

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50935/2021
(22) Anmeldetag: 23.11.2021
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2023

(51) Int. Cl.: **F01L 1/344** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102012217392 A1
DE 102016125659 A1
DE 102015112442 B3
DE 102012222271 A1

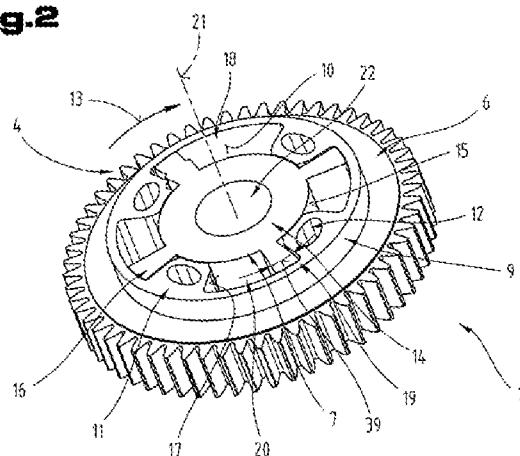
(73) Patentinhaber:
Miba Sinter Austria GmbH
4663 Laakirchen (AT)

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

(54) Stator

(57) Die Erfindung betrifft einen Stator (6) aus einem Sinterwerkstoff für einen hydraulischen Nockenwellenversteller (1), umfassend einen Statorgrundkörper (9), der eine äußere Mantelfläche und eine innere Mantelfläche (10) aufweist, wobei an der äußeren Mantelfläche eine Stirnverzahnung (4) angeordnet ist und von der inneren Mantelfläche (10) nach innen vorragende, voneinander in Umfangsrichtung (13) des Statorgrundkörpers (9) beabstandete Stege (11) mit Stegwänden angeordnet sind; sowie mit einem Deckel (23), der einstückig mit dem Statorgrundkörper (9) ausgebildet ist, und der einen, insbesondere ringförmigen, Deckelgrundkörper (24) aufweist, wobei zwischen dem Statorgrundkörper (9) und dem Deckelgrundkörper (24) ein Übergangsbereich (26) ausgebildet ist, der unmittelbar an der inneren Mantelfläche (10) des Statorgrundkörpers (9) beginnt und sich maximal über eine Distanz (27) von dieser inneren Mantelfläche (10) weg erstreckt, und der vertieft ausgeführt ist, oder der eine höhere Verdichtung aufweist als der an den Übergangsbereich (30) unmittelbar anschließende Bereich des Deckelgrundkörpers (24).

Fig.2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Stator aus einem Sinterwerkstoff für einen hydraulischen Nockenwellenversteller, umfassend einen Statorgrundkörper, der eine äußere Mantelfläche und eine innere Mantelfläche aufweist, wobei an der äußeren Mantelfläche eine Stirnverzahnung angeordnet ist und von der inneren Mantelfläche nach innen vorragende, voneinander in Umfangsrichtung des Statorgrundkörpers beabstandete Stege mit Stegwänden ausgebildet sind; sowie mit einem Deckel, der einstückig mit dem Statorgrundkörper ausgebildet ist, und der einen, insbesondere ringförmigen, Deckelgrundkörper aufweist, wobei zwischen dem Statorgrundkörper und dem Deckelgrundkörper ein Übergangsbereich ausgebildet ist.

[0002] Die Erfindung betrifft auch einen Rotor aus einem Sinterwerkstoff für einen Nockenwellenversteller, umfassend einen Rotorgrundkörper mit einer äußeren Mantelfläche, an der nach außen vorragende Flügel angeordnet sind.

[0003] Weiter betrifft die Erfindung einen hydraulischen Nockenwellenversteller zur variablen Verstellung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine umfassend einen Stator und einen Rotor, wobei der Rotor innerhalb des Stators angeordnet ist.

[0004] Die Erfindung betrifft zudem ein pulvermetallurgisches Verfahren zur Herstellung eines Stators für einen hydraulischen Nockenwellenverstellers, wobei der Stator einen Statorgrundkörper umfasst, der eine äußere Mantelfläche und eine innere Mantelfläche aufweist, wobei an der äußeren Mantelfläche eine Stirnverzahnung angeordnet ist und von der inneren Mantelfläche nach innen vorragende, voneinander in Umfangsrichtung des Statorgrundkörpers beabstandete Stege ausgebildet sind, sowie mit einem Deckel, der einstückig mit dem Statorgrundkörper verbunden ist, und der einen, insbesondere ringförmigen, Deckelgrundkörper aufweist, wobei zwischen dem Statorgrundkörper und dem Deckelgrundkörper ein Übergangsbereich ausgebildet ist, umfassend die Verfahrensschritte: Bereitstellung eines Pulvers zur Herstellung des Stators; Pressen des Pulvers zu einem Statorgrünling; gegebenenfalls Grünbearbeitung des Statorgrünlings; Sintern des Statorgrünlings; gegebenenfalls materialabtragendes und/oder materialverformendes Nachbearbeiten des Statorgrünlings.

[0005] Schließlich betrifft die Erfindung ein pulvermetallurgisches Verfahren zur Herstellung eines Rotors für einen hydraulischen Nockenwellenverstellers, wobei der Rotor einen Rotorgrundkörper mit einer äußeren Mantelfläche aufweist, an der nach außen vorragende Flügel angeordnet sind, umfassend die Verfahrensschritte: Bereitstellung eines Pulvers zur Herstellung des Rotors; Pressen des Pulvers zu einem Rotorgrünling; gegebenenfalls Grünbearbeitung des Rotorgrünlings; Sintern des Rotorgrünlings; gegebenenfalls materialabtragendes und/oder materialverformendes Nachbearbeiten des Rotorgrünlings.

[0006] Nockenwellenversteller dienen bekanntlich der Anpassung der Ventilöffnungszeiten, um damit eine höhere Effizienz eines Verbrennungsmotors zu erreichen. Sie sind in verschiedensten Ausführungen aus dem Stand der Technik bekannt. Ein gattungsgemäßer hydraulischer Nockenwellenversteller umfasst einen Stator, in dem ein Rotor angeordnet ist. Der Rotor ist drehfest mit der Nockenwelle verbunden. Der Stator, der mit der Kurbelwelle verbunden ist, weist radial nach innen vorragende Stege auf, die Anschlagflächen für die Flügel des Rotors bilden. Somit kann der Rotor nur in einem vordefinierten Winkelbereich relativ zum Stator verdreht werden.

[0007] Häufig wird der Stator aus einem Statorgrundkörper gebildet, dessen Funktionsvolumina an beiden axialen Stirnflächen mit je einem Deckel flüssigkeitsdicht abgeschlossen wird.

[0008] Aus dem Stand der Technik ist weiter bekannt, dass der Statorgrundkörper mit einem Deckel einteilig nach einem pulvermetallurgischem Verfahren hergestellt werden kann. Beispielsweise beschreibt die DE 10 2010 008 004 A1 eine einteilige Stator-Deckel-Einheit für einen Nockenwellenversteller, umfassend einen Stator mit einer Anzahl sich radial nach innen erstreckender Stege, von denen wenigstens ein Steg mit einer Flügelanschlagsfläche ausgebildet ist, sowie einen Verriegelungsdeckel, der mit dem Stator verbunden ist, wobei der Verriegelungsdeckel im Bereich der Stege abgesenkte Vertiefungen aufweist.

[0009] Die DE 10 2010 008 005 A1 beschreibt eine Stator-Deckel-Einheit für einen Nockenwellenversteller, die einteilig aus einem Sinterwerkstoff gefertigt ist, umfassend einen Stator und einen Verriegelungsdeckel, der eine Kulissee zur drehfesten Verriegelung eines Rotors aufweist, wobei der Sinterwerkstoff zumindest im Bereich der Kulissee eine Vickers-Härte zwischen 400 HV und 850 HV aufweist.

[0010] Die DE 10 2012 217 392 A1 beschreibt einen Nockenwellenversteller mit einem von einer Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine antreibbaren topfförmigen Stator, einem drehfest mit einer Nockenwelle der Brennkraftmaschine verbindbaren Rotor, einem zwischen dem Stator und dem Rotor angeordneten Ringraum, welcher durch wenigstens einen an dem Rotor vorgesehenen Flügel in Arbeitskammern unterteilt ist, und einer Mehrzahl von drehfest mit dem Stator verbundenen, durch separate Einzelteile gebildete Statorstege, welche in die Arbeitskammern hineinragen und die Arbeitskammern in paarweise entgegengerichtet wirkende Druckräume unterteilen und in einer definierten Winkelausrichtung und Position an dem Stator befestigt sind, wobei die Statorstege jeweils eine formcodierte Fläche aufweisen, mit der die Statorstege an einer Wandung des Stators der Arbeitskammer anliegen, wobei die formcodierte Fläche in der Anlage an der Wandung durch ihren Verlauf die Winkelausrichtung des Statorsteiges zu dem Stator definiert, und an dem Stator und/oder an den Statorstegen eine von der Befestigung unabhängige Positionierhilfe vorgesehen ist, mittels derer die Statorstege in einer vordefinierten Position an dem Stator positionierbar sind.

[0011] Die DE 10 2016 125 659 A1 beschreibt einen Grünling einer Stator-Deckel-Einheit für eine Nockenwellenversteller-Einheit zumindest aufweisend einen ersten Teilgrünling als Stator aus einem ersten Sinterwerkstoff mit jeweils einer, in eine axiale Richtung weisenden ersten Stirnseite und zweiten Stirnseite und dazwischen einer Mehrzahl von Stegen mit lateralen Stegflanken, wobei sich die Stege ausgehend von einer in einer Umfangsrichtung umlaufenden äußeren Statorwand in einer radialen Richtung nach innen erstrecken und in der Umfangsrichtung voneinander beabstandet sind, so dass die Statorwand jeweils zwischen den Stegen eine Innenumfangsfläche ausbildet, und einen zweiten Teilgrünling als Deckel aus einem zweiten Sinterwerkstoff, der eine in der Umfangsrichtung umlaufende Außenumfangsfläche aufweist und der an der ersten Stirnseite des Stators angeordnet ist und einen ersten Bereich zumindest teilweise überdeckt, der sich zwischen den Stegen und innerhalb der Statorwand erstreckt; wobei der Deckel mit der Außenumfangsfläche an die Innenumfangsfläche und die Stegflanken des Stators angrenzt und gemeinsame Kontaktflächen ausbildet, wobei der Deckel und der Stator über diese Kontaktflächen mittels einer Presspassung miteinander gefügt sind.

[0012] Die DE 10 2015 112 442 B3 beschreibt einen Nockenwellenversteller mit einem von einer Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine angetriebenen Stator, einem drehfest mit einer Nockenwelle der Brennkraftmaschine verbindbaren Rotor mit mehreren von einer Rotornabe radial nach außen abstehenden Flügeln, wobei zwischen dem Stator und dem Rotor angeordnete Arbeitskammern durch die Flügel in Druckräume unterteilt sind, und wobei der Stator und der Rotor als Sinterbauteile hergestellt sind, wobei auf axial ausgebildeten Stirnflächen des Stators und/oder des Rotors Verdrängungsausnehmungen vorgesehen sind, in welche Material während eines verformenden Nachbearbeitungsverfahrens der Stirnflächen fließen kann, und wobei die Verdrängungsausnehmungen dreidimensional facettenförmig ausgebildet sind und jeweils eine Bodenfläche sowie im Wesentlichen trapezförmige Seitenflächen aufweisen, so dass jeweils eine umlaufende Stegstruktur die Verdrängungsausnehmungen umgibt und die Stegstrukturen eine Kalibrierstruktur bilden, wobei ein Neigungswinkel der trapezförmigen Seitenflächen an den Flächenanteil der Kalibrierstruktur angepasst vorgesehen ist.

[0013] Aus der DE 10 2012 222 271 A1 ist ein hydraulischer Nockenwellenversteller bekannt, mit einem Stator, innerhalb dessen ein Rotor drehbar angeordnet ist, wobei der Rotor einen Nabenkörper mit einem eine Drehbewegung des Rotors relativ zum Stator ermöglichenden Lagerbereich aufweist und zumindest einen an den Nabenkörper anschließenden Flügel aufweist, der sich im Wesentlichen vom Nabenkörper radial nach außen in Richtung des Stators erstreckt, wobei sich der Flügel radial nach außen hin verjüngt, und wobei der Nabenkörper und der Flügel als integrales Monolithteil ausgebildet ist.

[0014] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, die Einsetzbarkeit von einem einteilig mit einem Deckel ausgebildeten, pulvermetallurgisch hergestellten Stator für einen Nockenwellenversteller zu verbessern.

[0015] Die Aufgabe der Erfindung wird mit dem eingangs genannten Stator gelöst, bei dem der Übergangsbereich unmittelbar an der inneren Mantelfläche des Statorgrundkörpers beginnt und sich maximal über eine Distanz von dieser inneren Mantelfläche weg erstreckt, und der mit einer Vertiefung vertieft ausgeführt ist, oder bei dem der Übergangsbereich eine höhere Verdichtung aufweist als der an den Übergangsbereich unmittelbar anschließende Bereich des Deckelgrundkörpers.

[0016] Weiter wird die Aufgabe der Erfindung mit dem eingangs genannten Rotor gelöst, bei dem die Flügel im äußeren Endbereich mit einer Querschnittsverjüngung ausgebildet sind, wobei die axiale Breite des Flügels um maximal 0,5 mm kleiner ist als unmittelbar vor der Querschnittsverjüngung.

[0017] Zudem wird die Aufgabe der Erfindung mit dem eingangs genannten Nockenwellenversteller gelöst, der den erfindungsgemäßen Stator und/oder den erfindungsgemäßen Rotor aufweist.

[0018] Die Aufgabe wird weiter durch das eingangs genannte Verfahren zur Herstellung des Stators gelöst, bei dem vorgesehen ist, dass der Übergangsbereich unmittelbar an der inneren Mantelfläche des Statorgrundkörpers beginnend und sich maximal über eine Distanz von dieser inneren Mantelfläche weg erstreckend ausgebildet wird und im Übergangsbereich beim Pressen des Pulvers zu dem Statorgrünling eine Vertiefung ausgebildet wird, oder dass im Übergangsbereich eine Erhöhung ausgebildet wird, auf die in einem Kalibrierschritt mit einem Stempel ein Druck ausgeübt wird, sodass im Übergangsbereich die Dichte des Deckelgrundkörpers erhöht wird und dadurch der Übergangsbereich mit einer höheren Verdichtung hergestellt wird als der an den Übergangsbereich unmittelbar anschließende Bereich des Deckelgrundkörpers.

[0019] Schließlich wird die Aufgabe der Erfindung auch mit dem eingangs genannten Verfahren zur Herstellung eines Rotors gelöst, bei dem vorgesehen ist, dass der Querschnitt der Flügel des Rotors im äußeren Endbereich verjüngt wird, wozu eine Flügelbreite in axialer Richtung um maximal 0,5 mm verringert wird.

[0020] Von Vorteil ist dabei, dass durch diese Maßnahmen der Bearbeitungsaufwand für eine zur erreichende „Dichtheit“, d.h. der zu erreichenden maximalen Durchflussquerschnitte zwischen Rotor und Stator, reduziert werden kann. Aufgrund der relativen Verstellbarkeit des Rotors zum Stator ist zwischen dem Rotor und dem Stator ein Spalt ausgebildet. Dieser Spalt verursacht eine „Leckage“ zwischen den einzelnen Zellen/Arbeitsräumen des Nockenwellenverstellers. Am besten wäre es, wenn kein Spalt vorhanden wäre, was aber fertigungsbedingt, d.h. bedingt durch Toleranzen der Bauteile, nicht möglich ist. Daher werden Rotor und Stator üblicherweise mechanisch nachbearbeitet, um diese Toleranzen zu reduzieren. Um diesen Aufwand zu verringern bzw. um den Herstellungsaufwand an sich zu verringern, können die erfindungsgemäßen Maßnahmen gesetzt werden. Durch die Vertiefung ist es möglich, mit der Bearbeitung des Bodens der Arbeitsräume, der durch die Deckelinnenseite gebildet wird, bereits vor Erreichen der Innenwände des Stators zu stoppen, sodass also auf eine genaue Ausbildung der Innenkante zwischen innerer Mantelfläche und Boden verzichtet werden kann. Diese wiederum erlaubt auch den Einsatz von günstigeren Werkzeugen, die ebenfalls gerundete Kanten aufweisen können. Nachdem der Übergangsbereich vertieft ausgeführt ist, kann auch der Rotor im Kantenbereich nicht am Stator verkanten, sodass der Rotor scharfkantig ausgebildet bleiben kann. Der gleiche Effekt wird erreicht, wenn der Rotor wie beschrieben ausgebildet wird und dafür der Übergangsbereich zwischen innerer Mantelfläche und Deckel nicht scharfkantig ausgebildet werden muss. Beide Maßnahmen verstärken die beschriebenen Effekte. Andererseits kann der Übergangsbereich zwischen innerer Mantelfläche und Deckel höher verdichtet werden. Dazu kann ein Vorsprung vorgesehen werden, der mit einem Kalibrierwerkzeug auf das restliche Bodenniveau gepresst, also verdichtet wird. Somit bleibt im Übergangsbereich ein kleinerer Bereich übrig, der von einer 90 ° Kante abweicht, als dies allein mit einem Stempel bei der Grünlingsherstellung erreicht werden kann bzw. als dies

aufgrund von Bauteilverzügen beim Sintern erreicht werden kann. Es kann also auch mit dieser relativ einfachen und damit kostengünstigeren Maßnahme die Bauteilgenauigkeit erhöht werden.

[0021] Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass eine Breite der Vertiefung größer ist als eine maximale Tiefe. Einerseits kann damit die mechanische Bearbeitung des Bodens weiter vereinfacht werden, da diese in größerem Abstand zur inneren Mantelfläche beendet werden kann. Andererseits kann damit auch die Querschnittsfläche, die für einen Austritt des Arbeitsfluids aus einem Arbeitsraum vorhanden ist, mehr reduziert werden, als dies im umgekehrten Fall erreichbar wäre. Durch die mechanische Bearbeitung wird ein Teil der Bodenfläche entfernt. Bedingt dadurch wird auch die besagte Querschnittsfläche verringert. Wenn dabei die Breite der Vertiefung größer ist als die maximale Tiefe, dann wird durch Reduktion der maximalen Tiefe auch die Querschnittsfläche mehr reduziert.

[0022] Zur weitere Verbesserung der genannten Effekte kann nach einer anderen Ausführungsvariante vorgesehen werden, dass eine Querschnittsfläche der Vertiefung eine Größe von maximal $0,02 \text{ mm}^2$ aufweist.

[0023] Eine einfachere Herstellbarkeit des Stators kann auch erreicht werden, wenn die Vertiefung mit einer Rundung versehen ist oder gerundet ausgeführt ist. Es können damit bei der Herstellung des Statorgrünlings gerundete Werkzeuge eingesetzt werden, mit denen die Verpressung des Pulvers einfacher durchgeführt werden kann.

[0024] Im Rahmen der Evaluierung der Erfindung haben sich folgende Ausführungsvarianten in Hinblick auf die Ausgestaltung der Vertiefung als vorteilhaft erwiesen:

- dass eine Querschnittsfläche der Vertiefung zumindest annähernd in Form eines rechtwinkligen Trapezes ausgebildet ist, und/oder
- dass eine Querschnittsfläche der Vertiefung zumindest annähernd in Form eines Dreiecks ausgebildet ist.

[0025] Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Vertiefung gestuft ausgebildet ist. Mit dieser Ausführungsvariante kann ebenfalls die nach der Bearbeitung der Bodenfläche verbleibende Querschnittsfläche des Übergangsbereichs, die für einen ungewollten Austritt des Arbeitsfluids aus dem Arbeitsraum verantwortlich ist, reduziert werden, indem insbesondere die Stufenhöhe auf die Tiefe des mechanischen Abtrags bei der Bodenbearbeitung abgestimmt werden kann.

[0026] Aufgrund der Vertiefung bzw. des höher verdichteten Übergangsbereichs bzw. des erfindungsgemäßen Rotors ist eine Reduktion der Bearbeitung der gesinterten Bauteile möglich, sodass auch die radial innere Mantelfläche des Statorgrundkörpers sinterrauh ausgebildet ist und/oder dass zumindest einzelne der Stegwände sinterrauh ausgebildet sind. Mit sinterrauh ist jener Zustand einer Oberfläche eines Sinterbauteils gemeint, die sie unmittelbar nach dem Sintern und Abkühlen auf Raumtemperatur, gegebenenfalls nach erfolgter Härtung, aufweist. Anders ausgedrückt ist eine sinterrauhe Oberfläche nach dem Sintern mechanisch nicht nachbearbeitet worden.

[0027] Nach einer Ausführungsvariante des Rotors kann zur Verbesserung der voranstehend genannten Effekte vorgesehen sein, dass sämtliche Kanten der Flügel an zumindest einer der beiden axialen Stirnflächen und gegebenenfalls des Rotorgrundkörpers an den Übergängen zwischen der äußeren Mantelfläche und den axialen Stirnflächen oder zumindest einer der axialen Stirnflächen des Rotors derart mit einer Querschnittsverjüngung ausgeführt sind.

[0028] Aufgrund der einfacheren Herstellbarkeit kann nach einer Ausführungsvariante des Rotors vorgesehen sein, dass die Querschnittsverjüngung als Abstufung oder als Abschrägung oder als Rundung gebildet ist.

[0029] Gemäß einer Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass die Verringerung der Breite mit einem Kalibrierwerkzeug hergestellt wird, womit ein zusätzlicher Arbeitsschritt hierfür eingespart werden kann.

[0030] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren

näher erläutert.

[0031] Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

[0032] Fig. 1 einen Ausschnitt aus einem Verbrennungsmotor;

[0033] Fig. 2 den Stator und den Rotor eines Nockenwellenverstellers in Schrägansicht;

[0034] Fig. 3 einen Stator in Seitenansicht geschnitten;

[0035] Fig. 4 den Stator nach Fig. 3 in Schrägansicht;

[0036] Fig. 5 ein Detail einer Ausführungsvariante eines Stators;

[0037] Fig. 6 ein Detail einer anderen Ausführungsvariante eines Stators;

[0038] Fig. 7 ein Detail einer weiteren Ausführungsvariante eines Stators;

[0039] Fig. 8 ein Detail einer Ausführungsvariante eines Stators;

[0040] Fig. 9 ein Detail einer Ausführungsvariante eines Rotors;

[0041] Fig. 10 ein Detail einer anderen Ausführungsvariante eines Rotors.

[0042] 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.

[0043] In Fig. 1 ist ein Ausschnitt aus einem Verbrennungsmotor 1 dargestellt. Zu sehen sind ein hydraulischer Nockenwellenversteller 2 und ein Antriebsrad 3. Der Nockenwellenversteller 2 weist an seinem äußeren Umfang eine Stirnverzahnung 4 auf. Ebenso weist das Antriebsrad 3 an seinem äußeren Umfang eine Stirnverzahnung 5 auf. Die beiden Stirnverzahnungen 4, 5 stehen in kämmenden Eingriff miteinander.

[0044] Die Stirnverzahnung 4 des Nockenwellenverstellers 2 kann auch für den Eingriff einer Steuerkette oder einem Antriebsriemen (nicht dargestellt) ausgebildet sein.

[0045] Prinzipiell ist diese Ausbildung von hydraulischen Nockenwellenverstellern 2 aus dem Stand der Technik bekannt, sodass sich weitere Ausführungen dazu erübrigen.

[0046] Wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, weist der Nockenwellenversteller 2 einen Stator 6 und einen Rotor 7 auf. Zudem weist der Nockenwellenversteller 2 eine Statorabdeckung 8 (siehe Fig. 1) auf.

[0047] Der Stator 6 weist einen, insbesondere ringförmigen Statorgrundkörper 9 auf, der - wie bereits erwähnt - an seinem äußeren Umfang die Außenverzahnung in Form der Stirnverzahnung 4 aufweist. An einer radial inneren Mantelfläche 10 des Statorgrundkörpers 9 und über diese radial nach innen vorragend sind Stege 11 ausgebildet. Im konkreten Fall weist der Stator 6 vier Stege 11 auf. Diese Anzahl an Stegen 11 soll aber nicht beschränkend verstanden werden. Es können auch mehr oder weniger Stege 11 vorhanden sein.

[0048] Die Stege 11 können bedarfsweise mit einer Ausnehmung 12 bzw. einem Durchbruch versehen sein, um damit dem Stator 6 ein geringeres Gewicht zu verleihen. Die Ausnehmungen 12 können je nach Ausführung der Statorabdeckung 8 aber auch zur Aufnahme von Schrauben bzw. generell Befestigungsmitteln dienen, mit denen die Statorabdeckung 8 an dem Stator 6 befestigt (fixiert) wird.

[0049] Die Stege 11 sind in einer Umfangsrichtung 13 voneinander beabstandet am Statorgrundkörper 9 angeordnet.

[0050] Innerhalb des Stators 6 - wie bereits erwähnt wurde auf die Darstellungen der Statorabdeckung 8 (Fig. 1) in Fig. 2 verzichtet - ist der Rotor 7 vollständig angeordnet bzw. zumindest

teilweise angeordnet. Der Rotor 7 weist einen (ringförmigen) Rotorgrundkörper 14 auf. An einer äußeren Mantelfläche 15 dieses Rotorgrundkörpers 14 sind Flügel 16 ausgebildet bzw. angeordnet, die sich von der Mantelfläche 15 beginnend radial nach außen erstrecken. Im zusammengebauten Zustand des Nockenwellenverstellers 2 sind diese Flügel 16 zwischen den Stegen 11 des Stators 6 angeordnet. Seitenflächen 17 der Stege 11 bzw. von zumindest einem der Stege 11 bilden dabei die Anschlagflächen für die Flügel 16 des Rotors 7, wie dies aus Fig. 2 ersichtlich ist.

[0051] Die Anzahl der Flügel 16 des Rotors 7 richtet sich nach der Anzahl der Stege 11 des Stators 6, sodass im konkreten Fall also vier Flügel 16 vorhanden sind.

[0052] Die Stege 11 definieren hydraulische Arbeitsräume 18. Je ein Arbeitsraum 18 wird in der Umfangsrichtung 13 von zwei Stegen 11 begrenzt. Durch die Flügel 16, die zwischen den Stegen 11 angeordnet sind, werden die Arbeitsräume 18 jeweils durch einen Flügel 16 des Rotors 7 in eine erste Arbeitskammer 19 und eine zweite Arbeitskammer 20 unterteilt. Über das in diese Arbeitskammern 19, 20 einleitbare Fluid kann die relative Stellung des Rotors 7 zum Stator 6 verändert werden, wie das an sich bekannt ist, sodass hierzu auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen sei.

[0053] Es sei darauf hingewiesen, dass die hydraulische Ausführung des Nockenwellenverstellers 2 die bevorzugte ist. Der Nockenwellenversteller 2 kann aber auch anders ausgeführt sein.

[0054] Der Rotor 7 ist also innerhalb des Stators 6 relativ in der Umfangsrichtung 13 drehbeweglich zum Stator 6 angeordnet, wobei der Weg der Verdrehbarkeit durch die Stege 11 begrenzt wird. Der Nockenwellenversteller 2 arbeitet somit nach dem Schwenkmotorprinzip. Von einer Kette oder einem Riementrieb oder dem Antriebsrad 3 angetrieben verstellt der Nockenwellenversteller 2 die Öffnungs- und Schließzeiten der Gaswechselventile gegenüber der antreibenden Welle, wie zum Beispiel der Kurbelwelle, zu einen früheren oder späteren Zeitpunkt, um auf den Verbrennungsablauf in der Verbrennungskraftmaschine Einfluss zu nehmen. Hierbei wird durch die Befüllung mit einem geeigneten Hydraulikmedium der sich zwischen Rotor 7 und Stator 6 des Nockenwellenverstellers 2 bildenden gegenläufigen Arbeitskammern 19, 20 die Nockenwelle entweder in Richtung "Früh" oder in Richtung "Spät" verstellt.

[0055] Zumindest teilweise innerhalb einer in der Axialrichtung 21 verlaufenden bzw. durch den Rotor 7 insbesondere durchgehenden Aufnahme 22 (Ausnehmung) des Rotors 7, also zumindest teilweise von dem Rotor 7 umgeben, kann ein Steuerventil (auch als Zentralventil bezeichnbar), angeordnet sein.

[0056] Wie die Fig. 3 und 4 zeigen, ist vorgesehen, dass der Statorgrundkörper 9 des Stator 6 mit einem Deckel 23 einstückig ausgebildet ist. Es ist also die zweite „Abdeckung“ einstückig mit dem Statorgrundkörper 9 ausgebildet, sodass der Stator 6 nach der Erfindung also annähernd topfförmig zur Aufnahme des Rotors 7 ausgebildet ist. Der Deckel 23 weist einen Deckelgrundkörper 24 auf. Wie besser aus Fig. 4 ersichtlich ist, kann der Deckelgrundkörper 24 insbesondere zumindest annähernd ringförmig ausgebildet sein und einen Durchbruch 25 aufweisen, in oder durch den z.B. das angesprochene Steuerventil oder eine Achse hinein- oder hindurchragen kann.

[0057] Zwischen dem Statorgrundkörper 9 und dem Deckelgrundkörper 24 ist eine Übergangsbereich 26 ausgebildet. Der Übergangsbereich 26 beginnt unmittelbar an der inneren Mantelfläche 10 des Statorgrundkörpers 9 und erstreckt sich maximal über eine Distanz 27 von dieser inneren Mantelfläche 10 weg. Die Größe der Distanz 27 kann zwischen 0,2 mm und 1 mm, insbesondere zwischen 0,2 mm und 0,6 mm, betragen. Die Distanz 27 wird im rechten Winkel zur inneren Mantelfläche 10 (und parallel zu einer Bodenfläche 28 des Stators 6, die durch die Innenseite des Deckels 23 gebildet wird) gemessen.

[0058] Der Übergangsbereich 26 ist bevorzugt auch zwischen den Seitenflächen 17 der Stege 11 und dem Deckelgrundkörper 24 ausgebildet. Der Übergangsbereich 26 kann sich dabei auch über den gesamten Umfang der Stege 11 zwischen der inneren Mantelfläche 10 des Statorgrundkörpers 9 erstrecken, d.h. in Umfangsrichtung 13 vom Beginn eines Steges 11 bis zum Ende des

Steges 11, an dem er wieder in die innere Mantelfläche 10 übergeht. Der Übergangsbereich 26 (im Sinne der Erfindung) kann aber auch nur zwischen einer oder den Seitenfläche(n) 17 und dem Deckelgrundkörper 24 ausgebildet sein und nicht zwischen einer radial innersten Fläche 29 der Stege 11 und dem Deckelgrundkörper 24, wenngleich dies nicht die bevorzugte Ausführungsvariante ist. Bevorzugt erstreckt sich der Übergangsbereich über den gesamten inneren Umfang des Stators 6, der durch die innere Mantelfläche 10 und die Stege 11 gebildet ist.

[0059] Der Übergangsbereich 26 weist eine Vertiefung 30 auf, ist also vertieft ausgeführt, und/oder ist höher verdichtet als der an den Übergangsbereich 26 unmittelbar anschließende Bereich des Deckelgrundkörpers 24.

[0060] Herstellungsbedingt kann auch der an die Bodenfläche 28 angrenzende Bereich der inneren Wandfläche 10 des Statorgrundkörpers 9 und/oder der Seitenflächen 17 und der innersten Fläche 29 der Stege 11 zumindest abschnittsweise vertieft ausgeführt sein, wobei diese „Hinterschneidung“ beispielsweise aufgrund von Geometrieänderungen bei Sintern entstehen kann.

[0061] Hinsichtlich der Ausführungsvariante „Vertiefung 30“ sei auf die Fig. 5 verwiesen, die einen Ausschnitt aus dem Stator 6 im Bereich des Übergangsbereichs 26 im Querschnitt zeigt.

[0062] Bei dieser Ausführungsvariante ist eine Breite 31 der Vertiefung größer als eine maximale Tiefe 32.

[0063] Die maximale Tiefe 32 ist bezogen auf die Bodenfläche 28 des Deckels 23.

[0064] Die Breite 31 wird in gleicher Richtung betrachtet, wie die voranstehend genannte Distanz 27. Sie kann maximal gleich groß sein wie die Distanz 27. Sie kann aber auch kleiner sein, jedoch ist sie bevorzugt nicht kleiner als 25 %, insbesondere 50 %, des Wertes der Distanz 27.

[0065] Prinzipiell kann die Breite 31 der Vertiefung 30 aber auch kleiner oder gleich groß sein als/wie die maximale Tiefe 32.

[0066] Die durch die Breite 31 und die maximale Tiefe 31 oder den Verlauf der Tiefe 31 über die Breite 31 definierte Querschnittsfläche 33 der Vertiefung 30 weist gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung eine Größe von maximal $0,02 \text{ mm}^2$ auf. Die Größe der Querschnittsfläche 33 kann zwischen $0,005 \text{ mm}^2$ und $0,02 \text{ mm}^2$, insbesondere zwischen $0,01 \text{ mm}^2$ und $0,017 \text{ mm}^2$, betragen.

[0067] Wie weiter aus Fig. 5 ersichtlich ist, kann die Vertiefung 30 mit zumindest einer Rundung versehen sein oder gerundet ausgeführt sein. Sie kann über ihren gesamten Verlauf im Übergangsbereich 26 mit Rundungen versehen sein, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist, oder auch nur über einen Teilbereich dieses Übergangsbereichs 26, beispielsweise nur um Bereich der maximalen Tiefe 32. Es können aber auch andere Rundungsverläufe als der in Fig. 5 dargestellte vorgesehen werden. Weiter ist es möglich, dass der gerundete Verlauf der Vertiefung 30 eine Abfolge von mehreren unterschiedlichen Radien aufweist. Der Radius bzw. die Radien der Rundung kann/können insbesondere ausgewählt sein aus einem Bereich von $0,05 \text{ mm}$ bis $0,5 \text{ mm}$.

[0068] Die Vertiefung 30 kann aber auch eine andere als die in Fig. 5 dargestellte Querschnittsform aufweisen. Stellvertretend für andere Ausführungsvarianten der Querschnittsform der Vertiefung 30 sei auf die Fig. 6 und 7 verwiesen. Beispielsweise kann die Vertiefung 30 eine dreieckförmige oder trapezförmige, insbesondere in Form eines rechtwinkligen Trapezes, Form aufweisen, die dies Fig. 6 in vollen bzw. strichlierten Linien zeigt.

[0069] Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante des Stators 6 kann die Vertiefung 30 auch mit einer oder mehreren Stufen versehen sein, also gestuft ausgeführt sein. Beispielsweise kann die Querschnittsform der Vertiefung 30 eine Kombination aus einem (rechtwinkligen) Trapez und einem Viereck (insbesondere Rechteck oder Quadrat) sein.

[0070] Generell sind auch andere als die aufgezählten Querschnittsformen für die Vertiefung 30 möglich, beispielsweise eine rechteckförmige oder eine quadratische, etc.

[0071] Bei sämtlichen dieser Querschnittsformen können Kanten/Ecken gerundet oder facettiert ausgeführt sein.

[0072] Fig. 7 zeigt auch noch einen Ausschnitt aus einer weiteren Ausführungsvariante des Stators 6. Dabei weist der Grünling für den Stator 6 im Übergangsbereich 26 eine Erhebung 34 auf. Diese kann auch gestuft ausgeführt sein, also mit einer oder mehreren Stufen ausgeführt sein, wie dies in Fig. 7 strichliert dargestellt ist. Die Querschnittsfläche der Erhebung 34 kann invers zu jener der Vertiefung 30 ausgeführt sein. Diese Erhebung 34 wird dann in einem nachfolgenden Schritt des Herstellungsverfahrens, insbesondere in einem Kalibrierschritt zur Erhöhung der Bauteilgenauigkeit des Stators 6, mit einem Werkzeug, insbesondere einem Stempel, verpresst, womit der Übergangsbereich 26 eine höher verdichtete Bereich 35 aufweist oder höher verdichtet ist als der unmittelbar an den Übergangsbereich 26 anschließende Bereich des Deckels 23, wie dies in Fig. 7 ebenfalls strichliert angedeutet ist. Insbesondere wird die Erhebung 34 auf das Niveau der Bodenfläche 28 verpresst.

[0073] Der Stator 6 ist nach einem pulvermetallurgischem Verfahren hergestellt. Diese Verfahren an sich sind bekannt, sodass sich weitere Erörterungen dazu erübrigen. Es sei jedoch so viel ausgeführt, dass dieses Verfahren die folgenden Verfahrensschritte umfasst:

- Bereitstellung eines Pulvers, z.B. eines Sinterstahlpulvers, zur Herstellung des Stators 6;
- Pressen des Pulvers zu einem Statorgrünling;
- gegebenenfalls (mechanisches) Grünbearbeitung des Statorgrünlings;
- ein- oder mehrstufiges Sintern des Statorgrünlings, insbesondere bei einer Temperatur zwischen 600 °C und 1300 °C, vorzugsweise in einer nicht oxidierenden Atmosphäre,
- gegebenenfalls materialabtragendes Nachbearbeiten des Statorgrünlings.

[0074] Bei Pressen des Pulvers zum Statorgrünling wird im Übergangsbereich 26 die Vertiefung 30 ausgebildet, oder es wird im Übergangsbereich die Erhebung 30 ausgebildet, die dann wie beschrieben verpresst wird.

[0075] Falls der Stator 6 mit der Vertiefung 30 ausgebildet wird, kann in einem Verfahrensschritt, beispielsweise durch Grünlingsbearbeitung oder nach dem Sintern, ein Teil des Deckelgrundkörpers 24 spanend, z.B. durch Fräsen, Honen, etc., entfernt werden. Es sei dazu auf die Fig. 8 verwiesen. Vom Deckelgrundkörper 24 wird auf der Innenseite, an der im fertigen Nockenwellenversteller 2 der Rotor angeordnet ist, Material bis zu einer Höhe 36 mit einem (spanenden) Werkzeug, z.B. einem Fräser 37, entfernt. Dadurch wird die Vertiefung 30 verkleinert, insbesondere die Tiefe auf die maximale Tiefe 32 verringert und/oder die Breite 31 der Vertiefung 30 reduziert.

[0076] Fig. 8 zeigt auch eine weitere Form der Querschnittsfläche 33 bzw. der Vertiefung 30 mit einer zumindest teilweise geraden/ebenen Bodenfläche und gerundeten Übergängen in den Seitenflächen, die zudem einen unterschiedlichen Rundungsradius aufweisen.

[0077] Aufgrund der Vertiefung 30 ist es möglich, dass die beschriebene materialabhebende Bearbeitung der Bodenfläche 28 des Deckelgrundkörpers 24 bereits vor der Mantelfläche 10 des Statorgrundkörpers 9 oder der/den Seitenfläche(n) 17 der Stege 11 enden kann (also beabstandet dazu), da im Übergangsbereich 26 kann Material abgetragen werden muss. Damit kann nach einer Ausführungsvariante des Stators 6 die radial innere Mantelfläche 10 des Statorgrundkörpers 9 sinterrauh ausgebildet sein und/oder kann zumindest eine der Stegwände, d.h. der Seitenflächen 17, sinterrauh ausgeführt sein.

[0078] Auch der Rotor 7 der Erfindung ist nach einem pulvermetallurgisches Verfahren hergestellt. Diese umfasst analog zum Verfahren zur Herstellung des Stators 6 die Schritte:
Bereitstellung eines Pulvers zur Herstellung des Rotors (7);

- Pressen des Pulvers, z.B. eines Sinterstahlpulvers, zu einem Rotorgrünling;
- gegebenenfalls (mechanisches) Grünbearbeitung des Rotorgrünlings;
- ein- oder mehrstufiges Sintern des Rotorgrünlings insbesondere bei einer Temperatur zwischen 600 °C und 1300 °C, vorzugsweise in einer nicht oxidierenden Atmosphäre;
- gegebenenfalls materialabtragendes Nachbearbeiten des Rotorgrünlings.

[0079] Bei Pressen des Pulvers zum Rotorgrünling werden in einem Übergangsbereich 38 die Querschnitte der Flügel 16 des Rotors 7 zumindest im äußeren Endbereich verjüngt, wozu eine Flügelbreite 39 (siehe Fig. 2) um eine axiale Breite 40 von maximal 0,5 mm verringert wird. Es

sei dazu auf die Fig. 9 und 10 verwiesen, die zwei mögliche Ausführungsvarianten des Rotors 7 während des Pulverpressens ausschnittsweise zeigen. Die Verringerung der Flügelbreite 39 kann in der Umfangsrichtung 13 ein- oder beidseitig an den Flügeln 16 ausgebildet sein.

[0080] Es ist auch möglich, dass sämtliche Kanten der Flügel 16 an zumindest einer der beiden axialen Endflächen und gegebenenfalls des Rotorgrundkörpers 14 an den Übergängen zwischen der Mantelfläche 15 und den axialen Stirnflächen (Endflächen) oder zumindest einer der axialen Stirnflächen (Endflächen) des Rotors 7 derart mit einer derartigen Verjüngung (der Querschnittsfläche des Rotors 6 in der Axialrichtung 21 betrachtet) ausgeführt sind.

[0081] Mit dieser/diesen Querschnittsverjüngung(en) bzw. der Verringerung der Flügelbreite 39 kann ein Verkanten des Rotors 7 mit dem Stator 6 bei der Relativverstellung zum Stator 6 besser vermieden.

[0082] Die Breite 40 der Querschnittsverjüngung(en) bzw. der Verringerung der Flügelbreite 39 kann ausgewählt sein aus einem Bereich von 0,01 mm bis 0,5 mm, insbesondere von 0,01 mm bis 0,3 mm.

[0083] Wie bereits zum Übergangsbereich 26 des Stators 6 beschrieben, kann auch die Querschnittsform der Querschnittsverjüngung(en) bzw. der Verringerung der Flügelbreite 39 des Rotors 7 unterschiedlich ausgebildet sein, beispielsweise gerundet, abgestuft, abgeschrägt wie in Fig. 9 dargestellt, oder mit einer Sinterfacette versehen, wie in Fig. 10 dargestellt. Es sei dazu auch auf die entsprechenden Ausführungen zum Übergangsbereich 26 des Stators 6 verwiesen.

[0084] Die Herstellung der Querschnittsverjüngung(en) des Rotors 7 bzw. der Verringerung der Flügelbreite 39 der Flügel 16 des Rotors 7 kann insbesondere beim Pulverpressen erfolgen. Dazu kann ein mehrteiliger Ober- und/oder der Unterstempel verwendet werden. Die Fig. 9 und 10 zeigen die Ausführung des Unterstempels mit einem ersten Stempelteil 41 und einem zweiten Stempelteil 42. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass der Ober- und/oder der Unterstempel mehr als zwei Stempelteile aufweisen kann/können.

[0085] Bei der Ausführungsvariante nach Fig. 9 weist der zweite Stempelteil 42 eine Querschnittsverbreiterung 43 auf. Durch diese wird in besagtem Übergangsbereich 38 Pulver weggedrückt, wenn der Stempelteil 42 relativ zum Stempelteil 41 verstellt wird (nach oben in Fig. 9).

[0086] Bei der Ausführungsvariante nach Fig. 10 ist hingegen der zweite Stempelteil 42 ohne Querschnittsveränderung in besagtem Bereich ausgebildet. Dafür weist der erste Stempelteil 41 unmittelbar anschließen an den zweiten Stempelteil 42 eine Erhöhung 44 auf, mit der das Pulver beim Pulverpressen ebenfalls stärker verdichtet werden kann, sodass in diesem Bereich die Querschnittsverjüngung(en) des Rotors 7 bzw. der Verringerung der Flügelbreite 39 der Flügel 16 des Rotors 7 hergestellt werden kann.

[0087] Die Querschnittsverjüngung(en) des Rotors 7 bzw. der Verringerung der Flügelbreite 39 der Flügel 16 des Rotors 7 kann aber auch in einem Kalibrierwerkzeug hergestellt werden.

[0088] Hinsichtlich der geometrischen Ausführung der Erhöhung 44 sei auf die Ausführungen zur Erhebung 34 bzw. der Vertiefung 30 des Stators 6 verwiesen.

[0089] Der hydraulischen Nockenwellenversteller 2 kann einen Stator 6 und/oder einen Rotor 7 nach der Erfindung aufweisen.

[0090] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Verbrennungsmotor 1, der Nockenwellenversteller 2, der Stators 6 bzw. der Rotors 7 nicht zwingenderweise maßstäblich dargestellt sind.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Verbrennungsmotor	31	Breite
2	Nockenwellenversteller	32	Tiefe
3	Antriebsrad	33	Querschnittsfläche
4	Stirnverzahnung	34	Erhebung
5	Stirnverzahnung	35	Bereich
6	Stator	36	Höhe
7	Rotor	37	Fräser
8	Statorabdeckung	38	Übergangsbereich
9	Statorgrundkörper	39	Flügelbreite
10	Mantelfläche	40	Breite
11	Steg	41	Stempelteil
12	Ausnehmung	42	Stempelteil
13	Umfangsrichtung	43	Querschnittverbreiterung
14	Rotorgrundkörper	44	Erhöhung
15	Mantelfläche		
16	Flügel		
17	Seitenfläche		
18	Arbeitsraum		
19	Arbeitskammer		
20	Arbeitskammer		
21	Axialrichtung		
22	Aufnahme		
23	Deckel		
24	Deckelgrundkörper		
25	Durchbruch		
26	Übergangsbereich		
27	Distanz		
28	Bodenfläche		
29	Fläche		
30	Vertiefung		

Patentansprüche

1. Stator (6) aus einem Sinterwerkstoff für einen hydraulischen Nockenwellenversteller (1), umfassend einen Statorgrundkörper (9), der eine äußere Mantelfläche und eine innere Mantelfläche (10) aufweist, wobei an der äußeren Mantelfläche eine Stirnverzahnung (4) angeordnet ist und von der inneren Mantelfläche (10) nach innen vorragende, voneinander in Umfangsrichtung (13) des Statorgrundkörpers (9) beabstandete Stege (11) mit Stegwänden ausgebildet sind; sowie mit einem Deckel (23), der einstückig mit dem Statorgrundkörper (9) ausgebildet ist, und der einen, insbesondere ringförmigen, Deckelgrundkörper (24) aufweist, wobei zwischen dem Statorgrundkörper (9) und dem Deckelgrundkörper (24) ein Übergangsbereich (26) ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Übergangsbereich (26) unmittelbar an der inneren Mantelfläche (10) des Statorgrundkörpers (9) beginnt und sich maximal über eine Distanz (27) von dieser inneren Mantelfläche (10) weg erstreckt, und der mit einer Vertiefung (30) vertieft ausgeführt ist, oder dass der Übergangsbereich (26) eine höhere Verdichtung aufweist als der an den Übergangsbereich (30) unmittelbar anschließende Bereich des Deckelgrundkörpers (24).
2. Stator (6) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Breite (31) der Vertiefung (30) größer ist als eine maximale Tiefe (32).
3. Stator (6) nach Anspruch 1 oder 2 einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Querschnittsfläche der Vertiefung (30) eine Größe von maximal $0,02 \text{ mm}^2$ aufweist.
4. Stator (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vertiefung (30) mit einer Rundung versehen ist oder gerundet ausgeführt ist.
5. Stator (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Querschnittsfläche der Vertiefung (30) zumindest annähernd in Form eines rechtwinkligen Trapezes ausgebildet ist.
6. Stator (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Querschnittsfläche der Vertiefung (30) zumindest annähernd in Form eines Dreiecks ausgebildet ist.
7. Stator (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vertiefung (30) gestuft ausgebildet ist.
8. Stator (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die radial innere Mantelfläche (10) des Statorgrundkörpers (9) sinterrauh ausgebildet ist und/oder dass zumindest einzelne der Stegwände sinterrauh sind.
9. Rotor (7) aus einem Sinterwerkstoff für einen Nockenwellenversteller (1), umfassend einen Rotorgrundkörper (14) mit einer äußeren Mantelfläche (15), an der nach außen vorragende Flügel (16) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flügel (16) im äußeren Endbereich mit einer Querschnittsverjüngung ausgebildet sind, wobei die axiale Breite des Flügels (16) um maximal 0,5 mm kleiner ist als unmittelbar vor der Querschnittsverjüngung.
10. Rotor (7) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass sämtliche Kanten der Flügel (16) an zumindest einer der beiden axialen Stirnflächen und gegebenenfalls des Rotorgrundkörpers (14) an den Übergängen zwischen der äußeren Mantelfläche (15) und den axialen Stirnflächen oder zumindest einer der axialen Stirnflächen des Rotors (7) derart mit einer Querschnittsverjüngung ausgeführt sind.
11. Rotor (7) nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Querschnittsverjüngung als Abstufung oder als Abschrägung oder als Rundung gebildet ist.
12. Hydraulischer Nockenwellenversteller (1) zur variablen Verstellung der Steuerzeiten von Gaswechselventilen einer Brennkraftmaschine umfassend einen Stator (6) und einen Rotor (7), wobei der Rotor (7) innerhalb des Stators (6) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stator (6) entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 8 ausgebildet ist und/oder dass der Rotor (7) nach Anspruch 9 bis 11 ausgebildet ist.

13. Pulvermetallurgisches Verfahren zur Herstellung eines Stators (6) für einen hydraulischen Nockenwellenverstellers (1), wobei der Stator (7) einen Statorgrundkörper (9) umfasst, der eine äußere Mantelfläche und eine innere Mantelfläche (10) aufweist, wobei an der äußeren Mantelfläche eine Stirnverzahnung (5) angeordnet ist und von der inneren Mantelfläche (10) nach innen vorragende, voneinander in Umfangsrichtung (13) des Statorgrundkörpers (9) beabstandete Stege (11) ausgebildet sind; sowie mit einem Deckel (23), der einstückig mit dem Statorgrundkörper (9) verbunden ist, und der einen, insbesondere ringförmigen, Deckelgrundkörper (24) aufweist, wobei zwischen dem Statorgrundkörper (9) und dem Deckelgrundkörper (24) ein Übergangsbereich (26) ausgebildet ist, umfassend die Verfahrensschritte:
- Bereitstellung eines Pulvers zur Herstellung des Stators (6);
 - Pressen des Pulvers zu einem Statorgrünling;
 - gegebenenfalls Grünbearbeitung des Statorgrünlings;
 - Sintern des Statorgrünlings;
 - gegebenenfalls materialabtragendes und/oder materialverformendes Nachbearbeiten des Statorgrünlings;
- dadurch gekennzeichnet**, dass der Übergangsbereich (26) unmittelbar an der inneren Mantelfläche (10) des Statorgrundkörpers (9) beginnend und sich maximal über eine Distanz (27) von dieser inneren Mantelfläche (10) weg erstreckend ausgebildet wird und im Übergangsbereich (26) beim Pressen des Pulvers zu dem Statorgrünling eine Vertiefung (30) ausgebildet wird, oder dass im Übergangsbereich (26) eine Erhöhung ausgebildet wird, auf die in einem Kalibrierschritt mit einem Stempel ein Druck ausgeübt wird, sodass im Übergangsbereich (26) die Dichte des Deckelgrundkörpers (24) erhöht wird und dadurch der Übergangsbereich (26) mit einer höheren Verdichtung hergestellt wird als der an den Übergangsbereich (26) unmittelbar anschließende Bereich des Deckelgrundkörpers (24).
14. Pulvermetallurgisches Verfahren zur Herstellung eines Rotors (7) für einen hydraulischen Nockenwellenverstellers (1), wobei der Rotor (7) einen Rotorgrundkörper (14) mit einer äußeren Mantelfläche (15) aufweist, an der nach außen vorragende Flügel (16) angeordnet sind, umfassend die Verfahrensschritte:
- Bereitstellung eines Pulvers zur Herstellung des Rotors (7);
 - Pressen des Pulvers zu einem Rotorgrünling;
 - gegebenenfalls Grünbearbeitung des Rotorgrünlings;
 - Sintern des Rotorgrünlings;
 - gegebenenfalls materialabtragendes und/oder materialverformendes Nachbearbeiten des Rotorgrünlings;
- dadurch gekennzeichnet**, dass der Querschnitt der Flügel (16) des Rotors (7) im äußeren Endbereich verjüngt wird, wozu eine Flügelbreite (15) in axialer Richtung um maximal 0,5 mm verringert wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass sämtliche Kanten der Flügel (16) an zumindest einer der beiden axialen Stirnflächen und gegebenenfalls des Rotorgrundkörpers (14) an den Übergängen zwischen der äußeren Mantelfläche (15) und den axialen Stirnflächen oder zumindest einer der axialen Stirnflächen des Rotors (7) derart mit einer Querschnittsverjüngung ausgeführt werden.
16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verringerung der Breite der Querschnitte mit einem Kalibrierwerkzeug hergestellt wird.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

Fig.1

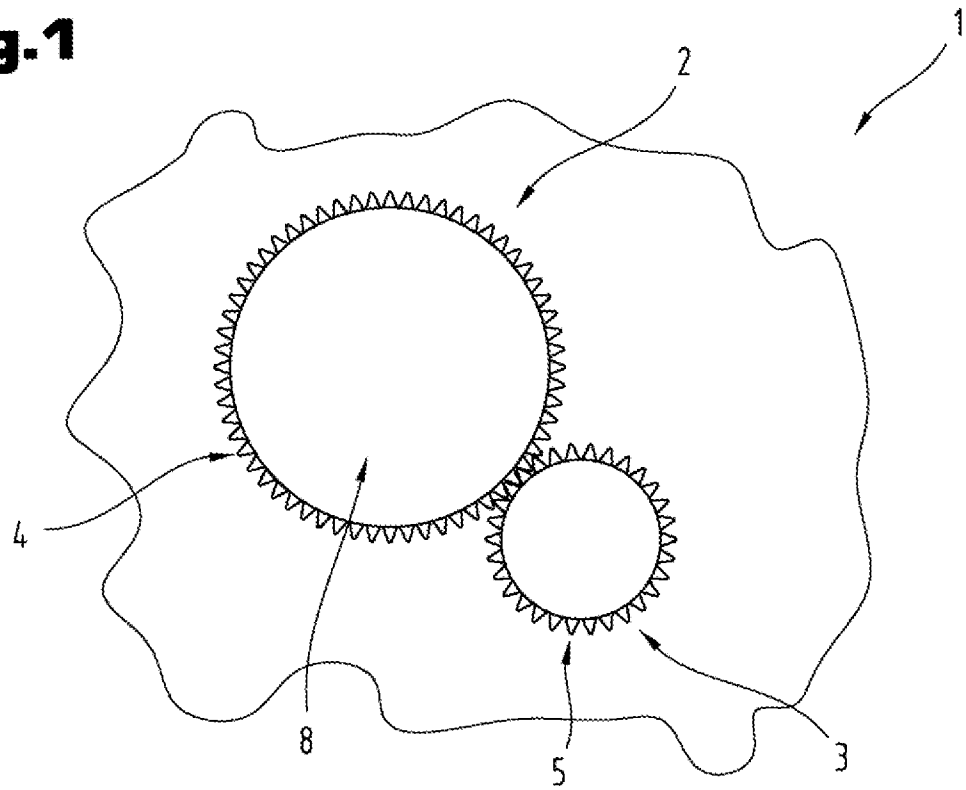


Fig.2

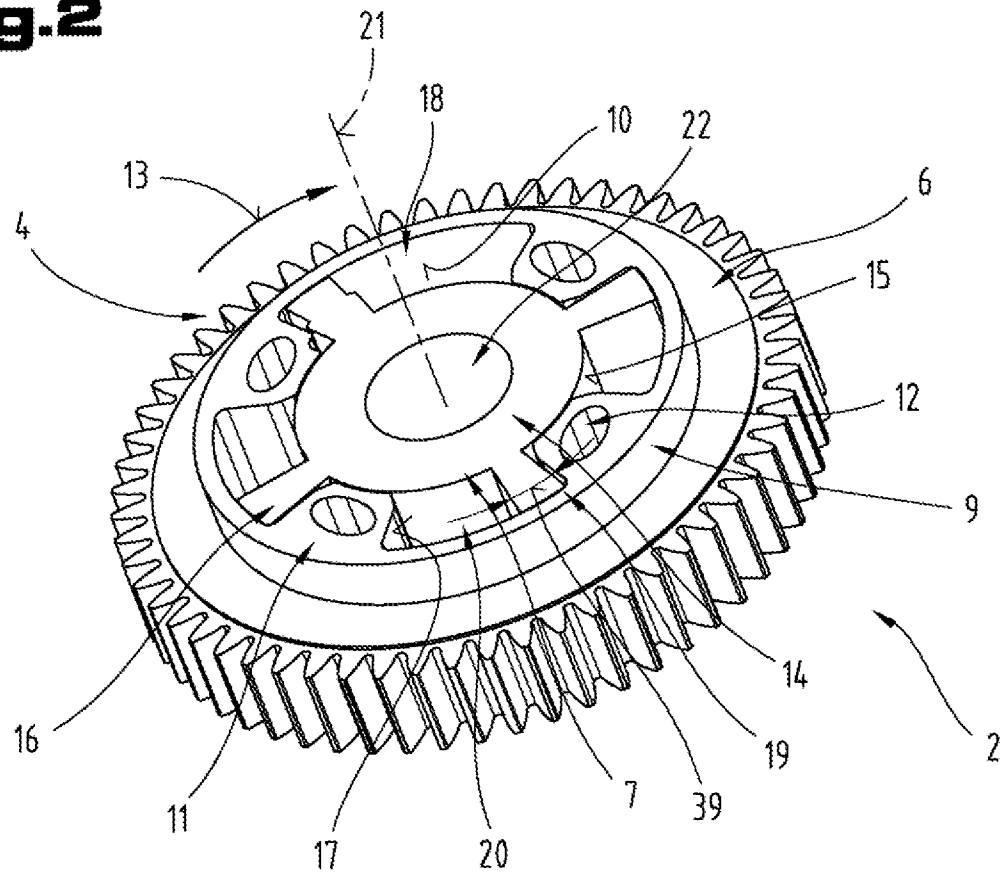


Fig.3

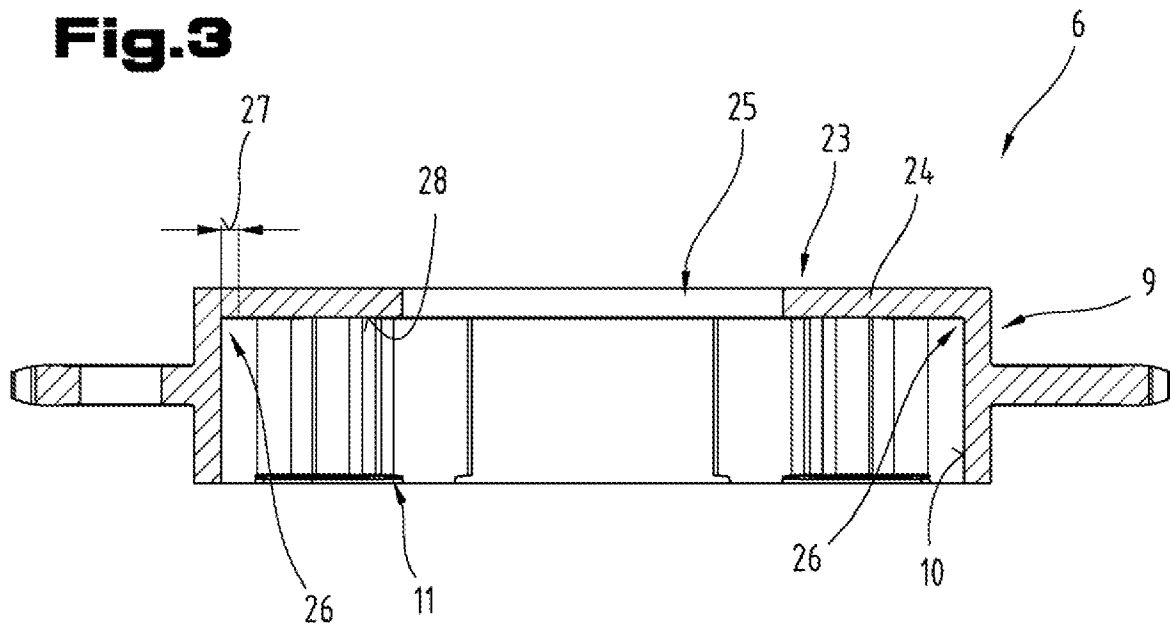


Fig.4

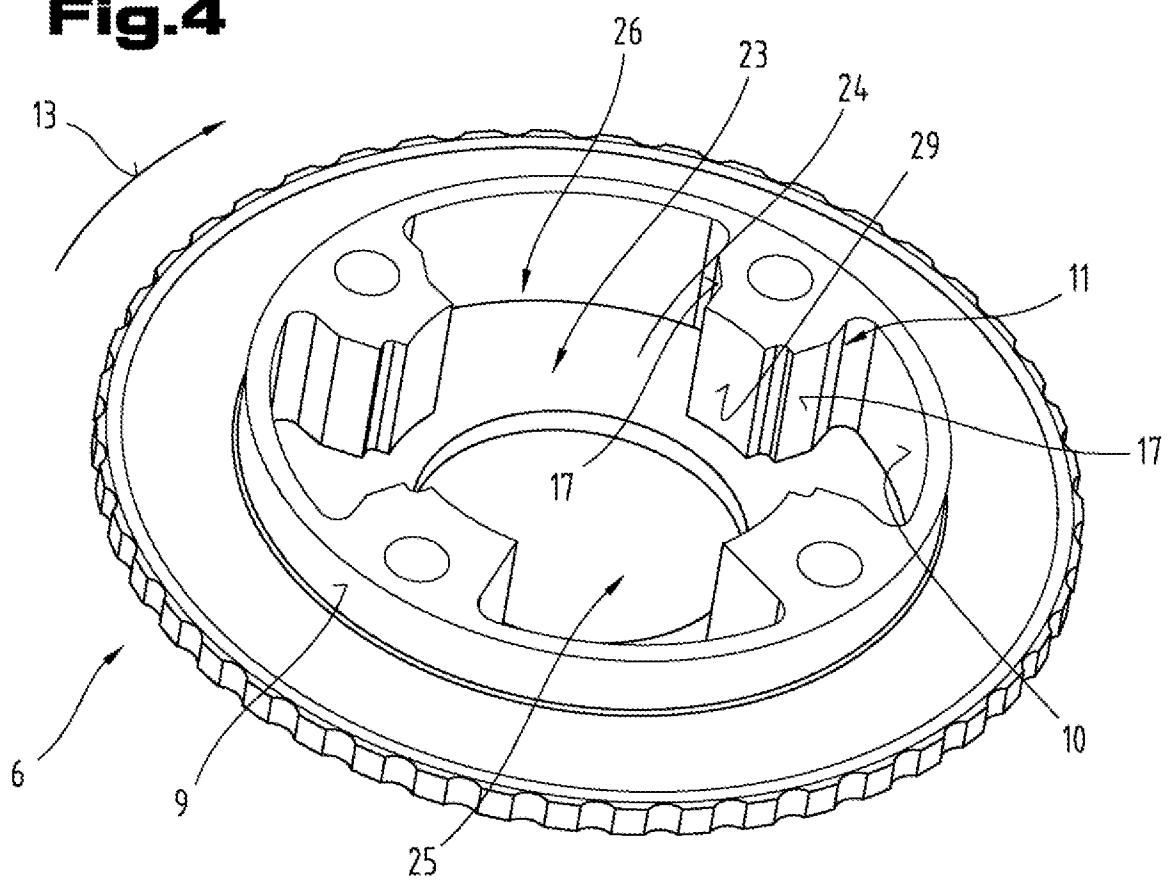


Fig.5

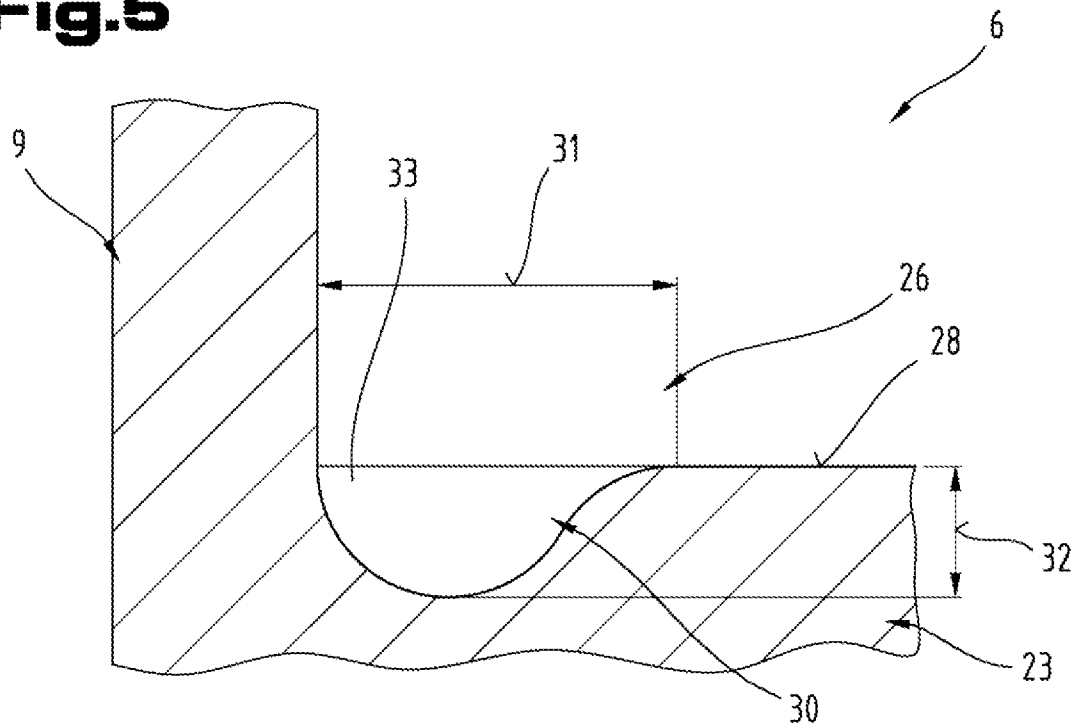


Fig.6

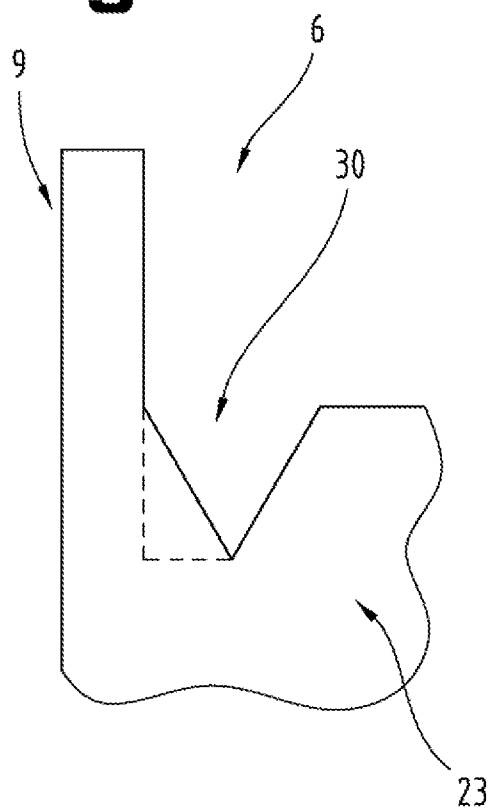


Fig.7

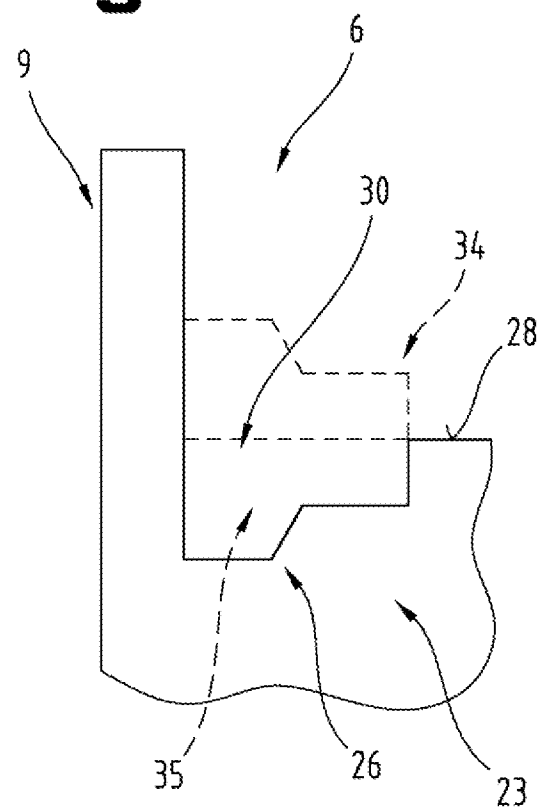


Fig.8

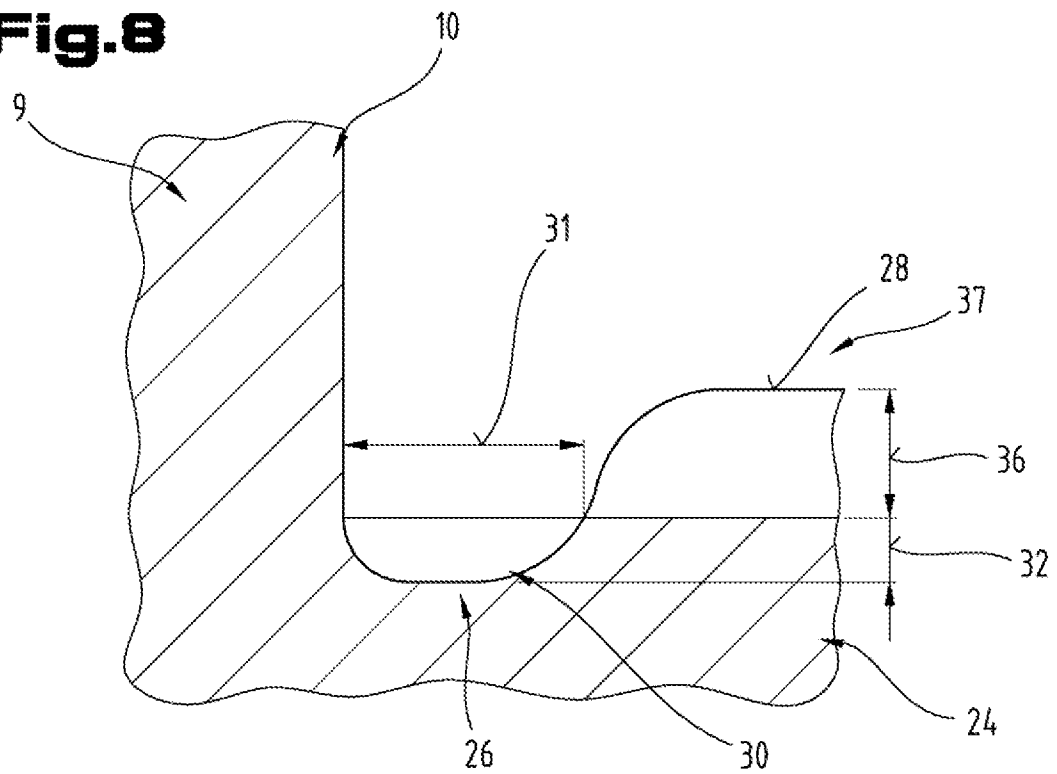


Fig.9

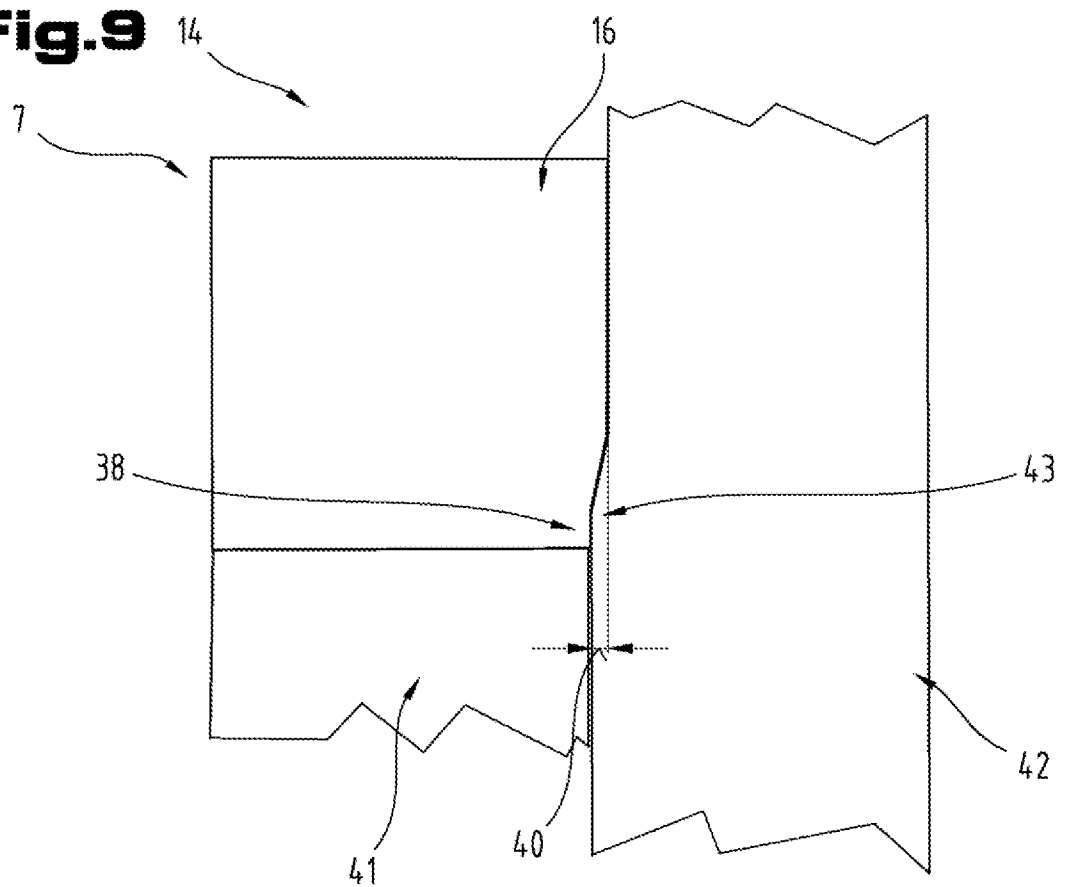


Fig.10

