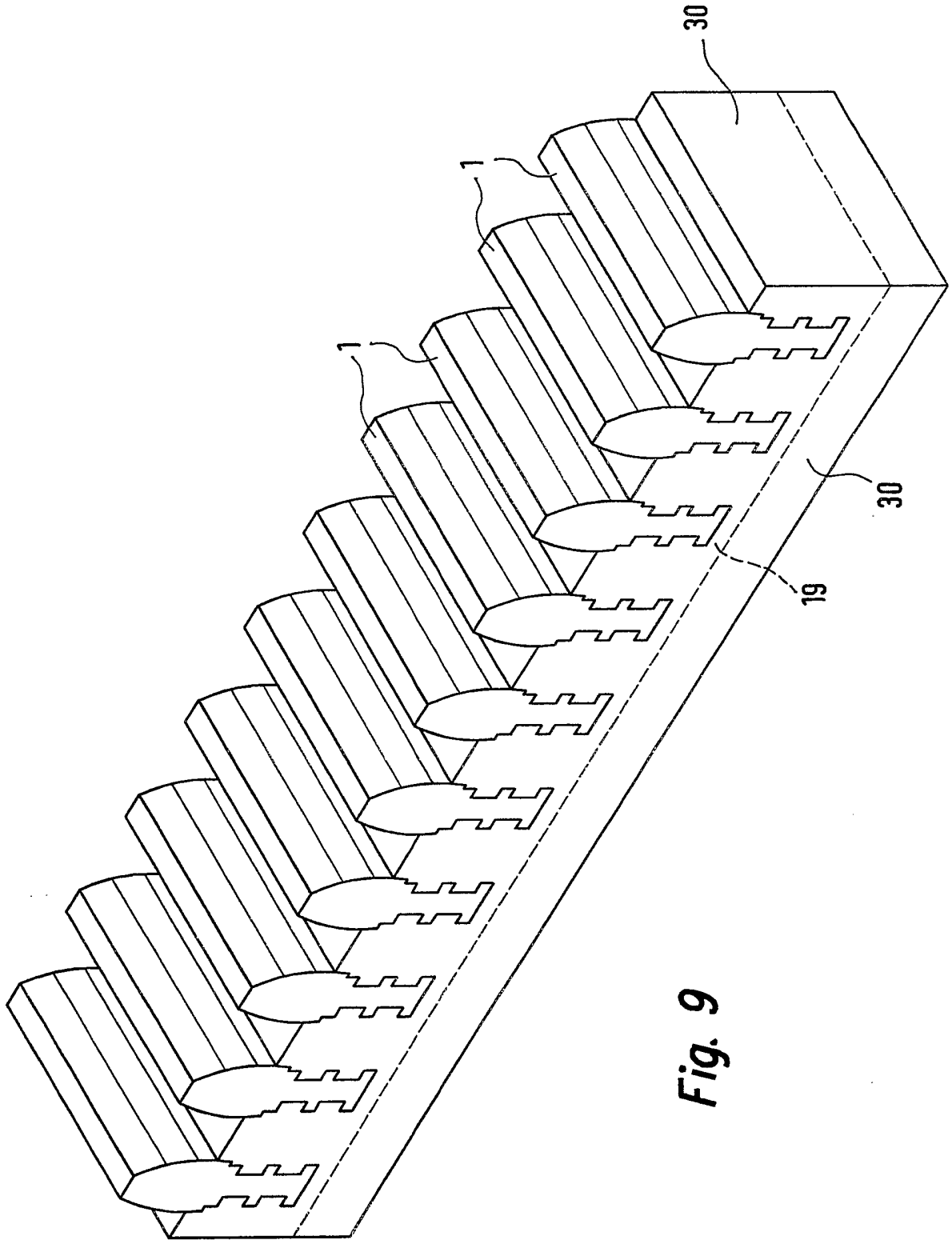


Fig. 9

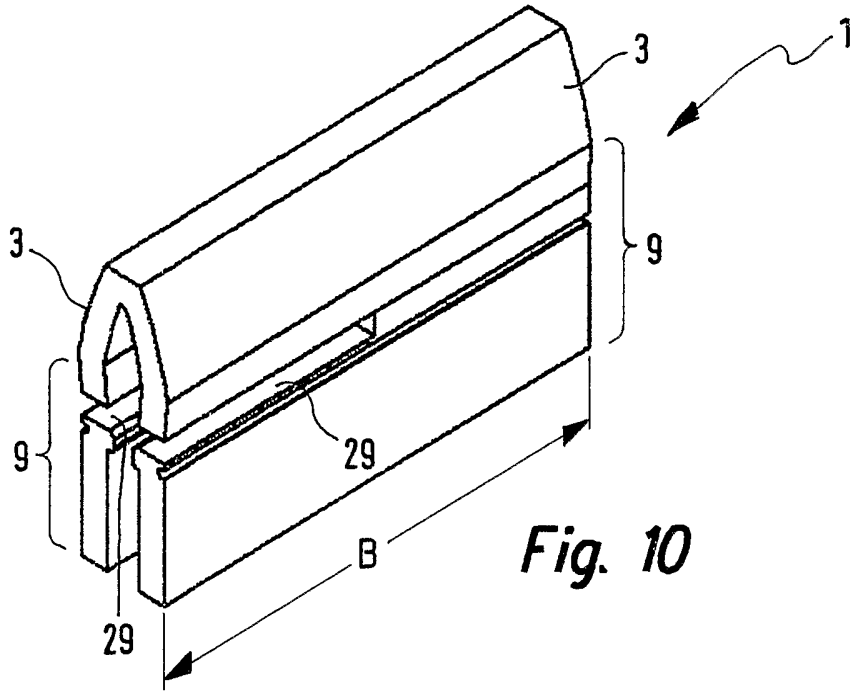


Fig. 10

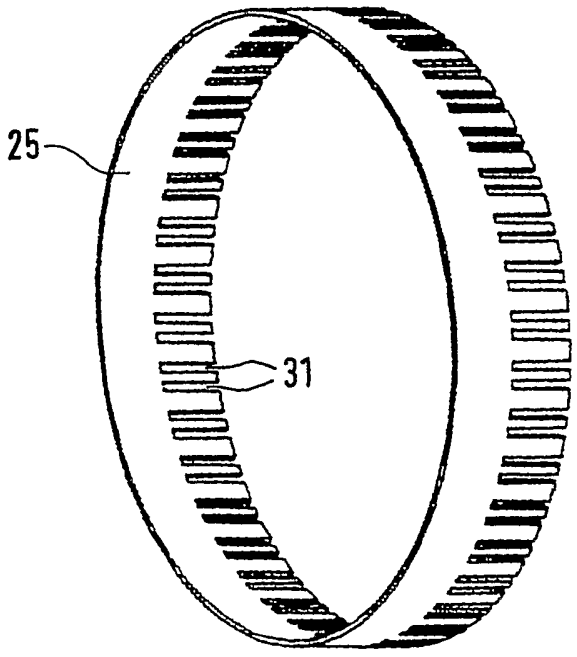


Fig. 11

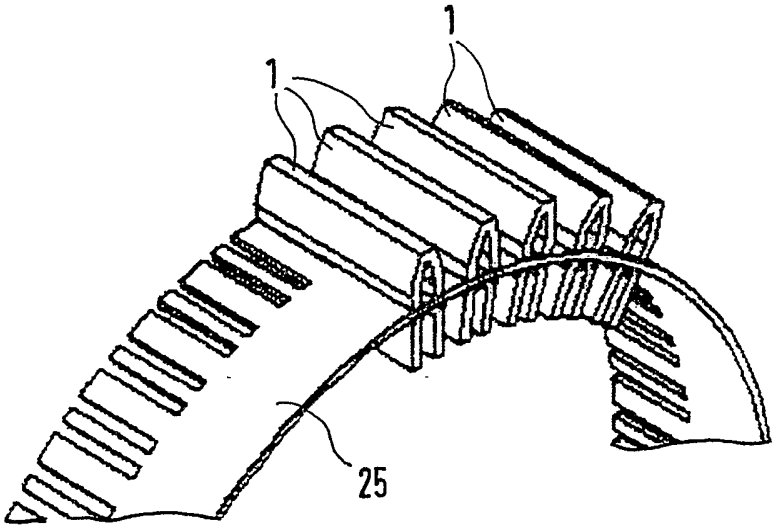


Fig. 12

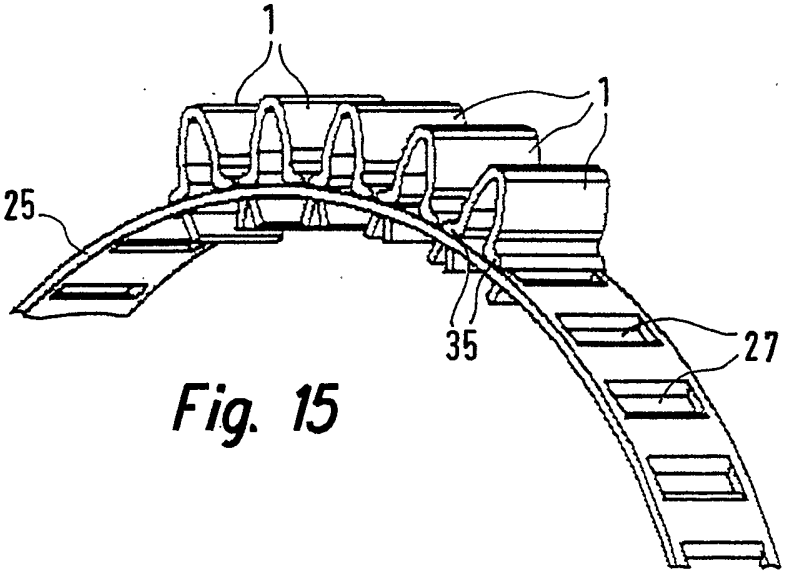


Fig. 15

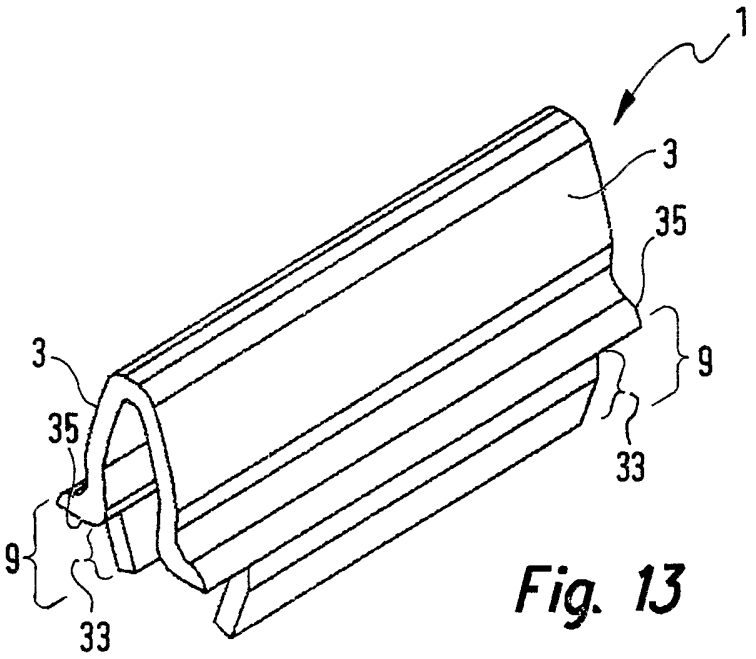


Fig. 13

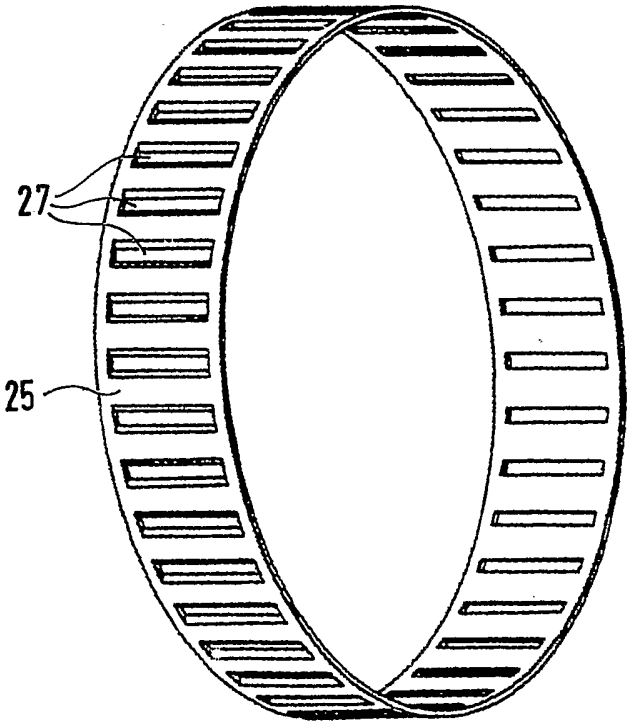


Fig. 14