

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 51052/2018
(22) Anmeldetag: 28.11.2018
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2020

(51) Int. Cl.: **F16H 55/14** (2006.01)
F16F 15/126 (2006.01)
F16F 15/124 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 2781791 A1
JP S6128931 U
JP 2011169270 A
US 4674351 A
DE 102013214813 A1
AT 514590 A4
AT 517484 A4

(73) Patentinhaber:
Metaldyne International Deutschland GmbH
64807 Dieburg (DE)
Miba Sinter Austria GmbH
4663 Laakirchen (AT)

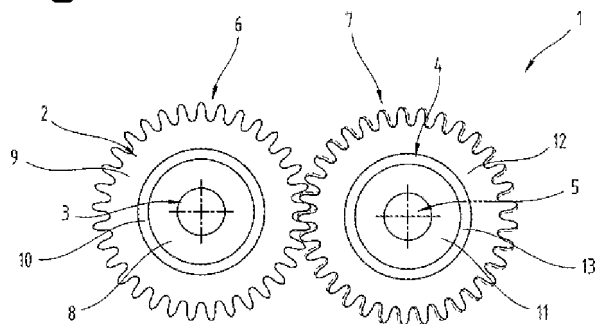
(72) Erfinder:
Depp Jürgen Christian Dr.
64720 Michelstadt (DE)
Schauer Markus Dipl.Ing.
4623 Günskirchen (AT)
Dickinger Karl Ing.
4655 Vorchdorf (AT)

(74) Vertreter:
Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt
GmbH
4580 Windischgarsten (AT)

(54) Zahnradtrieb

(57) Die Erfindung betrifft einen Zahnradtrieb (1) umfassend eine erste Welle (3), mit einem ersten Zahnrad (2), und eine zweite Welle (5), mit einem zweiten, mit dem ersten Zahnrad (2) kämmendes Zahnrad (4), wobei das erste Zahnrad (2) als geteilte Zahnradanordnung ausgebildet ist, umfassend ein erstes Zahnradteil (8) und ein zweites Zahnradteil (9), wobei das erste Zahnradteil (8) mit dem zweiten Zahnradteil (9) über zumindest ein elastisches Verbindungselement (10) verbunden ist. Das zweite Zahnrad (4) ist ebenfalls als geteilte Zahnradanordnung ausgebildet, umfassend ein erstes Zahnradteil (11) und ein zweites Zahnradteil (12), wobei das erste Zahnradteil (11) mit dem zweiten Zahnradteil (12) über zumindest ein elastisches Verbindungselement (13) verbunden ist. Die Torsionssteifigkeit des ersten Zahnrades (2) ist so hoch, dass die Systemfrequenz zumindest annähernd gleich der ersten Torsionseigenfrequenz der ersten Welle (3) ist.

Fig.1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Zahnradtrieb umfassend eine erste Welle, insbesondere eine Kurbelwelle, mit einem ersten Zahnrad, und eine zweite Welle, insbesondere eine Massenausgleichswelle, mit einem, mit dem ersten Zahnrad in kämmenden Eingriff stehendem zweiten Zahnrad, wobei das erste Zahnrad als geteilte Zahnradanordnung ausgebildet ist, umfassend ein erstes Zahnradteil und ein zweites Zahnradteil, wobei das erste Zahnradteil mit dem zweiten Zahnradteil über zumindest ein elastisches Verbindungselement verbunden ist, und auch das zweite Zahnrad als geteilte Zahnradanordnung ausgebildet ist, umfassend ein erstes Zahnradteil und ein zweites Zahnradteil, wobei das erste Zahnradteil mit dem zweiten Zahnradteil über zumindest ein elastisches Verbindungselement verbunden ist.

[0002] Massenausgleichswellen werden in Verbrennungsmotoren bekanntlich dafür eingesetzt, um Schwingungen, die aufgrund freier Massenkräfte und Massenmomente hervorgerufen werden, zu reduzieren. Die Ausgleichswelle wird üblicherweise von der Kurbelwelle angetrieben, wozu diese über ein Zahnrad mit dieser in Wirkverbindung steht. Um dabei die Geräuschentwicklung der miteinander kämmenden Verzahnungen zwischen der Ausgleichswelle und der Kurbelwelle zu reduzieren, sowie um Schwingungen aufzufangen, sind aus dem Stand der Technik geteilte Zahnräder (auch entkoppelte Zahnräder genannt) bekannt, wobei die beiden Teile über ein gummielastisches Verbindungselement (auch Gummispur oder Hülsenfeder genannt) verbunden sind. Es sei dazu beispielhaft auf die von den Anmelderinnen stammende AT 514 590 B1 oder die AT 517 484 B1 bzw. den darin zitierten Stand der Technik verwiesen.

[0003] Die EP 2 781 791 A1 beschreibt ein Zahnrad, das koaxial mit einem Spalt in ein Nabenteil und einen Zahnkranz getrennt ist und der Spalt weitgehend mit einem Elastomer ausgefüllt ist, wobei ein Antrieb des Zahnrades nabenteilseitig oder zahnkranzseitig erfolgt, und wobei ein Querschnitt des Elastomers antriebsseitig und/oder abtriebsseitig das Antriebsteil und/oder das Abtriebsteil zumindest abschnittsweise des Umfangs U-förmig umschließt. Ein damit ausgestatteter Dreizylindermotor weist zwei derartige Zahnräder auf, die in direktem Eingriff miteinander stehen, wobei ein Zahnrad auf der Massenausgleichswelle und das andere auf der Kurbelwelle angeordnet ist.

[0004] Die JPS 61-28931 U beschreibt einen Zahnradtrieb, in dem zwei Zahnräder mit einem zwischen diesen angeordneten dritten Zahnrad kämmen. Die beiden Zahnräder weisen jeweils mehrere Spiralfedern als Dämpfungsvorrichtung für Torsionsschwingungen auf.

[0005] Um einen geräuscharmen Gang in einem Verbrennungsmotor bereitzustellen beschreibt die JP 2011-169270 A, dass die Nockenwelle gemäß der Ventilsteuerung korrekt gedreht werden muss und keine Phasenwinkelverschiebung auftreten darf. Dazu wird ein Zahnrad bereitgestellt, das einen Zahnkranz und einen Nabenteil aufweist, zwischen denen ein verzahnungsförmiger Spalt ausgebildet ist, der mit einem Gummivibrationsabsorptionselement gefüllt ist. Zwei dieser Zahnräder sind in kämmenden Eingriff mit einem Zahnriemenrad. Weiter beschreibt diese Druckschrift ein Zahnriemenrad, das mit zwei sogenannten Split-Gears zur Eliminierung des Zahnflankenspiels kämmt.

[0006] Aus der US 4,674,351 A ist ein entkoppeltes Zahnrad bekannt, das einen inneren Nabenteil, einen äußeren Hohlradabschnitt und ein nachgiebiges Laminat zwischen dem Nabenteil und dem Hohlradabschnitt umfasst. Das Laminat enthält eine starre Scheibe, die zwischen einem Paar Elastomerschichten angeordnet ist. Dieses Zahnrad ist Teil eines Getriebes, das ein angetriebenes Zahnrad aufweist, das über zwei Zwischenräder ein Moment auf zwei Stränge überträgt, wobei die Zwischenräder auf je einer Achse mit jeweils einem entkoppelten Zahnrad angeordnet ist.

[0007] Die DE 10 2013 214 813 A1 beschreibt einen Verbrennungsmotor mit einer Kurbelwelle, einer parallel zur Kurbelwelle angeordneten Ausgleichswelle, einer Zahnradstufe, über welche die Ausgleichswelle mit der Kurbelwelle drehgekoppelt ist, wobei die Zahnradstufe ein erstes Zahnrad und eine damit kämmende zweite Zahnradanordnung aufweist, die durch zwei in einer

Axialrichtung nebeneinander angeordnete Zahnräder gebildet ist.

[0008] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Geräuschreduzierung in einem Zahnradtrieb mit Kurbelwelle und Massenausgleichswelle zu verbessern.

[0009] Die Aufgabe der Erfindung wird mit dem eingangs genannten Zahnradtrieb gelöst, bei dem die Torsionssteifigkeit des ersten Zahnrades so hoch ist, dass die Systemfrequenz zumindest annähernd gleich der ersten Torsionseigenfrequenz der ersten Welle ist.

[0010] Obwohl die Anordnung von nur einer geteilten Zahnradanordnung auf der Kurbelwelle oder der Massenausgleichswelle zufriedenstellende Ergebnisse in Hinblick auf die Geräuschreduktion, insbesondere Reduktion von Klopfen, liefert, ist damit dennoch eine gewisse Geräuschkulisse systembedingt vorhanden. Mit dem Einsatz einer zweiten geteilten Zahnradanordnung kann hier eine deutliche Verbesserung des NVH-Verhaltens (Noise Vibration Harshness) erreicht werden. Mit der weiteren geteilten Zahnradanordnung kann die mechanische Belastung der elastischen bzw. elastomeren Verbindungselemente zwischen den Zahnradteilen der beiden Zahnräder reduziert wird. Derzeit werden die geteilten Zahnradanordnungen üblicherweise auf der Kurbelwelle angeordnet, insbesondere bei Dreizylindermotoren, da die hier die Dämpfungswirkung aufgrund der stärkeren Anregung der Kurbelwelle größer ist. Umgekehrt bedingt die stärkere Anregung aber auch eine höhere mechanische Belastung der geteilten Zahnradanordnung, insbesondere der elastischen bzw. elastomeren Verbindungselemente. Die Systemauslegung erfordert zudem eine entsprechende Auslegung an der Massenausgleichswelle, die wiederum dazu führt, dass sehr harte elastische bzw. elastomere Verbindungselemente eingesetzt werden müssen. Durch den Einsatz von elastischen bzw. elastomeren Verbindungselementen auch im zweiten Zahnrad kann die Belastung der Verbindungselemente reduziert werden. Die Eigenfrequenz des Systems kann damit verschoben werden, wodurch auch geringere Probleme mit Schwingungsresonanzen 1,5. Ordnung auftreten bzw. diese überhaupt nicht auftreten. Schwingungen 1,5. Ordnung stellen die derzeit üblichen Systeme für Dreizylindermotoren mit einer geteilten Zahnradanordnung vor erhebliche mechanische Anforderungen. Durch die Vermeidung dieses Problems durch Veränderung der Frequenz der Schwingungen 1,5. Ordnung können Scherkräfte bzw. -belastungen und thermische Belastungen der Verbindungselemente reduziert werden. Durch die Verwendung von weicheren elastischen oder elastomeren Verbindungselementen kann die Systemcharakteristik insgesamt so verschoben werden, wie dies mit nur einer geteilten Zahnradanordnung nicht möglich wäre. Dies wiederum führt zu einem verbesserten NVH-Verhalten des Zahnradtriebes. Zudem können durch die Anordnung von geteilten Zahnradanordnungen auf beiden Wellen die entstehenden, systembedingten Geräusche wie Klopfen oder Zahnradklappern in beide Richtungen reduziert werden, da die Übertragungspfade für Körperschall in beide Wellen durch Gummispuren blockiert sind, d.h. Geräusche die ursprünglich auf die erste Welle (die Kurbelwelle) und auf die zweite Welle (die Massenausgleichswelle) zurückgehen.

[0011] Eine konstruktiv einfache Anordnung wird erreicht, indem das erste Zahnrad mit dem zweiten Zahnrad in direktem kämmenden Eingriff steht.

[0012] Andererseits kann aber nach einer anderen Ausführungsvariante des Zahnradtriebes vorgesehen sein, dass zwischen dem ersten Zahnrad und dem zweiten Zahnrad ein drittes Zahnrad angeordnet ist, das in kämmenden Eingriff mit dem ersten und dem zweiten Zahnrad steht.

[0013] Zur weiteren Systemverbesserung in Hinblick auf die mechanischen Belastungen der Zahnräder bzw. das NVH-Verhalten des Zahntriebes kann dabei nach einer anderen Ausführungsvariante des Zahnradtriebes vorgesehen sein, dass das Zwischenrad als geteilte Zahnradanordnung ausgebildet ist, umfassend ein erstes Zahnradteil und ein zweites Zahnradteil, wobei das erste Zahnradteil mit dem zweiten Zahnradteil über zumindest ein elastisches Verbindungselement verbunden ist.

[0014] Zur weiteren Verbesserung der NVH-Verhaltens kann vorgesehen sein, dass das Verbindungselement des ersten Zahnrades eine höhere Drehsteifigkeit aufweist als das Verbin-

dungselement des zweiten Zahnrades.

[0015] Es ist vorgesehen, dass die Torsionssteifigkeit des ersten Zahnrades so hoch ist, dass die Systemfrequenz zumindest annähernd gleich der ersten Torsionseigenfrequenz der ersten Welle ist. Es kann damit die Belastbarkeit des Zahnradtriebes verbessert werden. Mit dieser Ausführungsvariante kann der Zahnradtrieb auch als Dämpfungsvorrichtung für Torsionsschwingungen der ersten Welle, insbesondere der Kurbelwelle, eingesetzt werden. Somit kann ein zusätzlicher (Kurbel)wellen-Schwingungsdämpfer entweder komplett eingespart oder zumindest in Hinblick auf seine Größe reduziert werden.

[0016] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0017] Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

[0018] Fig. 1 einen Zahnradtrieb;

[0019] Fig. 2 ein geteiltes Zahnrad in Seitenansicht geschnitten;

[0020] Fig. 3 einen Ausschnitt aus einer Ausführungsvariante eines geteilten Zahnrades in Seitenansicht geschnitten;

[0021] Fig. 4 eine Ausführungsvariante eines Zahnradtriebes;

[0022] Fig. 5 einen Ausschnitt aus einer Ausführungsvariante eines geteilten Zahnrades in Seitenansicht geschnitten.

[0023] Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0024] In Fig. 1 ist eine erste Ausführungsvariante eines Zahnradtriebes 1 schematisch dargestellt. Dieser umfasst zumindest ein erstes Zahnrad 2, das auf einer ersten Welle 3 angeordnet ist, und ein zumindest ein zweites Zahnrad 4, das auf einer zweiten Welle 5 angeordnet ist, und das mit dem ersten Zahnrad 2 in kämmenden Eingriff steht. Das erste Zahnrad 2 weist dazu an einem radial äußeren Umfang eine Stirnverzahnung 6 auf. Das zweite Zahnrad 4 weist an einem radial äußeren Umfang eine Stirnverzahnung 7 auf. Die erste und die zweite Stirnverzahnung 6, 7 können beispielsweise als Gerad- oder Schrägverzahnung ausgebildet sein.

[0025] Bevorzugt wird der Zahnradtrieb 1 in einem Verbrennungsmotor eingesetzt, insbesondere einem Dreizylinder-Verbrennungsmotor. Dabei können die erste Welle 3 die Kurbelwelle und die zweite Welle 5 die Massenausgleichswelle sein.

[0026] Es ist weiter möglich, dass zumindest ein weiteres Zahnrad für ein Nebenaggregat, wie beispielsweise eine Ölpumpe vorgesehen ist. Dieses weitere Zahnrad kann bevorzugt mit dem ersten Zahnrad 2, das auf der ersten Welle 3, insbesondere der Kurbelwelle, angeordnet ist, kämmen. Es ist aber auch möglich, dass dieses weitere Zahnrad mit dem zweiten Zahnrad 4 kämmt.

[0027] Zusätzliche Zahnräder können ebenfalls angeordnet sein. Diese und das im voranstehenden Absatz genannte weitere Zahnrad sind vorzugsweise bei dieser Ausführungsvariante des Zahnradtriebes 1 nicht geteilt, also nicht entkoppelt.

[0028] Das erste Zahnrad 2 ist als geteilte Zahnradanordnung umfassend ein erstes Zahnradteil 8 und ein zweites Zahnradteil 9 ausgebildet. Die beiden Zahnradteile 8, 9 sind über zumindest ein Verbindungselement 10 miteinander verbunden. Das erste Zahnrad 2 kann auch aus den beiden Zahnradteilen 8, 9 und dem zumindest einen Verbindungselement 10 bestehen.

[0029] Auch das zweite Zahnrad 4 ist als geteilte Zahnradanordnung umfassend ein erstes

Zahnradteil 11 und ein zweites Zahnradteil 12 ausgebildet. Die beiden Zahnradteile 11, 12 sind über zumindest ein Verbindungselement 13 miteinander verbunden. Das zweite Zahnrad 4 kann auch aus den beiden Zahnradteilen 11, 12 und dem zumindest einen Verbindungselement 13 bestehen.

[0030] Vorzugsweise sind die Zahnradteile 8, 9, 11, 12 aus einem metallischen Werkstoff, insbesondere einem metallischen Sinterwerkstoff, beispielsweise einem Sinterstahl, gebildet. Die Zahnradteile 8, 9, 11, 12 können aber auch aus einem gegossenen, metallischen oder geschmiedeten, metallischen Werkstoff bestehen. Es ist auch möglich, dass das erste Zahnradteil 8, 11 aus einem zum zweiten Zahnradteil 9, 12 unterschiedlichen (metallischen) Werkstoff gebildet ist. Eines oder mehrere der Zahnradteile 8, 9, 11, 12 kann/können teilweise oder zur Gänze aus einem Kunststoff (polymeren Werkstoff) bestehen.

[0031] In Fig. 2 ist eine Ausführungsvariante des ersten Zahnrades 2 in Seitenansicht und geschnitten dargestellt.

[0032] Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass das erste Zahnrad 2 und das zweite Zahnrad 4 gleich ausgebildet sein können. Somit können die Ausführungen in dieser Beschreibung auch auf das zweite Zahnrad 4 übertragen werden, sofern nicht etwas anderes beschrieben wird. Der Einfachheit halber wird daher in dieser Beschreibung nur das erste Zahnrad 2 behandelt, im Bewusstsein, dass der Fachmann die Ausführungen dazu auch für das zweite Zahnrad 4 mitlesen wird.

[0033] Bei der Ausführungsvariante des ersten Zahnrades 2 nach Fig. 2 ist das Verbindungselement 10, das in radialer Richtung betrachtet zwischen dem ersten Zahnradteil 8 und dem zweiten Zahnradteil 9 angeordnet ist, hülsenförmig ausgebildet.

[0034] Da die Teilung des ersten Zahnrades 2 bei dieser Ausführungsvariante ausschließlich in axialer Richtung ausgebildet ist, können das erste Zahnradteil 8 auch als Nabenteil und das zweite Zahnradteil 9 als Zahnkranz bezeichnet werden.

[0035] Das Verbindungselement 10 ist elastisch ausgeführt. Insbesondere besteht das Verbindungselement 10 zumindest teilweise, bevorzugt zur Gänze, aus zumindest einem gummielastischen Werkstoff, insbesondere einem Elastomer. Das Elastomer kann beispielsweise ausgewählt sein aus einer Gruppe umfassen bzw. bestehend aus einem (X)NBR ((carboxylierter) Acrylnitril-Butadien-Kautschuk), HNBR (Hydrierter Nitril-Kautschuk), einem Silikon-Kautschuk (VMQ), NR (Naturgummi), EPDM (Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk), CR (Chloropren-Kautschuk), SBR (Styrolbutadienkautschuk), Ethylen-Acrylat-Kautschuk (AEM) sowie Mischungen daraus.

[0036] Mit „zumindest teilweise“ ist gemeint, dass in dem Verbindungselement beispielsweise Versteifungselemente, wie z.B. Fasern und/oder Fäden, beispielsweise aus Metall, Kunststoff, Naturfasern, etc., oder Stäbe, etc. eingelagert sein können.

[0037] Das Verbindungselement 10 kann mit den beiden Zahnradteilen 8, 9 durch Aufvulkanisieren auf diese Zahnradteile 8, 9 verbunden sein. Es kann aber auch auf andere Art damit verbunden sein, beispielsweise durch Kleben, gegebenenfalls unter Verwendung eines Primers oder eines Haftvermittlers.

[0038] Wie aus Fig. 2 ersichtlich, kann das Verbindungselement 10 die gleiche axiale Breite aufweisen, wie das erste und/oder das zweite Zahnradteil 8, 9. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass das Verbindungselement 10 eine andere axiale Breite aufweist, beispielsweise über das erste und/oder zweite Zahnradteil 8, 9 in axialer Richtung ein- oder beidseitig vorragt.

[0039] Das erste Zahnrad 2 kann aber auch eine zusätzliche Teilung aufweisen, die in Fig. 3 dargestellt ist, die einen Ausschnitt aus einer weiteren Ausführungsvariante des ersten Zahnrades 2 zeigt. In diesem Fall ist das erste Zahnrad 2 gemäß Fig. 3 bevorzugt auf der ersten Welle 3 (Fig. 1), insbesondere der Kurbelwelle, angeordnet. Das erste Zahnrad 2 kann aber auch auf der zweiten Welle 5, insbesondere der Massenausgleichswelle, angeordnet sein. Weiter ist das zweite Zahnrad 4 bei dieser Ausführungsvariante der Zahnradanordnung 1 bevorzugt ohne

diese zusätzliche, in Fig. 3 dargestellte Teilung ausgebildet, beispielsweise entsprechend der Ausführungsvariante des ersten Zahnrades 2 nach Fig. 2.

[0040] Das erste Zahnrad 2 ist bei dieser Ausführungsvariante nach Fig. 3 wieder, wie bei den anderen Ausführungsvarianten auch, drehfest mit der Welle 3 verbunden. Nur der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass auch das zweite Zahnrad 4 drehfest mit der Welle 5 (beide Fig. 1) verbunden ist.

[0041] Das erste Zahnrad 2 weist neben der Teilung in axialer Richtung auch eine Teilung in radialer Richtung auf, wodurch das erste Zahnrad 2 zur Spielfreistellung der kämmenden Stirnverzahnungen 6, 7 (beide Fig. 1) verwendet werden kann.

[0042] Durch die Teilung in radialer Richtung weist das erste Zahnrad 2 ein, insbesondere metallisches, Hauptzahnradteil 14 und ein in Umfangsrichtung relativ dazu verdrehbares, insbesondere metallisches, Zahnradteil 15 auf.

[0043] Das Hauptzahnradteil 14 weist stirnseitig einen ersten Teil der Stirnverzahnung 6 auf. Das verdrehbare Zahnradteil 15 weist stirnseitig den zweiten Teil der Stirnverzahnung 6 auf. Der zweite Teil der Stirnverzahnung 6 ist in axialer Richtung nicht fluchtend mit dem ersten Teil der Stirnverzahnung 6 des Hauptzahnradteils 14 angeordnet, wie dies in Fig. 1 strichliert dargestellt ist.

[0044] Das Hauptzahnradteil 14 weist zudem durch die Teilung in axialer Richtung das zweite Zahnradteil 9 auf, das hier für das verdrehbare Zahnradteil 15 als Nabe dient, das auf dem zweiten Zahnradteil 9 angeordnet ist.

[0045] Das verdrehbare Zahnradteil 15 ist mit zumindest einem nicht weiter dargestellten Federelement, beispielsweise einer Ω -Feder, gegen das Hauptzahnradteil 14 in Umfangsrichtung vorgespannt. Dazu können an aufeinander zu weisenden Oberflächen des Hauptzahnradteils 14 und des verdrehbaren Zahnradteils 15 entsprechende Nocken vorhanden sein, an denen sich das Federelement abstützt. Eine derartige Anordnung ist beispielsweise in Fig. 1 der AT 507 071 B1 gezeigt.

[0046] Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass es neben der Verwendung einer Ω -Feder auch andere Möglichkeiten gibt, das verdrehbare Zahnradteil 15 gegen das Hauptzahnradteil 14 vorzuspannen, wie beispielsweise mittels Elastomer-Federelementen, etc.. Das erste Zahnrad 2 ist also nicht beschränkt auf die Verwendung bzw. die Anordnung der Ω -Feder hierfür.

[0047] Das erste Zahnrad 2 weist weiter das erste Zahnradteil 8 und das elastische bzw. elastomere Verbindungselement 10 auf, wie dies bereits zur Ausführungsvariante des ersten Zahnrades 2 nach gemäß Fig. 2 beschrieben wurde. Es sei daher zu den entsprechenden Ausführungen zur Fig. 2 verwiesen.

[0048] Wie aus Fig. 3 ersichtlich und bereits voranstehend erwähnt, kann das Verbindungselement 10 in axialer Richtung eine größere Breite aufweisen als die beiden Zahnradteile 8, 9, sodass es beidseitig über diese vorragt. Die Endbereiche des Verbindungselements 10 können weiter einen größeren Durchmesser aufweisen, als ein Mittenbereich des Verbindungselements 10, sodass die Anlagenflächen des Verbindungselements 10 für beiden Zahnradteile 8, 9 zumindest annähernd u-förmig ausgebildet sind, wie dies in Fig. 3 dargestellt ist. Das Verbindungselement 10 kann insgesamt einen H-förmigen Querschnitt aufweisen. Verbindungselement 10 kann also zumindest eines der, insbesondere beide, Zahnradteile 8, 9 im jeweiligen Anlagebereich bereichsweise überdeckend angeordnet sein.

[0049] Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass sich das Verbindungselement 10 in axialer Richtung bevorzugt (bei allen Ausführungsvarianten des Zahnradtriebes 1) zumindest über die gesamte Breite des ersten und/oder zweiten Zahnradteils 8, 9, in gleicher Richtung betrachtet, erstreckt, insbesondere durchgehend erstreckt, wie dies ebenfalls aus Fig. 3 ersichtlich ist. Vorzugsweise weist das Verbindungselement 10 zumindest die Breite auf, die der Breite jenes dieser Zahnradteile 8, 9 entspricht, das die größte Breite in gleicher Richtung betrachtet aufweist.

[0050] Mit dieser Ausführung der zur Spielfreistellung der kämmenden Zahnräder 2, 4 des Zahnradtriebes 1 können Achstoleranzen im Bereich von -0,5mm bis 0,5 mm ausgeglichen werden.

[0051] Nach einer Ausführungsvariante ersten Zahnrades 2 kann vorgesehen sein, dass axial äußere Kanten des ersten und/oder zweiten Zahnradteils 8, 9, d.h. die Kanten im Übergangsbereich von einer radialen Fläche zu axialen Stirnflächen, mit einer Rundung versehen sind, um damit eine bessere Verbindung mit dem Verbindungselement 10 zu erreichen. Insbesondere kann damit besser verhindert werden, dass das Verbindungselement 10 in diesen Übergangsbereichen unter Belastung abreißt.

[0052] Der Radius der Rundung(en) kann ausgewählt sein aus einem Bereich von 0,1 mm bis 2 mm, insbesondere aus einem Bereich von 0,4 mm bis 1,5 mm.

[0053] In Fig. 4 ist eine weitere Ausführungsvariante des Zahnradtriebes 1 schematisch dargestellt. Der Zahnradtrieb 1 umfasst die erste Welle 3, insbesondere die Kurbelwelle, auf der das erste Zahnrad 2 drehfest angeordnet ist. Der Zahnradtrieb 1 umfasst weiter die zweite Welle 5, insbesondere die Massenausgleichswelle, auf der das zweite Zahnrad 4 drehfest angeordnet ist.

[0054] In der dargestellten Ausführungsvariante des Zahnradtriebes 1 sind zwei Massenausgleichswellen mit jeweils einem zweiten Zahnrad 5 angeordnet. Es kann aber auch nur eine Massenausgleichswelle bzw. eine zweite Welle 5 mit dem zweiten Zahnrad 4 vorgesehen sein. Ein Zahnrad oder beide zweite Zahnräder kann/können entsprechend der Erfindung ausgebildet sein. Es können also sämtliche in Fig. 4 dargestellte und miteinander kämmenden Zahnräder entsprechend der Erfindung geteilt ausgeführt sein.

[0055] Für den Fall von zwei zweiten Wellen 5, insbesondere Massenausgleichswellen, kann vorgesehen sein, dass das erste Zahnrad 2 und eines der zweiten Zahnräder 4 direkt miteinander kämmen. In diesem Fall können diese beiden Zahnräder 2, 4 entsprechend den voranstehend beschriebenen Ausführungsvarianten ausgebildet sein. Das zweite Zahnrad 4 kann dabei jedoch auch als herkömmliches ungeteiltes Zahnrad ausgeführt sein.

[0056] Im rechten Teil des Zahnradtriebes 1 nach Fig. 4 ist eine Ausführungsvariante dargestellt, bei der zwischen dem ersten Zahnrad 2 und dem zweiten Zahnrad 4 ein drittes Zahnrad 16, ein sogenanntes Zwischenrad, angeordnet ist. Die Verzahnung des dritten Zahnrades 16 steht im kämmenden Eingriff mit den Stirnverzahnungen 6, 7 des ersten und zweiten Zahnrades 2, 4. Anders als das erste Zahnrad 2 und das zweite Zahnrad 4 ist das dritte Zahnrad 16 nicht auf einer Welle angeordnet sondern auf einer Achse 17 über ein Lager 18, beispielsweise ein Wälzlager, gelagert. Die Achse 18 ist beispielsweise drehfest mit einem Motorblock 19 verbunden.

[0057] Das dritte Zahnrad 16 ist durch eine Zahnradanordnung gebildet, die besser aus Fig. 5 zu ersehen ist, die einen Ausschnitt aus einer Ausführungsvariante des dritten Zahnrades 16 im Querschnitt zeigt.

[0058] Das dritte Zahnrad 16 umfasst ein Festrad 20 (bzw. erstes Zahnradteil) und ein Losrad 21 (bzw. zweites Zahnradteil). Das Festrad 20 ist über das Lager 18 auf der Achse 17 gelagert. Vorzugsweise weist das Festrad 20 einen in radialer Richtung nach außen an das Lager 18 anschließenden Nabenteil 22 auf, auf dem das Losrad 21 drehbeweglich angeordnet ist.

[0059] Das Festrad 20 weist an seinem radial äußeren Umfang eine erste Stirnverzahnung 23 auf. Das Losrad 21 weist an seinem äußeren Umfang eine zweite Stirnverzahnung 24 auf. Die erste Stirnverzahnung 23 des Festrades 20 und die zweite Stirnverzahnung 24 des Losrades 21 sind bevorzugt zumindest annähernd, insbesondere genau, auf gleicher radialer Höhe angeordnet bzw. ausgebildet, wie dies aus Fig. 5 zu ersehen ist. Das dritte Zahnrad 16 des Zahnradtriebes 1 ist also durch ein geteiltes Zahnrad gebildet.

[0060] Das Festrad 20 weist eine erste axiale Stirnfläche 25 auf. Das Losrad 14 weist eine zweite axiale Stirnfläche 26 auf. Im zusammengebauten Zustand des dritten Zahnrades 16 sind

die erste axiale Stirnfläche 25 des Festrades 20 und die zweite axiale Stirnfläche 26 des Losrades 21 benachbart zueinander angeordnet.

[0061] Vorzugsweise ist die erste axiale Stirnfläche 25 des Festrades 20 in einer, insbesondere kreisringförmigen, und vorzugsweise nutförmigen, Ausnehmung 27, des Festrades 20 ausgebildet. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass alternativ oder zusätzlich dazu die zweite axiale Stirnfläche 26 des Losrades 21 in einer Ausnehmung des Losrades 21 (in Fig. 5 nicht dargestellt) ausgebildet ist.

[0062] Selbstverständlich besteht auch die Möglichkeit der Ausbildung des Festrades 20 und/oder des Losrades 21 ohne derartige Ausnehmungen 27, wie dies in Fig. 5 für das Losrad 21 dargestellt ist.

[0063] Zwischen der ersten axialen Stirnfläche 25 des Festrades 20 und der zweiten axialen Stirnfläche 26 des Losrades 21 ist zumindest ein elastisches bzw. elastomere Verbindungselement 28 angeordnet. Über dieses elastische Verbindungselement 28 wird das Festrade 20 mit dem Losrad 21 verbunden. Das elastische Verbindungselement 28 ist dazu einerseits mit der ersten axialen Stirnfläche 25 des Festrades 20 und andererseits mit der zweiten axialen Stirnfläche 26 des Losrades 21 verbunden.

[0064] Hinsichtlich des elastischen Verbindungselementes 28 (Werkstoff, Anbindung an die weiteren Bauteile, etc.) sei auf die voranstehenden Ausführungen zum elastischen Verbindungselement 10 des ersten Zahnrades 2 verwiesen.

[0065] Zur Verbesserung der Haftung des zumindest einen elastischen Verbindungselementes 28 kann in der ersten axialen Stirnfläche 25 des Festrades 20 und/oder in der zweiten axialen Stirnfläche 26 des Losrades 21 zumindest eine nutförmige Ausnehmung 29 ausgebildet sein, wie dies in Fig. 5 strichliert dargestellt ist. Diese nutförmige Ausnehmung 29 kann nur in diskreten Bereichen, das heißt nicht vollumfänglich oder als kreisringförmig ausgebildet sein. Vorzugsweise weist diese zumindest eine nutförmige Ausnehmung 29 eine Hinterschneidung auf. Beispielsweise weist sie einen schwalbenschwanzförmigen Querschnitt auf, in Richtung senkrecht auf die Axialrichtung des dritten Zahnrades 16 betrachtet.

[0066] Wie bereits erwähnt, ist zumindest ein elastisches Verbindungselement 28 angeordnet. Vorzugsweise ist dieses ringförmig bzw. scheibenförmig ausgebildet, sodass es auch als Scheibenfeder - zum Unterschied zu voranstehend genannter Hülsenfeder - bezeichnet werden kann. Es ist aber auch möglich, dass mehrere elastische Verbindungselemente 28 vorgesehen werden, die sich nur über einen Teilbereich des Umfangs des dritten Zahnrades 16 erstrecken. In diesem Fall sind die mehreren elastischen Verbindungselemente 28 vorzugsweise mit gleichem Abstand zueinander über den Umfang des dritten Zahnrades 16 verteilt angeordnet.

[0067] Das Festrade 20 kann gegen das Losrad 21 vorgespannt sein. Es wird damit erreicht, dass die erste Stirnverzahnung 23 des Festrades 20 in Umfangsrichtung der Zahnradanordnung 12 zur zweiten Stirnverzahnung 24 des Losrades 21 um einen bestimmten bzw. vorbestimmbaren Winkelbetrag versetzt bzw. verdreht ist. Dadurch wird ein spielfreier Eingriff in die Stirnverzahnung 6 eines ersten Zahnrades 2 und/oder die Stirnverzahnung 7 des zweiten Zahnrades 4 des Zahnradtriebes 1 (Fig. 4), möglich. Hergestellt kann das werden, indem das Losrad 21 vor dem Einbau bzw. dem Vulkanisieren des zumindest einen elastischen Verbindungselementes 28 in Umfangsrichtung relativ zum Festrade 20 verdreht wird und in dieser Stellung mit einem Stift oder dergleichen fixiert wird, der nach dem Einbau des dritten Zahnrades 16 in einen oder den Zahnradtrieb 1 wieder entfernt wird.

[0068] Nach einer weiteren Ausführungsvariante kann vorgesehen werden, dass das elastische Verbindungselement 28 in Richtung auf die erste axiale Stirnfläche 25 des Festrades 20 und/oder in Richtung auf die zweite axiale Stirnfläche 26 des Losrades 21 einen sich erweiternden Querschnitt aufweist, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist. Ein Mittenbereich 30 des elastischen Verbindungselementes 28 kann also den kleinsten Querschnitt aufweisen.

[0069] Nach einer Ausführungsvariante des Zahnradtriebes 1 kann vorgesehen werden, dass

das Festrad 20 gegen das zweite Zahnrad 4 der Welle 5 und das Losrad 21 gegen das erste Zahnrad 2 der Welle 3 des Zahnradtriebes 1 angestellt sind.

[0070] Nach einer weiteren Ausführungsvariante des Zahnradtriebes 1 kann vorgesehen sein, dass das Verbindungselement des ersten Zahnrades eine höhere Steifigkeit aufweist als das Verbindungselement des zweiten Zahnrades.

[0071] Es ist vorgesehen, dass die Torsionssteifigkeit des ersten Zahnrades so hoch ist, dass die Systemfrequenz zumindest annähernd gleich der ersten Torsionseigenfrequenz der ersten Welle ist.

[0072] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus des Zahnradtriebes 1 dieser bzw. dessen Bestandteile nicht zwingend maßstäblich dargestellt sind.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Zahnradtrieb
- 2 Zahnrad
- 3 Welle
- 4 Zahnrad
- 5 Welle
- 6 Stirnverzahnung
- 7 Stirnverzahnung
- 8 Zahnradteil
- 9 Zahnradteil
- 10 Verbindungselement
- 11 Zahnradteil
- 12 Zahnradteil
- 13 Verbindungselement
- 14 Hauptzahnrad
- 15 Zahnradteil
- 16 Zahnrad
- 17 Achse
- 18 Lager
- 19 Motorblock
- 20 Festrad
- 21 Losrad
- 22 Nabenteil
- 23 Stirnverzahnung
- 24 Stirnverzahnung
- 25 Stirnfläche
- 26 Stirnfläche
- 27 Ausnehmung
- 28 Verbindungselement
- 29 Ausnehmung
- 30 Mittenbereich

Patentansprüche

1. Zahnradtrieb (1) umfassend eine erste Welle (3), insbesondere eine Kurbelwelle, mit einem ersten Zahnrad (2), und eine zweite Welle (5), insbesondere eine Massenausgleichswelle, mit einem mit dem ersten Zahnrad (2) in kämmenden Eingriff stehendem zweiten Zahnrad (4), wobei das erste Zahnrad (2) als geteilte Zahnradanordnung ausgebildet ist, umfassend ein erstes Zahnradteil (8) und ein zweites Zahnradteil (9), wobei das erste Zahnradteil (8) mit dem zweiten Zahnradteil (9) über zumindest ein elastisches Verbindungselement (10) verbunden ist, und auch das zweite Zahnrad (4) als geteilte Zahnradanordnung ausgebildet ist, umfassend ein erstes Zahnradteil (11) und ein zweites Zahnradteil (12), wobei das erste Zahnradteil (11) mit dem zweiten Zahnradteil (12) über zumindest ein elastisches Verbindungselement (13) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Torsionssteifigkeit des ersten Zahnrades (2) so hoch ist, dass die Systemfrequenz zumindest annähernd gleich der ersten Torsionseigenfrequenz der ersten Welle (3) ist.
2. Zahnradtrieb (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem ersten Zahnrad (2) und dem zweiten Zahnrad (4) ein drittes Zahnrad (16) angeordnet ist, das in kämmenden Eingriff mit dem ersten und dem zweiten Zahnrad (2, 4) steht.
3. Zahnradtrieb (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das dritte Zahnrad (16) als geteilte Zahnradanordnung ausgebildet ist, umfassend ein erstes Zahnradteil und ein zweites Zahnradteil, wobei das erste Zahnradteil mit dem zweiten Zahnradteil über zumindest ein elastisches Verbindungselement (28) verbunden ist.
4. Zahnradtrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verbindungselement (10) des ersten Zahnrades (2) eine höhere Steifigkeit aufweist als das Verbindungselement (13) des zweiten Zahnrades (4).

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Fig.1

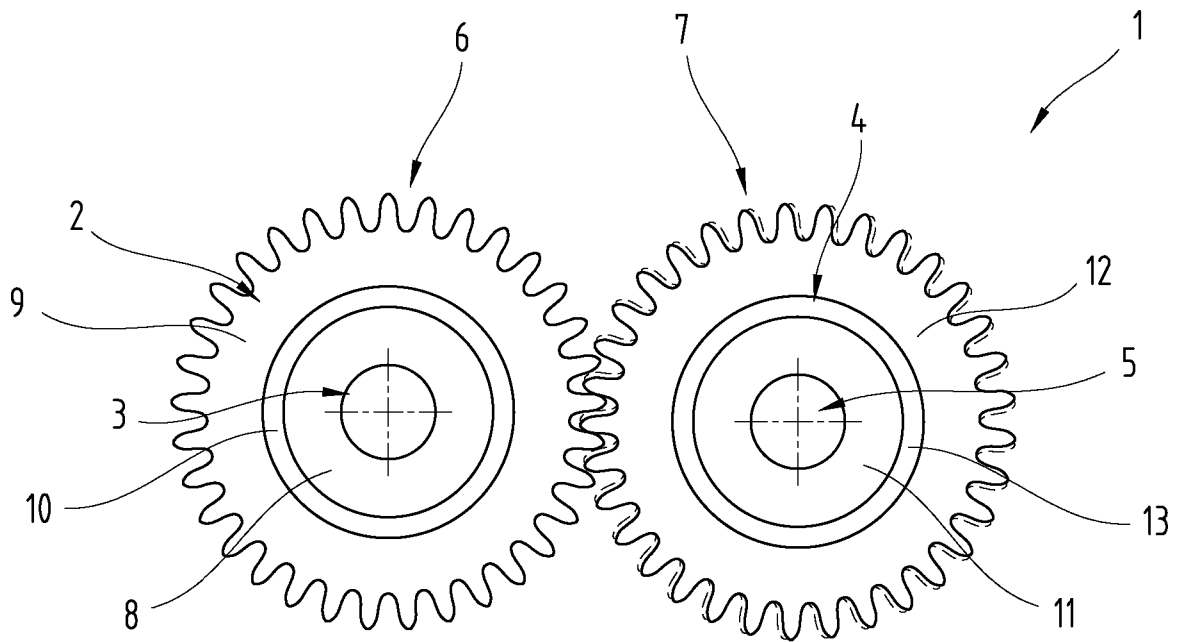


Fig.2

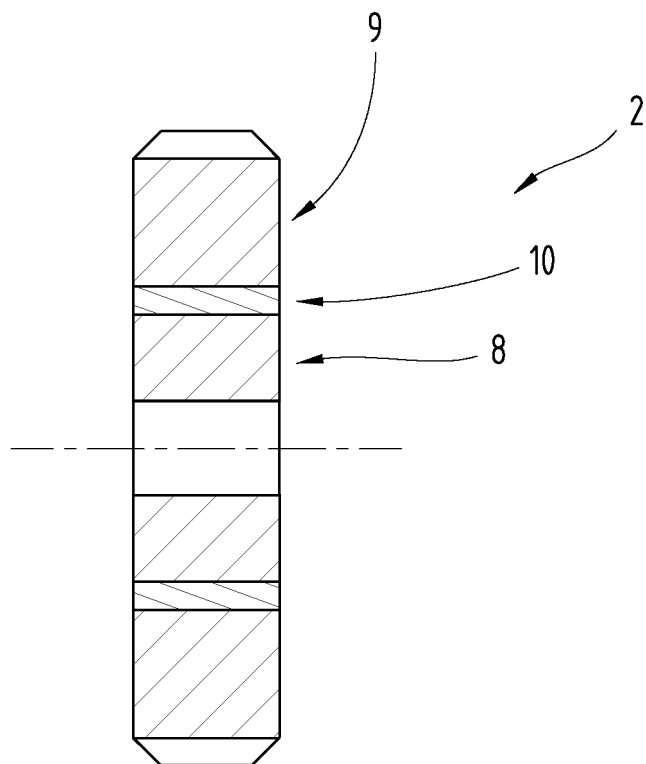


Fig.3

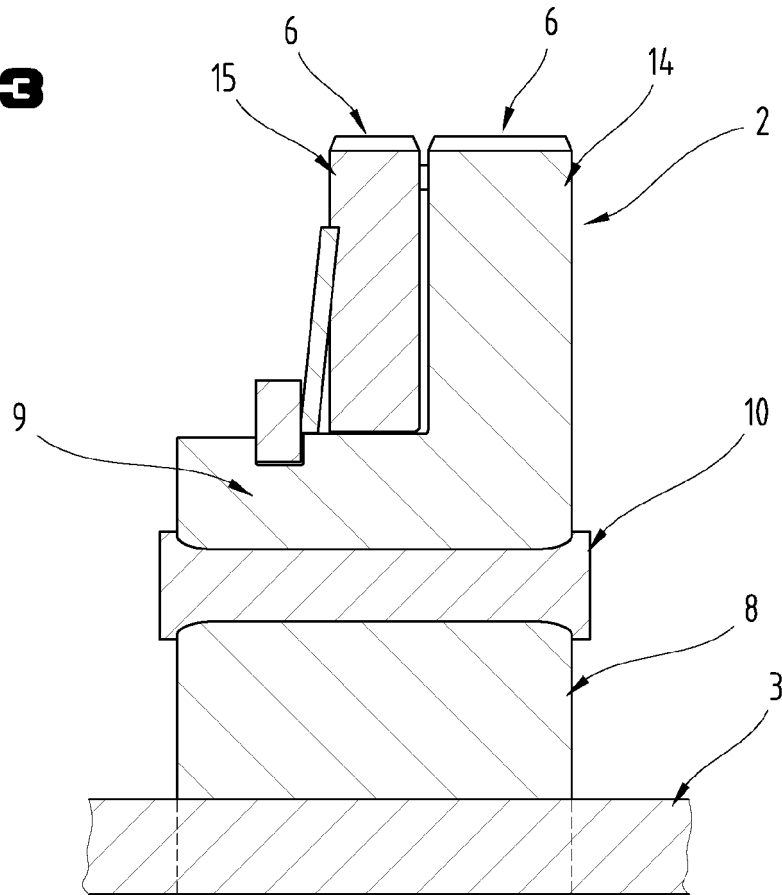


Fig.4

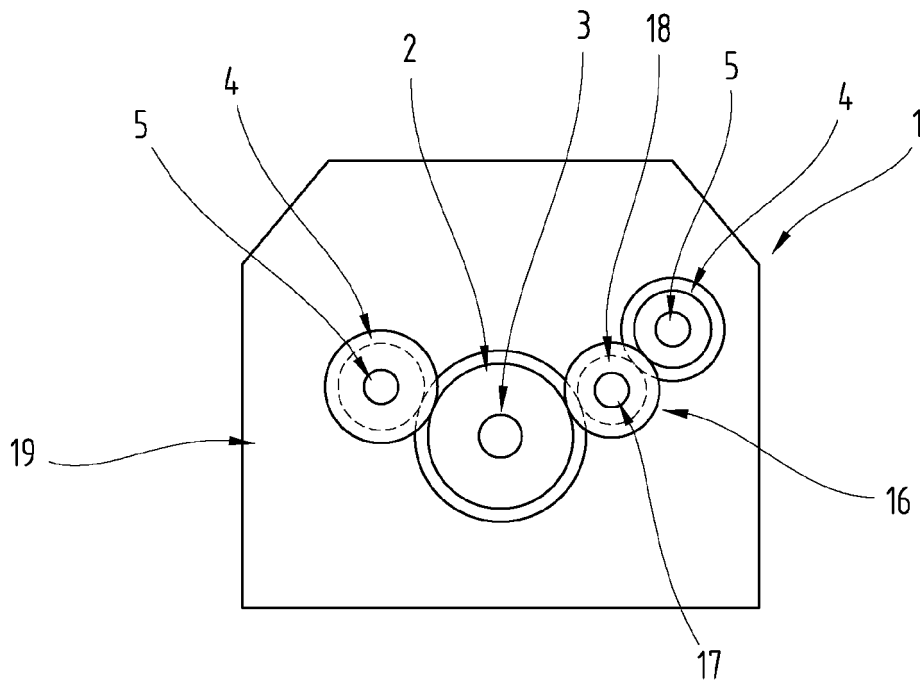


Fig.5

