

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 792/2009**

(51) Int. Cl.⁸: **F16H 55/17** (2006.01)

(22) Anmeldetag: **20.05.2009**

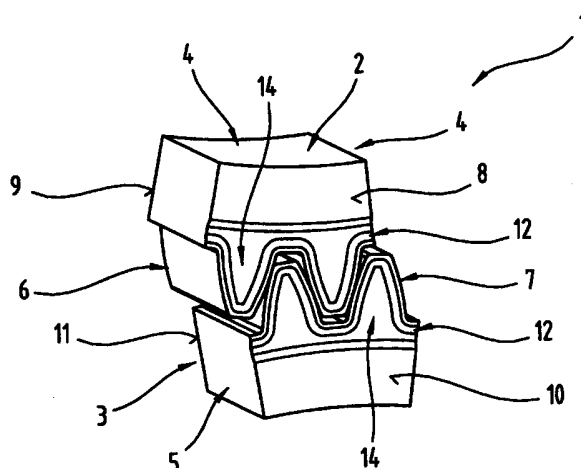
(43) Veröffentlicht am: **15.12.2010**

(73) Patentinhaber:

**MIBA SINTER AUSTRIA GMBH
A-4663 LAAKIRCHEN (AT)**

(54) **ZAHNRAD**

(57) Die Erfindung betrifft ein Stirnzahnrad mit einem Zahnradkörper (4, 5) aus einem Sinterwerkstoff, der einen Umfang aufweist, über den verteilt in radialer Richtung vorstehend Zähne (6, 7) angeordnet sind, und der in axialer Richtung von zwei Endflächen (8, 9, 10, 11) begrenzt ist. Auf zumindest einer Endfläche (8, 9, 10, 11) im Bereich der Zähne (6, 7) und/oder in radialer Richtung unterhalb der Zähne (6, 7) ist zumindest ein Formelement (12) in Form einer Ausnehmung (13) und/einer Erhebung (14) und/oder eines verdichteten Bereichs angeordnet.



005 187

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Stirnzahnrad mit einem Zahnradkörper (4, 5) aus einem Sinterwerkstoff, der einen Umfang aufweist, über den verteilt in radialer Richtung vorstehend Zähne (6, 7) angeordnet sind, und der in axialer Richtung von zwei Endflächen (8, 9, 10, 11) begrenzt ist. Auf zumindest einer Endfläche (8, 9, 10, 11) im Bereich der Zähne (6, 7) und/oder in radialer Richtung unterhalb der Zähne (6, 7) ist zumindest ein Formelement (12) in Form einer Ausnehmung (13) und/einer Erhebung (14) und/oder eines verdichteten Bereichs angeordnet.

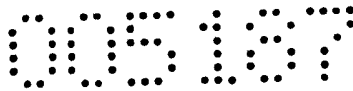
Fig. 1

Die Erfindung betrifft ein Stirnzahnrad mit einem Zahnradkörper aus einem Sinterwerkstoff, der einen Umfang aufweist, über den verteilt in radialer Richtung vorstehend Zähne angeordnet sind, und der in axialer Richtung von zwei Endflächen begrenzt ist, sowie einen Zahnradantrieb mit zumindest zwei miteinander kämmenden Zahnrädern oder mit zumindest zwei Zahnrädern die über ein Zugmittel mit einander wirkverbunden sind.

Zahnräder aus Sinterwerkstoffen haben gegenüber Zahnrädern aus Vollwerkstoffen den Vorteil, dass sie auch in komplexeren Geometrien einfacher gefertigt werden können und somit kostengünstiger herstellbar sind. Aus diesem Grund werden Sinterzahnräder z.B. in modernen Getrieben vermehrt eingesetzt. Naturgemäß haben jedoch derartige Sinterwerkstoffe gegenüber Vollmaterialien den Nachteil, dass die einzelnen Sinterpartikel, also das Sinterpulver, mit vertretbarem Aufwand nur auf eine bestimmte Dichte verdichtet werden können, die normalerweise unterhalb der Volldichte des Materials liegt. Damit einhergehend ist, dass die mechanische Festigkeit im Vergleich zu Zahnrädern aus Vollmaterial geringer ist. Um dies zu vermeiden ist es heute üblich, dass die Zähne von Stirnzahnrädern einer Nachbehandlung unterzogen werden, beispielsweise einer nachträglichen Verdichtung durch Rollverfahren, etc., wobei je nach Festigkeitsanforderungen die Zahnköpfe und/oder die Zahnflanken und/oder die Zahnfußbereiche zusätzlich verdichtet werden. Auch Oberflächenbehandlungen, wie zum Beispiel das Härten, das Anlassen, etc., sind übliche Verfahren. Bei der mechanischen nachträglichen Verdichtung erfolgt die Beaufschlagung des Sinterzahnrades durch Druckbeanspruchung in radialer Richtung.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es die Aufgabe der Erfindung, das Tragbild eines Stirnzahnrades aus einem Sinterwerkstoff zu verbessern.

Unter Tragbild des Stirnzahnrades werden im Sinne der Erfindung einerseits die mechanische Festigkeit derartiger Stirnzahnräder und andererseits auch die Geräuschentwicklung beim Betrieb des Stirnzahnrades verstanden.



Diese Aufgabe der Erfindung wird einerseits durch das Stirnzahnrad gelöst, bei dem auf zumindest eine Endfläche im Bereich der Zähne und/oder in radialer Richtung unterhalb der Zähne zumindest ein Formelement in Form einer Ausnehmung und/oder einer Erhebung und/oder eines verdichteten Bereichs angeordnet ist, sowie durch den eingangs genannten Zahnradantrieb, bei dem zumindest eines der Zahnräder entsprechend der Erfindung ausgebildet ist.

Die Erfindung zielt also auf eine spezielle Formgebung der bei Stirnzahnradern nach dem Stand der Technik üblicherweise als Planflächen ausgebildeten Endflächen des Stirnzahnrades ab. Mit spezieller Formgebung ist im Sinne der Erfindung auch gemeint, dass diese Endflächen nicht zwingenderweise eine Erhöhung oder Vertiefung aufweisen müssen, also diese Endflächen auch als Planflächen ausgebildet sind, wobei jedoch an diesen Endflächen verdichtete Bereiche hergestellt werden, die ebenflächig mit dem Rest der Endflächen abschließen. Allerdings schließen diese verdichteten Bereiche bei der Erfindung nicht unmittelbar an den Fußkreis der Verzahnung des Stirnzahnrades an, sondern sind von diesem beabstandet angeordnet.

Üblicherweise wurden diese Endflächen in der Zahnradbearbeitung zur Erhöhung der mechanischen Festigkeit von Sinterzahnradern bislang nicht beachtet, da die Beanspruchung der Zahnräder normalerweise in radialer bzw. tangentialer Richtung erfolgt. Es hat sich jedoch überraschend herausgestellt, dass mit den erfindungsgemäßen Stirnzahnradern höhere Zahnfußfestigkeiten erreicht werden können. Normalerweise gehen Risse im Bereich des Zahnfußes von der so genannten 30 ° Tangente aus. Eine Verstärkung dieses Bereiches bringt Vorteile bei der an die Gestaltung der Endflächen anschließenden Wärmebehandlung. Es kann durch diese Formelemente eine Änderung des Steifigkeitsverhaltens des Zahnradkörpers, insbesondere der Verzahnung, bewirkt werden, wodurch einerseits die Geräuschbildung, beispielsweise bei kämmenden Zahnrädern, und andererseits das mechanische Tragbild, das heißt die mechanische Festigkeit des Zahnradkörpers, insbesondere im Bereich der Verzahnung verbessert werden. Ebenso konnte eine verbesserte Beölung des Stirnzahnrades beobachtet werden. Weiters ist es dabei von Vorteil, dass die Formelemente auf den jeweiligen Sinterwerkstoff abgestimmt werden können. Durch die Ausbildung von Negativformen, also von vertieften Bereichen, in den Endflächen kann das Tragbild insofern verbessert werden, als der Randbereich der Verzahnung „weicher“ gestaltet werden kann, sodass sich in der Folge bei Belastung die Kanten besser verformen können und damit Kantenträger besser vermieden werden können.

Gemäß einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass sich das oder die Formelement(e) in radialer Richtung maximal bis in einen Bereich unterhalb des Fußkreises der Zähne erstreckt/erstrecken von 35 % des maximalen Durchmessers des Zahnradkörpers, also jenes Durchmessers zwischen einander gegenüberliegenden Zahnköpfen. Es könnte damit eine Verbesserung des Tragbildes erreicht werden, indem die Randbereiche weicher ausgestaltet werden können und sich damit bei Belastung besser verformen.

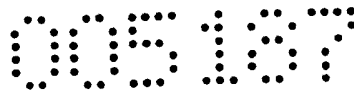
In Abwandlungen dazu ist vorgesehen, dass sich das oder die Formelement(e) in radialer Richtung maximal bis in einen Bereich unterhalb des Fußkreises der Zähne erstreckt/erstrecken von 30 % des maximalen Durchmessers des Zahnradkörpers, bzw. dass sich das oder die Formelement(e) in radialer Richtung maximal bis in einen Bereich unterhalb des Fußkreises der Zähne erstreckt/erstrecken von 25 % des maximalen Durchmessers des Zahnradkörpers.

Es sei jedoch angemerkt, dass es im Rahmen der Erfindung auch möglich ist, dass sich das oder die Formelement(e) in radialer Richtung bis in den Nabenbereich erstrecken.

Das Formelement kann sich entlang der Außenkontur der Endfläche erstrecken. Beispielsweise ist es also möglich, ein einziges Formelement an der Endfläche bzw. den Endflächen auszubilden, welches auch der Außenkontur der Verzahnung erfolgt. Durch diese symmetrische Anordnung des Formelementes konnten Verbesserungen des Tragbildes des Stirnzahnrades sowohl im Zahnkopf als auch im Zahnfuß und in den Zahnflankenbereich beobachtet werden.

Insbesondere von Vorteil ist es, wenn das Formelement sich zumindest über 5 % des Flächenanteils der Zähne an der Endfläche erstreckt. Ein geringerer Flächenanteil des Formelementes an der Gesamtfläche der Zähne bewirkt zwar ebenfalls eine Verbesserung des Tragbildes, jedoch konnte ab einem Flächenanteil von 5 % ein deutlicher Anstieg in der mechanischen Festigkeit und/oder eine Verringerung des Geräuschpegels beobachtet werden.

In besonderen Ausführungsvarianten dazu ist vorgesehen, dass sich das Formelement zumindest über 10 % des Flächenanteils der Zähne an der Endfläche erstreckt bzw. dass sich das Formelement sich zumindest über 30 % des Flächenanteils der Zähne an der Endfläche erstreckt.



Die Formelemente können sich beginnend zumindest annähernd vom Zahnkopfkreis in radialer Richtung nach innen erstrecken, wodurch insbesondere bei positiven Formelementen eine bessere Beölung der Verzahnung erreicht werden kann und bei Negativformelementen, also Vertiefungen, eine weitere Reduktion der Kantenträgerbildung erreicht werden konnte. Auch in der Ausführung mit den verdichteten Bereichen im Bereich des Zahnes, das heißt den Seitenflächen der Verzahnung, konnte eine entsprechende Verbesserung der Festigkeit festgestellt werden.

Es ist aber andererseits auch möglich, dass sich die Formelemente beginnend zumindest annähernd vom Zahnfußkreis in radialer Richtung nach innen erstrecken, also entweder die Zähne selbst keine Formelemente aufweisen oder diese Formelemente unterhalb des Zahnfußkreises zusätzlich zu den Formelementen im Bereich der Endflächen der Zähne angeordnet sind. Insbesondere in der Ausbildung der Formelemente als Erhebungen konnte eine weitere Verbesserung der Beölung der Verzahnung erreicht werden, wenn unterhalb des Zahnfußkreises derartige Formelemente angeordnet sind.

Gemäß einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass sich die Formelemente zusätzlich an den Zahnköpfen und/oder Zahnfüßen in axialer Richtung erstrecken, also sich diese Formelemente nach einer Richtungsänderung im Bereich der Verzahnung, das heißt der Zähne, fortpflanzen bzw. können bei dieser Ausführungsvariante die Formelemente im Bereich der Zähne soweit fortgesetzt werden, dass Formelemente an einander gegenüberliegenden Bereichen der einander gegenüberliegenden Endflächen des Stirnzahnrades durch die Formelemente im Zahnbereich selbst miteinander verbunden werden. Beispielsweise kann durch die Ausbildung einer Vertiefung, die sich über den Zahnkopf und/oder den Zahnfuß, beginnend von den Endflächen, erstreckt, die Zähne „weicher“ eingestellt werden, sodass diese bei Belastung nachgiebiger ausgeführt sind. Durch diese Nachgiebigkeit können wiederum Kantenträger besser ausgeschlossen werden, sodass das Tragbild der Verzahnung insgesamt verbessert werden kann.

Es ist weiters gemäß einer Ausführungsvariante vorgesehen, dass der verdichtete Bereich zumindest im Bereich der Endfläche eine Dichte von mindestens $7,2 \text{ g/cm}^3$ um das Tragbild zu verbessern.

Dabei kann der verdichtete Bereich zumindest im Bereich der Endfläche auch eine Dichte von mindestens $7,3 \text{ g/cm}^3$ bzw. von mindestens $7,4 \text{ g/cm}^3$ aufweisen.

Wie bereits erwähnt ist es nicht zwingend erforderlich, dass die Formelemente erhaben oder vertieft ausgeführt sein müssen, sondern können verdichtete Bereiche ebenflächig mit der Endfläche ausgebildet sein. Es wird mit dieser Ausführungsvariante erreicht, dass die Planflächen nach wie vor als solche ausgebildet sein können, wobei trotzdem über die verdichteten Bereiche, das heißt diese Formelemente, eine Verbesserung der mechanischen Festigkeit erreicht werden kann.

Weiters positiv auf das Tragbild wirkt sich gemäß einer Ausführungsvariante aus, wenn eine Kontur des Formelementes mit Rundungen zumindest im Bereich eines Richtungswechsel der Konturlinie des Formelementes versehen ist, also diese Formelemente im Bereich deren Außenkontur keine scharfkantigen Übergänge aufweisen. Einerseits werden dabei Verbesserungen im Hinblick auf die Formgebung der Formelemente selbst erreicht, insbesondere auf die Entformung der Stempel des Presswerkzeuges, da damit eine geringere Gefahr besteht, dass Kantenbereiche der Formelemente abbrechen, andererseits haben sich derartige Ausgestaltungen der Erfindung im Betrieb des Stirnzahnrades als vorteilhaft erwiesen.

Wie bereits erwähnt, ist es möglich, dass das Formelement eine Kontur aufweist, die zumindest annähernd der Kontur des Zahnes entspricht, sodass also der Zahn selbst wiederum im Bereich der Endflächen eine verbesserte mechanische Belastbarkeit bzw. eine bessere Verformbarkeit bei Belastung, je nach Ausgestaltung der Formelemente, aufweisen kann.

In einer Weiterbildung dieser Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass das bzw. die Formelement(e) in axialer Richtung einen pilzförmigen Querschnitt aufweisen, wobei der „Pilzkopf“ sich in radialer Richtung nach innen über den Fußkreis hinweg erstrecken kann, sodass also über die Zahnfußbereiche eine Verbesserung hinsichtlich der mechanischen Festigkeit und/oder der Beölung der Verzahnung erreicht werden kann.

Es ist aber auch möglich, dass in einfachen Ausführungsvarianten das bzw. die Formelement(e) annähernd einen in axialer Richtung betrachtet kreisförmigen oder ovalen Querschnitt aufweisen, wodurch die Presstempelgestaltung einfacher wird und damit das Verfahren zur Herstellung dieser Sinterzahnräder kostengünstiger durchgeführt werden kann.

Es ist weiters von Vorteil, wenn ein Übergang zwischen dem oder den Formelement(en) und der Endfläche abgeschrägt oder gerundet ausgeführt ist, sodass also auch in diesem Bereich keine scharfkantigen Übergänge zwischen Endfläche und Formelement vorhan-

den sind. Diese Ausführungsvariante der Erfindung hat sich im Betrieb der Stirnzahnräder in einem Zahnradantrieb als vorteilhaft erwiesen. Zudem kann mit dieser Ausführungsvariante eine abrupte Eigenschaftsänderung vom Übergang der Formelemente in den Bereich der planflächig ausgebildeten Endflächen vermieden werden, sodass sich also je nach Anwendungsfall das Tragbild kontinuierlich oder entsprechend einer anderen Kurve verändern lässt, beispielsweise in Form einer Exponentialfunktion, etc.

Die Aufgabe der Erfindung wird eigenständig auch durch ein Stirnzahnrad gelöst bei dem die Verzahnung ungleichförmig ausgebildet ist. Überraschenderweise wurde gefunden, dass die Geräuschreduzierung auch mit derartigen Ungleichförmigkeiten erreicht werden kann. Überraschend deswegen, da die Zähne eines Zahnrades üblicherweise möglichst genau und gleichförmig für diesen Zweck der Geräuschminimierung geschliffen werden. Versuche haben allerdings gezeigt, dass eine geometrisch „schlechte“ Verzahnung leiser sein kann als eine geometrisch „gute“ Verzahnung. Durch die ungleichförmige Verzahnung kann die Energie während des Eingriffes der Zähne in die Verzahnung eines anderen Zahnrades auf mehrere Frequenzen verteilt werden, sodass die Anregung einer bestimmten Frequenz nicht mehr so stark ausgeprägt ist, insbesondere wird damit die Anregung der Harmonischen der Zahneingriffsfrequenz vermindert, wodurch das Zahnradgeräusch an sich leiser empfunden wird.

Zur Herstellung der Ungleichförmigkeit kann die Zahngeometrie und/oder Zahnfestigkeit zumindest einzelner Zähne beeinflusst werden, sodass die Zahngeometrie und/oder Zahnfestigkeit zumindest einzelner Zähne abweicht von der Zahngeometrie und/oder der Zahnfestigkeit der restlichen Zähne. Insbesondere bei der Verwendung von Sinterwerkstoffen kann damit durch eine relativ einfache Gestaltung der Press- bzw. Verdichtungsformen eine kostengünstige Variante zur Herstellung der Ungleichförmigkeit der Verzahnung zur Verfügung gestellt werden. Zudem ist damit eine einfache Anpassung an das gewünschte Geräuschverhalten des Zahnrades erzielbar.

Es ist aber auch möglich, dass zumindest einzelne der Zahnluckentiefen größer oder kleiner sind als die Zahnluckentiefen der restlichen Zahnlucken, wodurch ebenfalls eine Geräuschreduktion erzielt werden kann.

Von Vorteil ist dabei, wenn eine Zahnhöhe der Zähne im Bereich zwischen 10 % und 20 % der Zahnhöhe des Zahnes mit der größten Zahnhöhe variiert. Die Beeinflussung des Frequenzverhaltens hat sich in diesem Bereich am effektivsten herausgestellt.

Es ist aber auch möglich, dass eine Zahnhöhe der Zähne im Bereich zwischen 0 % und 100 % der Zahnhöhe des Zahnes mit der größten Zahnhöhe variiert.

Bezüglich der Zahnlückentiefen wurde gefunden, dass Zahnlückentiefen die im Bereich zwischen 5 % und 15 % der Zahnlückentiefe des Zahnes mit der tiefsten Zahnücke variieren besonders vorteilhaft bzgl. der Geräuschminimierung sind.

Die Zahnlückentiefen können aber auch im Bereich zwischen 0 % und 100 % der Zahnlückentiefe des Zahnes mit der tiefsten Zahnücke variieren.

Bezüglich der Veränderung der Geometrie ist es weiters von Vorteil, wenn die Zahnbreite in Umfangsrichtung im Bereich zwischen 50 % und 100 % der Zahnbreite des Zahnes mit der größten Zahnbreite variiert. Wiederum hat sich hinsichtlich des Geräuschverhaltens dieser Bereich als vorteilhaft herausgestellt.

Die Zahnbreite in Umfangsrichtung kann dabei auch im Bereich zwischen 0 % und 100 % der Zahnbreite des Zahnes mit der größten Zahnbreite bzw. vorzugsweise im Bereich zwischen 70 % und 100 % der Zahnbreite des Zahnes mit der größten Zahnbreite variieren.

Neben der geometrischen „Ungenauigkeit“ der Verzahnung hat es sich für die Geräuschreduktion auch als vorteilhaft herausgestellt, wenn die Zahnsteifigkeit der Zähne unterschiedlich ist. Dabei kann die Zahnsteifigkeit im Bereich zwischen 50 % und 90 % der Zahnsteifigkeit des Zahnes mit der größten Zahnsteifigkeit variieren.

Die Zahnsteifigkeit kann auch im Bereich zwischen 0 % und 100 % der Zahnsteifigkeit des Zahnes mit der größten Zahnsteifigkeit variieren.

Die Geometrieabweichung der Verzahnung kann auch durch die unterschiedlich verteilte Anordnung von Zähnen, also mit unterschiedlicher Teilung über den Umfang, erhalten werden.

Die Zahnhöhe zumindest eines Zahnes kann von der Endfläche in Richtung auf die zweite Endfläche variieren, insbesondere kann der Zahnkopf des Zahnes an seiner - in radialer Richtung betrachteten - Endfläche mit einer Konizität in axialer Richtung versehen sein. Es kann damit das Tragbild insofern verändert werden, als beim Eingriff des Zahnes in die Verzahnung eines weiteren Zahnrades vorerst nur ein Punkt bzw. ein kleiner Bereich zu

tragen beginnt. Hierdurch kann der beim Eingriff in die weitere Verzahnung auftretende Eintrittstoß gemindert werden.

Dieser Effekt des verminderten Eintrittstoßes kann auch erreicht werden, wenn die Zahnbreite zumindest eines Zahnes von der Endfläche in Richtung auf die zweite Endfläche variiert, insbesondere die Zahnflanke im Bereich des Zahnkopfes mit einer Konizität in axialer Richtung versehen ist.

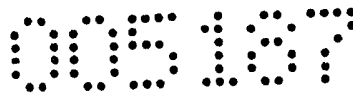
Es kann weiters vorgesehen sein, dass zumindest ein Zahn in zumindest einer seiner Zahnflanken zumindest eine Vertiefung aufweist, die sich insbesondere durchgehend von einer Endfläche bis zur zweiten Endfläche über eine Zahntiefe in axialer Richtung erstreckt. Es wird zwar damit die für die Flächenpressung zwischen den Zähnen zweier Verzahnungen zur Verfügung stehende Fläche verringert, allerdings konnte beim Übergang vom ziehenden Gleiten auf das stoßende Gleiten eine Geräuschminderung beobachtet werden. Zudem hat diese Ausführungsvariante der Erfindung eine positive Auswirkung auf die Schmierfilmbildung, insbesondere bei schnell laufenden Zahnrädern.

Die Aufgabe der Erfindung wird eigenständig auch durch ein Stirnzahnrad gelöst, bei dem der Zahnradkörper in radialer Richtung zumindest dreischichtig ausgebildet ist mit zwei Randschichten und einer Mittelschicht, wobei die Mittelschicht eine geringere Härte aufweist als die beiden Randschichten. Von Vorteil ist dabei, dass durch die beiden Randschichten einerseits die Tragfähigkeit (Außenschicht) und andererseits die Aufpressbarkeit auf eine Welle (Innenschicht) erreicht werden, wobei gleichzeitig über die Mittelschicht eine Vibrationsdämpfung erfolgen kann. Damit kann ebenfalls ein Zahnrad mit verminderter Geräuschentwicklung zur Verfügung gestellt werden.

Bevorzugt ist dabei die Mittelschicht aus einem Kunststoff gebildet. Einerseits ist damit einer guter Schichtverbund erreichbar. Andererseits sind Kunststoffe hinsichtlich ihrer Härte gut einstellbar, wodurch die Herstellbarkeit des Zahnrades vereinfacht werden kann.

Bevorzugt ist der Kunststoff ein Duroplast. Insbesondere diese Kunststoffe haben sich sowohl in der Haltbarkeit während des Betriebes des Zahnrades als auch im Dämpfungsverhalten als positiv herausgestellt.

Zur weiteren Verbesserung der Vibrationsdämpfung kann die Mittelschicht einen Wert der Schichtdicke aufweisen, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze



von 5 % und einer oberen Grenze von 700 % der Schichtdicke der radial äußersten Randschicht. Unterhalb der unteren Grenze zeigte die Mittelschicht nur eine geringfügige Verbesserung des Dämpfungsverhaltens. Oberhalb der oberen Grenze der Schichtdicke kommt es zu einem Festigkeitsabfall des Zahnrades, sodass die Gefahr eines frühzeitigen Ausfalls besteht, obwohl das Dämpfungsverhalten an sich besser wird.

Der Wert der Schichtdicke kann auch ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 10 % und einer oberen Grenze von 500 % der Schichtdicke der radial äußersten Randschicht bzw. insbesondere aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 50 % und einer oberen Grenze von 250 % der Schichtdicke der radial äußersten Randschicht.

Schließlich wird die Aufgabe der Erfindung eigenständig auch durch ein Stirnzahnrad gelöst, bei dem die Zähne eine Härte von maximal 750 HV5 aufweisen. Durch diese spezielle Ausgestaltung kann der Eintrittsstoß in ein weiteres, damit kämmendes Zahnrad verringert werden, woraus wiederum eine verminderte Geräuschentwicklung resultiert.

Die Zähne weisen insbesondere eine Härte von maximal 650 HV5 bzw. vorzugsweise eine Härte von maximal 520 HV5 auf.

Zusätzlich ist es dabei von Vorteil, wenn die Zähne eine Höhe aufweisen, deren Wert ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0 % oder 1 % und einer oberen Grenze von 50 % des maximalen Zahnradurchmessers und/oder wenn gemäß einer weiteren Ausführungsvariante die Zähne eine Breite aufweisen, deren Wert ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 % und einer oberen Grenze von 50 % des maximalen Zahnradurchmessers. Neben der „Biegeweichheit“ der Zähne kann der Eintrittsstoß weiter reduziert werden, wenn relativ hohe, schlanke Zähne am Zahnrad ausgebildet sind.

Die Zähne können insbesondere eine Höhe aufweisen, deren Wert ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 5 % und einer oberen Grenze von 40 % des maximalen Zahnradurchmessers bzw. deren Wert vorzugsweise ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 20 % und einer oberen Grenze von 30 % des maximalen Zahnradurchmessers.

Die Zähne können insbesondere eine Breite aufweisen, deren Wert ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 4 % und einer oberen Grenze von 45 % des

maximalen Zahnraddurchmessers bzw. deren Wert vorzugsweise ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 12 % und einer oberen Grenze von 29 % des maximalen Zahnraddurchmessers.

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

Es zeigen jeweils in stark schematisch vereinfachter Darstellung:

- Fig. 1 bis 4 Einen Ausschnitt aus zwei miteinander kämmenden Zahnradern in Seitenansicht, wobei an den Endflächen Formelemente als Erhebungen ausgebildet sind;
- Fig. 7 bis 9 Ausschnitte von zwei miteinander kämmenden Zahnradern im Bereich der Verzahnung in Seitenansicht mit negativ ausgeformten Formelementen;
- Fig. 10 einen Ausschnitt aus einer Verzahnung mit unterschiedlicher Geometrie der Zähne,
- Fig. 11 ein Diagramm des Geräuschverhaltens eines erfindungsgemäßen Zahnrades im Vergleich zu einem herkömmlichen Zahnrad;
- Fig. 12 ein mehrschichtiges Zahnrad;
- Fig. 13 einen Ausschnitt aus einer Verzahnung eines Zahnrades in Schrägansicht mit verschiedenen Ausführungsvarianten der Erfindung.

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 bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiters können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mit umfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mit umfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereich beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1 oder 5,5 bis 10.

In den Fig. 1 bis 9 ist jeweils ein Ausschnitt aus einem Zahnradantrieb 1 von zwei miteinander kämmenden Zahnrädern 2, 3 in Schrägansicht dargestellt. Obwohl nicht dargestellt, kann der erfindungsgemäße Zahnradantrieb 1 auch durch einen Umschlingungstrieb gebildet sein, beispielsweise einen Zahnriementrieb oder einen Kettentrieb. In diesem Fall sind naturgemäß normalerweise keine miteinander kämmenden Zahnräder 2, 3 vorgesehen.

Die Zahnräder 2, 3 sind als Stirnzahnräder ausgebildet und bestehen aus einem Sinterwerkstoff. Beispielsweise kann dieser Sinterwerkstoff durch einen Sinterstahl SK 7201 bzw. P-FL05M1 mod. gebildet sein. Dieser Sinterstahl ist lt. Norm vergütet auf 0,6 Gew.-% C. Die Norm basiert auf einem Basispulver mit 0,85 Gew.-% Mo.

Da die sintertechnische prinzipielle Herstellung derartiger Zahnräder 2, 3 aus dem Stand der Technik bekannt ist, diese also beispielsweise über den Verfahrensweg Pulvermischen, Pulverpressen, Sintern, Kalibrieren erhältlich sind, wobei gegebenenfalls Zwischenschritte und eine abschließende Nachbehandlung durch Härten etc. durchgeführt werden kann, sei hierzu auf die einschlägige Literatur verwiesen. Die jeweilige Temperaturführung sowie die weiteren Verfahrensparameter richten sich nach dem verwendeten Sinterwerkstoff.

Die Zahnräder 2, 3 weisen jeweils einen Zahnradkörper 4, 5 auf, die an ihrem Umfang mit Zähnen 6, 7 zur Ausbildung der Verzahnungen versehen sind. Die Zahnradkörper 4, 5 weisen jeweils in axialer Richtung einander gegenüberliegende Endflächen 8, 9 bzw. 10, 11 auf. Auf zumindest einer dieser Endflächen 8 bis 11 von zumindest einem Zahnrad 2,3, vorzugsweise auf beiden Endflächen 8, 9 bzw. 10, 11 der beiden Zahnräder 2, 3, ist/sind erfindungsgemäß (ein) Formelemente 12 angeordnet bzw. ausgebildet. Prinzipiell können diese Formelemente 12 negativ, neutral oder positiv ausgebildet sein, das heißt sie können in Form von Ausnehmungen 13 bzw. Vertiefungen, Erhebungen 14 oder planflächig mit den Endflächen 8 bis 11 als verdichtete Zonen bzw. Bereiche ausgebildet sein. Die Fig. 1 bis 4 zeigen dabei Ausführungsvarianten der Erfindung bei denen diese Formele-

mente 12 in Form von Erhebungen 14, die Fig. 5 bis 9 zeigen Ausführungsvarianten der Erfindungen bei denen diese Formelemente 12 in Form von Ausnehmungen 13 vorhanden sind.

Prinzipiell stellen die dargestellten bevorzugten Ausführungsvarianten der Erfindung nur einige Möglichkeiten von Anordnungen von Formelementen 12 an Zahnrädern 2, 3 im Bereich der Endflächen 8 bis 11 dar und ist die Erfindung nicht auf die dargestellten Ausführungsvarianten der Formelemente 12 beschränkt. Es besteht nämlich auch die Möglichkeit anderer Formgestaltungen dieser Formelemente 12 bzw. können an ein und demselben Zahnrad 2, 3 mehrere unterschiedliche Formelemente 12 angeordnet werden, beispielsweise in Form unterschiedlich hoher Erhebungen 14 und/oder unterschiedlich vertiefter Ausnehmungen 13 und/oder unterschiedlicher Kontur und/oder in Form von Ausnehmungen 13 und Erhebungen 14. Es ist auch möglich, dass die Endflächen 8, 9 bzw. 10, 11 der Zahnräder 2, 3 unterschiedliche Formelemente 12 tragen, beispielsweise an den Endflächen 8 und 10 Formelemente 12 in Art von Ausnehmungen 13 und an den Endflächen 9, 11 Formelemente 12 in Form von Erhebungen 14 vorgesehen sind.

Daneben besteht, wie bereits erwähnt, die Möglichkeit, die Formelemente 12 in Form von verdichteten Bereichen auszubilden, wobei sich diese verdichteten Bereiche nicht zwingenderweise über die Endflächen 8 bis 11 erheben müssen bzw. vertieft ausgebildet sein müssen, sondern planflächig mit diesen Endflächen 8 bis 11 ausgebildet sein können. Die Gestalt dieser Formelemente 12 kann jenen der in den Fig. 1 bis 9 dargestellten folgen bzw. können diese Formelemente 12 auch jede andere beliebige Gestalt aufweisen.

Bei den Ausführungsvarianten nach den Fig. 1 bis 4 sind die Formelemente 12, wie bereits erwähnt, als Erhebungen 14 ausgebildet. So zeigt Fig. 1 eine Ausführungsvariante bei der das erhabene Formelement 12 einerseits die Form der Zähne 6, 7 nachformt und daran anschließend, das heißt unterhalb des Fußkreises der Verzahnung, ein zumindest annähernd wulstförmiger Steg, der sich entlang des gesamten Fußkreises erstrecken kann, ausgebildet ist. Im Bereich der Zahnköpfe, Zahnflanken und im Bereich des Fußkreises ist also bei dieser Ausführungsvariante eine Absetzung auf der Endfläche 8, 10 ausgebildet, das heißt dass in diesen Bereichen die Endfläche 8, 10 sichtbar ist.

Die Fig. 6 zeigt hinsichtlich der Kontur der Formelemente 12 eine dazu ähnliche Ausführungsvariante der Erfindung, wobei in diesem Fall die Formelemente 12 als Vertiefungen bzw. Ausnehmungen 13 mit derselben Kontur wie in Fig. 1 dargestellt ausgebildet sind.

Auch bei dieser Ausführungsvariante ist also im Bereich der Zahnköpfe, der Zahnflanken und des Zahnfußes eine Absetzung vorhanden.

Bei der Ausführungsvariante nach Fig. 2 sind die Formelemente 12 in Draufsicht in axialer Richtung betrachtet zumindest annähernd pilzförmig ausgebildet, wobei wiederum die Kontur der Zähne 6, 7 zumindest annähernd durch die Formelemente 12 nachgebildet wird und unterhalb des Fußkreises eine Erweiterung ausgebildet ist, die pilzkopfförmig in Erscheinung tritt.

Die Fig. 9 zeigt dazu das entsprechende Pendant für die Formelemente 12 in Art von Ausnehmungen 13 bzw. Vertiefungen, die wiederum zumindest annähernd pilzförmig ausgebildet sind.

Auch bei der Ausführungsvariante nach Fig. 3 wird die Kontur der Zähne 6, 7 durch die Formelemente 12 zumindest annähernd nachgebildet, wobei diese Formelemente 12 als wulstförmige Erhebungen 14 über die Endflächen 8, 10 ausgeformt sind. Es können wie dargestellt im Zahnkopfbereich, das heißt unterhalb des Zahnkopfbereiches, diese Formelemente 12 mit einem größeren Querschnitt ausgebildet sein (in axialer Richtung in Draufsicht betrachtet). Auch bei dieser Ausführungsvariante erstrecken sich die Formelemente 12 entlang der gesamten Verzahnung der Zahnräder 2, 3.

Bei der Ausführungsvariante nach Fig. 4 sind die Formelemente 12 wiederum als Erhebungen 14 ausgebildet, allerdings mit zumindest annähernd kreisförmigem Querschnitt (in axialer Richtung in Draufsicht betrachtet), wobei sich diese Formelemente 12 im Bereich des Fußkreises und/oder der Zähne 2, 3 erstrecken können. Ein Durchmesser dieser Formelemente 12 beträgt dabei annähernd 50 % der Zahndicke in Umfangsrichtung, wobei sich die Formelemente 12 auch über die gesamte Zahnbreite in Umfangsrichtung erstrecken können.

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass im Rahmen der Erfindung generell möglich ist sowohl ein einziges Formelement 12 im Bereich zumindest einer der Endflächen 8 bis 11 anzuordnen, sodass also dieses Formelement 12 umlaufend über die gesamte Verzahnung ausgebildet ist, bzw. besteht auch die Möglichkeit diese Formelemente 12 in diskreten Bereichen anzuordnen. Auch Mischformen hiervon sind möglich, beispielsweise dass im Bereich der Zähne 6, 7 an den Endflächen 8, 10 diskrete Formelemente 12 angeordnet werden und im Bereich unterhalb des Fußkreises jeweils ein umlaufendes Formelement 12.

Die Ausführungsvariante nach Fig. 5 zeigt wiederum Formelemente 12 in Form von Ausnehmungen 13, die im Bereich der Zähne 6, 7 unterhalb der Außenkontur der Zahnräder 2, 3 ausgebildet sind, sodass also diese Formelemente 12 wiederum die Kontur der Verzahnungen nachformen.

Bei der Ausführungsvariante nach Fig. 7 sind die Formelemente 12 in Form von zumindest annähernd schlitzförmigen Vertiefungen bzw. Ausnehmungen 13 ausgebildet, wobei diese Ausnehmungen 13 beginnend beim Zahnkopfbereich radial nach innen verlaufend an den Endflächen 8, 10 ausgebildet sind und können zusätzlich im Bereich der Zahnfüße derartig ausgeformte Formelemente 12 angeordnet werden. Dabei ist es möglich, dass eine Tiefe der Ausnehmungen 13 beginnend beim Zahnkopf bzw. Zahnfußkreis in radialer Richtung nach innen kleiner wird, sodass also die Formelemente 12 stetig bis in die Endflächen 8 bis 11 auslaufen wie es in Fig. 7 dargestellt ist. Eine maximale lichte Weite dieser Formelemente kann 80 % der Zahnkopfbreite betragen.

In einer Abwandlung hierzu besteht die Möglichkeit, dass diese Formelemente 12 sich über die Zahnfüße bzw. die Zahnköpfe in axialer Richtung strecken, wobei in einer speziellen Ausführungsvariante hierzu dies so weit geführt werden kann, dass jeweils zwei einander gegenüberliegende Formelemente 12 an den Endflächen 8, 9 bzw. 10, 11 damit miteinander verbunden werden.

Die Fig. 8 zeigt eine Ausführungsvariante bei der die Formelemente 12 wiederum als Ausnehmungen 13 bzw. Vertiefungen ausgeführt sind, wobei in diesem Fall die Zahnköpfe der Zähne 6, 7 gegenüber den restlichen Endflächen 8 bis 11 abgesetzt ausgeführt sind, und wobei zwischen den Formelementen 12 und den Endflächen 8 bis 11 ein rampenförmiger Übergang vorzugsweise ausgebildet ist, der in Form einer Schräge oder Rundung gebildet sein kann. Auch in diesem Fall ist es möglich, dass die Ausnehmungen 13, das heißt die Formelemente 12, sich wiederum über die Zahnköpfe in axialer Richtung erstrecken.

Generell sei angemerkt, dass eine Tiefe der Ausnehmung 13 vorzugsweise im Bereich zwischen 1 % und 20 % einer Breite der Zahnräder 2, 3 in axialer Richtung entspricht. Andererseits können die Formelemente 12 in Form von Erhebungen 14 eine Höhe gegenüber den Endflächen 8 bis 11 aufweisen, die im Bereich zwischen 1 % und 20 % der Breite der Zahnräder 6, 7 in axialer Richtung beträgt.

Es ist weiters möglich dass eine Tiefe der Ausnehmung 13 vorzugsweise im Bereich zwischen 2 % und 15 % einer Breite der Zahnräder 2, 3 in axialer Richtung entspricht. Andererseits können die Formelemente 12 in Form von Erhebungen 14 eine Höhe gegenüber den Endflächen 8 bis 11 aufweisen, die im Bereich zwischen 3 % und 16 % der Breite der Zahnräder 6, 7 in axialer Richtung beträgt.

Weiters ist es möglich, dass sich die Formelemente zumindest über 5 % des Flächenanteils der Zähne an der Endfläche erstrecken.

Des Weiteren ist es generell möglich, dass ein Übergang zwischen den Formelementen und den Endflächen 8 bis 11 scharfkantig oder vorzugsweise gerundet bzw. abgeschrägt ausgeführt ist. Ebenso kann ein Übergang zwischen einzelnen Formelementen derartig ausgebildet sein.

Weiters können nach einer Ausführungsvarianten die Formelemente 12 über ihren gesamten Verlauf eine unterschiedliche Höhe bzw. unterschiedliche Tiefe aufweisen, sodass sie also Formelementebereiche aufweisen die weiter über die Endfläche 8 bis 11 vorstehen die bzw. tiefer in die Endflächen 8 bis 11 eingeformt sind.

Im Fall der Formelemente 12 in Form von verdichteten Bereichen ist es bevorzugt, wenn diese verdichteten Bereiche zumindest im Bereich der Endfläche 8 bis 11 eine Dichte von mindestens $7,2 \text{ g/cm}^3$, insbesondere eine Dichte von mindestens $7,3 \text{ g/cm}^3$ aufweisen.

Für die Herstellung der erfindungsgemäßen Zahnräder 2, 3 insbesondere der Formelemente 12, wird die Formgebung vorzugsweise bereits während des Verpressens des Sinterpulvers vorgenommen. Es werden also Matrizen, das heißt Ober- und Unterstempel, verwendet, die die Herstellung der Ausnehmungen 13 entsprechende Erhebungen aufweisen bzw. für die Herstellung der Erhebungen 14 entsprechende Ausnehmungen aufweisen. Für die Herstellung von verdichteten Formelementen besteht die Möglichkeit, dass diese nachträglich verpresst werden. Sollen diese verdichteten Bereiche plan mit den Endflächen 8 bis 11 abschließen, kann die Verpressung dieser verdichteten Bereiche entsprechend erfolgen. Dabei ist es auch möglich, dass in einem ersten Pressschritt die Erhebungen 14 gesondert gefertigt werden und in einem weiteren daran anschließenden Pressschritt diese Erhebungen 14 soweit verpresst werden, dass plane Endflächen 8 bis 11 entstehen. Die Formgebung der Formelemente 12 kann aber auch nach dem Sintern, beispielsweise während des Kalibrierens, erfolgen.

Durch die Ausbildung von negativen Formelementen 12 mit Vertiefungen bzw. Ausnehmungen 13 kann das Tragbild der Zahnräder 2, 3 insofern verbessert werden, als die Randbereiche, beispielsweise bei den Ausführungen nach Fig. 1 oder 8, „weicher“ sind als der Rest der Endflächen 8 bis 11, sodass sich also die Kanten besser verformen können bei mechanische Beanspruchung und damit Kantenträger besser vermieden werden können. Dieser Ausschluss der Kantenträger kann auch damit bewirkt werden, dass vor dem Sintern beispielsweise eine Balligkeit am Zahn erzeugt wird bzw. diese Balligkeit am Zahn beim Sintern erzeugt oder verstärkt wird, wodurch wiederum Kantenträger besser ausgeschlossen werden können. Insbesondere ist es auch von Vorteil, wenn im Bereich der 30°-Tangente eine Verstärkung im Fußkreisbereich ausgebildet wird, um entstehende Risse bei Beanspruchung der Zähne 6, 7 besser vermeiden zu können. Verdichtete Bereiche können auch damit hergestellt werden, dass positive Formen, also Formelemente 12 als Erhebungen 14, in einem an das Sintern anschließenden Kalibrierschritt verdichtet werden und damit die Endflächen 8 bis 11 als Planflächen hergestellt werden.

Neben den dargestellten Konturen bzw. Formen der Formelemente 12 können diese auch davon abweichende Formen aufweisen beispielsweise ovale, rechteckige, quadratische, dreieckige, polygonale etc. jeweils in axialer Richtung in Draufsicht betrachtet.

Es ist weiters möglich kombinierte Formelemente 12 an zumindest einer der Endflächen 8 bis 11 anzuordnen, also beispielsweise verdichtete Vertiefungen bzw. Ausnehmungen 13 oder verdichtete Erhebungen 14. Im letzteren Fall muss eine entsprechend höhere Menge an Sinterpulver während der Formgebung der Zahnräder 2, 3 zur Verfügung gestellt werden.

In Fig. 10 ist ein Ausschnitt aus einer Verzahnung 15 mit Zähnen 6, 7 und 16 dargestellt. Wie übertrieben dargestellt ist, ist die Verzahnung 15 ungleichförmig ausgebildet, wobei diese Geometrieabweichungen von der jeweils „idealen“ Zahnform entweder einzeln oder in Kombination miteinander am Zahnrad 2 angeordnet sein können.

Bei der dargestellten Variante weist der Zahn 16 (linker Zahn) jene Form auf, die als Bezugsgröße für die anderen Zähne 6, 7 der Verzahnung 15 herangezogen wird. Es ist also die „Normform“ die bei einem Zahnrad nach dem Stand der Technik für eine gewünschte Verzahnung hergestellt wird. Bei diesem Stand der Technik Zahnrad weisen die restlichen Zähne der Verzahnung ebenfalls diese Form auf.

Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, dass zumindest einzelne der restlichen Zähne 5, 6 der Verzahnung 15 eine dazu abweichende Geometrie aufweisen. Beispielsweise weist der Zahn 7 (mittlerer Zahn) eine geringere Zahnhöhe 17, gemessen vom Zahnkopfe bis zur tiefsten Stelle der Zahnücke zwischen dem Zahn 16 und dem Zahn 7, auf als der Zahn 16. Die dem Zahn 16 entsprechende Höhe des Zahnes 7 ist in Fig. 10 strichliert dargestellt. Der Zahn 6 weist wieder die gleiche Höhe auf wie der Zahn 16, allerdings ist eine Zahnückentiefe 18 kleiner als die Zahnückentiefe zwischen zwei gleichen Zähnen 16 (Normzahn). Mit anderen Worten weist das Zahnrad 2 mehrere Zahnfußkreise mit unterschiedlichem Durchmesser auf.

Neben diesen Geometrieänderungen kann auch eine Zahnbreite 19 variiert werden, wobei diese Variation sowohl hinsichtlich gleicher Zahnform größer oder kleiner sein kann, jeweils gemessen an der breitesten Stelle eines Zahnes 6, 7, 16, als auch bzgl. des Verlaufes über die Zahnflanken variiert werden kann, also unterschiedliche Zahnformen an sich die Verzahnung 15 bilden. (In Fig. 10 ist nur eine Zahnform gezeigt). Es sind also auch die Zahnflankensteilheiten der Zähne 6, 7, 16 variabel über die Verzahnung 15 gestaltbar.

Hinsichtlich der bevorzugten Bereiche der Variationen sei auf voranstehende Ausführungen verwiesen.

Es besteht weiters die Möglichkeit, die Teilung der Verzahnung 15 zu variieren, d.h. dass die Zähne 6, 7, 16 unterschiedlich weit voneinander beabstandet angeordnet sind.

Wie bereits erwähnt können diese Geometrieabweichungen der Zähne 6, 7, 16 untereinander einzeln oder in Kombination von zwei oder mehr bzw. allen Möglichkeiten innerhalb eines Zahnrades 2 angewandt werden.

Daneben besteht die Möglichkeit, dass zusätzlich oder alternativ zu den Geometrievariationen Zähne 6, 7, 16 mit zueinander unterschiedlicher Härte in der Verzahnung 15 angeordnet werden, wobei bzgl. der Härtewerte auf voranstehende Ausführungen verwiesen sei.

Im Sinne der Erfindung wird also die Verzahnung 15 eines Zahnrades 2 bewusst „falsch“ ausgeführt, also mit nicht gleichen Zähnen 6, 7, 16. Es müssen dabei nicht sämtliche Zähne 6, 7, 16 unterschiedlich sein, sondern können auch nur einzelne unterschiedlich zu

den restlichen gleichen Zähnen sein. Die Auslegung kann in Abhängigkeit von der Gesamtgeometrie des Zahnrades bzw. von dessen Einsatzbereich gewählt werden,

Fig. 11 zeigt ein Diagramm bzgl. des Geräuschverhaltens eines erfindungsgemäßen Zahnrades 2 in Abhängigkeit von der Drehzahl. Dabei zeigt die obere Kurve A das Geräuschverhalten eines Zahnrades nach dem Stand der Technik. Die untere Kurve B ist von einem Zahnrad 2 nach der Erfindung erstellt worden, welches mit Ausnahme der Verzahnung dem Zahnrad nach dem Stand der Technik entspricht. Hinsichtlich der Verzahnung wurde bei dem erfindungsgemäßen Zahnrad 2 die Zähne in radialer Richtung mit unterschiedlicher Höhe ausgeführt. Mit Ausnahme eines Bereiches der Drehzahl von 750 rpm bis ca. 1000 rpm zeigt das erfindungsgemäße Zahnrad 2 eine deutliche niedrigere Geräuschentwicklung als das Zahnrad nach dem Stand der Technik.

Von Vorteil ist, wenn die Ungenauigkeit der Verzahnung 15 keine Periodizität aufweist, also beispielsweise eine Abfolge hoch-tief der Zähne 6, 7, 16 nicht vorhanden ist, in der eine Schwingungsanregung stattfinden kann. Daher werden die Ungenauigkeiten bzw. die Geometrieabweichungen vorzugsweise aperiodisch bzw. nach dem Zufallsprinzip angeordnet, wobei jedoch darauf zu achten ist, dass keine Eingriffstörungen der Verzahnung 15 in eine weitere Verzahnung auftritt, also bei Vorhandensein mehrere Fuß- und/oder Kopfkreise diese aufeinander abgestimmt sind, beispielsweise diese mit üblichen, rechnergestützten Simulationsmethoden berechnet werden.

Die Zahnhöhen 17 können generell in Bereichen variiert werden, dass eine Profilüberdeckung von 1 möglichst nicht unterschritten wird.

Bei hohen Verzahnungen ist es möglich, dass ein Zahn zur Gänze ausgelassen wird, so dass also die Zahnhöhen 17 in diesem Fall um +/- 100 % der originalen Zahnhöhe 17 variieren kann. Insbesondere sollte dabei auch auf die Festigkeitsanforderungen des Zahnrades 2 Rücksicht genommen werden. Letzteres gilt auch für die Zahnfußstiefen.

In Fig. 12 ist eine Ausführungsvariante eines mehrschichtigen Zahnrades 2 dargestellt. Dieses Zahnrad umfasst dabei eine äußere Randschicht 20 bzw. einen äußeren Ring, eine Mittelschicht 21 bzw. einen Mittelring, sowie eine innere Randschicht 22 bzw. einen inneren Ring, wobei die einzelnen Schichten in radialer Richtung übereinander angeordnet sind, sodass also die innere Randschicht zur Anlage an eine nicht dargestellte Welle gelangt und die äußere Randschicht die Verzahnung 15 aufweist. Die beiden Randschichten 20, 22 sind bevorzugt aus einem Sinterwerkstoff gebildet.

Erfindungsgemäß besteht die Mittelschicht 21 aus einem Kunststoff, insbesondere ausgewählt aus einem Duroplast. Prinzipiell ist es aber auch möglich, dass der Kunststoff ein Thermoplast oder ein Elastomer ist. Beispielsweise können Fluorkunststoffe verwendet werden.

Diese Mittelschicht weist eine Härte auf die kleiner ist als die Härte der beiden Randschichten 20, 22, sodass über diese Mittelschicht 21 eine Vibrationsdämpfung erfolgen kann.

Es besteht im Rahmen der Erfindung auch die Möglichkeit mehr als drei Schichten im Zahnrad 2 anzuordnen, beispielsweise vier, fünf oder mehr, wobei diese weiteren Schichten eine Härte aufweisen können die zwischen der Mittelschicht 21 und den beiden Randschichten 20, 22 liegt, um das Dämpfungsverhalten feiner abzustufen zu können.

Die Schichten untereinander sind bevorzugt über eine Stoff- und/oder Formschluss miteinander verbunden, können aber auch miteinander verklebt sein.

Die Mittelschicht 21 weist insbesondere eine Schichtdicke aus voranstehend genanntem Bereich auf.

Es besteht im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit eine Verzahnung 15 auszubilden, die „biegeweiche“ Zähne 6, 7, 16 aufweist, wobei mit „biegeweich“ eine Zahnsteifigkeit von maximal 20 N/(mm μ m Radbreite), insbesondere maximal 10 N/(mm μ m Radbreite), gemeint ist.

Zusätzlich zu diesen „biegeweichen“ Zähnen 6, 7, 16 können diese auch relativ schlank und/oder hoch ausgebildet sein, wobei die Werte für die Zahnbreite 19 bzw. die Zahnhöhe 17 aus den voranstehend genannten Bereichen ausgewählt sein können.

Diese Variante der Erfindung eignet sich insbesondere bei Verzahnungen mit Umkehrspiel. Es kann damit der Eintrittsstoß verringert werden.

In Fig. 13 sind vier verschiedene Ausführungsvarianten von Zähnen 6 gemäß der Erfindung gezeigt. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass im Rahmen der Erfindung auch Mischvarianten der gezeigten bzw. beschriebenen Ausführungsvarianten möglich sind.

Der erste vollständig dargestellte Zahn 6 im linken Teil der Fig. 13 weist an einem Zahnkopf 23 an einer radial äußeren Stirnfläche 24 eine Kopfrücknahme auf, wodurch eine

Konizität des Zahnkopfes 23 entsteht. Durch diese Konizität weist der Zahn 6 über ein Zahntiefe 25 von der Endfläche 8 ausgehend eine in Richtung auf die Endfläche 9, also in axialer Richtung, eine abnehmende Zahnhöhe 26, die Höhe eines Zahnes wird vom Fußkreis aus gemessen, in radialer Richtung auf. Die Abnahme der Zahnhöhe 26 kann dabei im Bereich zwischen 0 % und 100 %, insbesondere zwischen 10 % und 90 %, beispielsweise zwischen 12 % und 75 %, der maximalen Zahnhöhe dieses Zahnes 6 betragen.

Neben der dargestellten linearen Abnahme der Zahnhöhe 23 ist es auch möglich, dass diese nach einer anderen Funktion abnimmt, also beispielsweise mit einer Rundung versehen ist. Es ist also z.B. möglich, dass die Zahnhöhe 23 ausgehend von der Endfläche 8 in Richtung auf die Endfläche 9 vorerst stärker abnimmt und im Bereich der Endfläche 9 die Stirnfläche 24 flacher, d.h. mit geringerer Neigung ausläuft.

Daneben ist es auch möglich, dass zumindest einer der Übergänge von den Endflächen 8, 9 in die Stirnfläche 24 mit einer Abschrägung oder Rundung versehen ist.

Der in Fig. 13 an den ersten vollständig dargestellten linken Zahn 6 anschließende Zahn 6 weist ebenfalls eine Konizität auf, allerdings keine Konizität der Stirnfläche 24, wie soeben beschrieben, sondern eine Konizität im Übergangsbereich von der Stirnfläche 24 in eine daran anschließende Zahnflanke 27. Der Übergangsbereich ist dabei, wie Fig. 13 zeigt, zumindest annähernd dreieckförmig ausgebildet, kann jedoch auch eine andere Geometrie aufweisen. Die Zahnbreite 19 im Zahnkopfbereich variiert dadurch von der Endfläche 8 ausgehend in die Richtung auf die Endfläche 9, sodass also z.B. der Zahn 6 in diesem Bereich in der angegebenen Richtung breiter wird, bzw. in umgekehrter Richtung schmaler wird. Die Abnahme der Zahnbreite 19 kann zwischen 1 % und 10 %, insbesondere zwischen 2 % und 7 %, beispielsweise zwischen 3 % und 6 %, der maximalen Zahnbreite in derselben Ebene betragen.

Obwohl in Fig. 13 nur eine Konizität im Übergangsbereich Stirnfläche 24 – Zahnflanke 27 dargestellt ist, besteht selbstverständlich die Möglichkeit, dass auch die zweite Zahnflanke des Zahnes 6 mit einer derartigen Abnahme der Zahnbreite 19 versehen ist, wobei die beiden Abnahmen auch gegengleich verlaufen können.

Durch diese beiden Ausführungsvarianten wird eine Verringerung des sog. Eintrittsstoßes erreicht, wie dies bereits voranstehend beschrieben wurde.

Die in Fig. 13 an diesen, soeben beschriebenen Zahn 6 rechts anschließenden Zähne 6 weisen in zumindest einer der beiden Zahnflanken 27 zumindest eine Vertiefung 28 auf, wobei der rechte der beiden Zähne 6 drei Vertiefungen 28 und der links daran anschließende Zahn 6 nur eine Vertiefung 28 aufweist, die allerdings breiter ist.

Generell kann eine Breite 29 einer Vertiefung 28 zwischen 1 % und 20 %, insbesondere zwischen 2 % und 17 %, beispielsweise zwischen 7 % und 16 %, der Zahnhöhe 26 betragen. Eine Tiefe 30 einer Vertiefung 28 kann zwischen 1 % und 5 %, beispielsweise zwischen 2 % und 3 %, der maximalen Zahnbreite 19 des Zahnes betragen.

Es ist auch möglich eine von der dargestellten Anzahl der Vertiefungen 28 unterschiedliche Anzahl an Vertiefungen 28 in einer Zahnflanke 27 vorzusehen. Des Weiteren können die angeordneten Vertiefungen eines Zahnes 6 eine unterschiedliche Tiefe 30 und/oder Breite 29 aufweisen. Die Vertiefung(en) 28 müssen sich auch nicht über die gesamte Zahntiefe 25 in axialer Richtung erstrecken, wie dies in Fig. 13 strichliert dargestellt ist. Beispielsweise können sich die Vertiefungen 28 über einen Bereich in axialer Richtung erstrecken, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 2 % und einer oberen Grenze von 10 %, insbesondere zwischen 3 % und 8 %, beispielsweise zwischen 3 % und 6 %, der gesamten Zahntiefe 25 eines Zahnes 6 in axialer Richtung. Auch Kombinationen von sich von der Endfläche 8 bis in die Endfläche 9 sich durchgehend erstreckenden mit nicht durchgehenden Vertiefungen an einer oder beiden Zahnflanken 27 sind möglich. Es können weiters an beiden Zahnflanken derartige Vertiefungen 28 vorgesehen sein. Des Weiteren können zumindest einzelne der Vertiefungen 28 schräg zur axialen Richtung verlaufend angeordnet sein.

Von Vorteil ist die Anordnung derartiger Vertiefungen 28 für schnell laufende Zahnräder, d.h. Zahnräder mit Umfangsgeschwindigkeiten von über 15 m/s, und für die Ausbildung des Schmierfilmes bzw. zur Geräuschminimierung, wie dies voranstehend schon beschrieben wurde.

Es besteht im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit, dass jeder Zahn 6 einer Verzahnung mit einer Ausführungsvariante der Erfindung entsprechend Fig. 13 versehen ist, ebenso kann nur jeder zweite, dritte, vierte, etc. Zahn 6 derart ausgebildet sein. Des weiteren besteht die Möglichkeit, dass Abfolge der Zähne 6, die mit derartigen „Unregelmäßigkeiten“ der Gestalt im Sinne der Erfindung versehen sind, nicht regelmäßig ist, also z.B. zwei nebeneinander liegende Zähne 6 eine derartige Gestaltsabweichung aufweisen,

darán anschließend ein regelmäßiger Zahn 6 ausgebildet ist, daran nur einer oder drei Zähne 6 mit Gestaltsabweichungen anschließen, etc.

Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass zumindest einzelne der Zähne 6 einer Verzahnung ungleichförmig zueinander ausgebildet sind, d.h. dass bei den diesbezüglichen Ausführungsvarianten der Erfindung zumindest ein Zahn 6 vorhanden ist, der den anderen Zähnen 6 der Verzahnung nicht gleicht.

Selbstverständlich sind die Ausführungsvarianten der Erfindung miteinander kombinierbar. Es können an einem Zahnrad die Formelemente 12 und/oder die ungleiche Verzahnung 15 und/oder die mehrschichtige Ausführung eines Zahnrades und/oder die „biegeweichen“ Zähne 6, 7, 16 verwirklicht werden.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten des Zahnrades 2, 3, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus des Zahnrades 2, 3 dieses bzw. dessen Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

Bezugszeichenaufstellung

- 1 Zahnradantrieb
- 2 Zahnrad
- 3 Zahnrad
- 4 Zahnradkörper
- 5 Zahnradkörper

- 6 Zahn
- 7 Zahn
- 8 Endfläche
- 9 Endfläche
- 10 Endfläche

- 11 Endfläche
- 12 Formelement
- 13 Ausnehmung
- 14 Erhebung
- 15 Verzahnung

- 16 Zahn
- 17 Zahnhöhe
- 18 Zahnlückentiefe
- 19 Zahnbreite
- 20 Randschicht

- 21 Mittelschicht
- 22 Randschicht
- 23 Zahnkopf
- 24 Stirnfläche
- 25 Zahntiefe

- 26 Zahnhöhe
- 27 Zahnflanke
- 28 Vertiefung
- 29 Breite
- 30 Tiefe

Patentansprüche

1. Stirnzahnrad mit einem Zahnradkörper (4, 5) aus einem Sinterwerkstoff, der einen Umfang aufweist, über den verteilt in radialer Richtung vorstehend Zähne (6, 7) angeordnet sind, und der in axialer Richtung von zwei Endflächen (8, 9, 10, 11) begrenzt ist, dadurch gekennzeichnet, dass auf zumindest einer Endfläche (8, 9, 10, 11) im Bereich der Zähne (6, 7) und/oder in radialer Richtung unterhalb der Zähne (6, 7) zumindest ein Formelement (12) in Form einer Ausnehmung (13) und/einer Erhebung (14) und/oder eines verdichteten Bereichs angeordnet ist.

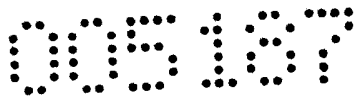
2. Stirnzahnrad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich das/oder die Formelement(e) (12) in radialer Richtung maximal bis in einen Bereich unterhalb des Fußkreises der Zähne (6, 7) erstreckt/erstrecken von 35 % des maximalen Durchmessers des Zahnradkörpers (4, 5).

3. Stirnzahnrad nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Formelement (12) entlang der Außenkontur der Endfläche (8, 9, 10, 11) erstreckt.

4. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Formelement (12) sich zumindest über 5 % des Flächenanteils der Zähne (6, 7) an der Endfläche (8, 9, 10, 11) erstreckt.

5. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass sich Formelemente (12) beginnend zumindest annähernd vom Zahnkopfkreis in radialer Richtung nach innen erstrecken.

6. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass sich Formelemente (12) beginnend zumindest annähernd vom Zahnfußkreis in radialer Richtung nach innen erstrecken.



7. Stirnzahnrad nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Formelemente (12) zusätzlich an den Zahnköpfen und/oder den Zahnfüßen sich in axialer Richtung erstreckend angeordnet sind.
8. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der verdichtete Bereich zumindest im Bereich der Endfläche (8, 9, 10, 11) eine Dichte von mindestens $7,2 \text{ g/cm}^3$ aufweist.
9. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der verdichtete Bereich ebenflächig mit der Endfläche (8, 9, 10, 11) ausgebildet ist.
10. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kontur des Formelementes (12) mit Rundungen zumindest im Bereich eines Richtungswechsels der Konturlinie versehen ist.
11. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Formelement (12) eine Kontur aufweist, die zumindest annähernd der Kontur eines Zahnes (6, 7) entspricht.
12. Stirnzahnrad nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das bzw. die Formelement(e) (12) annähernd einen in axialer Richtung betrachtet pilzförmigen Querschnitt aufweist bzw. aufweisen.
13. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das bzw. die Formelement(e) (12) annähernd einen in axialer Richtung betrachtet kreisförmigen oder ovalen Querschnitt aufweisen.
14. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein Übergang zwischen dem oder den Formelement(en) (12) und der Endfläche (8, 9, 10, 11) abgeschrägt oder gerundet ausgeführt ist.
15. Stirnzahnrad mit einem Zahnradkörper (4, 5), insbesondere aus einem Sinterwerkstoff, der einen Umfang aufweist, über den verteilt in radialer Richtung vorstehend

Zähne (6, 7, 16) einer Verzahnung (15) angeordnet sind, und der in axialer Richtung von zwei Endflächen (8, 9, 10, 11) begrenzt ist, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verzahnung (15) ungleichförmig ausgebildet ist.

16. Stirnzahnrad nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahngeometrie und/oder Zahnfestigkeit zumindest einzelner Zähne (6, 7, 16) abweicht von der Zahngeometrie und/oder der Zahnfestigkeit der restlichen Zähne (6, 7, 16).

17. Stirnzahnrad nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einzelne der Zahnfüllkürten (18) größer oder kleiner sind als die Zahnfüllkürten (18) der restlichen Zahnfüllen.

18. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zahnfülle (17) im Bereich zwischen 10 % und 20 % der Zahnfülle (17) des Zahnes (6, 7, 16) mit der größten Zahnfülle (17) variiert.

19. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahnfüllkürten (18) im Bereich zwischen 5 % und 15 % der Zahnfüllkürte (18) des Zahnes (6, 7, 16) mit der tiefsten Zahnfülle variiert.

20. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahnfülle (19) in Umfangsrichtung im Bereich zwischen 50 % und 100 % der Zahnfülle (19) des Zahnes (6, 7, 16)) mit der größten Zahnfülle (16) variiert.

21. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahnfülle im Bereich zwischen 50 % und 90 % der Zahnfülle des Zahnes (6, 7, 16)) mit der größten Zahnfülle variiert.

22. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne (6, 7, 16) mit unterschiedlicher Teilung über den Umfang verteilt angeordnet sind.

23. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahnhöhe (17) zumindest eines Zahnes (6) von der Endfläche (8) in Richtung auf die zweite Endfläche (9) variiert, insbesondere ein Zahnkopf () mit einer Konizität in axialer Richtung versehen ist.
24. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 15 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahnbreite (19) zumindest eines Zahnes (6) zumindest bereichsweise von der Endfläche (8) in Richtung auf die zweite Endfläche (9) variiert, insbesondere eine Zahnflanke () im Bereich des Zahnkopfes () mit einer Konizität in axialer Richtung versehen ist.
25. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 15 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Zahn (6) in zumindest einer seiner Zahnflanken () zumindest eine Vertiefung aufweist, die sich insbesondere durchgehend von einer Endfläche (8) bis zur zweiten Endfläche (9) über eine Zahntiefe () in axialer Richtung erstreckt.
26. Stirnzahnrad mit einem Zahnradkörper (4, 5), insbesondere teilweise aus einem Sinterwerkstoff, der einen Umfang aufweist, über den verteilt in radialer Richtung vorstehend Zähne (6, 7, 16) einer Verzahnung (15) angeordnet sind, und der in axialer Richtung von zwei Endflächen (8, 9, 10, 11) begrenzt ist, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Zahnradkörper (4, 5) in radialer Richtung zumindest dreischichtig ausgebildet ist mit zwei Randschichten (20, 22) und einer Mittelschicht (21), wobei die Mittelschicht (21) eine geringere Härte aufweist als die beiden Randschichten (20, 22).
27. Stirnzahnrad nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittelschicht (21) aus einem Kunststoff gebildet ist.
28. Stirnzahnrad nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass der Kunststoff ein Duroplast ist.
29. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 26 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittelschicht (21) einen Wert der Schichtdicke aufweist, der ausgewählt ist aus

einem Bereich mit einer unteren Grenze von 5 % und einer oberen Grenze von 700 % der Schichtdicke der radial äußersten Randschicht (20).

30. Stirnzahnrad mit einem Zahnradkörper (4, 5), insbesondere aus einem Sinterwerkstoff, der einen Umfang aufweist, über den verteilt in radialer Richtung vorstehend Zähne (6, 7, 16) angeordnet sind, und der in axialer Richtung von zwei Endflächen (8, 9, 10, 11) begrenzt ist, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne (6, 7, 16) eine Härte von maximal 750 HV5 aufweisen.

31. Stirnzahnrad nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne (6, 7, 16) eine Höhe aufweisen, deren Wert ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 % und einer oberen Grenze von 50 % des maximalen Zahnraddurchmessers.

32. Stirnzahnrad nach Anspruch 30 oder 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne (6, 7, 16) eine Breite aufweisen, deren Wert ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 % und einer oberen Grenze von 50 % des maximalen Zahnraddurchmessers.

33. Zahnradantrieb (1) mit zumindest zwei miteinander kämmenden Zahnrädern (6, 7) oder mit zumindest zwei Zahnrädern (6, 7) die über ein Zugmittel mit einander wirkverbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der Zahnräder (6,7) entsprechenden einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist.

Miba Sinter Austria GmbH
durch



Anwälte Burger & Partner

Rechtsanwalt GmbH

005 187

Fig.1

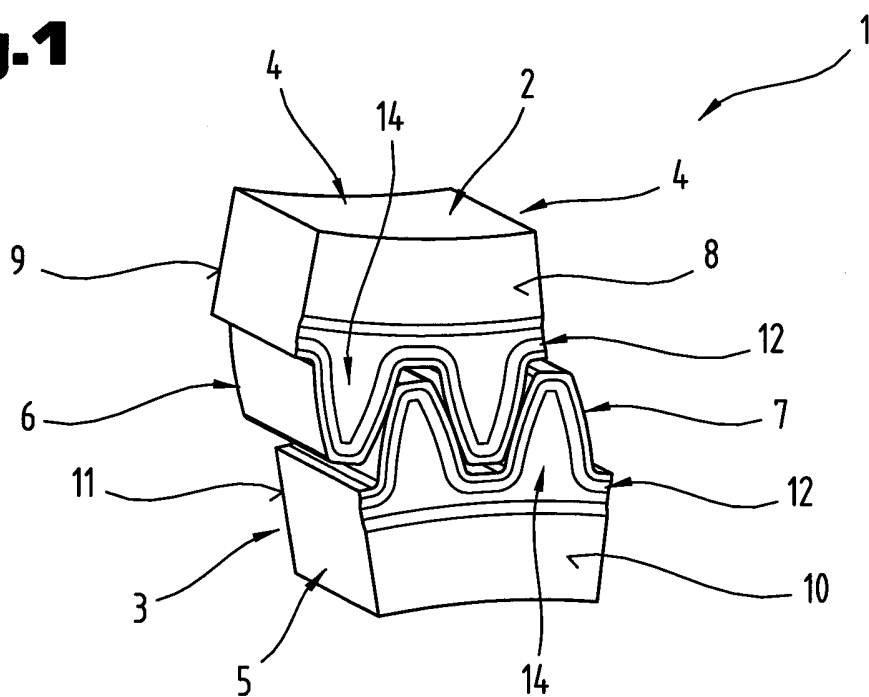


Fig.2

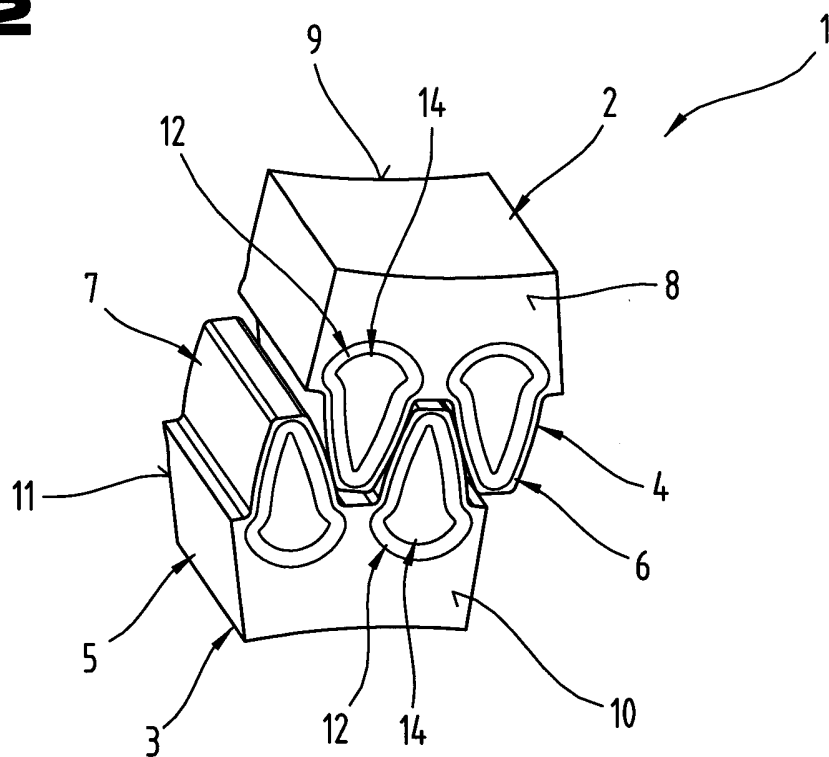


Fig.3

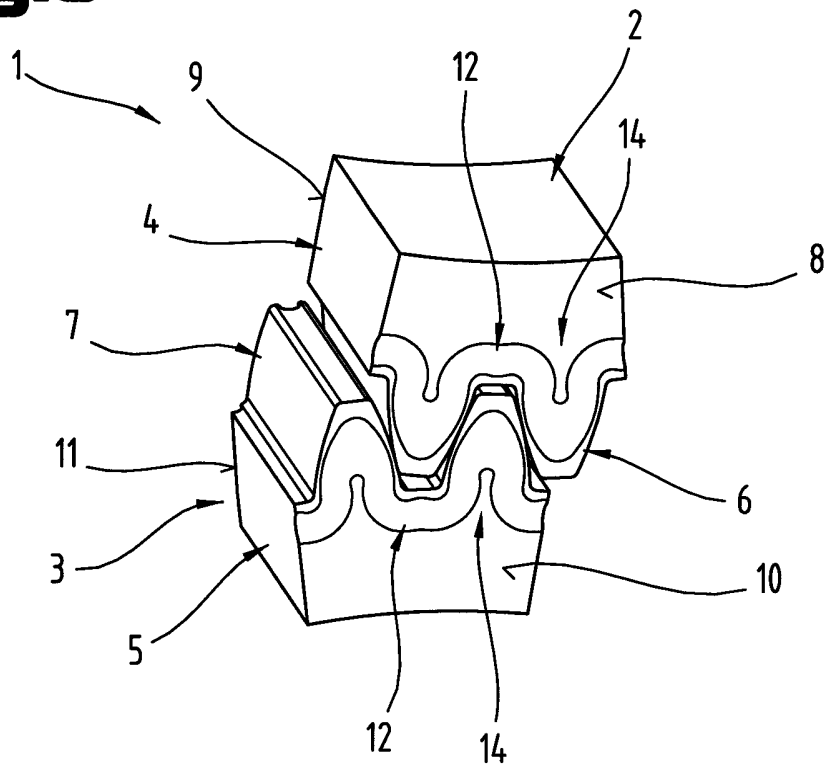


Fig.4

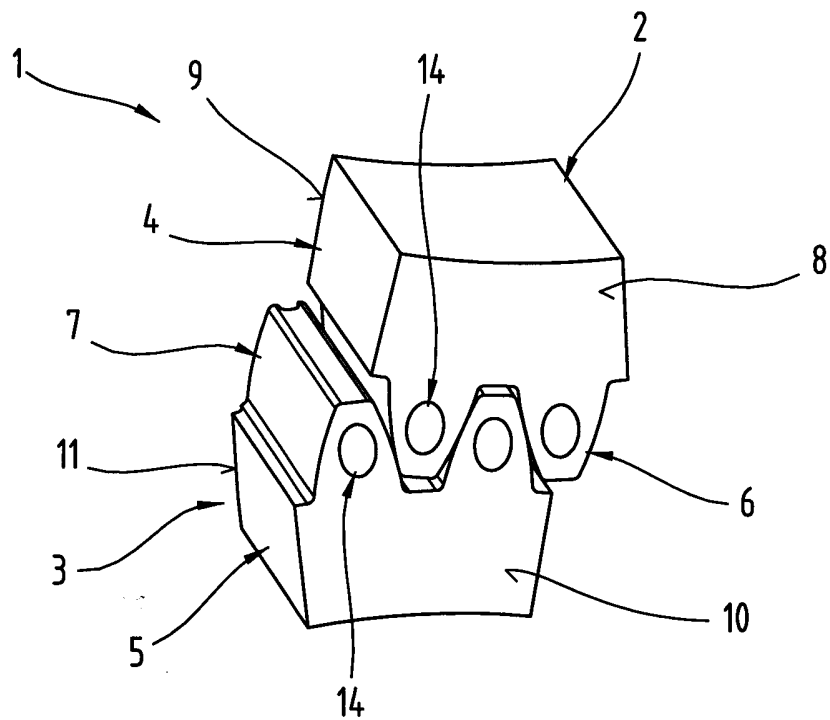


Fig.5

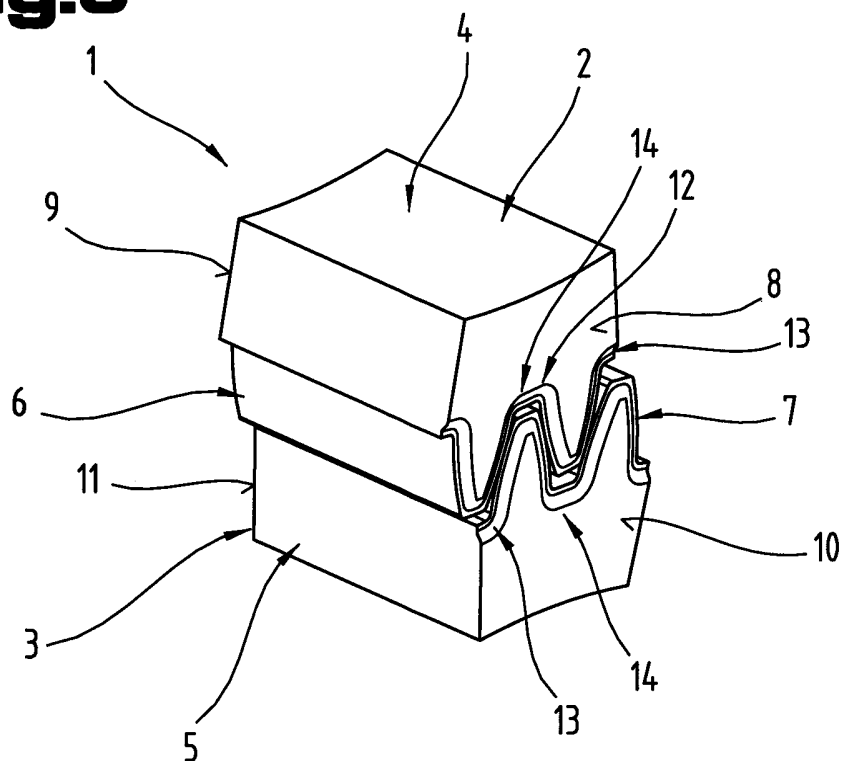


Fig.6

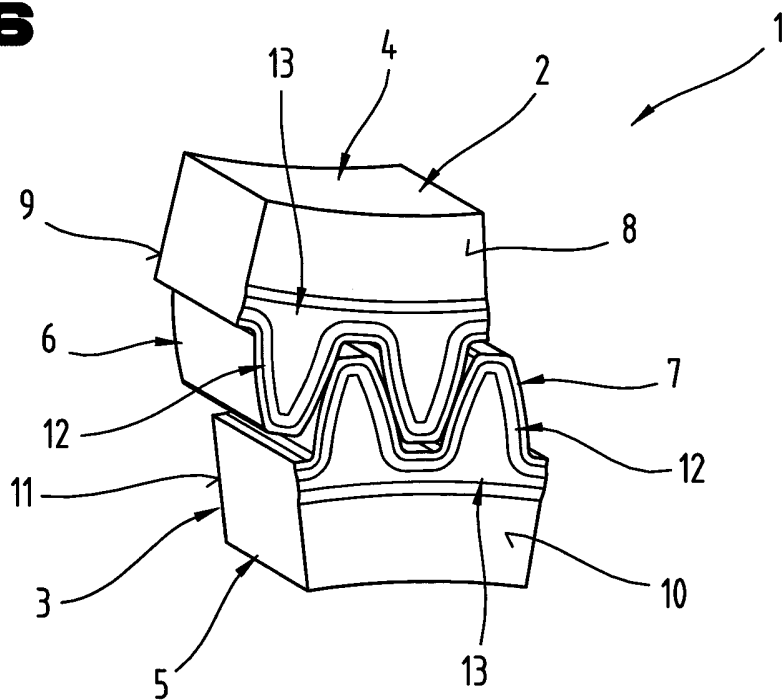


Fig.7

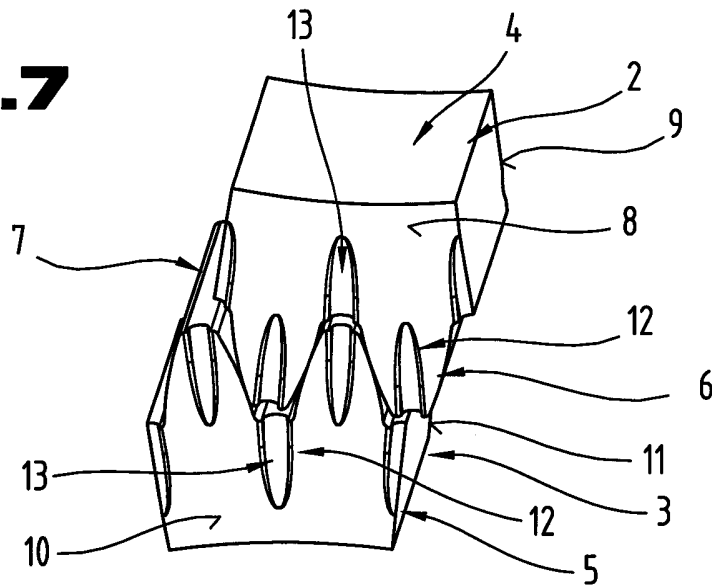


Fig.8

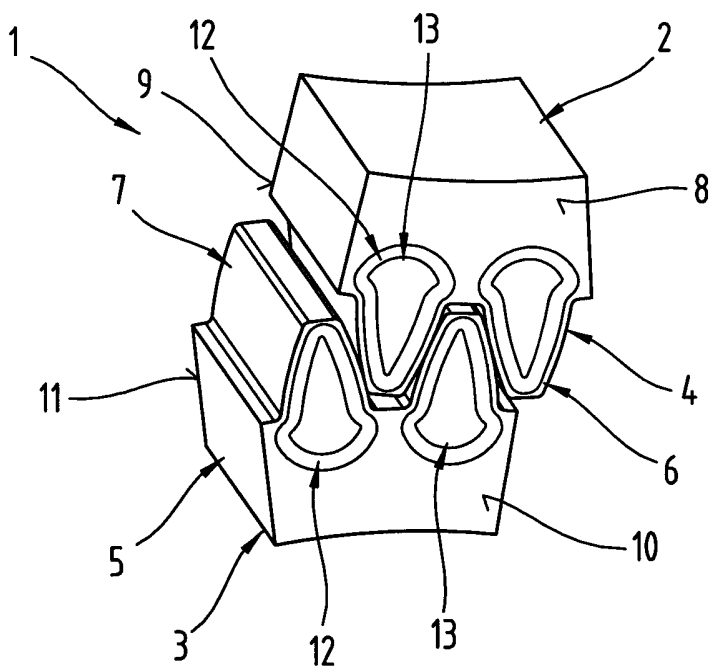
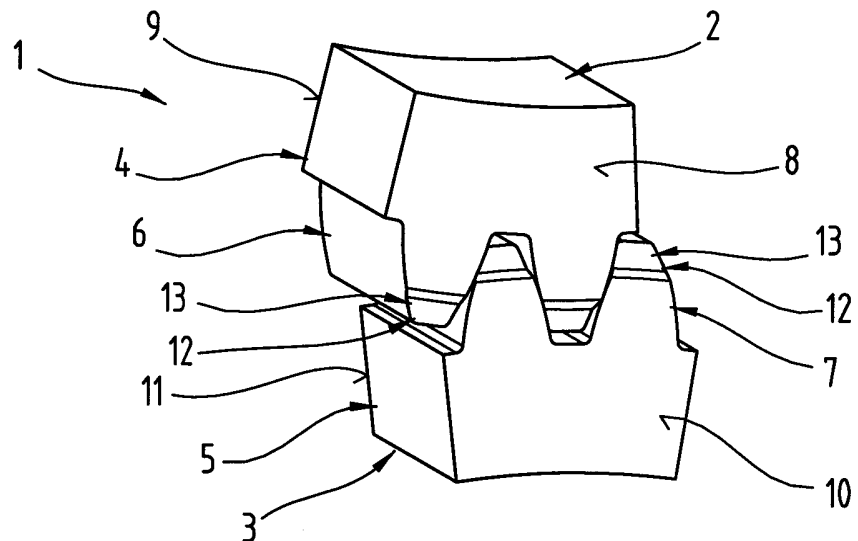


Fig.9

005187

Fig.10

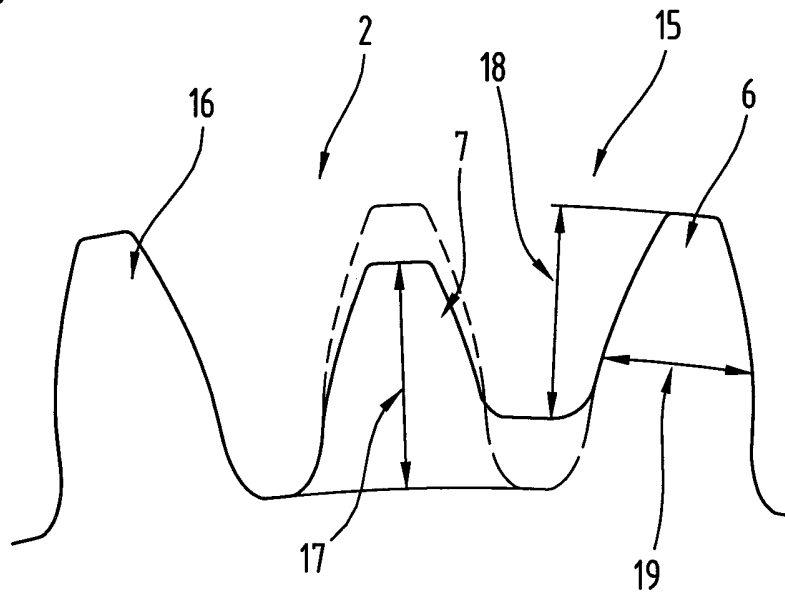
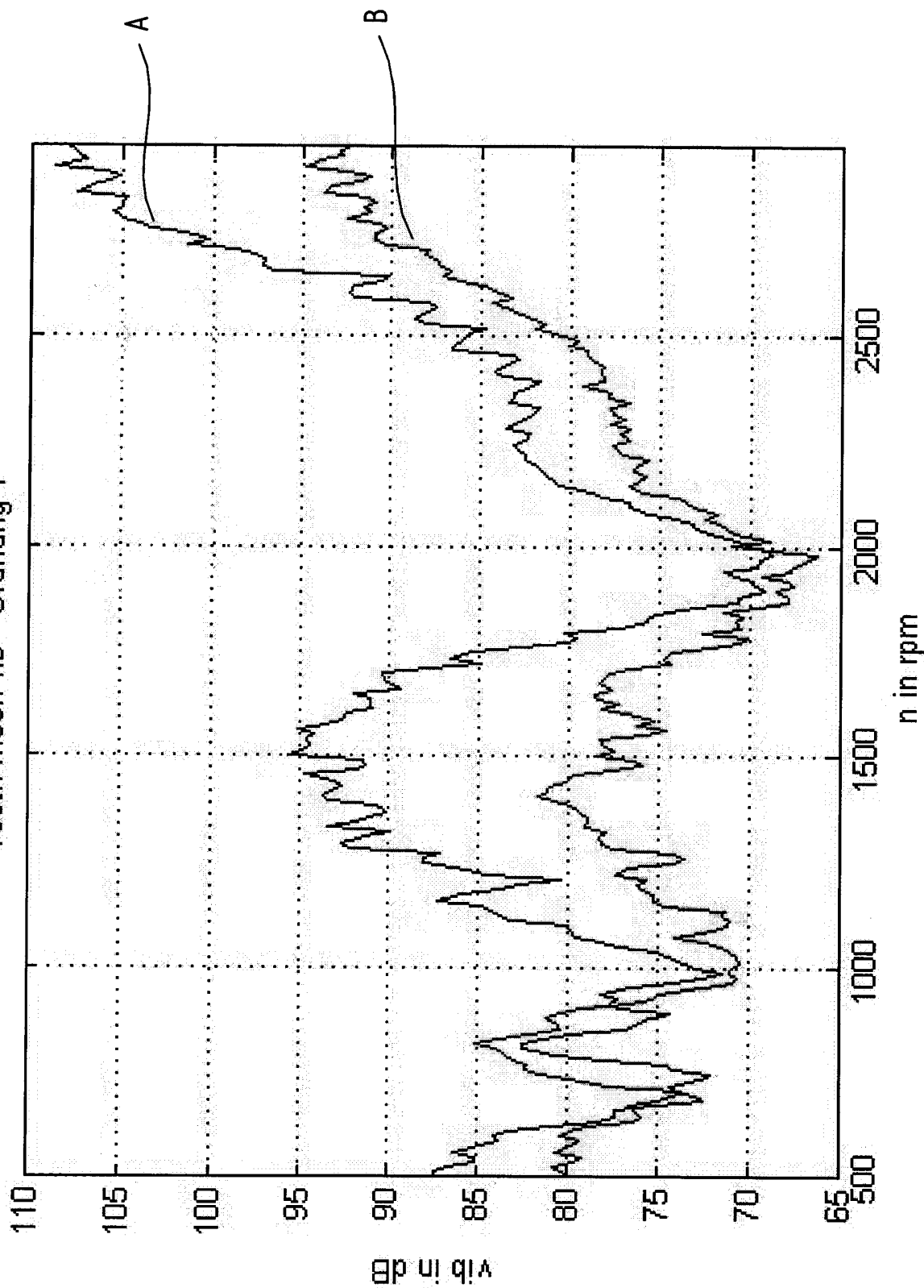


Fig.11

Tooth mesh vib - Ordnung 1



005187

005187

Fig.12

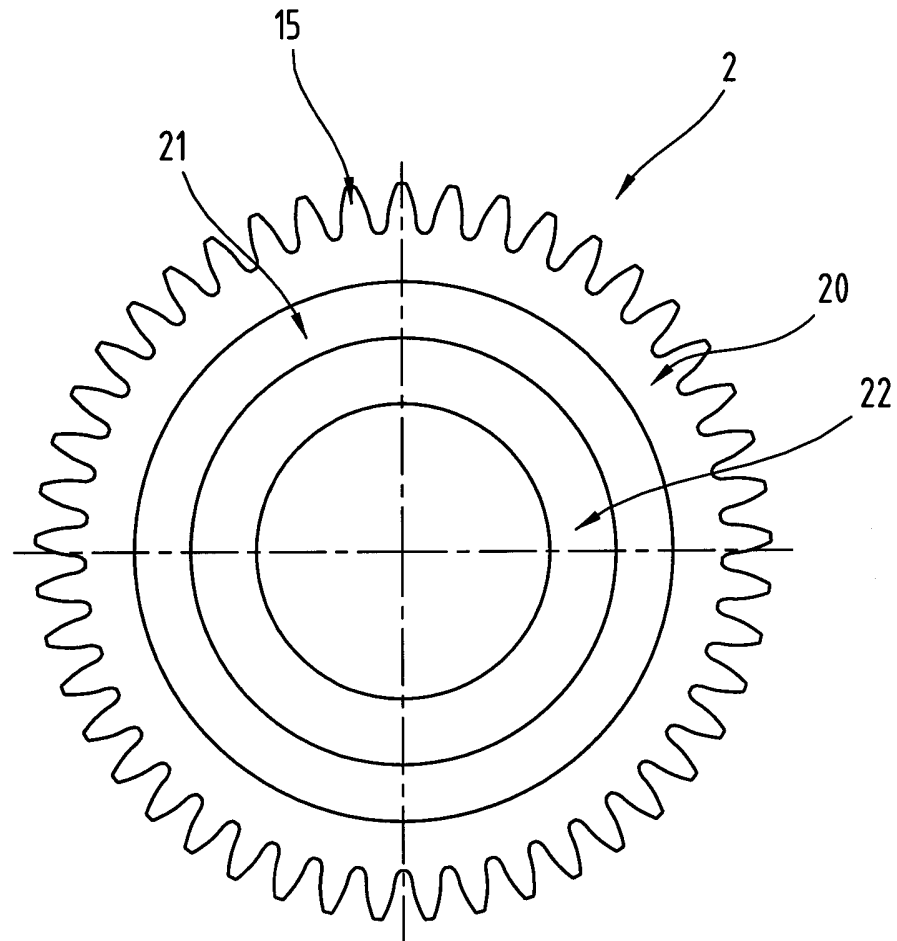
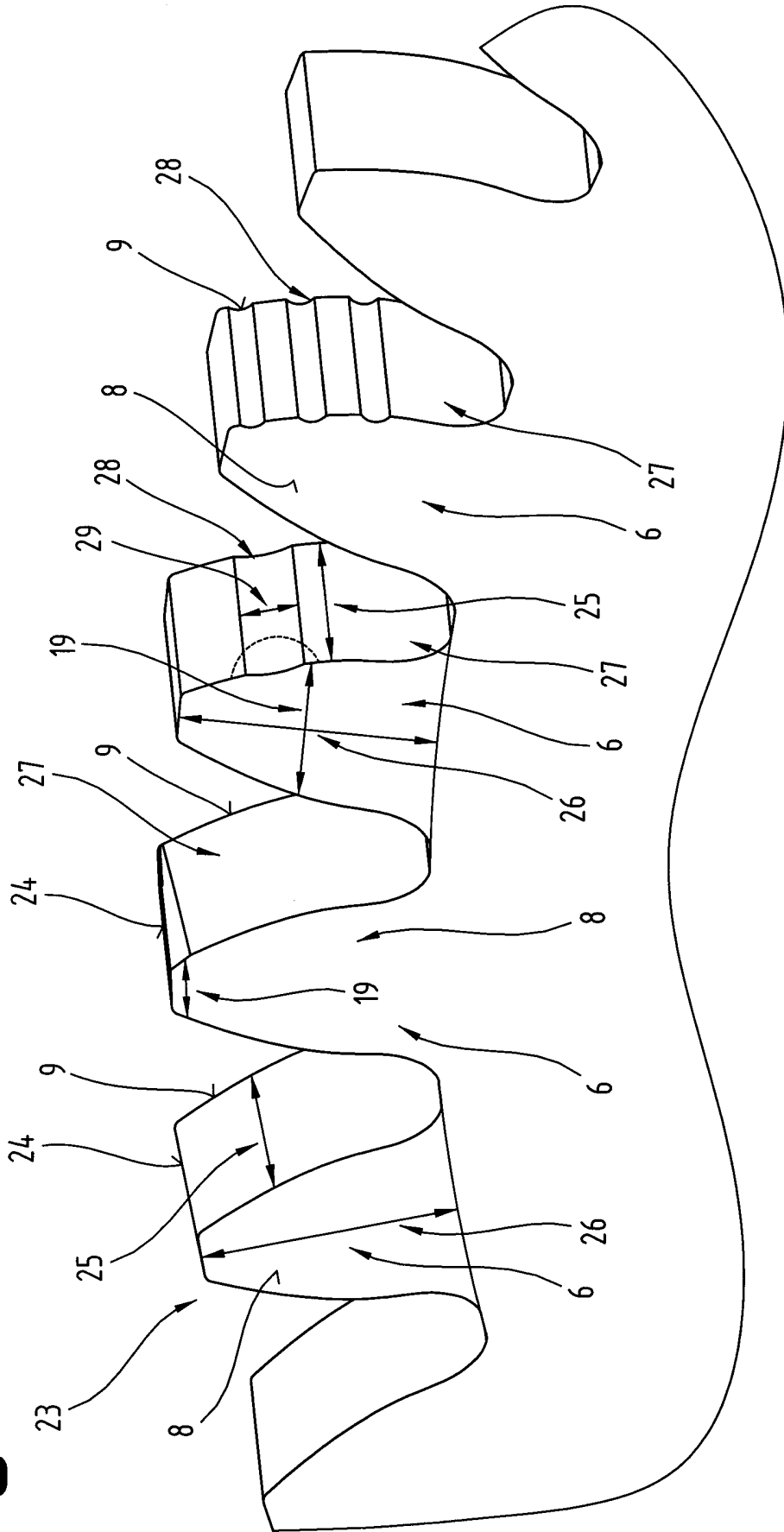
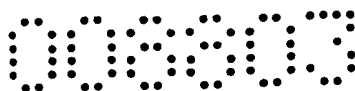


Fig. 13



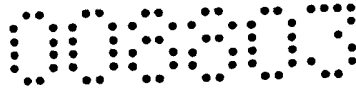


- 1 -

(Neue) Patentansprüche

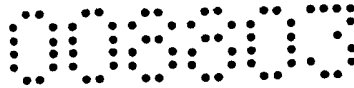
1. Stirnzahnrad mit einem Zahnradkörper (4, 5) aus einem Sinterwerkstoff, der einen Umfang aufweist, über den verteilt in radialer Richtung vorstehend Zähne (6, 7) angeordnet sind, und der in axialer Richtung von zwei Endflächen (8, 9, 10, 11) begrenzt ist, dadurch gekennzeichnet, dass auf zumindest einer Endfläche (8, 9, 10, 11) im Bereich der Zähne (6, 7) und/oder in radialer Richtung unterhalb der Zähne (6, 7) zumindest ein Formelement (12) in Form einer Ausnehmung (13) und/oder einer Erhebung (14) und/oder eines verdichteten Bereichs angeordnet ist.
2. Stirnzahnrad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich das oder die Formelement(e) (12) in radialer Richtung maximal bis in einen Bereich unterhalb des Fußkreises der Zähne (6, 7) erstreckt/erstrecken von 35 % des maximalen Durchmessers des Zahnradkörpers (4, 5).
3. Stirnzahnrad nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Formelement (12) entlang der Außenkontur der Endfläche (8, 9, 10, 11) erstreckt.
4. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Formelement (12) sich zumindest über 5 % des Flächenanteils der Zähne (6, 7) an der Endfläche (8, 9, 10, 11) erstreckt.
5. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass sich Formelemente (12) beginnend zumindest annähernd vom Zahnkopfkreis in radialer Richtung nach innen erstrecken.
6. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass sich Formelemente (12) beginnend zumindest annähernd vom Zahnfußkreis in radialer Richtung nach innen erstrecken.

NACHGEREICHT



- 2 -

7. Stirnzahnrad nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Formelemente (12) zusätzlich an den Zahnköpfen und/oder den Zahnfüßen sich in axialer Richtung erstreckend angeordnet sind.
8. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der verdichtete Bereich zumindest im Bereich der Endfläche (8, 9, 10, 11) eine Dichte von mindestens $7,2 \text{ g/cm}^3$ aufweist.
9. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der verdichtete Bereich ebenflächig mit der Endfläche (8, 9, 10, 11) ausgebildet ist.
10. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kontur des Formelementes (12) mit Rundungen zumindest im Bereich eines Richtungswechsels der Konturlinie versehen ist.
11. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Formelement (12) eine Kontur aufweist, die zumindest annähernd der Kontur eines Zahnes (6, 7) entspricht.
12. Stirnzahnrad nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das bzw. die Formelement(e) (12) annähernd einen in axialer Richtung betrachtet pilzförmigen Querschnitt aufweist bzw. aufweisen.
13. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das bzw. die Formelement(e) (12) annähernd einen in axialer Richtung betrachtet kreisförmigen oder ovalen Querschnitt aufweisen.
14. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein Übergang zwischen dem oder den Formelement(en) (12) und der Endfläche (8, 9, 10, 11) abgeschrägt oder gerundet ausgeführt ist.
15. Stirnzahnrad mit einem Zahnradkörper (4, 5), insbesondere aus einem Sinterwerkstoff, der einen Umfang aufweist, über den verteilt in radialer Richtung vorstehend



- 3 -

Zähne (6, 7, 16) einer Verzahnung (15) angeordnet sind, und der in axialer Richtung von zwei Endflächen (8, 9, 10, 11) begrenzt ist, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verzahnung (15) ungleichförmig ausgebildet ist.

16. Stirnzahnrad nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahngeometrie und/oder Zahnfestigkeit zumindest einzelner Zähne (6, 7, 16) abweicht von der Zahngeometrie und/oder der Zahnfestigkeit der restlichen Zähne (6, 7, 16).

17. Stirnzahnrad nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einzelne der Zahnlückentiefen (18) größer oder kleiner sind als die Zahnlückentiefen (18) der restlichen Zahnلücken.

18. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zahnhöhe (17) im Bereich zwischen 10 % und 20 % der Zahnhöhe (17) des Zahnes (6, 7, 16) mit der größten Zahnhöhe (17) variiert.

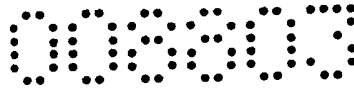
19. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahnلückentiefen (18) im Bereich zwischen 5 % und 15 % der Zahnلückentiefe (18) des Zahnes (6, 7, 16) mit der tiefsten Zahnلücke variiert.

20. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahnbreite (19) in Umfangsrichtung im Bereich zwischen 50 % und 100 % der Zahnbreite (19) des Zahnes (6, 7, 16) mit der größten Zahnbreite (16) variiert.

21. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahnsteifigkeit im Bereich zwischen 50 % und 90 % der Zahnsteifigkeit des Zahnes (6, 7, 16) mit der größten Zahnsteifigkeit variiert.

22. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne (6, 7, 16) mit unterschiedlicher Teilung über den Umfang verteilt angeordnet sind.

NACHGEREICHT



23. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahnhöhe (17) zumindest eines Zahnes (6) von der Endfläche (8) in Richtung auf die zweite Endfläche (9) variiert, insbesondere ein Zahnkopf (23) mit einer Konizität in axialer Richtung versehen ist.

24. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 15 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahnbreite (19) zumindest eines Zahnes (6) zumindest bereichsweise von der Endfläche (8) in Richtung auf die zweite Endfläche (9) variiert, insbesondere eine Zahnflanke (27) im Bereich des Zahnkopfes (23) mit einer Konizität in axialer Richtung versehen ist.

25. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 15 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Zahn (6) in zumindest einer seiner Zahnflanken (27) zumindest eine Vertiefung aufweist, die sich insbesondere durchgehend von einer Endfläche (8) bis zur zweiten Endfläche (9) über eine Zahntiefe (25) in axialer Richtung erstreckt.

26. Stirnzahnrad mit einem Zahnradkörper (4, 5), insbesondere teilweise aus einem Sinterwerkstoff, der einen Umfang aufweist, über den verteilt in radialer Richtung vorstehend Zähne (6, 7, 16) einer Verzahnung (15) angeordnet sind, und der in axialer Richtung von zwei Endflächen (8, 9, 10, 11) begrenzt ist, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Zahnradkörper (4, 5) in radialer Richtung zumindest dreischichtig ausgebildet ist mit zwei Randschichten (20, 22) und einer Mittelschicht (21), wobei die Mittelschicht (21) eine geringere Härte aufweist als die beiden Randschichten (20, 22).

27. Stirnzahnrad nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittelschicht (21) aus einem Kunststoff gebildet ist.

28. Stirnzahnrad nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass der Kunststoff ein Duroplast ist.

29. Stirnzahnrad nach einem der Ansprüche 26 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittelschicht (21) einen Wert der Schichtdicke aufweist, der ausgewählt ist aus



- 5 -

einem Bereich mit einer unteren Grenze von 5 % und einer oberen Grenze von 700 % der Schichtdicke der radial äußersten Randschicht (20).

30. Stirnzahnrad mit einem Zahnradkörper (4, 5), insbesondere aus einem Sinterwerkstoff, der einen Umfang aufweist, über den verteilt in radialer Richtung vorstehend Zähne (6, 7, 16) angeordnet sind, und der in axialer Richtung von zwei Endflächen (8, 9, 10, 11) begrenzt ist, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne (6, 7, 16) eine Härte von maximal 750 HV5 aufweisen.

31. Stirnzahnrad nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne (6, 7, 16) eine Höhe aufweisen, deren Wert ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 % und einer oberen Grenze von 50 % des maximalen Zahnrad-durchmessers.

32. Stirnzahnrad nach Anspruch 30 oder 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne (6, 7, 16) eine Breite aufweisen, deren Wert ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 % und einer oberen Grenze von 50 % des maximalen Zahn-raddurchmessers.

33. Zahnradantrieb (1) mit zumindest zwei miteinander kämmenden Zahnrädern (2, 3) oder mit zumindest zwei Zahnrädern (2, 3) die über ein Zugmittel mit einander wirk-verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der Zahnräder (2, 3) ent-sprechend einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist.

Miba Sinter Austria GmbH
durch


Anwälte Burger & Partner
Rechtsanwalt GmbH

NACHGEREICHT

A2008/00792