



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 05 054 T2 2007.02.01**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 548 145 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 05 054.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **05 006 924.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **02.10.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **29.06.2005**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **03.05.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.02.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **C23C 8/32 (2006.01)**

**F01L 1/18 (2006.01)**

**F16H 53/06 (2006.01)**

**F16C 19/06 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**2002303036 17.10.2002 JP**

**2003053505 28.02.2003 JP**

(73) Patentinhaber:

**NTN Corp., Osaka, JP**

(74) Vertreter:

**Grosse, Bockhorni, Schumacher, 81476 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, ES, FR, GB, IT**

(72) Erfinder:

**Suzuki, Tadatoshi, Iwata-shi, Shizuoka, JP;**

**Ichikawa, Kenichi, Iwata-shi, Shizuoka, JP;**

**Maeda, Kikuo, Higashikata, Kuwana-shi, Mie, JP;**

**Fujii, Yukio, Higashikata, Kuwana-shi, Mie, JP**

(54) Bezeichnung: **Rollenockenfolger für Brennkraftmaschine**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft Rollennockenschlepphebel für Brennkraftmaschinen, die keinen Käfig besitzen, wie etwa Lager für Kipphebel, Nockenschlepphebel und Rollenschlepphebellager.

## Beschreibung des technischen Hintergrunds

**[0002]** Von aktuellen Wälzlagern nehmen Vollrollenlager ohne Käfig, wie Lager für Kipphebel, zur Verwendung für Hochgeschwindigkeitsanwendungen unter hoher Last zahlenmäßig zu. In den Vollrollenlagern ohne Käfig tritt unvermeidbar auf, dass Rollen miteinander wechselwirken. Daher werden die Rollen bei hohen Geschwindigkeiten in Bezug auf ihre Positionen nicht richtig gesteuert, so dass es wahrscheinlich ist, dass Schrägstellung auftritt. Es ist wahrscheinlich, dass eine resultierende Wärmeenergieerzeugung aufgrund von Gleiten, sowie eine lokale Zunahme von Oberflächendruck Oberflächenschäden (Abplatzen, Schmieren, oberflächeninitiiertes Abplatzen) und inneninitiiertes Abplatzen verursacht, während die Vollrollenlager berechnungsgemäß eine hohe Lastaufnahme haben sollten.

**[0003]** Insbesondere könnte in solchen Vollrollenlagern, wie für Rollenschlepphebel, Nockenschlepphebel und Kipphebel die Wechselwirkung zwischen Rollen und geringe Zufuhr von Schmierstoff in die Lager Abplatzungen verursachen, die an den Oberflächen von Rollen und Laufringen initiiert werden. Darüber hinaus könnten Einflüsse eines Fehlers beim Zusammenbau und einer Vorspannlast eine Schrägstellung von Rollen verursachen, was zu oberflächeninitiierten Abplatzungen aufgrund von Gleiten und inneninitiierten Abplatzungen aufgrund einer lokalen Zunahme des Oberflächendrucks führen würde. Das Rollenlager des Volltyps bezieht sich hier auf ein Lager ohne Käfig wie oben beschrieben und kann manchmal als Vollrollenlager abgekürzt werden.

**[0004]** Für einen Rollennockenschlepphebel einer Brennkraftmaschine, der einen Außenring besitzt, dessen Umfang in Rollkontakt mit einer Nocke ist, dienen die meisten Verbesserungen des Rollennockenschlepphebels dem Zweck, den Umfang des Außenrings zu verbessern. Zum Beispiel wurden Druckrestspannung, die durch einen Prozess wie Kugelstrahlen induziert wird, und erhöhte Härte, die durch Hochkonzentrations-Karbonitrieren (prozessinduzierte Effekte) induziert wird, zum Verlängern der Lebensdauer verwendet, hauptsächlich, um den Umfang des Außenrings, der in Rollkontakt mit der Nocke ist, zu verbessern.

**[0005]** Obwohl es relativ wenige Verbesserungen mit dem Ziel gab, die Wälzlebensdauer einer Rollenwelle, die als ein Innenring dient, von Rollen und des ganzen Lagers zu verlängern, wurden dennoch einige Verbesserungen in Bezug auf Materialien durchgeführt, um Hitzebeständigkeit und Gefügestabilität, sowie erhöhte Härte bereitzustellen, die durch Karbonitrieren erhalten werden, und dadurch die Lebensdauer des Lagers zu verlängern. Es gibt bekannte Techniken, die das Erhöhen der Lebensdauer des Rollennockenschlepphebels für die Brennkraftmaschine betreffen:

(d1) Für ein Nockenschlepphebellager eines Motorventilmechanismus wird bei einer Nennmotordrehzahl eine berechnete Lebensdauer des Lagers von 1000 Stunden oder mehr erzielt (japanisches Patent Offenlegungsnr. 2000-38907).

(d2) Um eine Lagerwelle eines Nockenschlepphebels mit folgenden Eigenschaften: Karbidverhältnis = 10–25%; Verhältnis von Gehalt an zersettem Austenit zu Gehalt an anfänglichem Restaustenit = 1/10–3/10; Endhärte = HV 830–960; und mittlere Wellenlänge der Oberflächenrauigkeit = 25 µm oder weniger, zu erhalten, wird ein Lagerstahl karbonitriert und kugelhärtgestrahlt (japanisches Patent Offenlegungsnr. 10-47334).

(d3) Ein Festschmierstofffilm eines Hochpolymers beispielsweise ist auf einem Rollennockenschlepphebel zur Verbesserung der Abriebfestigkeit der Welle ausgebildet (japanisches Patent Offenlegungsnr. 10-103339).

(d4) Eine Nockenschlepphebelwelle ist beispielsweise aus Werkzeugstahl hergestellt und wird bei einer Temperatur, die niedriger als einer Temperaturnorm ist, ionen-nitriert oder ionen-plattiert, so dass sie eine hohe Härte besitzt (japanisches Patent Offenlegungsnr. 10-110720).

(d5) Ein Nockenschlepphebellager für einen Motorventilmechanismus, das eine Welle besitzt, deren Biegespannung 150 MPa oder weniger beträgt (japanisches Patent Offenlegungsnr. 2000-38906).

(d6) Ein Nockenschlepphebel für einen Motorventilmechanismus, der einen Phosphatfilm besitzt, der herausragend im Zurückhalten von Schmieröl ist und auf einer Wälzoberfläche einer Lagerkomponente vorge-

sehen ist (japanisches Patent Offenlegungsnr. 2002-31212).

(d7) Ein Nockenschlepphebel für einen Motorventilmechanismus, der eine Balligkeit in einem Bereich einer Welle besitzt, in dem Rollen rollen (japanisches Gebrauchsmuster Offenlegungsnr. 63-185917).

(d8) Eine karbonisierte Welle, die eine Wälzoberfläche besitzt, die hochkonzentriert mit einer Kohlenstoffkonzentration von 1,2%–1,7% karbonisiert oder karbonitriert worden ist, und eine innere Härte von HV 300 besitzt (japanisches Patent Offenlegungsnr. 2002-194438).

Es gibt ein weiteres Problem, das den Kipphebel betrifft, wie unten beschrieben. In einem solchen Fall, dass beide Enden einer Rollenwelle verstemmt werden, um an einem Rollerlagerelement befestigt zu werden, sollten, obwohl eine Wälzoberfläche der Rollenwelle eine hohe Härte haben sollte, ihre Enden weich genug sein, um verstemmt zu werden. Desweiteren sollte, nachdem die Wellenenden verstemmt worden sind, um befestigt zu werden, die Festigkeit (Härte) hoch sein, um ein Lockern bei der Verwendung zu verhindern. Das folgende Dokument offenbart ein Verstemmen beider Enden einer Rollenwelle eines Rollenkipphelms.

(d9) Die Außenfläche einer Rollenwelle wird gleichmäßig hochfrequenzinduktionsgehärtet und dann getempert, und danach werden nur die Enden der Welle hochfrequenzangelassen und entsprechend weichgemacht (japanisches Patent Offenlegungsnr. 5-179350).

**[0006]** Es wird angenommen, dass die Vollrollenlager, wie der Kipphebel, der Rollenschlepphebel und der Nockenschlepphebel ähnlich wie normale im Käfig eingehauste Lager bei der Verwendung in Geschwindigkeit und Last zunehmen, und daher die Viskosität eines Schmieröls abnimmt. Um die Wälzlebensdauer der Vollrollenlager unter solchen Bedingungen bei der Verwendung zu verlängern, sollte (a1) wie es üblicherweise getan wird, irgendeine Maßnahme für die von der Last abhängige Wälzermüdungslebensdauer ergriffen werden, und sollte (a2) desweiteren irgendeine Maßnahme für die Oberflächenbeschädigungslebensdauer aufgrund des durch Gleiten und Verlust eines Ölfilms verursachten Metallkontakts ergriffen werden. Jedoch gibt es keine Methode, um sowohl die von der Last abhängige Wälzermüdungslebensdauer als auch die Oberflächenbeschädigungslebensdauer aufgrund des Metallkontakts deutlich zu verlängern. Darüber hinaus sollte zusätzlich zu diesen zwei Maßnahmen zur Verlängerung der Lebensdauer (a3) bezüglich des Problems der Verkürzung der Lebensdauer aufgrund der Wechselwirkung von Rollen untereinander, sowie deren Schrägstellung, was Besonderheiten der Vollwälzlager sind, irgendeine Maßnahme ergriffen werden.

**[0007]** Die oben beschriebenen bekannten Methoden verlängern die Wälzlebensdauer durch Erhöhen der Härte und der Druckrestspannung oder verbessern die Wälzoberfläche dort, wo eine Lagerkomponente mit einer Gegenkomponente in Wälzkontakt ist. Durch tatsächliches Auswerten dieser Methoden zeigt sich, dass sie darin wirksam sind, die Lebensdauer bei solchen Anwendungen dort zu verlängern, wo Biegen ausgeübt wird, wie im Fall des Außenrings, während solche Verbesserungen nicht notwendigerweise schon an sich dafür wirksam sind, die Lebensdauer des Innenrings und der Rollen des Vollrollenlagers zu verlängern.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0008]** Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, in Anbetracht der erhöhten Geschwindigkeit und Last bei der Verwendung und der verringerten Viskosität des Schmieröls, einen Rollennockenschlepphebel einer Brennkraftmaschine bereitzustellen, der unter harten Schmier-, Gleit- und Lastbedingungen eine hohe Lebensdauer aufweist.

**[0009]** Ein Rollennockenschlepphebel einer Brennkraftmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst einen Außenring, der in Rollkontakt mit einer Nockenwelle der Brennkraftmaschine ist, eine Rollenwelle, die sich innerhalb des Außenrings befindet und an einem Nockenschlepphebelkörper befestigt ist, und Lagerelemente, die zwischen dem Außenring und der Rollenwelle angeordnet sind. Wenigstens ein Element aus der Gruppe bestehend aus dem Außenring, der Rollenwelle und den Lagerelementen weist eine karbonitrierte Schicht auf, und Austenitkristallkörner wenigstens in einer Oberflächenschicht werden so fein gemacht, dass sie eine Korngrößenzahl von größer als 10 besitzen.

**[0010]** Die Austenitkörner in der Komponente werden fein genug gemacht, dass die Korngrößenzahl größer als 10 ist, und entsprechend kann die Wälzermüdungs-Lebensdauer beträchtlich verlängert werden. Mit der Austenitkorngrößenzahl von 10 oder weniger ist jede nennenswerte Verlängerung der Wälzermüdungslebensdauer unmöglich, und daher ist die Korngrößenzahl größer als 10 und vorzugsweise 11 oder größer. Obwohl noch feinere Austenitkörner erwünscht sind, ist es gewöhnlich schwierig, eine Korngrößenzahl zu erhalten, die 13 übersteigt. Hier sei hier angemerkt, dass sich die oben erwähnten Lagerelemente, die sich zwischen dem Außenring und der Rollenwelle befinden, auf Lager beziehen, die Rollen oder Wälzelemente umfassen, jedoch können eng gefasst die Lagerelemente Rollen oder Wälzelemente sein.

**[0011]** Die Austenitkorngrößenzahl kann mit dem von JIS definierten üblichen Verfahren bestimmt werden, oder kann gemäß dem Schnittpunkteverfahren zum Beispiel mit der durchschnittlichen Korngröße, die der obigen Korngrößenzahl entspricht, bestimmt werden. Eine kleinere Austenitkorngröße ist erwünscht, und eine Austenitkorngrößenzahl von 11 oder größer ist noch mehr erwünscht. Alternativ kann die mittlere Korngröße 6 µm oder weniger betragen. Die Austenitkorngrößenzahl kann in der karbonitrierten Schicht erhalten werden. Allgemein jedoch wird die Bedingung der Feinheit des Austenits im Stahlkörper, der sich innerhalb der karbonitrierten Schicht befindet, erfüllt.

**[0012]** Hier beziehen sich die Austenitkörner auf Kristallkörner aus Austenit, der während des Heizprozesses phasenumgewandelt wird, und die Spuren von Körnern bleiben, nachdem der Austenit durch Kühlen in Martensit umgewandelt worden ist.

**[0013]** Für einen weiteren Rollennockenschlepphebel einer Brennkraftmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt wenigstens ein Element aus der Gruppe bestehend einem Außenring, einer Rollenwelle und Lagerelementen eine karbonitrierte Schicht und besitzt eine Bruchspannung von wenigstens 2650 MPa.

**[0014]** Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben herausgefunden, dass das hier später beschriebene Wärmebehandlungsverfahren (Niedrigtemperatur-Sekundärabschreckverfahren) verwendet werden kann, um die Bruchspannung eines Stahls, der eine karbonitrierte Schicht besitzt, auf 2650 MPa oder mehr zu erhöhen, was mit keinem herkömmlichen Verfahren erzielt worden ist. Auf diese Weise kann ein hochfestes Wälzlager erhalten werden, um bei einem Lastzustand des Rollennockenschlepphebels eine hervorragende Beständigkeit zu erhalten.

**[0015]** Für noch einen weiteren Rollennockenschlepphebel einer Brennkraftmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt wenigstens ein Element aus der Gruppe bestehend aus einem Außenring, einer Rollenwelle und Lagerelementen eine karbonitrierte Schicht und besitzt einen Wasserstoffgehalt von höchstens 0,5 ppm.

**[0016]** Die oben beschriebene Wärmebehandlung (Niedrigtemperatur-Sekundärabschrecken) kann verwendet werden, um den Wasserstoffgehalt in einer beliebigen der Komponenten zu erniedrigen, bevor sie in einen Nockenschlepphebel eingebaut wird. Dann ist es möglich, die Zeit, die Wasserstoff benötigt, um in den Stahl einzutreten, zu verkürzen, um einen kritischen Punkt, bei dem Risse auftreten, zu erhöhen und zu erhalten. Aus diesem Grund sowie etwaigen anderen Gründen, die nicht geklärt worden sind, kann die Beständigkeit erhöht werden.

**[0017]** Ein niedrigerer Wasserstoffgehalt ist bevorzugt. Jedoch benötigt die Verringerung des Wasserstoffgehalts auf den Wasserstoffgehalt, der niedriger als 0,3 ppm ist, eine lang andauernde Wärmebehandlung, was zu einer Zunahme der Größe von Austenitkörnern führt und somit zu einer Beeinträchtigung der Zähigkeit. Dann ist ein Wasserstoffgehalt in einem Bereich von 0,3 bis 0,5 ppm und noch mehr in einem Bereich von 0,35 bis 0,45 ppm bevorzugt.

**[0018]** Beim Messen des obigen Wasserstoffgehalts wird diffusionsfähiger Wasserstoff nicht gemessen, und nur der nicht diffusionsfähige Wasserstoff, der vom Stahl bei einer vorbestimmten Temperatur oder darüber abgegeben wird, wird gemessen. Diffusionsfähiger Wasserstoff in einer Probe geringer Größe wird von der Probe abgegeben, so dass er selbst bei Raumtemperatur verbreitet wird, und daher wird der diffusionsfähige Wasserstoff nicht gemessen. Nicht diffusionsfähiger Wasserstoff wird in jedem möglichen Fehler im Stahl gefangen und nur bei einer vorbestimmten Aufheiztemperatur oder darüber von der Probe abgegeben. Selbst wenn nur der nicht diffusionsfähige Wasserstoff gemessen wird, variiert der Wasserstoffgehalt je nach dem Messverfahren beträchtlich. Der oben erwähnte Bereich des Wasserstoffgehalts wird durch thermische Konduktometrie bestimmt. Zusätzlich kann, wie später detaillierter dargestellt, die Messung mittels eines LECO DH-103 Wasserstoffbestimmungsgeräts oder einer entsprechenden Messvorrichtung vorgenommen werden.

(c1) Der Nockenschlepphebelkörper kann schwenkbar an einer Drehwelle angebracht sein, die sich zwischen einem und dem anderen Ende von sich befindet, ein Auf-Zu-Ventil der Brennkraftmaschine kann an das andere Ende grenzen, das andere Ende kann einen gegabelten Rollenlagerabschnitt aufweisen, und die Rollenwelle kann am gegabelten Rollenlagerabschnitt befestigt sein.

(c2) Der Nockenschlepphebelkörper kann zwischen einem Ende und dem anderen Ende von sich angebracht sein, wobei die Rollenwelle in einem Rollenloch befestigt ist, das sich zwischen zwei Seitenwänden erstreckt, ein Ende eines Auf-Zu-Ventils der Brennkraftmaschine kann an ein Ende grenzen, und eine Schwenkachse kann an das andere Ende grenzen.

(c3) Der Nockenschlepphebelkörper kann schwenkbar an einer Drehwelle angebracht sein, die sich zwi-

schen einem Ende und dem anderen Ende von sich befindet, ein Ende eines Auf-Zu-Ventils der Brennkraftmaschine kann an ein Ende grenzen, das andere Ende kann an ein Ende einer Kuppelstange grenzen, die eine Spannung von der Nockenwelle überträgt, der Nockenschlepphebelkörper ist am anderen Ende der Kuppelstange angebracht, wobei sich das eine Ende und das andere Ende der Kuppelstange am Kipphebel beziehungsweise an der Nocke befindet, und die Rollenwelle kann am Nockenschlepphebelkörper angebracht sein und grenzt an die Nocke.

**[0019]** Die Nockenschlepphebelkörper von (c1), (c2) und (c3) haben gemeinsam, dass sie eine Antriebskraft von der Nocke des Motorventils übertragen, während sie hinsichtlich des Gefüges verschieden sind, so dass sie auf verschiedene Motortypen anwendbar sind.

**[0020]** Hinsichtlich des oben erörterten Rollennockenschlepphebels der Brennkraftmaschine können die Lagerelemente Vollnadellager sein. Die Rollenwelle kann an ihrem Ende eine geringere Härte als an ihrem mittleren Abschnitt besitzen. Der mittlere Abschnitt der Rollenwelle besitzt somit eine Härte, die notwendig ist, um als eine Rollkontaktfläche zu dienen, während das Ende weich gemacht ist. Entsprechend kann beispielsweise Verstemmen durchgeführt werden, wobei die Haltbarkeit, wie die Wälzermühdungslebensdauer, sichergestellt ist. Jedes der oben beschriebenen Wälzlager kann ein Ende einer Rollenwelle besitzen, das verstemmt ist.

**[0021]** Desweiteren kann der Nockenschlepphebelkörper pressgeformt sein, um die Herstellungseffizienz zu verbessern.

**[0022]** Ein Vollwälzlager, wie es beim Nockenschlepphebel gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet wird, ist aus einem Außenring, einem Innenring und Rollen, die aus Stahl bestehen, ausgebildet, wenigstens ein Element aus der Gruppe bestehend aus dem Außenring, dem Innenring und den Rollen besitzt eine karbonitrierte Schicht in seiner Oberflächenschicht, und die Austenitkristallkorngrößenanzahl der Oberflächenschicht ist größer als 10.

**[0023]** Für das Vollwälzlager der vorliegenden Erfindung kann ein Material mit feinen Kristallkörnern und Hitzebeständigkeit verwendet werden, um die Oberflächenbeschädigungs-(oberflächeninitiiertes Abblättern, wie Abplatzen und Schmieren)Lebensdauer sowie die inneninitiierte Abplatz-Lebensdauer zu verlängern. Insbesondere wird das Verarbeiten eines solchen Materials wie Lagerstahl oder das Wärmebehandlungsmuster verbessert, um eine karbonitrierte Struktur herzustellen, die eine Austenitkristallkorngrößenanzahl, die größer als 10 ist, wie von JIS definiert, sicherstellt. Die sich ergebende Struktur kann den Widerstand gegen das Auftreten und die Entwicklung von Rissen deutlich erhöhen. Entsprechend können die Wärmezeugung der Oberflächenschicht aufgrund von Gleiten und das Auftreten von Oberflächenrissen aufgrund tangentialer Kraft verhindert werden. Darüber hinaus kann gegen sich aus inneninitiiertem Abplatzungen ergebende Risse die Lebensdauer deutlich verlängert werden.

**[0024]** Das oben beschriebene Gefüge wird weiterverarbeitet und wärmebehandelt und eine Druckrestspannung wird auf die Oberflächenschicht ausgeübt, um die Härte zu erhöhen, so dass die Lebensdauer weiter erhöht werden kann. Die Verarbeitung und Wärmebehandlung kann eine aus folgender Gruppe oder eine Kombination dieser sein: (b1) Kugelstrahlen, (b2) Walzenoberflächenendbehandeln, (b3) Walzen, (b4) Lackieren, (b5) Karbonisieren und Karbonitrieren, (b6) Karbonitrieren und Frost-Behandlung, und (b7) Karbonitrieren und Sekundärabschrecken und Frost-Behandlung.

**[0025]** Hier ist die Austenitkristallkorngrößenanzahl größer als 10, was bedeutet, dass Austenitkristallkörner fein genug sind, dass die Zahl, die gemäß einem unter JIS G 0551 definierten Verfahren zum Prüfen der Austenitkristallkorngröße bestimmt wird, größer als 10 oder 11 oder höher ist. Wenn eine Struktur von einer Temperatur im Austenittemperaturbereich abgeschreckt wird, verbleiben Austenitkorngrößen in der abgeschreckten Struktur – und entsprechend wird der Gehalt von Restaustenitkörnern gemessen – die manchmal als Austenitgangskorngrößen bezeichnet werden.

**[0026]** Aus der Gruppe bestehend aus dem Außenring, dem Innenring und den Rollen kann wenigstens ein Element bei einer Karbonitriertemperatur, die gleich oder höher als die A1-Umwandlungstemperatur ist, karbonitriert werden, auf eine Temperatur, die niedriger als die A1-Umwandlungstemperatur ist, gekühlt werden und auf eine Abschrecktemperatur, die niedriger als die Karbonitriertemperatur ist, erhitzt werden und dabei abgeschreckt werden.

**[0027]** Ein solches Gefüge wird einmal auf eine Temperatur, die niedriger als die Karbonitriertemperatur ist, gekühlt und dann von der sich ergebenden Abschrecktemperatur abgeschreckt, so dass sehr feine Austenit-

kristallkörner erhalten werden können. Dieser Prozess des Abschreckens durch Erhitzen auf eine Temperatur, die niedriger als die Karbonitriertemperatur ist, wird manchmal in Hinsicht auf die Reihenfolge des Prozesses Sekundärvergüten oder Endabschrecken genannt.

**[0028]** Die Abschrecktemperatur kann in einem Temperaturbereich liegen, bei dem Karbid und/oder Nitrid und eine Austenitphase in der karbonitrierten Oberflächenschicht des Stahls nebeneinander vorliegen.

**[0029]** Die Abschrecktemperatur ist niedriger als die Karbonitriertemperatur und daher nimmt die Menge des nicht gelösten Karbids und/oder Nitrids in der Oberflächenschicht, die durch den Karbonitrierprozess beeinflusst wird, im Vergleich zu der im Karbonitrierprozess zu. Dann nimmt, wenn die Abschrecktemperatur in dem Temperaturbereich liegt, in dem diese Komponenten nebeneinander vorliegen, der Anteil von nicht gelöstem Karbid/Nitrid zu, während der Anteil von Austenit bei der Abschrecktemperatur im Vergleich zu den Anteilen im Karbonitrierprozess zunimmt. Zusätzlich ist aus dem binären Fe-C-Phasendiagramm zu ersehen, dass in dem Bereich, in dem Karbid (Cementit) und Austenit nebeneinander vorliegen, die Konzentration von im Austenit gelösten Kohlenstoff mit sinkender Abschrecktemperatur sinkt. Da der Stahl für das Lager geringe Gehalte an anderen Legierungselementen wie Si und Mn besitzt, können der Temperaturbereich und die erzeugte Schicht mit Bezug auf das binäre Fe-C-Phasendiagramm mit ausreichender Genauigkeit diskutiert werden. Außerdem ist Stickstoff wie Kohlenstoff ein Zwischengitterelement, das in Eisen gelöst ist, und erzeugt in einem vorbestimmten Temperaturbereich mit Eisen Nitrid ähnlich wie Cementit, und der Stickstoff kann ungefähr genauso wie Kohlenstoff betrachtet werden.

**[0030]** Wenn die Temperatur auf die Abschrecktemperatur erhöht wird, werden Austenitkörner fein gemacht, da eine große Menge nicht gelösten Karbids und/oder Nitrids verbleibt, die das Wachstum von Austenitkörnern verhindert.

**[0031]** Darüber hinaus besitzt die durch Abschrecken von Austenit in Martensit umgewandelte Struktur eine etwas niedrigere Kohlenstoffkonzentration, wenn die oben beschriebene Wärmebehandlung durchgeführt wird, so dass die Struktur eine etwas höhere Zähigkeit im Vergleich zu der von der Karbonitriertemperatur abgeschreckten Struktur besitzt. Anders ausgedrückt besitzt die abgeschreckte Struktur (c1) im Vergleich zu der durch den herkömmlichen Prozess erzeugten Struktur eine größere Menge nicht gelösten Karbids/Nitrids und (c2) eine niedrigere Kohlenstoffkonzentration als die herkömmliche.

**[0032]** Die oben erörterte Abschrecktemperatur kann 790°C–830°C betragen. Diese Temperatur ist auf die meisten Stahlmaterialien anwendbar, um die Handhabbarkeit der Sintertemperatur zu erleichtern.

**[0033]** Desweiteren kann aus der Gruppe bestehend aus dem Außenring, dem Innenring und den Rollen wenigstens ein Element kaltbearbeitet werden, bevor es karbonitriert wird.

**[0034]** Das Kaltbearbeiten kann angewandt werden, um die Keimbildungsdichte von Austenitkörnern bei der Wärmebehandlung zu erhöhen und dadurch eine feinkörnige Struktur zu erzeugen.

**[0035]** Die KorngröÙenzahl des Austenits kann wenigstens 11 betragen. Bei der festgelegten Austenitkorngröße tragen Austenitkörner, die äußerst und undenkbar feine Austenitkörner darstellen, dazu bei, zuverlässig eine hohe Wälzermüdungs-Lebensdauer und Oberflächenbeschädigungs-Lebensdauer zu erhalten. Darüber hinaus kann das Problem der gesunkenen Viskosität des Schmieröls zufriedenstellend angegangen werden.

**[0036]** In wenigstens einem Element aus der Gruppe bestehend aus dem Außenring, dem Innenring und den Rollen kann eine Druckrestspannung von wenigstens 500 MPa erzeugt werden.

**[0037]** Wie oben erörtert, kann das Gefüge weiter verarbeitet und wärmebehandelt werden, und in der Oberflächenschicht kann eine Druckrestspannung ausgebildet werden, um die Lebensdauer weiter zu verlängern.

**[0038]** Die zuvor genannte und andere Aufgaben, Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden ausführlichen Beschreibung der vorliegenden Erfindung in Verbindung mit den zugehörigen Zeichnungen besser ersichtlich.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0039]** [Fig. 1](#) zeigt ein Kipphebellager, das ein Vollrollenlager ist.

- [0040] [Fig. 2](#) ist ein Querschnitt entlang Linie II-II in [Fig. 1](#).
- [0041] [Fig. 3](#) zeigt einen Rollennockenschlepphebel einer Brennkraftmaschine gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- [0042] [Fig. 4](#) zeigt einen Rollennockenschlepphebel einer Brennkraftmaschine gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- [0043] [Fig. 5](#) ist eine vergrößerte Ansicht eines Abschnitts, der ein Vollrollenlager umfasst, das in Kontakt mit einer Nocke des in [Fig. 4](#) gezeigten Rollennockenschlepphebels einer Brennkraftmaschine ist.
- [0044] [Fig. 6](#) zeigt ein Wärmebehandlungsverfahren gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.
- [0045] [Fig. 7](#) zeigt ein Wärmebehandlungsverfahren gemäß einer Abwandlung der Ausführungsform.
- [0046] [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) zeigen ein Gefüge, insbesondere Austenitaustrittskörner, einer Lagerkomponente, wobei [Fig. 8A](#) eine Lagerkomponente der vorliegenden Erfindung zeigt und [Fig. 8B](#) eine herkömmliche Lagerkomponente zeigt.
- [0047] [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) zeigen schematisch Austenitkorngrenzen, die mit [Fig. 8A](#) beziehungsweise [Fig. 8B](#) korrespondieren.
- [0048] [Fig. 10](#) zeigt schematisch eine Wälzermüdungs-Lebensdauer-Prüfvorrichtung für einen äußeren Wälzring.
- [0049] [Fig. 11](#) zeigt ein Prüfstück zum Prüfen der statischen Rissfestigkeit.
- [0050] [Fig. 12](#) zeigt eine Härteverteilung, wenn zwei Enden einer Rollenwelle durch Hochfrequenzerhitzen weichgemacht sind.
- [0051] [Fig. 13](#) zeigt ein Prüfstück zum Prüfen der Bruchfestigkeit bei statischem Druck (Messen der Bruchspannung).
- [0052] [Fig. 14A](#) ist eine Vorderansicht einer Wälzermüdungs-Lebensdauer-Prüfvorrichtung und [Fig. 14B](#) ist eine Seitenansicht davon.
- [0053] [Fig. 15](#) zeigt ein Prüfstück zum Prüfen der statischen Bruchzähigkeit.

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

- [0054] Im Folgenden werden in Verbindung mit den Zeichnungen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben. [Fig. 1](#) ist eine schematische Vorderansicht, die eine Struktur eines Rollennockenschlepphebels einer Brennkraftmaschine gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. [Fig. 2](#) ist ein Querschnitt entlang Linie II-II in [Fig. 1](#). Unter Bezug auf die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) ist ein Kipphebel **1**, der ein Schwenkelement ist, schwenkbar an einem mittleren Teil an einer Kipphebelwelle **5** zum Beispiel mittels eines Lagermetalls gelagert.
- [0055] Eine Einstellschraube **7** ist in ein Ende **1b** dieses Kipphebels **1** geschraubt. Die Einstellschraube **7** ist mit einer Feststelmutter **8** befestigt, deren unteres Ende an das obere Ende eines Einlassventils oder Auslassventils eines Verbrennungsmotors grenzt. Das Ventil **9** ist durch die Elastizität einer Feder **10** vorgespannt.
- [0056] Das andere Ende **1a** des Kipphebels **1** ist mit einem Körper des Nockenschlepphebels (Nockenschlepphebelkörpers) **50** versehen, und der Nockenschlepphebelkörper **50** besitzt einen gegabelten Rollenlagerabschnitt **14**, der integral mit dem Körper ausgebildet ist. Im gegabelten Rollenlagerabschnitt **14** sind beide Enden der Rollenwelle **2**, die einem Innenring entspricht, mittels eines Sprenglings pressgepasst oder befestigt. Auf einem mittleren Teil der Außenfläche der Rollenwelle **2** ist ein Außenring **4** mittels Rollen **3** drehbar gelagert. Rollen **3** sind zwischen der Rollenwelle **2** und dem Außenring **4** platziert, um als Lagerelemente zu dienen. Anders ausgedrückt sind sich zwischen der Rollenwelle **2** und dem Außenring **4** befindende Lagerelemente Rollen. Die axiale Richtung der Rollen **3** ist parallel zur axialen Richtung der Rollenwelle. Die Außenflä-

che des Außenrings **4** ist mit der Oberfläche der Nocke **6** durch die Vorspannkraft der Feder **10** in Kontakt gebracht. Es sei angemerkt, dass die hier verwendeten Begriffe „der/die eine“ und „der/die andere“ keine spezielle Bedeutung haben und nur in der Reihenfolge der Bezugnahme in dieser Beschreibung verwendet werden.

**[0057]** Der Nockenschlepphebelkörper **50** ist ein spezielles Beispiel von Vollwälzlager. Insbesondere wird ein Wälzlager, das einen aus einer Rollenwelle **2** gebildeten Innenring, aus Rollen **3** gebildete Wälzelemente und einen Außenring **4** umfasst, als ein Vollrollenlager für einen Kipphebel eingesetzt. Im Allgemeinen wird ein Lager ohne Käfig Vollrollenlager genannt. Das oben genannte Vollrollenlager für den Kipphebel dreht sich, während es die Nocke **6** berührt, so dass auf den Außenring **4** Druckkraft und Stoßkraft der Nocke **6** ausgeübt werden. Der Rollennockenschlepphebel einer Brennkraftmaschine ist somit in dieser Ausführungsform ein Element, das das Vollrollenlager für den Kipphebel und den Nockenschlepphebelkörper umfasst.

**[0058]** Da sich das Kipphebellager dreht, während es die Nocke **6** berührt, werden die Druckkraft und die Stoßkraft der Nocke **6** auf den Außenring **4** ausgeübt, was wegen der wiederholten Biegespannung möglicherweise zu Vertiefungen und Rissen führt. Insbesondere erhöht sich mit der erhöhten Motorleistung entsprechend die Motordrehzahl, so dass diese Kräfte größer werden, was zu einem höheren Risiko führt, dass Risse und Vertiefungen auftreten, und somit die Wälzlebensdauer und Oberflächenbeschädigungslebensdauer verkürzen.

**[0059]** Es ist wahrscheinlich, dass aufgrund des Ausübens einer großen Kraft auf das Lager Vertiefungen auf dem Innenring ausgebildet werden, da der Oberflächendruck zwischen dem Innenring und den Wälzelementen (Rollen) gewöhnlich höher ist als der Oberflächendruck zwischen dem Außenring und den Wälzelementen (Rollen). Beim Nockenschlepphebel jedoch wird die Biegespannung auf den Außenring ausgeübt, während die hohe Oberflächendruck-Last auch auf den Außenring ausgeübt wird, und somit ist es wahrscheinlich, dass Vertiefungen zwischen dem Außenring und den Wälzelementen ausgebildet werden. Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben herausgefunden, dass die Oberflächenbeschädigungslebensdauer und die Wälzlebensdauer durch Bildung einer karbonitrierten Schicht in einer Oberflächenschicht aus wenigstens einer der oben erörterten Komponenten verlängert werden kann, wobei die Austenitkorngrößenanzahl der Oberflächenschicht beispielsweise größer als 10 ist oder in einem vorbestimmten Fall wenigstens 11 ist. Zusätzlich haben die Erfinder herausgefunden, dass das Maß, in dem die Lebensdauer verlängert wird, dadurch erhöht wird, dass eine Druckrestspannung auf die Oberflächenschicht hinzugefügt wird.

**[0060]** [Fig. 3](#) zeigt einen Rollennockenschlepphebel einer Brennkraftmaschine gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Ein Nockenschlepphebelkörper **50** dieses Nockenschlepphebels besitzt eine Rollenwelle **2**, die in einem Rollenloch (nicht gezeigt) befestigt ist, das zwischen einem Ende **1b** und dem anderen Ende **1a** eines Kipphebels **1** gebildet ist und sich zwischen zwei Seitenwänden erstreckt, und das eine Ende grenzt an ein Ende eines Auf-Zu-Ventils **9** der Brennkraftmaschine, während das andere Ende an eine Schwenkachse grenzt. Der ein Schwenkloch **15** besitzende Nockenschlepphebelkörper **50** ist durch eine Feder **10** um die Schwenkachse und in einer vorbestimmten Richtung vorgespannt und nimmt eine von einer Nocke **6** übertragene Antriebskraft durch einen Außenring **4** auf und bewegt dabei das Ventil **9** gegen die Vorspannkraft der Feder.

**[0061]** [Fig. 4](#) zeigt einen Rollennockenschlepphebel einer Brennkraftmaschine gemäß noch einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. [Fig. 5](#) ist eine vergrößerte Ansicht eines Abschnitts, der ein in [Fig. 4](#) gezeigtes Kipphebelwälzlager umfasst. Mit Bezug auf [Fig. 4](#) ist eine Drehwelle **5** an einem mittleren Teil eines Kipphebels **1** platziert, und der Kipphebel **1** schwenkt um die Welle. Ein Ende **1b** des Kipphebels **1** grenzt an ein Ende eines Motorventils **9**, während das andere Ende **1a** des Hebels an ein Ende einer Kuppelstange **16** grenzt. Eine Einstellschraube **8** hat eine Funktion zum Einstellen der Position, in der das andere Ende **1a** des Kipphebels an die Kuppelstange **16** grenzt.

**[0062]** Eine hohle Lagerbefestigung **16a**, die sich am unteren Ende der Kuppelstange **16** befindet, ist mit einem Nockenschlepphebelkörper **50** versehen, und ein Vollrollenlager für den Kipphebel ist mit einem Befestigungselement **17** angebracht. Eine an einen Außenring **4** grenzende Nocke **6** überträgt eine Antriebskraft auf die Kuppelstange.

**[0063]** Von den Komponenten des Vollrollenlagers des Rollennockenschlepphebels für die Brennkraftmaschine ist wenigstens ein Element aus der Gruppe bestehend aus den Rollen **3**, der Rollenwelle **2** und dem Außenring **4** durch Niedrigtemperatur-Sekundärabschrecken wärmebehandelt, um Austenitkörner fein zu machen.



**[0064]** Eine karbonitrierte Schicht, in der Austenitkristallkörner fein gemacht werden, wird vorzugsweise mit einem Verfahren, das zum Beispiel unten beschrieben ist, hergestellt; jedoch kann außer diesem jedes beliebige Verfahren verwendet werden. [Fig. 6](#) zeigt beispielhaft ein Wärmebehandlungsverfahren zum Herstellen einer karbonitrierten Schicht, in der gemäß der vorliegenden Erfindung feine Austenitkristallkörner vorliegen, und [Fig. 7](#) zeigt eine Abwandlung davon. Insbesondere zeigt [Fig. 6](#) ein Wärmebehandlungsmuster, gemäß dem Primärabschrecken und Sekundärabschrecken ausgeführt werden, und [Fig. 7](#) zeigt ein Wärmebehandlungsmuster, gemäß dem ein Material auf eine Temperatur, die niedriger als die A1-Umwandlungstemperatur ist, in einem Abschreckprozess abgekühlt wird, und danach wieder erhitzt wird, um endgültig abgeschreckt zu werden. Mit Bezug auf diese Zeichnungen werden im Prozess T1 Kohlenstoff und Stickstoff durch eine Stahlmatrix diffundiert, während der Kohlenstoff darin ausreichend gelöst wird, und danach wird ein Kühlen auf eine Temperatur unterhalb der A1-Umwandlungstemperatur durchgeführt. Dann wird im in den Zeichnungen gezeigten Prozess T2 ein Erhitzen wiederum auf eine Temperatur, die niedriger als die im Prozess T1 ist, durchgeführt, und dann wird Abschrecken in Öl durchgeführt. Im Verfahren T1 kann eine Oberflächenschicht auf eine Temperatur in einem Bereich, in dem Austenit, Karbid und/oder Nitrid nebeneinander vorliegen, erhitzt werden. Bei einer Temperatur in diesem Koexistenzbereich, in dem Austenit, Karbid und/oder Nitrid vorliegen, sind Austenitkörner fein, und die Konzentration von Kohlenstoff (Stickstoff) im Austenit ist relativ niedrig. Daher kann, selbst wenn ein Abschrecken durchgeführt wird, eine abgeschreckte Struktur hergestellt werden, die ausreichend zäh ist.

**[0065]** Verglichen mit gewöhnlichem oder normalem Abschrecken, mit dem Karbonitrieren durchgeführt wird, und unmittelbar danach einmalig Abschrecken durchgeführt wird, kann die oben erörterte Wärmebehandlung beim Karbonitrieren der Oberflächenschicht die Rissfestigkeit verbessern und sowohl die Oberflächenbeschädigungslebensdauer als auch die Wälzermüdigungslebensdauer verlängern. Darüber hinaus kann das Problem der gesunkenen Viskosität des Schmieröls behandelt werden. Diese Wärmebehandlung kann auch ein Gefüge erzeugen, das Austenitkristallkörner einer Korngröße besitzt, die um die Hälfte oder mehr kleiner als die herkömmliche ist. Eine Lagerkomponente, die diese Wärmebehandlung durchläuft, besitzt eine hohe Wälzermüdigungslebensdauer und eine hohe Oberflächenbeschädigungslebensdauer und kann das Problem der gesunkenen Viskosität behandeln. Die Lagerkomponente kann auch eine verbesserte Rissfestigkeit und eine verringerte Rate dauerhafter Änderung der Abmessungen haben.

**[0066]** [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) zeigen ein Gefüge einer Lagerkomponente, insbesondere Austenitkörner. [Fig. 8A](#) zeigt eine Lagerkomponente der vorliegenden Erfindung, und [Fig. 8B](#) zeigt eine Lagerkomponente einer herkömmlichen Lagerkomponente. Insbesondere zeigt [Fig. 8A](#) eine Korngröße von Austenit eines Lagerstahls, der wie in [Fig. 6](#) gezeigt wärmebehandelt worden ist. Zum Vergleich zeigt [Fig. 8B](#) eine Korngröße von Austenit eines Lagerstahls, der die herkömmliche Wärmebehandlung durchlaufen hat. [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) zeigen schematisch die Korngrößen von Austenit, die in den [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) gezeigt sind. In den Strukturen mit den Kristallkorngrößen von Austenit ist der Korndurchmesser des herkömmlichen Austenits **10**, was eine von JIS definierte Korngrößenzahl ist, während derjenige der vorliegenden Erfindung durch seine Wärmebehandlung **12** ist, weshalb feine Körner zu sehen sind. Desweiteren beträgt der durchschnittliche Korndurchmesser in [Fig. 8A](#) gemessen mit dem Schnittpunkteverfahren 5,6 µm. Mit einer Abschrecktemperatur von 830°C ist der durchschnittliche Korndurchmesser ungefähr 8 µm.

Beispiele

Beispiel 1

**[0067]** Es wurden Lager aus jeweiligen in Tabelle 1 gezeigter Materialien hergestellt. Diese Lager waren in einem Rollennockenschlepphebel einer Brennkraftmaschine enthaltene Vollnadellager. Ein Innenring (Rollenkörper) war 14,64 mm (Außendurchmesser) × 17,3 mm (Breite) groß und ein Außenring war 18,64 mm (Innendurchmesser) × 24 mm (Außendurchmesser) × 6,9 mm (Breite) groß. Es wurden 26 Rollen, die jede eine Größe von 2 mm (Außendurchmesser) × 6,8 mm (Länge) besitzen, verwendet. Die Lager waren Volllager ohne Käfig. Die Lager hatten eine Nenngrundlast von 8,6 kN und eine statische Nenngrundlast von 12,9 kN. Hier waren die Lager grundsätzlich jeweils eine Kombination aus denselben Materialien, während einige eine Kombination aus unterschiedlichen Materialien waren, und einige dadurch hergestellt wurden, dass sie zusätzlich verarbeitet wurden. Tabelle 1 zeigt eine Liste der hergestellten Lager.

Tabelle 1 Liste der Prüfproben

Nr.	Merkmale	Kristallkorn- Größen-Nr.	Oberflächen- schichthärte (HV)	Druckrest- spannung (MPa)	500°C- Temper-härte (HV)
1	Lagerstahl: Massivkaltbearbeiten + Karbonitrieren	11	750	200	620
2	Lagerstahl: Karbonitrieren + Niedrigtemperatur-Sekundärabschrecken	12	770	150	580
3	Karbonisieren von Stahl: Karbonitrieren + Niedrigtemperatur-Sekundärabschrecken	11	770	350	650
4	Nr. 1 + Kugelstrahlen für Innen- und Außenring, Walzenoberflächenendbearbeiten für Rollen	11	820	650	610
5	Nr. 2 + Kugelstrahlen für Innen- und Außenring, Walzenoberflächenendbearbeiten für Rollen	12	800	600	590
6	Nr. 3 + Kugelstrahlen für Innen- und Außenring, Walzenoberflächenendbearbeiten für Rollen	11	800	700	640
7	Nr. 1 + Frostbehandlung	11	850	100	610
8	Nr. 7 + Kugelstrahlen für Innen- und Außenring, Walzenoberflächenendbearbeiten für Rollen	11	890	650	610
9	Karbonitrieren und Niedrigtemperatur-Sekundärabschrecken für Innenring und Rollen, normale Wärmebehandlung für Außenring	Außenring: 9 andere: 12	Außenring: 740 andere: 760	Außenring: 0 andere: 150	Außenring: 470 andere: 590

		Innen-/ Außen- ring: 760 Rollen: 780	Innen-/ Au- ßenring: 350 Rollen: 150	Innen-/ Au- ßenring: 650 Rollen: 590
10	Karbonitrieren und Niedrigtemperatur-Sekundärabschrecken von Einsatzstahl für den Innen- und Außenring, Karbonitrieren von Rollen	Innen-/ Au- ßenring: 11 Rollen: 8		
11	Normale Wärmebehandlung von Lagerstahl für Innen- und Außenring und Rollen	10	0	470
12	Karbonitrieren von Lagerstahl für Innen- und Außenring und Rollen	8-9	180	580
13	Normales Karbonisieren von Einsatzstahl für Innen- und Außenring, normale Wärmebehandlung von Lagerstahl für Rollen	Innen-/ Au- ßenring: 7 Rollen: 10	Innen-/ Au- ßenring: 400 Rollen: 0	Innen-/ Au- ßenring: 460 Rollen: 470
14	Sekundärabschrecken von Einsatzstahl	10	200	470
15	Nr. 11 + Kugelstrahlen für Innen- und Außenring, Walzenoberflächenendbearbeiten für Rollen	10	500	470

\* 1 Beispiele der vorliegenden Erfindung

**[0068]** In Tabelle 1 gezeigte Proben sind folgende:

Nr. 1: Ein Lagerstahl wurde vorab Massivkaltbearbeitung ausgesetzt, wärmebehandelt, wobei Kristallkörner danach fein gemacht wurden, und dann karbonitriert.

Nr. 2: Ein Lagerstahl wurde karbonitriert und dann bei einer Temperatur, die niedriger als die Karbonitriertemperatur ist, sekundärabgeschreckt

Nr. 3: Ein Einsatzstahl wurde karbonisiert, karbonitriert und dann bei einer niedrigeren Temperatur sekundärabgeschreckt. Anders ausgedrückt wurde das Niedrigtemperaturabschrecken nach dem Karbonisierungsprozess durchgeführt.

**[0069]** Die Kristallkorngröße von Austenit der Proben Nr. 1–3 war mindestens Nr. 11. Diese Materialien wurden als Basisproben verwendet. Die folgenden Proben wurden dadurch hergestellt, dass die Basisproben zum Erzeugen einer Druckrestspannung in der Oberflächenschicht zusätzlich verarbeitet wurden.

Nr. 4: Der Innen- und der Außenring von Probe Nr. 1 wurden kugelgestrahlt und Rollen wurden walzenoberflächenendbearbeitet.

Nr. 5: Der Innen- und der Außenring von Probe Nr. 2 wurden kugelgestrahlt und Rollen wurden walzenoberflächenendbearbeitet.

Nr. 6: Der Innen- und der Außenring von Probe Nr. 3 wurden kugelgestrahlt und Rollen wurden walzenoberflächenendbearbeitet.

**[0070]** Proben, deren Oberflächenhärte erhöht ist, sind folgende:

Nr. 7: Der Innen- und der Außenring von Probe Nr. 1 wurden zusätzlich frostbehandelt ( $-196^{\circ}\text{C}$ ).

Nr. 8: Der Innen- und der Außenring von Probe Nr. 1 wurden zusätzlich frostbehandelt ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) und dann kugelgestrahlt, und Rollen wurden walzenoberflächenendbearbeitet.

**[0071]** Für die folgenden Proben wurden jeweils auf den Innen- und Außenring und die Rollen die oben beschriebenen Verfahren angewendet, insbesondere auf den Innenring und Rollen, für die die Wälzlebensdauer wichtig war.

Nr. 9: Der Innenring und die Rollen wurden karbonitriert und dann bei einer Temperatur, die niedriger als die Karbonitriertemperatur ist, sekundärabgeschreckt, und der Außenring wurde einer normalen Wärmebehandlung ausgesetzt.

Nr. 10: Für den Innen- und den Außenring wurde ein Einsatzstahl karbonisiert, karbonitriert, gekühlt und dann bei einer niedrigeren Temperatur sekundärabgeschreckt, und für Rollen wurde ein Lagerstahl karbonitriert.

**[0072]** Als Vergleichsbeispiele wurden fünf Proben Nr. 11–15 wie im unteren Teil von Tabelle 1 gezeigt hergestellt.

Nr. 11: Innen- und Außenring und Rollen wurden aus einem Lagerstahl hergestellt, der normal wärmebehandelt wurde (normale Probe).

Nr. 12: Innen- und Außenring und Rollen wurden aus einem Lagerstahl hergestellt, der karbonitriert wurde.

Nr. 13: Innen- und Außenring wurden aus einem Einsatzstahl hergestellt, der karbonisiert wurde, und Rollen wurden aus einem Lagerstahl hergestellt, der normal wärmebehandelt wurde.

Nr. 14: Diese Probe wurde aus einem Einsatzstahl hergestellt, der sekundärabgeschreckt wurde.

Nr. 15: Der Innen- und der Außenring von Probe Nr. 11 wurden kugelgestrahlt und Rollen daraus wurden walzenoberflächenendbearbeitet.

**[0073]** Für diese Proben wurden Kristallkorngröße, Härte und Härte nach  $500^{\circ}\text{C}$ -Tempern (Maß für Widerstandsfähigkeit) gemessen, wobei die Messergebnisse in Tabelle 1 gezeigt sind.

**[0074]** Prüfungen zum Bewerten der Wälzlebensdauer und der Oberflächenbeschädigungsfestigkeit sind unten detailliert ausgeführt.

#### Bewertung der Wälzlebensdauer:

**[0075]** Ein Außenring (18,64 mm (Innendurchmesser)  $\times$  24 mm (Außendurchmesser)  $\times$  6,9 mm (Breite)), 26 Rollen (2 mm (Außendurchmesser)  $\times$  6,8 mm (Länge)) und eine Rollenwelle (14,64 mm (Außendurchmesser)  $\times$  17,3 mm (Länge)) wurden zusammengebaut und dann unter einer Last von 2,58 kN einer Wälzermüdungsprüfung unterworfen. Eine Prüfmaschine ist in [Fig. 10](#) gezeigt, und Prüfbedingungen sind in Tabelle 2 gezeigt. Diese Prüfung wurde für die Drehung des Außenrings durchgeführt. Unter Bezug auf [Fig. 10](#) wurde eine Mehrzahl von nadelförmigen Rollen **53(3)** rollfähig zwischen einer Rollenwelle **52(2)** und einem Außenring **54(4)**, die in einem Prüfgerät eingebracht wurden, angeordnet. Dieser Außenring **54** wurde bei einer vorbestimmten Geschwindigkeit unter einer radialen Last, die von Elementen **55** und **56** auf ihn ausgeübt wurden, gedreht, um

eine Lebensdauerprüfung durchzuführen. Hier wurde die Prüfung unter einer Last durchgeführt, die 30% der Nenngrundlast von 8,6 kN betrug. Ergebnisse der Prüfung sind in Tabelle 3 gezeigt.

Tabelle 2

## Wälzlebensdauerprüfbedingungen für Lager

Prüfgerät	Lebensdauerprüfgerät für Drehung des Außenrings
Prüfstück	Kipphebellagerbaugruppe
Last (N)	2580 N (0,3 C)
Drehzahl des Außenrings	7000 U/min
Schmierstoff	Motoröl 10W-30
Öltemperatur	100 °C
Lebensdauer	Abplatzlebensdauer

Tabelle 3

## Prüfergebnisse

	Nr.	Merkmale	relative Wälzlebensdauer (L50)
Bei i- spiel #1	1	Lagerstahl: Massivkaltbearbeiten + Karbonitrieren	3,0
	2	Lagerstahl: Karbonitrieren + Niedrigtemperatur-Sekundärabschrecken	3,5
	3	Einsatzstahl: Karbonitrieren + Niedrigtemperatur-Sekundärabschrecken	3,2
	4	Nr. 1 + Kugelstrahlen für Innen- und Außenring, Walzenoberflächenendbearbeitung für Rollen	4,1
	5	Nr. 2 + Kugelstrahlen für Innen- und Außenring, Walzenoberflächenendbearbeitung für Rollen	3,9
	6	Nr. 3 + Kugelstrahlen für Innen- und Außenring, Walzenoberflächenendbearbeitung für Rollen	4,3
	7	Nr. 1 + Frostbehandlung	2,8
	8	Nr. 7 + Kugelstrahlen für Innen- und Außenring, Walzenoberflächenendbearbeitung für Rollen	3,5
	9	Karbonitrieren und Niedrigtemperatur-Sekundärabschrecken für Innenring und Rollen, normale Wärmebehandlung für Außenring	2,8
	10	Karbonitrieren und Niedrigtemperatur-Sekundärabschrecken von Einsatzstahl beziehungsweise Lagerstahl für Innen- und Außenring und Rollen	3,1
Ver- Gleichs	11	Normale Wärmebehandlung von Lagerstahl für Innen- und Außenring und Rollen	1,0
-bei- spiel	12	Karbonitrieren von Lagerstahl für Innen- und Außenring und Rollen	1,9

13	Normales Karbonisieren von Einsatzstahl für Innen- und Außenring, normale Wärmebehandlung von Lagerstahl für Rollen	1,2
14	Sekundärabschrecken von Einsatzstahl	1,4
15	Nr. 11 + Kugelstrahlen für Innen- und Außenring, Walzenoberflächenendbearbeitung für Rollen	1,7

\* I

Beispiele

der

vorliegenden

Erfindung

**[0076]** Hinsichtlich der Proben mit den in Tabelle 3 gezeigten Prüfergebnissen, trat das Abplatzen hauptsächlich an den Rollen oder dem Innenring auf, während das Abplatzen auch teilweise am Außenring von Probe Nr. 9 auftrat. Aus Tabelle 3 ist zu ersehen, dass die Proben der vorliegenden Erfindung im Vergleich zu den Vergleichsproben eine höhere Lebensdauer aufweisen und alle Proben eine Lebensdauer aufweisen, die ungefähr dreimal so hoch wie die der normal verarbeiteten Probe und 1,5 mal so hoch wie die der karbonitrierten Probe ist.

Abplatzprüfung:

**[0077]** Tabelle 4 zeigt eine Liste von Proben, die Prüfungen einschließlich einer Abplatzprüfung unterworfen wurden, sowie Ergebnisse der Prüfung, und Tabelle 5 zeigt Abplatzprüfbedingungen. Es wurden die Proben Nr. 1–3 der vorliegenden Erfindung und Proben der vorliegenden Erfindung, die kugelgestrahlte oder frostbehandelte dieser Proben waren, hergestellt. Insgesamt gab es 8 Proben der vorliegenden Erfindung (Nr. 1–8) und fünf Proben (Nr. 11–15) wurden als Vergleichsbeispiele hergestellt, und somit betrug die Anzahl der Proben, die der Abplatzprüfung unterworfen wurden, 13.



Tabelle 4

## Ergebnisse der Festigkeitsprüfungen für den Außenring

	Nr.	Merkmale	Abschäl- festigkeit	Relative Abschäl- festigkeit	Relative Riss- festigkeit	Relative Riss- ermüdungs- festigkeit
Bei- spiel *1	1	Lagerstahl: Massivkaltbearbeiten + Karbo- nitrieren	1,7	1,6	1,2	1,2
	2	Lagerstahl: Karbonitrieren + Niedrigtempera- tur-Sekundärabschrecken	1,8	1,7	1,1	1,2
	3	Einsatzstahl: Karbonitrieren + Niedrigtempe- ratur-Sekundärabschrecken	1,5	1,5	1,0	1,3
	4	Nr. 1 + Kugelstrahlen	2,0	1,8	1,3	1,3
	5	Nr. 2 + Kugelstrahlen	2,1	1,9	1,2	1,3
	6	Nr. 3 + Kugelstrahlen	2,0	1,8	1,2	1,4
	7	Nr. 1 + Frostbehandlung	1,8	1,6	1,1	1,0
	8	Nr. 7 + Kugelstrahlen	2,0	1,8	1,3	1,2
Ver- gleichs- bei- spiel	11	Normale Wärmebehandlung von Lagerstahl	1,0	1,0	1,0	1,0
	12	Karbonitrieren von Lagerstahl	1,4	1,5	0,8	1,1
	13	Normales Karbonitrieren von Einsatzstahl	0,8	0,9	0,7	1,2

14	Sekundärabschrecken von Einsatzstahl	1,1	1,1	0,9	1,1
15	Nr. 11 + Kugelstrahlen	1,1	1,0	1,1	1,0

\*1      Beispiele      der      vorliegenden      Erfindung

Tabelle 5

## Abplatzprüfbedingungen

Prüfgerät	Ring-auf-Ring-Prüfgerät
Prüfstück	Ø 40 gerade, Oberflächenrauigkeit (Rt) 0,2 µm
Gegenprüfstück	Ø 40 × R60, Oberflächenrauigkeit (Rt) 3,0 µm (aus SUJ2 hergestellt)
Kontaktflächendruck	Pmax 2,3 GPa
Schmieröl	Turbinenöl VG46
Drehzahl des Gegenprüfstückes	2000 U/min (das Prüfstück rollt, indem es der Drehung des Gegenprüfstück folgt)
Gesamte Lastanzahl	4,8 × 10 <sup>5</sup> -mal

**[0078]** Prüfstücke (hochglanzpoliert) mit einem Durchmesser von 40 mm von jeweils 13 Prüfproben wurden unter konstanten Bedingungen mit einem Gegenprüfstück einer rauen Oberfläche in Rollkontakt gebracht, und das Verhältnis einer Fläche, wo Abplatzungen (eine Gruppe feiner Abplatzungen) auf dem (hochglanzpolierten) Prüfstück einer Probe beobachtet wurden, zur gesamten Fläche wurde nach einer gewissen Zeit gemessen. Der Kehrwert des bestimmten Verhältnisses der Fläche wird hier als Abplatzfestigkeit definiert, und die Abplatzfestigkeit von Vergleichsprobe Nr. 1, die die normale Probe ist, ist mit „1“ als Bezug angegeben.

**[0079]** Prüfergebnisse sind in Tabelle 4 gezeigt. Jedes der Prüfstücke der vorliegenden Erfindung besitzt eine Abplatzfestigkeit, die wenigstens 1,5-mal so hoch wie die von Vergleichsbeispielen ist. Es wird beobachtet, dass feine Austenitkörner mit einer Korngrößennummer größer als 10 die Zähigkeit erhöhen und dadurch Widerstände gegen das Auftreten und anschließende Wachsen von Rissen verstärken. Darüber hinaus sind die Proben (Nr. 4–8), die durch die Frostbehandlung und jede beliebige Verarbeitung mit einer Druckrestspannung versehen sind, hinsichtlich der Festigkeit verbessert. Dies liegt daran, dass die große Härte und die Druckrestspannung wirksam dazu beitragen, das Auftreten und das Wachstum von Abplatzrissen zu verhindern.

## Verschmierprüfung:

**[0080]** Um die Verschmierfestigkeit zu untersuchen, wurden dieselben Prüfstücke wie diejenigen für den Abplatzriss verwendet (siehe Tabelle 4). Die Prüfbedingungen sind in Tabelle 6 gezeigt. Ein zu prüfendes Prüfstück und ein Gegenprüfstück wurden jeweils aus einer Kombination derselben Materialien hergestellt.

Tabelle 6

## Verschmierprüfungsbedingungen

Prüfgerät	Ring-auf-Ring-Prüfgerät
Prüfstück	Ø 40 × R60, Oberflächenrauigkeit (Rt) 3,0 µm
Gegenprüfstück	Ø 40 × R60, Oberflächenrauigkeit (Rt) 3,0 µm
Kontaktflächendruck	Pmax 2,1 GPa
Schmieröl	Turbinenöl VG46
Drehzahl des Gegenprüfstücks	200 U/min, Beschleunigung von 100 U/min pro 30 s
Drehzahl des Prüfstücks	200 U/min

**[0081]** Ergebnisse sind in Tabelle 4 gezeigt. Hier wurde die Verschmierfestigkeit auf der Grundlage der Drehzahl des Gegenprüfstücks bewertet, wenn Verschmieren auftrat, und die Ergebnisse sind als ein Verhältnis bezüglich des Ergebnisses der normalen Probe (Vergleichsprobe Nr. 11), die als Referenz verwendet wurde, gezeigt. Hinsichtlich des Verschmierens wurde auch beobachtet, dass die Verschmierfestigkeit (Drehzahl, bevor das Verschmieren auftritt) der Beispiele der vorliegenden Erfindung wenigstens 1,5-mal so hoch wie die der normalen Probe des Vergleichsbeispiels ist und etwas höher als die Verschmierfestigkeit anderer Vergleichsbeispiele ist. Das zwischen der Feinheit der Kristallkörner mit der Korngrößenzahl von wenigstens Nr. 11, einer geeigneten Menge von Restaustenit und dem Vorhandensein feinen Karbids eingestellte Gleichgewicht verhindert plastisches Fließen der Oberflächenschicht und verbessert entsprechend die Anti-Reibverschweißung-Eigenschaft. Proben, die zusätzlich verarbeitet wurden, zeigen eine leichte Verbes[TEXT FEHLT] wurden.

## Statische Rissfestigkeitsprüfung:

**[0082]** Für in Tabelle 4 gezeigte Prüfproben wurde die Rissfestigkeit dadurch gemessen, dass mit einer Amsler-Prüfmaschine nur auf den Außenring (18,64 mm (Innendurchmesser) × 24 mm (Außendurchmesser) × 6,9 mm (Breite)) in der Form wie in [Fig. 11](#) gezeigt eine Last ausgeübt wurde. Ergebnisse sind in Tabelle 4 gezeigt. Die Ursprünge von Rissen befanden sich auf der Innenfläche des Rings (Rollkontaktfläche). Tabelle 4 zeigt, dass das Karbonitrieren gewöhnlich die statische Rissfestigkeit beeinträchtigt, wie aus der Vergleichsprobe Nr. 12 zu ersehen. Im Gegensatz dazu ist die statische Festigkeit der Beispiele Nr. 1–3 der vorliegenden Erfindung gleich oder etwas höher als die der normalen Probe, die die normale Wärmebehandlung durchläuft, und die Beispiele der vorliegenden Erfindung zeigen keine Beeinträchtigung in der statischen Rissfestigkeit. Die Rissfestigkeit aller Beispiele Nr. 4–6 der vorliegenden Erfindung, die im Vergleich zu den Beispielen Nr. 1–3 zusätzlich verarbeitet sind, ist erhöht. Beispiel Nr. 7 der vorliegenden Erfindung, das eine Frostbehandlung durchläuft, besitzt eine leicht niedrigere statische Rissfestigkeit als Beispiel Nr. 1, das nicht frostbehandelt wurde, und besitzt eine leicht höhere statische Rissfestigkeit als Beispiel Nr. 8, das im Vergleich zu Beispiel Nr. 7 zusätzlich verarbeitet wurde.

**[0083]** Es wird angenommen, dass ein Grund für die Beeinträchtigung der Festigkeit des Vergleichsbeispiels Nr. 12 eine erhöhte Kristallkorngröße von Austenit und eine erhöhte Menge von Restaustenit ist, die sich aus einem lang andauernden Erhitzen im Diffusionsprozess des Karbonitierens ergeben, so dass sich lokal eine Struktur mit einer niedrigen Zugspannung bildet. Aus demselben Grund ist die Festigkeit von Vergleichsbeispiel Nr. 13 ist beeinträchtigt.

## Rissermüdungsfestigkeitsprüfung:

**[0084]** Die Rissermüdungsfestigkeit wurde dadurch bestimmt, dass wiederholt eine Last unter den in Tabelle 7 gezeigten Bedingungen auf einen Außenring der in [Fig. 4](#) gezeigten Prüfproben aufgebracht wurde. Speziell wurde wiederholt eine Last im Bereich von 98 N (untere Grenze) bis 3000–5000 N (obere Grenze) auf den Außenring ausgeübt, und für die Bewertung der Festigkeit wurde die Anzahl von Wiederholungen, bevor Risse auftraten, verwendet. Hier wurde eine S-N-Kurve mit geänderter Lastbedingung gedruckt, und die Festigkeit

wurde basierend auf einer Last, die  $10^5$ -mal ausgeübt werden konnte, bevor Risse auftraten, berechnet.

Tabelle 7

## Ringrissermüdungsprüfbedingungen

Prüfgerät	Schwingungsvorrichtung mit hydraulischem Servo
Prüfstück	$\varnothing 18,64 \times \varnothing 24 \times L 6,9$
Last (N)	Wechselnd im Bereich von 3000 – 5000
Lastfrequenz (Hz)	20 – 50 (ändert sich in Abhängigkeit von der Last)
Bewertung	Festigkeit bei $10^5$ -mal auf S/N-Kurve

**[0085]** Ergebnisse sind in Tabelle 4 gezeigt. Die Ergebnisse der Rissermüdungsfestigkeitsprüfung werden als ein Verhältnis der Festigkeit zur Festigkeit der normalen wärmebehandelten Probe des Vergleichsbeispiels dargestellt. Man kann sehen, dass die Rissermüdungsfestigkeit aller Beispiele der vorliegenden Erfindung im Vergleich zu Vergleichsbeispielen deutlich verbessert ist. Hinsichtlich der Rissermüdungsfestigkeit besitzen Beispiel Nr. 3 der vorliegenden Erfindung, das als Basiskomponente den Einsatzstahl besitzt, und Beispiel Nr. 6 der vorliegenden Erfindung mit dem Einsatzstahl als Basiskomponente, dem die Druckrestspannung zugefügt ist, bessere Festigkeit.

Weichmachen der Enden der Rollenwelle:

**[0086]** Die zwei Endflächen der Rollenwelle sind durch Bringen nur eines Endes des Rollenwellenmaterials, das bereits geeignet verarbeitet wurde, nahe an eine Öffnung am Ende einer Hochfrequenzspule oder Halten des einen Endes in einem leicht eingebrachten Zustand in der Öffnung, Erhitzen des Endes für eine sehr kurze Zeitdauer mit einem Hochfrequenzinduktionsstrom und Kühlen an der Luft, hochfrequenzangelassen. Alternativ kann nach dem Hochfrequenzerhitzen und dem oben erwähnten kurzzeitigen Kühlen ein schnelles Kühlen durchgeführt werden, indem Wasser auf die Oberfläche gegossen wird oder das Material in Wasser eingebracht wird. Eine sich ergebende Härteverteilung ist in [Fig. 12](#) und Tabelle 8 gezeigt.

Tabelle 8

## Härte S nach Hochfrequenzanlassen der Rollenwelle

	Bereich A	Bereich B	Bereich C	Bereich D
Seite Z	750	700	250	230
Seite X		700	250	230

**[0087]** Wie in [Fig. 12](#) und Tabelle 8 gezeigt, besitzen der durch Bereich A dargestellte mittlere Teil, wo die Wälzelemente durchlaufen, und seine durch die Bereiche B dargestellten Enden eine geeignet hohe Härte. Andererseits stellen die Bereiche C und D an den Enden der Außenfläche, die beim Verstemmprozess wichtig sind, eine geeignet geringere Härte (Weichheit), die für das Verstemmen nötig ist, sicher.

**[0088]** Es kann entsprechend aus den obigen Ergebnissen bestätigt werden, dass die Beständigkeit des Wälzlagers für den Kipphebel, für den wahrscheinlich ist, dass er aufgrund widriger Gleitbedingungen, Schrägstellung von Rollen und Wechselwirkung von Rollen untereinander eine niedrige Lebensdauer besitzt, verbessert wird. Die Verbesserung der Beständigkeit wird durch Verarbeiten des Materials zu demjenigen, das feine Kristallkörner und Hitzebeständigkeit besitzt, und gleichzeitiges Verlängern der Oberflächenbeschädigungs (wie etwa oberflächeninitiiertem Abblättern, wie Abplatzen und Verschmieren) lebensdauer, sowie der inneninitiierten Abplatzlebensdauer, erzielt. Insbesondere wird eine spezielle Verarbeitung des Materials oder ein spezielles Wärmebehandlungsmuster eingesetzt, um eine karbonitrierte Struktur zu erzeugen, das wenigstens eine gewisse Kristallkorngröße von Austenit besitzt, was eine deutlich erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen das Auftreten und Wachstum von Rissen mit sich bringt. Auf diese Weise kann das Auftreten von Oberflächenris-

sen verhindert werden, das durch Wärmeerzeugung von der Oberflächenschicht und tangentialer Spannung aufgrund von Gleiten verursacht wird, und desweiteren kann eine sehr hohe Lebensdauer gegen vom Innenteil initiiertes Abplatzen erzielt werden. Auf dieser Grundlage werden zusätzlich Verarbeitung und Wärmebehandlung durchgeführt, um die Oberflächenschicht mit einer Druckrestspannung zu versehen und die Härte zu erhöhen, um weiter die Lebensdauer zu erhöhen. Diese Wärmebehandlung und Verarbeitung schließen zum Beispiel Kugelstrahlen, Walzenoberflächenendbearbeitung, Walzen, Lackieren, Karbonisieren und Karbonitrieren, Karbonitrieren und Frostbehandlung, Karbonitrieren, Sekundärabschrecken und Frostbehandlung ein.

**[0089]** In einem Fall, in dem Verstemmen durchgeführt wird, ist es nötig, dass von der Rollenwelle, die als Innenring dient, der ein Element des Lagers ist, sowohl die Außenfläche am Ende der Rollenwelle als auch der äußere Bereich der Endfläche weich genug ist, um sich im Verstemmungsprozess plastisch zu verformen. Andererseits ist es nötig, dass die Enden der Rollenwelle mindestens eine gewisse Härte besitzen, da sich die Rollenwelle, die verstemmt wird, um an einem Rollenlagerabschnitt befestigt zu werden, bei einer lang andauernden Benutzung des Nockenschlepphebels lockern könnte, was zum Herausfallen aus dem Wellenloch führen würde. Für die Rollenwelle, die Eigenschaften besitzt, die ihr durch die obige Wärmebehandlung und Verarbeitung verliehen sind, werden Erhitzungs- und Abkühlbedingungen beim Hochfrequenzanlassen nur für die zwei Enden der Rollenwelle eingestellt, um die Härte der Endflächen einzustellen. Dann wird die Rollenwelle erhalten, die verstemmt werden kann und in der Beständigkeit hervorragend ist. Anders ausgedrückt beeinträchtigen im Unterschied zum herkömmlichen Karbonitrieren die oben erörterte Wärmebehandlung und Verarbeitung nicht die Rissfestigkeit, und daher kann ein hochfestes Vollwälzlager mit langer Lebensdauer hergestellt werden. Darüber hinaus wird das Hochfrequenzanlassen an beiden Enden der Rollenwelle, die ein Element des Lagers ist, durchgeführt, um die Härte einzustellen und dabei zu erlauben, dass die Enden verstemmt werden.

**[0090]** Entsprechend kann für ein Lager eines Kipphebels, der für ein Öffnen/Schließen eines Einlassventils oder Auslassventils eines Automotors eingesetzt wird, zum Beispiel ein kleines Volllager mit einer Breite in einem Bereich von 5 mm bis 12 mm, die Beständigkeit des Lagers erhöht werden, während es verstemmt werden kann.

#### Beispiel 2

**[0091]** JIS-SUJ2 (1,0 Gew.-% C – 0,25 Gew.-% Si – 0,4 Gew.-% Mn – 1,5 Gew.-% Cr) wurde für Beispiel 2 der vorliegenden Erfindung verwendet. In Tabelle 9 gezeigte Proben wurden jeweils mit dem unten beschriebenen Verfahren hergestellt.

Tabelle 9

Probe	A	B	C	D	E	F	herkömmliche karbonitrierte Probe	normale abgeschreckte Probe
Sekundärabschrecktemperatur (°C)	780 <sup>1)</sup>	800	815	830	850	870	-	-
Wasserstoffgehalt (ppm)	-	0,37	0,40	0,38	0,42	0,40	0,72	0,38
Kristallkorngröße (JIS)	-	12	11,5	11	10	10	10	10
Charpyscher Kerbschlagwert (J/cm <sup>2</sup> )	-	6,65	6,40	6,30	6,20	6,30	5,33	6,70
Bruchspannung (MPa)	-	2840	2780	2650	2650	2700	2330	2770
Relative Wälzermüdungs-Lebensdauer (L <sub>10</sub> )	-	5,4	4,2	3,5	2,9	2,8	3,1	1

1) Auswertung nicht möglich wegen nicht ausreichendem Abschrecken

Proben A – D: Beispiele der vorliegenden Erfindung.

**[0092]** 150 Minuten lang wurde bei 850°C in einer Atmosphäre aus einer Mischung aus RX-Gas und Ammoniakgas Karbonitrieren durchgeführt. Gemäß dem in [Fig. 6](#) gezeigten Wärmebehandlungsmuster wurde von einer Karbonitriertemperatur von 850°C Primärabschrecken ausgeführt, und darauf folgend wurde durch Erhitzen auf eine Temperatur in einem Temperaturbereich von 780°C bis 830°C unterhalb der Karbonitriertemperatur Sekundärabschrecken durchgeführt. Probe A mit einer Sekundärabschrecktemperatur von 780°C wurde nicht geprüft, da das Abschrecken von Probe A nicht ausreichend war.

Proben E und F: Vergleichsbeispiele

**[0093]** Diese Proben wurden mit demselben Verfahren wie dem der Proben A–D der vorliegenden Erfindung karbonitriert und dann bei einer Temperatur von 850°C bis 870°C, die gleich oder höher als die Karbonitriertemperatur von 850°C ist, sekundärabgeschreckt.

Herkömmliche karbonitrierte Probe: Vergleichsbeispiel

**[0094]** 150 Minuten lang wurde bei 850°C in einer Atmosphäre aus einer Mischung aus RX-Gas und Ammoniakgas Karbonitrieren durchgeführt. Darauf folgend wurde von der Karbonitriertemperatur aus Abschrecken ausgeführt, und kein Sekundärabschrecken wurde durchgeführt.

Normale abgeschreckte Probe: Vergleichsbeispiel

**[0095]** Ohne zu karbonitrieren wurde Abschrecken durchgeführt, indem die Temperatur auf 850°C erhöht wurde, und kein Sekundärabschrecken wurde durchgeführt.

**[0096]** Für die obigen Proben wurden mit den unten beschriebenen Verfahren Prüfungen für (1) Messen des Gehalts an Wasserstoff, (2) Messen der Kristallkorngröße, (3) Charpysche Kerbschlagprüfung, (4) Messen der Bruchspannung und (5) Wälzermüdungsprüfung durchgeführt.

#### I. Prüfverfahren für Beispiel 2

##### (1) Messung des Wasserstoffgehalts

**[0097]** Der Gehalt an Wasserstoff wurde mittels eines von der LECO Corporation hergestellten DH-103 Wasserstoffbestimmungsgeräts bestimmt, um den Anteil nicht diffusionsfähigen Wasserstoffs in einem Stahl zu analysieren. Der Anteil diffusionsfähigen Wasserstoffs wurde nicht gemessen. Technische Daten des LECO DH-103 Wasserstoffbestimmungsgeräts sind folgende.

Analysebereich: 0,01–50,00 ppm

Analysegenauigkeit:  $\pm 0,1$  ppm oder  $\pm 3\%$  H (höhere)

Analyseempfindlichkeit: 0,01 ppm

Bestimmungsmethode: thermische Konduktometrie

Probengewicht: 10 mg–35 g (max. 12 mm (Durchmesser)  $\times$  100 mm (Länge))

Ofentemperaturbereich: 50°C–1100°C

Reagens: Anhydron  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ , Ascarit und NaOH

Trägergas: Stickstoffgas

Dosiergas: Wasserstoffgas

(Beide Gase haben eine Reinheit von wenigstens 99,99% und einen Druck von 40 PSI (2,8 kgf/cm<sup>2</sup>).)

**[0098]** Das Verfahren der Analyse wird hier grob beschrieben. Eine Probe wurde mit einem speziellen Probennehmer genommen, und die Probe wurde zusammen mit dem Probennehmer in das Wasserstoffbestimmungsgerät gegeben. Diffusionsfähiger Wasserstoff darin wurde mit dem Stickstoffträgergas zu einem thermischen Konduktometriefühler geleitet. Der diffusionsfähige Wasserstoff wurde in diesem Beispiel nicht gemessen. Dann wurde die Probe aus dem Probennehmer genommen, um in einem Widerstandsheizer erhitzt zu werden, und der nicht diffusionsfähige Wasserstoff wurde mit dem Stickstoffträgergas zum thermischen Konduktometriefühler geleitet. Die thermische Leitfähigkeit wurde mit dem thermischen Konduktometriefühler gemessen, um den Anteil nicht diffusionsfähigen Wasserstoffs zu bestimmen.

##### (2) Messung der Kristallkorngröße

**[0099]** Die Kristallkorngröße wurde gemäß dem von JIS G 0551 definierten Verfahren zum Prüfen der Kristallkorngröße von Austenit in einem Stahl gemessen.



## (3) Charpyscher Kerbschlagtest

**[0100]** Ein Charpyscher Kerbschlagtest wurde gemäß dem von JIS Z 2242 definierten Charpyschen Kerbschlagtestverfahren für ein Metallmaterial durchgeführt. Ein hier verwendetes Prüfstück war ein von JIS Z 2202 definiertes U-Kerben-Prüfstück (Prüfstück JIS Nr. 3).

## (4) Messung der Bruchspannung

**[0101]** [Fig. 13](#) zeigt ein Prüfstück für eine Bruchfestigkeitsprüfung bei statischem Druck (zum Messen der Bruchspannung). Eine Last wurde in Richtung P in [Fig. 13](#) aufgebracht, und die Last beim Brechen des Prüfstücks wurde gemessen. Dann wurde die gemessene Last, die eine Bruchlast war, mit der folgenden Spannungsberechnungsformel für einen gekrümmten Balken in eine Spannung umgewandelt. Es sei angemerkt, dass das zu verwendende Prüfstück nicht auf das in [Fig. 13](#) gezeigte beschränkt ist und jedes beliebige Prüfstück mit einer anderen Form sein kann.

**[0102]** Angenommen, dass eine Fasertension an der konvexen Oberfläche des in [Fig. 13](#) gezeigten Prüfstücks  $\sigma_1$  ist und eine Fasertension an der konkaven Oberfläche  $\sigma_2$  ist, werden  $\sigma_1$  und  $\sigma_2$  mit der folgenden Formel bestimmt (JSME Mechanical Engineer's Handbook, A4-strength of materials, A4-40). Hier gibt N eine axiale Kraft eines Querschnitts einschließlich der Achse des ringförmigen Prüfstücks an, A gibt eine Querschnittsfläche an,  $e_1$  gibt einen Außenradius an,  $e_2$  gibt einen Innenradius an, und  $\kappa$  ist ein Widerstandsmoment des gekrümmten Stabs.

$$\sigma_1 = (N/A) + \{M/(A\rho_o)\} [1 + e_1/\{\kappa(\rho_o + e_1)\}]$$

$$\sigma_2 = (N/A) + \{M/(A\rho_o)\} [1 - e_2/\{\kappa(\rho_o - e_2)\}]$$

$$\kappa = -(1/A) \int A\{\eta/(\rho_o + \eta)\}dA$$

## (5) Wälzermüdungsprüfung

**[0103]** Prüfbedingungen für eine Wälzermüdungslebensdauerprüfung sind in Tabelle 10 gezeigt. Die [Fig. 14A](#) und [Fig. 14B](#) zeigen schematisch ein Wälzermüdungslebensdauerprüfgerät, wobei [Fig. 14A](#) ein Querschnitt und [Fig. 14B](#) eine Seitenansicht davon ist. Unter Bezug auf die [Fig. 14A](#) und [Fig. 14B](#) wurde ein Prüfstück **31**, das die Wälzermüdungslebensdauerprüfung durchläuft, mit einer Antriebswalze **21** angetrieben, um sich bei Kontakt mit den Kugeln **23** zu drehen. Die Kugeln **23** waren  $\frac{3}{4}$ -Zoll-Kugeln, die von Führungskugeln geführt wurden, um zu rollen. Die Kugeln **23** übten einen hohen Oberflächendruck auf Prüfstück **31** aus, während das Prüfstück **31** auch einen hohen Oberflächendruck auf die Kugeln **23** ausübte.

## II. Ergebnisse der Prüfungen für Beispiel 2

## (1) Gehalt an Wasserstoff

**[0104]** Die herkömmliche karbonitrierte Probe, die nicht zusätzlich verarbeitet wurde, besitzt einen sehr großen Wasserstoffgehalt von 0,72 ppm. Ein Grund dafür wird darin gesehen, dass sich beim Karbonitrierprozess in der Atmosphäre enthaltener Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) zersetzt, und dann Wasserstoff in den Stahl eindringt. Andererseits verringert sich der Wasserstoffgehalt der Proben B–D auf 0,37–0,40 ppm und somit auf fast die Hälfte der herkömmlichen Probe. Dieser Gehalt an Wasserstoff ist im Wesentlichen gleich dem der normalen abgeschreckten Probe.

**[0105]** Die oben erwähnte Verringerung des Wasserstoffgehalts kann den Grad der Versprödung des Stahls, die durch Wasserstoff in der Feststofflösung bedingt ist, verringern. Anders ausgedrückt wird durch die Verringerung des Wasserstoffgehalts der Charpysche Kerbschlagwert der Proben B–D der vorliegenden Erfindung deutlich verbessert.

## (2) Kristallkorngröße

**[0106]** Hinsichtlich der Kristallkorngröße besitzen Proben, die bei einer Temperatur, die niedriger als die Abschrecktemperatur im Karbonitrierprozess (Primärabschrecken) ist, sekundärabschreckt werden, speziell Proben B–D, Austenitkörner, die bemerkenswert fein gemacht werden, d.h. die Kristallkorngrößenzahl ist 11–12. Proben E und F, sowie die herkömmliche karbonitrierte Probe und die normale abgeschreckte Probe

besitzen Austenitkörner mit der Kristallkorngrößenzahl von 10, was bedeutet, dass die Kristallkorngröße der Proben E und F größer als die der Proben B–D der vorliegenden Erfindung ist.

### (3) Charpyscher Kerbschlagtest

**[0107]** Tabelle 9 zeigt, dass der Charpysche Kerbschlagwert der herkömmlichen karbonitrierten Probe 5,33 J/cm<sup>2</sup> beträgt, während derjenige der Proben B–D der vorliegenden Erfindung im Bereich von 6,30 bis 6,65 J/cm<sup>2</sup> höher ist. Daraus ersieht man auch, dass eine niedrigere Sekundärabschrecktemperatur zu einem höheren Charpyschen Kerbschlagwert führt. Die normale abgeschreckte Probe besitzt einen hohen Charpyschen Kerbschlagwert von 6,70 J/cm<sup>2</sup>.

### (4) Messung der Bruchspannung

**[0108]** Die Bruchspannung entspricht der Rissfestigkeit. Man ersieht aus Tabelle 9, dass die Bruchspannung der herkömmlichen karbonitrierten Probe 2330 MPa beträgt. Andererseits ist die Bruchspannung der Proben B–D auf 2650–2840 MPa verbessert. Die normale abgeschreckte Probe besitzt eine Bruchspannung von 2770 MPa, was in dem Bereich der Bruchspannung der Proben B–F liegt. Es wird angenommen, dass die Verringerung des Wasserstoffgehalts stark zur verbesserten Rissfestigkeit der Proben B–D, sowie zur Verringerung der Größe von Austenitkristallkörnern beiträgt.

### (5) Wälzermüdungsprüfung

**[0109]** Gemäß Tabelle 9 besitzt die normale abgeschreckte Probe aufgrund des Fehlens einer karbonitrierten Schicht in der Oberflächenschicht die kürzeste Wälzermüdungslebensdauer (L10). Im Gegensatz dazu ist die Wälzermüdungslebensdauer der herkömmlichen karbonitrierten Probe 3,1-mal so hoch wie die der normalen abgeschreckten Probe. Die Wälzermüdungslebensdauer der Proben B–D ist im Vergleich zur herkömmlichen karbonitrierten Probe deutlich erhöht. Die Wälzermüdungslebensdauer der Proben E und F der vorliegenden Erfindung ist fast gleich derjenigen der herkömmlichen karbonitrierten Probe.

**[0110]** Zusammenfassend besitzen die Proben B–D der vorliegenden Erfindung den niedrigeren Wasserstoffgehalt, feinere Austenitkristallkörner mit einer Kristallkorngrößenzahl von wenigstens 11 und einen verbesserten Charpyschen Kerbschlagwert, verbesserte Rissfestigkeit und längere Wälzermüdungslebensdauer.

### Beispiel 3

**[0111]** Nun wird Beispiel 3 der vorliegenden Erfindung beschrieben. An den folgenden Proben A, B und C wurde eine Reihe von Prüfungen durchgeführt. Ein wärmezubehandelndes Material, das gewöhnlich bei den Proben A–C eingesetzt wurde, war JIS-SUJ2 (1,0 Gew.-% C – 0,25 Gew.-% Si – 0,4 Gew.-% Mn – 1,5 Gew.-% Cr). Die Proben A–C wurden jeweils mit dem folgenden Verfahren verarbeitet.

Probe A – Vergleichsbeispiel: nur normales Abschrecken (ohne Karbonitrieren)

Probe B – Vergleichsbeispiel: Abschrecken direkt nach Karbonitrieren (herkömmliches Karbonitrieren und Abschrecken)

**[0112]** Karbonitrieren wurde 150 Minuten lang bei 845°C durchgeführt. Die Atmosphäre im Karbonitrierprozess war eine Mischung aus RX-Gas und Ammoniakgas.

Probe C – Beispiel der vorliegenden Erfindung: Ein Lagermaterial wurde gemäß dem in [Fig. 6](#) gezeigten Wärmebehandlungsmuster verarbeitet. Karbonitrieren wurde 150 Minuten lang bei 845°C durchgeführt. Die Atmosphäre im Karbonitrierprozess war eine Mischung aus RX-Gas und Ammoniakgas. Die Abschreck-Endtemperatur betrug 800°C.

### (1) Wälzermüdungslebensdauer

**[0113]** Prüfbedingungen und die Prüfvorrichtung für die Wälzermüdungslebensdauerprüfung sind wie in Tabelle 10 und den [Fig. 14A](#) und [Fig. 14B](#) gezeigt. Ergebnisse der Wälzermüdungslebensdauer sind in Tabelle 11 gezeigt.

Tabelle 10

Prüfstück	Ø 12 × L22 zylindrisches Prüfstück
Anzahl der geprüften Stücke	10
Gegenstahlkugel	3/4" (19,05 mm)
Kontaktflächendruck	5,88 GPa
Lastgeschwindigkeit	46240 cpm
Schmieröl	Turbine VG68 – erzwungene Umlaufschmierung

Tabelle 11

Probe	Lebensdauer (Lastanzahl)		Relatives $L_{10}$
	$L_{10}$ ( × 10 <sup>4</sup> mal)	$L_{10}$ ( × 10 <sup>4</sup> mal)	
A	8017	18648	1,0
B	24656	33974	3,1
C	43244	69031	5,4

**[0114]** Gemäß Tabelle 11 besitzt Probe B, die eine Vergleichsprobe ist, eine Wälzermüdungslebensdauer ( $L_{10}$ -Lebensdauer: eins von zehn Prüfstücken beschädigt), die 3,1-mal so hoch wie die von Probe A ist, die auch ein Vergleichsbeispiel ist und nur normales Abschrecken durchläuft, wodurch man sieht, dass durch den Karbonitrierprozess der Effekt des Erhöehens der Lebensdauer erzielt wird. Im Gegensatz dazu besitzt Probe C der vorliegenden Erfindung eine höhere Lebensdauer, die 1,74-mal so hoch wie die von Probe B und 5,4-mal so hoch wie die von Probe A ist. Es wird angenommen, dass diese Verbesserung hauptsächlich durch das feine Gefüge erzielt wird.

### (2) Charpyscher Kerbschlagtest

**[0115]** Ein Charpyscher Kerbschlagtest wurde unter Verwendung eines durch die oben erwähnte JIS Z 2242 definierten U-Kerben-Prüfstücks durchgeführt. Prüfergebnisse sind in Tabelle 12 gezeigt.

Tabelle 12

Probe	Charpyscher Kerbschlagwert (J/cm <sup>2</sup> )	Relativer Kerbschlagwert
A	6,7	1,0
B	5,3	0,8
C	6,7	1,0

**[0116]** Probe B (Vergleichsbeispiel), die Karbonitrierung durchlaufen hat, besitzt einen Charpyschen Kerbschlagwert, der nicht größer als der von Probe A (Vergleichsprobe), die normales Abschrecken durchlaufen hat, ist, während Probe C einen Charpyschen Kerbschlagwert besitzt, der gleich dem von Probe A ist.

### (3) Statische Bruchzähigkeitsprüfung

**[0117]** [Fig. 15](#) zeigt ein Prüfstück für eine statische Bruchzähigkeitsprüfung. In der Kerbe des Prüfstücks wurde ein Vorriss von ungefähr 1 mm eingebracht, danach eine statische Last durch Dreipunktbiegung hinzugefügt, und dann wurde eine Bruchlast P bestimmt. Unter Verwendung der folgenden Formel (I) wurde ein Bruch-

zähigkeitswert (K<sub>1c</sub>-Wert) berechnet. Ergebnisse der Prüfung sind in Tabelle 13 gezeigt.

$$K_{1c} = (PL\sqrt{a/BW^2})\{5,8 - 9,2(a/W) + 43,6(a/W)^2 - 75,3(a/W)^3 + 77,5(a/W)^4\} \quad (I)$$

Tabelle 13

Probe	geprüfte Anzahl	K <sub>1c</sub> (MPa√m)	relativer K <sub>1c</sub>
A	3	16,3	1,0
B	3	16,1	1,0
C	3	18,9	1,2

**[0118]** Der Vorriss besitzt eine größere Tiefe als die Tiefe der karbonitrierten Schicht, und daher werden für die Proben A und B (Vergleichsbeispiele) dieselben Ergebnisse erhalten, während das Ergebnis für Probe C (Beispiel der vorliegenden Erfindung) ungefähr 1,2-mal so groß wie das der Vergleichsbeispiele ist.

(4) Bruchfestigkeitsprüfung bei statischem Druck (Messung von Bruchspannung)

**[0119]** Es wurde ein oben beschriebenes Prüfstück für eine Bruchfestigkeitsprüfung bei statischem Druck, wie in [Fig. 13](#) gezeigt, verwendet. Eine Last wurde in Richtung P in [Fig. 13](#) ausgeübt, um eine Bruchfestigkeitsprüfung bei statischem Druck auszuführen. Prüfergebnisse sind in Tabelle 14 gezeigt.

Tabelle 14

Probe	geprüfte Anzahl	statische Bruchfestigkeit (kgf)	relative statische Bruchfestigkeit
A	3	4200	1,00
B	3	3500	0,84
C	3	4300	1,03

**[0120]** Probe B, die karbonitriert wurde, besitzt eine Festigkeit, die etwas kleiner als die von Probe A ist, die normales Abschrecken durchlaufen hat, während Probe C der vorliegenden Erfindung im Vergleich zu Probe B eine verbesserte Bruchfestigkeit bei statischem Druck besitzt, und somit gleich der von Probe A ist.

(5) Rate der dauerhaften Abmessungsänderung

**[0121]** Tabelle 15 zeigt die Rate der dauerhaften Abmessungsänderung, die unter den Bedingungen von 130°C (Haltetemperatur) und 500 Stunden (Haltedauer) gemessen wurde, zusammen mit der Oberflächenhärte und der Menge von Restaustenit (0,1 mm Tiefe).

Tabelle 15

Probe	geprüfte Anzahl	Oberflächenhärte (HRC)	Rest $\gamma$ (%)	Rate der Abmessungsänderung ( $\times 10^{-5}$ )	relative Rate der Abmessungsänderung <sup>*)</sup>
A	3	62,5	9,0	18	1,0
B	3	63,6	28,0	35	1,9
C	3	60,0	11,3	22	1,2

\*: kleiner ist besser

**[0122]** Verglichen mit der Rate der Abmessungsänderung von Probe B, die eine große Menge an Restaustenit besitzt, besitzt Probe C der vorliegenden Erfindung aufgrund der niedrigeren Menge an Restaustenit, die die Hälfte oder weniger beträgt, die kleinere Rate an Abmessungsänderung.

(6) Lebensdauerprüfung unter verunreinigter Schmierstoffbedingung

**[0123]** Ein Kugellager 6206 wurde verwendet, um die Wälzermüdigkeitslebensdauer unter einer verunreinigten Schmierstoffbedingung auszuwerten, wobei eine vorbestimmte Menge normaler Verunreinigungen hinein gemischt wurden. Prüfbedingungen sind in Tabelle 16 gezeigt, und Prüfergebnisse sind in Tabelle 17 gezeigt.

Tabelle 16

Last	Fr = 6,86 kN
Kontaktflächendruck	Pmax = 3,2 GPa
Drehzahl	2000 U/min
Schmierstoff	Turbine 56 – Ölbadschmierung
Menge an Verunreinigung	0,4 g/1000 cm <sup>3</sup>
Verunreinigung	Korngröße: 100 – 180 $\mu\text{m}$ , Härte: Hv800

Tabelle 17

Probe	L <sub>10</sub> -Lebensdauer (h)	relatives L <sub>10</sub>
A	20,0	1,0
B	50,2	2,5
C	45,8	2,3

**[0124]** Probe B, die herkömmliches Karbonitrieren durchlaufen hat, besitzt eine Lebensdauer, die ungefähr 2,5-mal so hoch ist wie die von Probe A, und Probe C der vorliegenden Erfindung besitzt eine Lebensdauer, die ungefähr 2,3-mal so hoch wie die von Probe A ist. Während Probe C der vorliegenden Erfindung eine kleinere Menge an Restaustenit besitzt als Probe B des Vergleichsbeispiels, besitzt Probe C wegen Einflüssen von eindringendem Stickstoff und des feinen Gefüges eine hohe Lebensdauer, die im Wesentlichen gleich der

von Probe B ist.

**[0125]** Man ersieht entsprechend aus den oben erörterten Ergebnissen, dass Probe C der vorliegenden Erfindung, und zwar eine Lagerkomponente, die mit dem Wärmebehandlungsverfahren der vorliegenden Erfindung hergestellt wurde, gleichzeitig drei Ziele erreichen kann: Erhöhung der Wälzermüdungslebensdauer, was mit dem herkömmlichen Karbonitrieren schwierig zu erreichen war, Verbesserung der Rissfestigkeit und Verringerung der Rate der dauerhaften Abmessungsänderung.

**[0126]** Obwohl die vorliegende Erfindung detailliert beschrieben und veranschaulicht wurde, ist klar zu verstehen, dass dies zwecks Veranschaulichung und beispielhaft geschah und nicht als Beschränkung zu sehen ist, wobei der Kern und Umfang der vorliegenden Erfindung nur durch die angehängten Ansprüche beschränkt sind.

### Patentansprüche

1. Rollenschlepphebel einer Brennkraftmaschine, aufweisend einen Außenring, der in Rollkontakt mit einer Nockenwelle der Brennkraftmaschine ist, eine Rollenwelle, die sich innerhalb des Außenrings befindet und an einem Schlepphebelkörper befestigt ist, und Lagerelemente, die zwischen dem Außenring und der Rollenwelle platziert sind, wobei wenigstens ein Element aus der Gruppe besteht aus dem Außenring, der Rollenwelle und den Lagerelementen eine karbonitrierte Schicht besitzt und eine Bruchspannung von wenigstens 2650 MPa besitzt.

2. Rollenschlepphebel einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei der Schlepphebelkörper (50) an einem Ende (1a) eines Kipphebels (1) angebracht ist, der Kipphebel schwenkbar an einer Drehwelle (5) befestigt ist, die sich zwischen dem einen Ende und dem anderen Ende (1b) befindet, ein Ende eines Auf-Zu-Ventils (9) der Brennkraftmaschine an das andere Ende grenzt, wobei der Schlepphebelkörper an dem einen Ende einen gegabelten Rollenlagerabschnitt (14) besitzt und die Rollenwelle an dem gegabelten Rollenlagerabschnitt befestigt ist.

3. Rollenschlepphebel einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei der Schlepphebelkörper (50) zwischen einem Ende (1b) und dem anderen Ende (1a) eines Kipphebels (1) angebracht ist, die Rollenwelle (2) in einem Rollenloch befestigt ist, das sich zwischen zwei Seitenwänden des Kipphebels erstreckt, ein Ende des Auf-Zu-Ventils (9) der Brennkraftmaschine an das eine Ende (1b) des Kipphebels grenzt, und eine Kippwelle (15) an das andere Ende (1a) grenzt.

4. Rollenschlepphebel einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei ein Kipphebel (1) schwenkbar an einer Drehwelle (5) befestigt ist, die sich zwischen einem Ende (1b) und dem anderen Ende (1a) des Kipphebels befindet, ein Ende eines Auf-Zu-Ventils (9) der Brennkraftmaschine an das eine Ende (1b) grenzt, das andere Ende (1a) an ein Ende einer Kuppelstange (16) grenzt, die eine Spannung von der Nocke (6) überträgt, der Schlepphebelkörper (50) am anderen Ende der Kuppelstange angebracht ist, wobei sich das eine Ende und das andere Ende der Kuppelstange am Kipphebel beziehungsweise an der Nocke (6) befindet, und die Rollenwelle am Schlepphebelkörper befestigt ist und an die Nocke grenzt.

5. Rollenschlepphebel einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei die Lagerelemente Vollnadellaager sind.

6. Rollenschlepphebel einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei das Ende der Rollenwelle eine Härte besitzt, die geringer ist als die ihres Mittelabschnitts.

7. Rollenschlepphebel einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei das Ende der Rollenwelle verstemmt ist.

8. Rollenschlepphebel einer Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei der Schlepphebel vollständig pressgeformt ist.

Es folgen 13 Blatt Zeichnungen

FIG.1

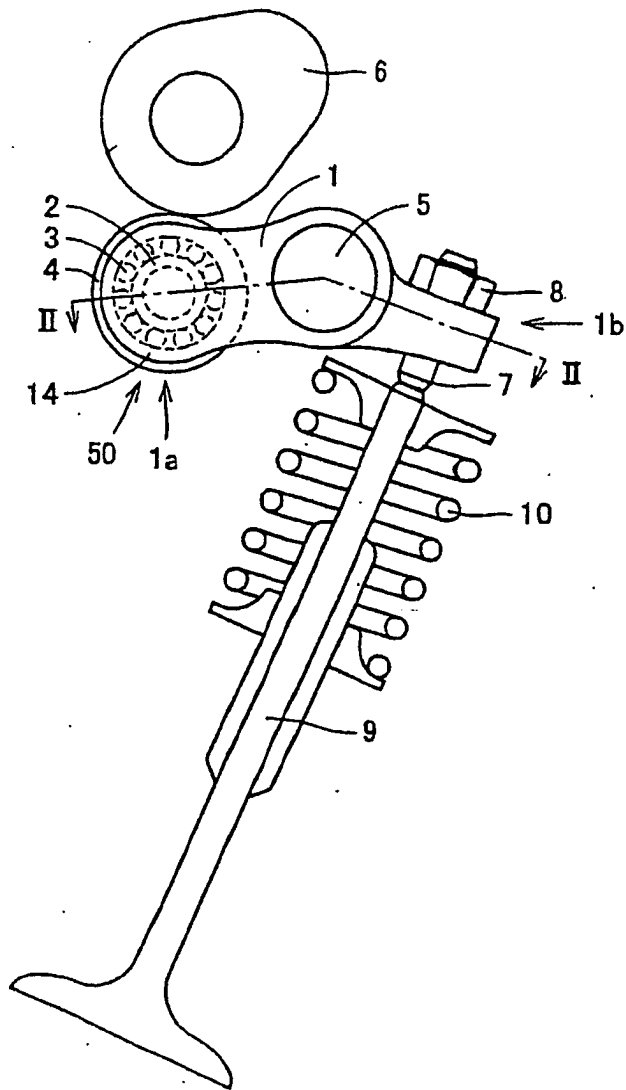


FIG.2

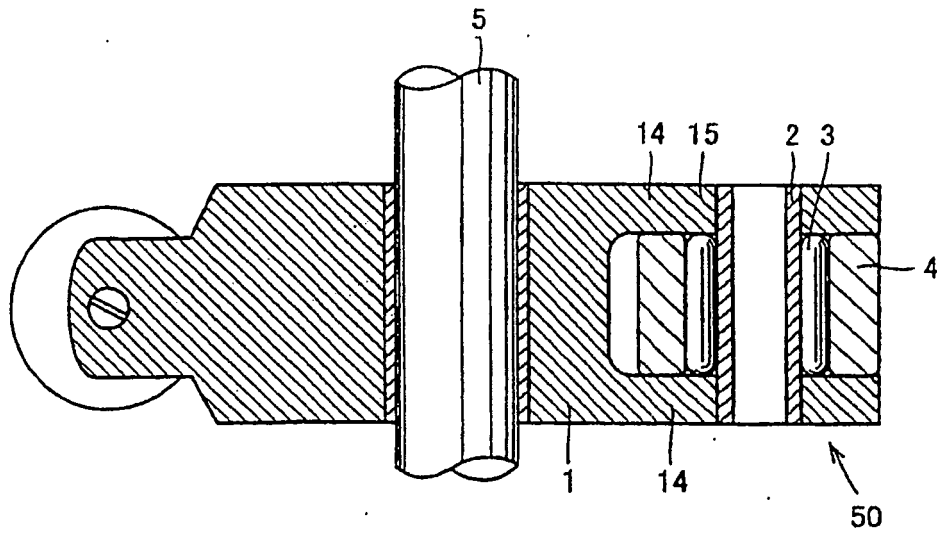




FIG.3

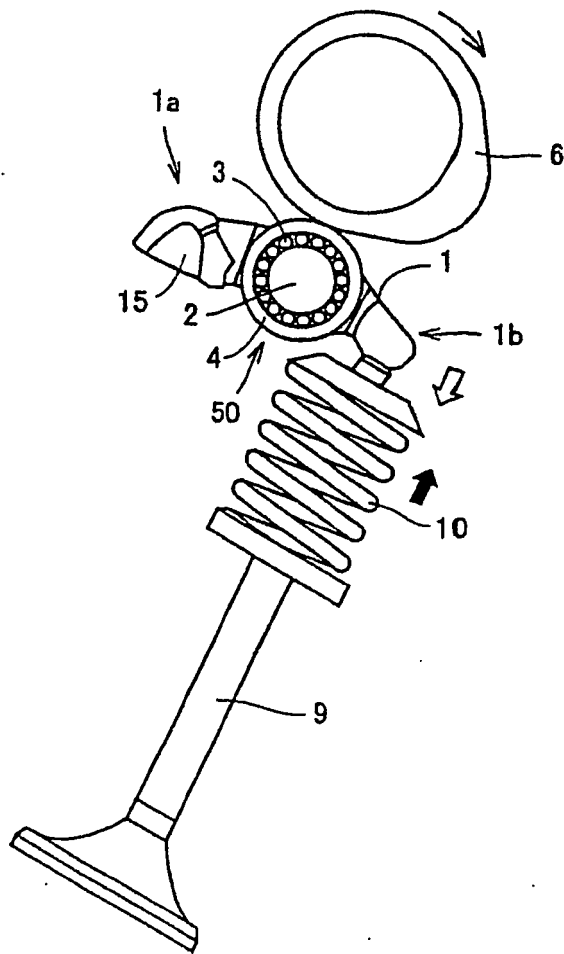


FIG.4

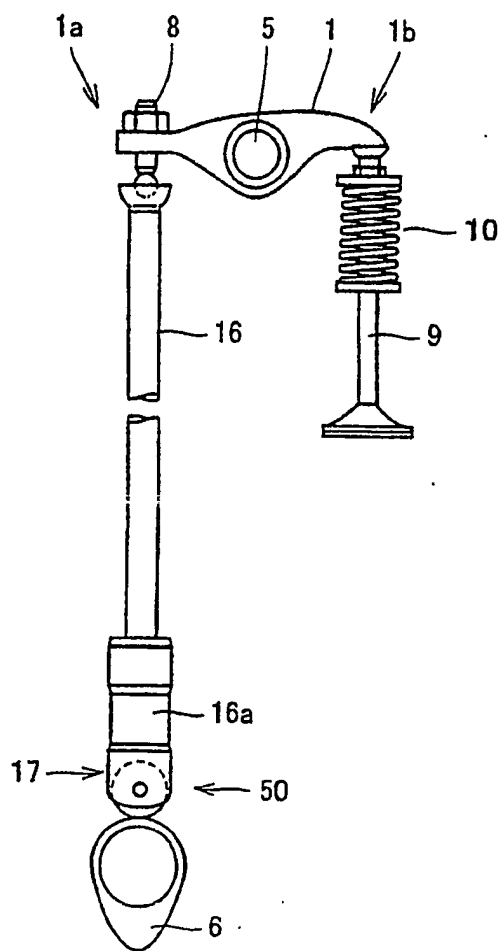


FIG.5

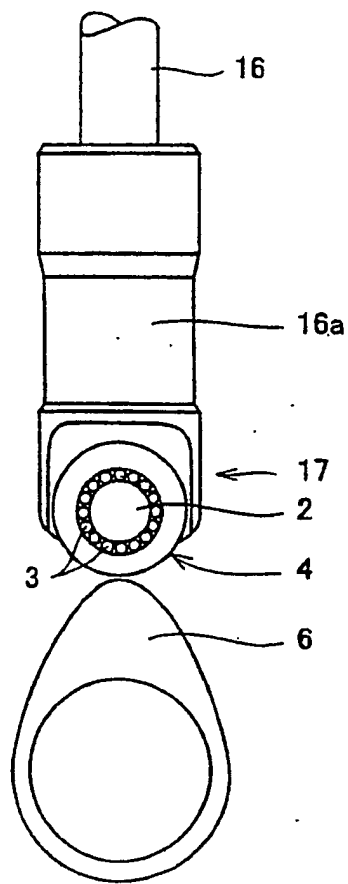


FIG.6

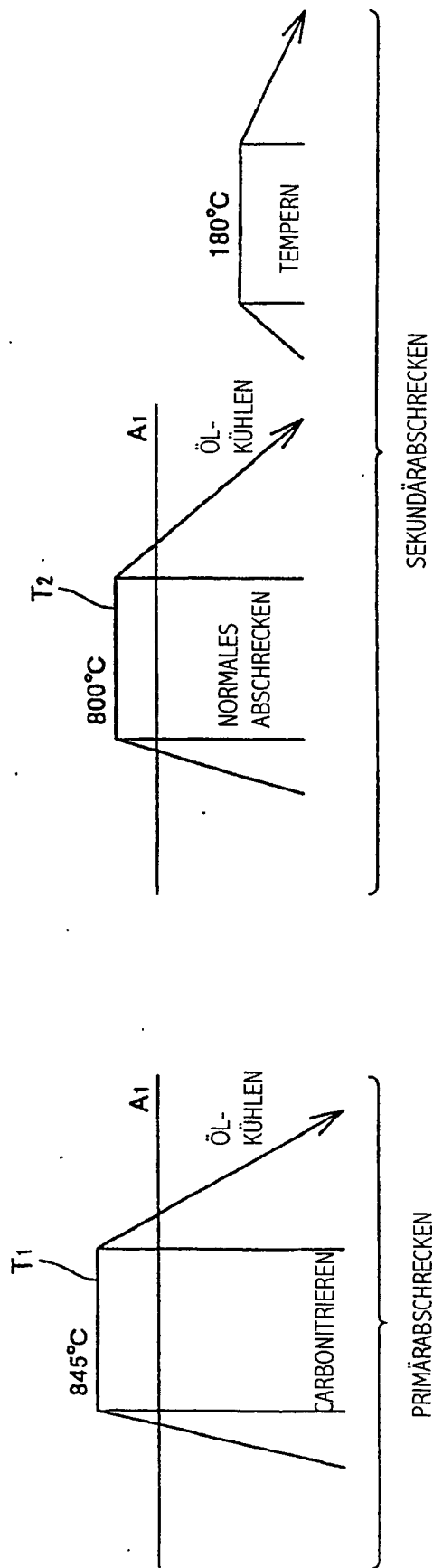


FIG.7

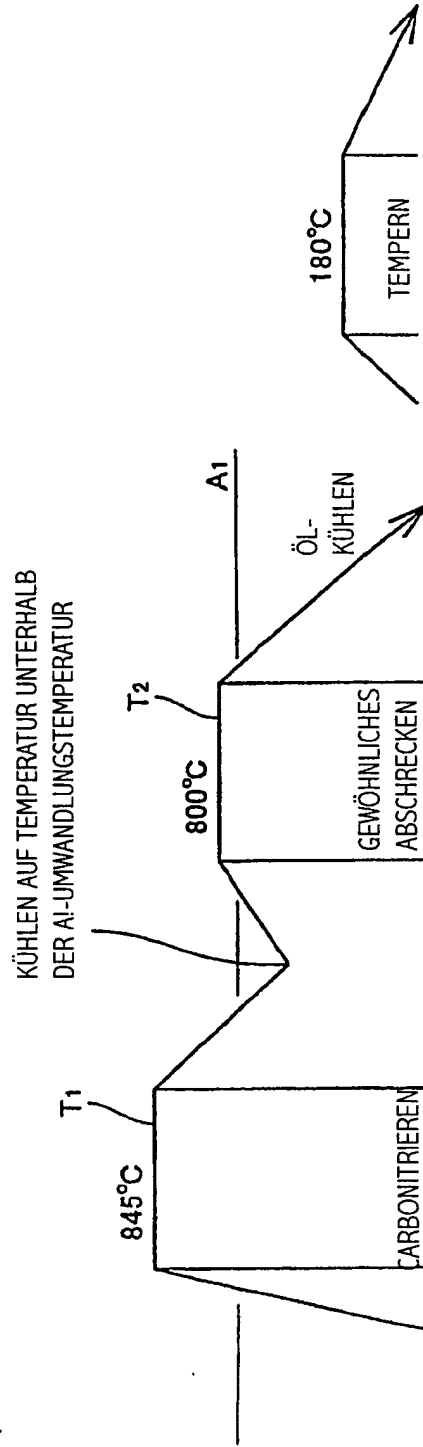


FIG.8A

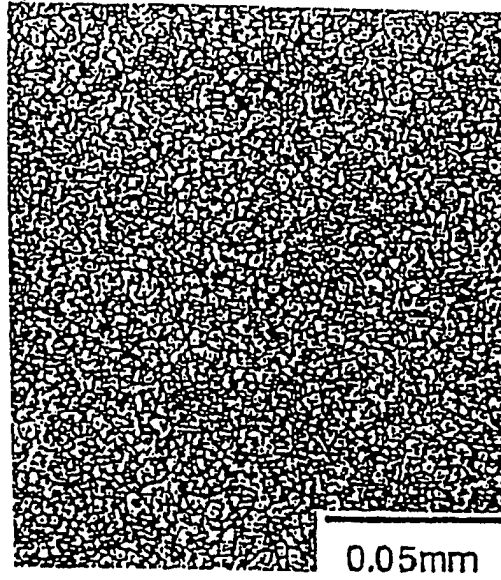


FIG.8B

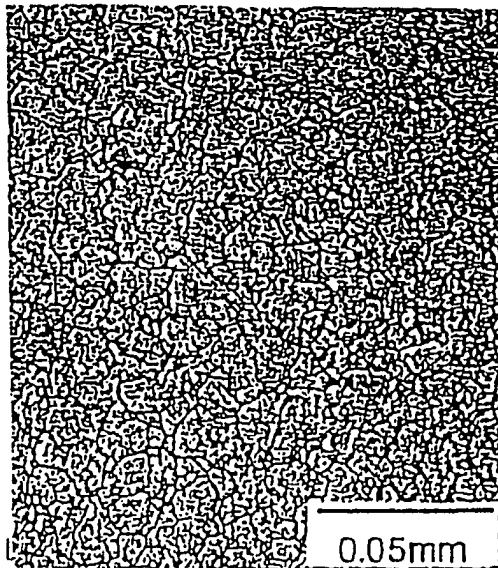


FIG.9A

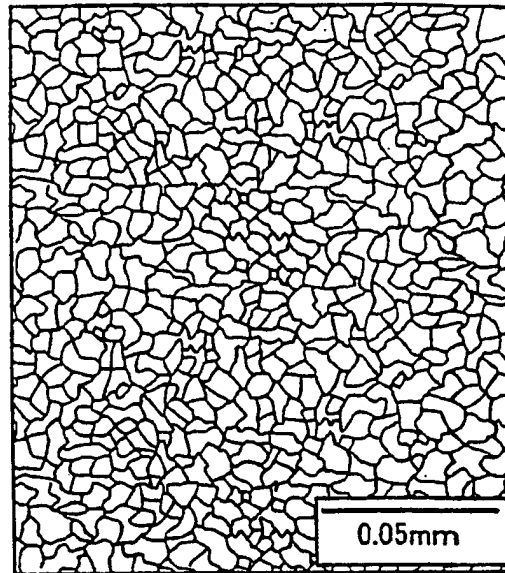


FIG.9B

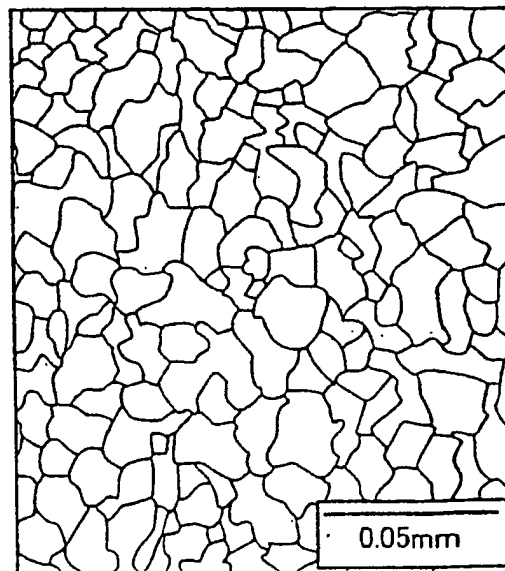


FIG.10

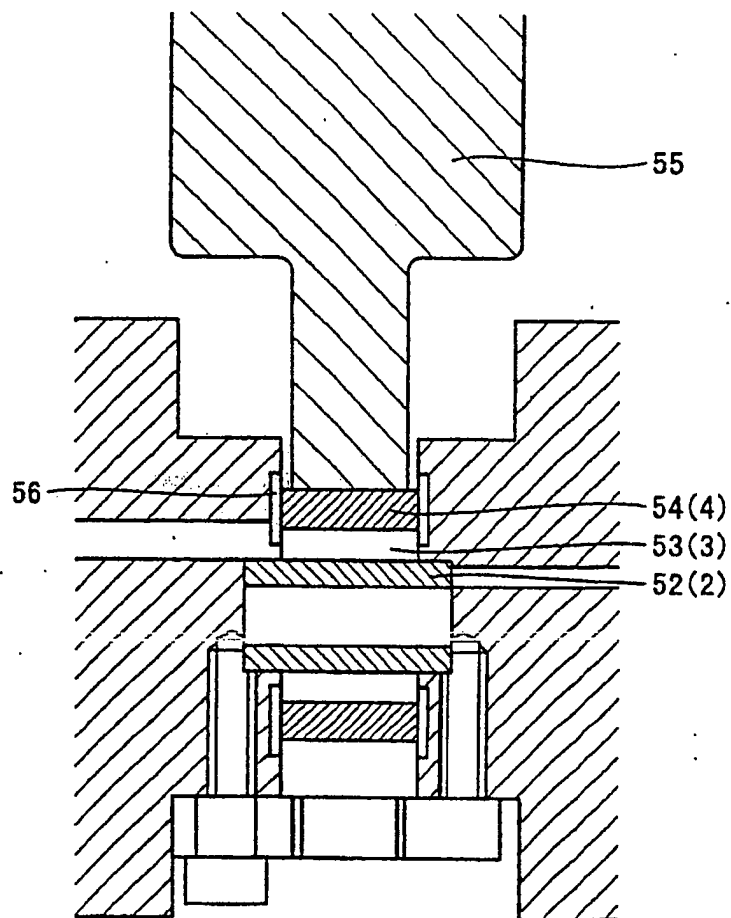




FIG.11

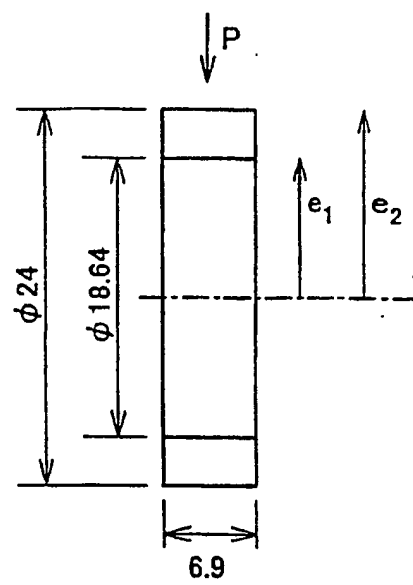


FIG.12

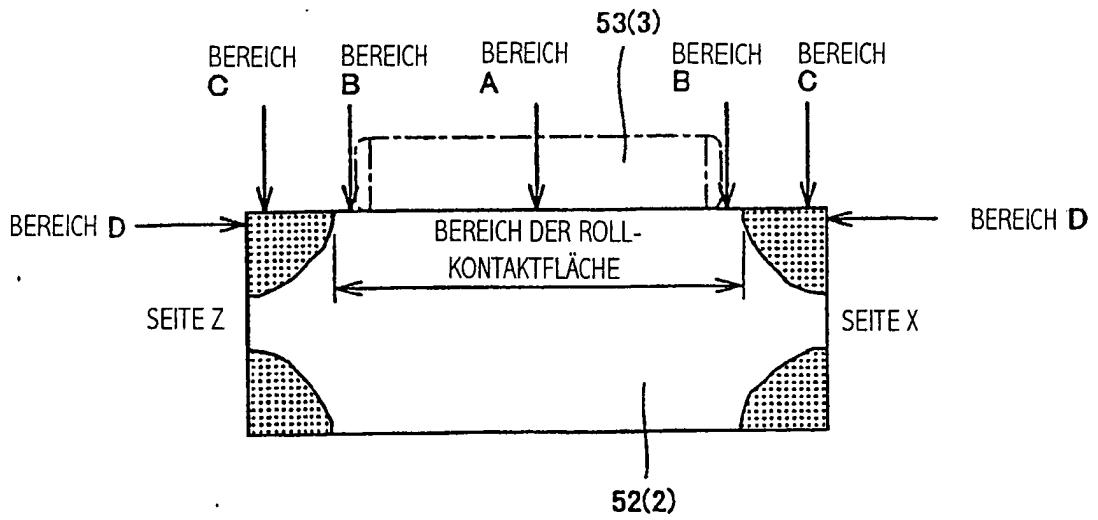


FIG.13

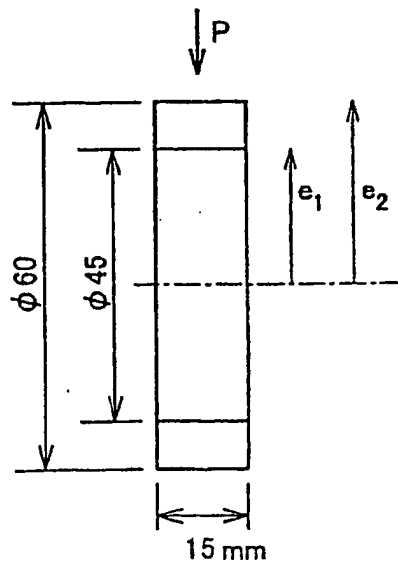


FIG.14A

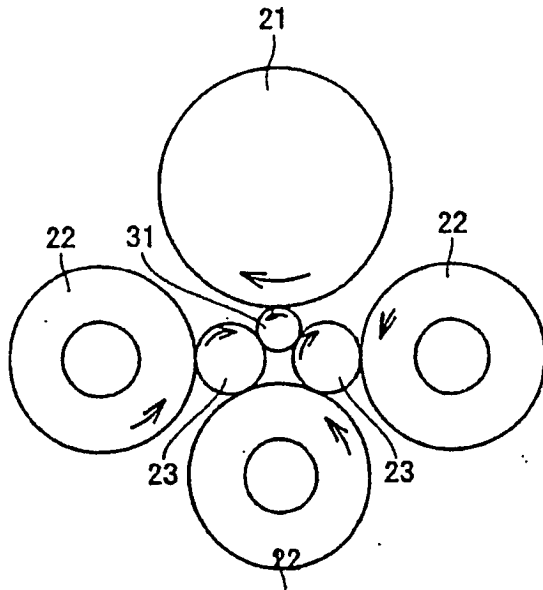


FIG.14B

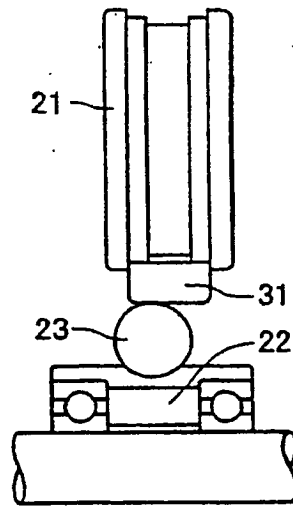


FIG.15

