



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 694 33 807 T2** 2005.08.04

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 655 562 B1**

(51) Int Cl.⁷: **F16C 33/10**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **694 33 807.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **94 116 494.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **19.10.1994**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **31.05.1995**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **26.05.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **04.08.2005**

(30) Unionspriorität:

28752793 **22.10.1993** **JP**

21049394 **11.08.1994** **JP**

25609594 **27.09.1994** **JP**

(73) Patentinhaber:

**Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.,
Tokio/Tokyo, JP**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT, SE

(72) Erfinder:

**Akita, Hideki, Tsuchiura-shi, Ibaraki-ken, 300, JP;
Oota, Makoto, Niihari-gun, Ibaraki-ken, 315, JP;
Nakatani, Hideaki, Tsuchiura-shi, Ibaraki-ken, 300,
JP; Hatano, Kazuyoshi, Higashi-Ibaraki-gun,
Ibaraki-ken, 311-32, JP; Ogasawara, Manabu,
Niihari-gun, Ibaraki-ken, 315, JP**

(74) Vertreter:

Strehl, Schübel-Hopf & Partner, 80538 München

(54) Bezeichnung: **Gleitlageranordnung**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Gleitlageranordnung und insbesondere auf die Verwendung einer Gleitlageranordnung für langsame Hochdruckanwendungen ohne Nachfüllen von Öl über einen längeren Zeitraum.

[0002] Zur Betätigung des Antriebsmechanismus von Baggern wie z.B. Baumaschinen sind die betreffenden Teile des Mechanismus drehbar oder schwenkbar miteinander verbunden, so dass sie mit einem Zylinder und anderen Betätigungsorganen angetrieben werden können. Als Beispiel kann ein Hydraulikbagger mit einer am distalen Ende des Auslegerarms angebrachten Schaufel dienen. Um den Aushub mit der Schaufel zu bewirken, wird der Schaufelzylinder vor- und zurückbewegt, so dass sich die Schaufel um den Punkt, an dem sie mit dem Arm verbunden ist, dreht bzw. schwenkt. Zu diesem Zweck ist die Schaufel mit Hilfe einer aus einer Welle und einer Laufbuchse bestehenden Gleitlageranordnung an dem Arm angebracht.

[0003] [Fig. 14](#) zeigt einen Querschnitt einer bekannten Gleitlageranordnung. Wie gezeigt, weist eine Rolle **1** eine darin vorgesehene Laufbuchse **2** auf. Eine Staubdichtung **3** drückt gegen beide Enden der Laufbuchse **2**. Ein Stützteil **6** ist an beiden Enden der Rolle **1** vorgesehen, und eine Beilagscheibe **5** ist in den Spalt zwischen der Rolle **1** und jedem Stützteil **6** eingesteckt. Ein O-Ring **4** ist um jeden Spalt herum angebracht. Eine Welle **7** ist durch das Stützteil **6** an einem Ende, die Laufbuchse **2** und das Stützteil **6** am anderen Ende gesteckt. Ein Drehen der Welle **7** wird mit Hilfe eines Arretierstiftes **8** verhindert, der durch die Welle **7** und das Stützteil **6** an einem Ende gesteckt ist. Eine Fetteinfüllöffnung **30** ist vorgesehen, die von dem anderen Ende der Welle **7** zur Mitte der Laufbuchse **2** verläuft. Ein Verschlussstopfen **32** ist in ein Ende der Einfüllöffnung **30** eingeschraubt, die mit Fett **34** gefüllt ist.

[0004] Beim Aushub wird ein langsamer, aber sehr hoher Druck auf die Oberflächen der Gleitlageranordnung ausgeübt. Unter diesen Umständen müssen die Gleitflächen reichlich mit einem dicken Schmiermittel wie z.B. Fett versorgt werden, um das Auftreten von Festfressen, Scheuern, ungleichmäßigem Verschleiß und anderen Problemen in frühen Betriebsphasen zu verhindern. Zu diesem Zweck ist ein häufiges Nachfüllen von Fett erforderlich, aber das Nachfüllen ist nicht immer leicht durchzuführen.

[0005] Ein weiteres Problem beim Nachfüllen von Fett besteht darin, dass das alte Fett, das flüssig geworden ist, aus dem Lager abgelassen werden muss, ehe neues Fett eingefüllt wird. Dieses Ablassen und Nachfüllen erfolgt in der Regel auf der Baustelle. Das abgelassene flüssige Fett wird entsorgt, indem es auf

der Oberfläche des Bodens an der Baustelle verteilt wird, aber dies kann zu Umweltproblemen führen. Angesichts der jüngsten Bedenken hinsichtlich des Umweltschutzes ist es besonders wünschenswert, bei der Vorbereitung von Grundstücken für den Hausbau und Gartenbauarbeiten von einem Entsorgen oder Verteilen des flüssigen Fetts auf dem Erdreich abzusehen.

[0006] Mit Blick auf die Aufrechterhaltung der Schmiereigenschaften auf den Gleitflächen über einen längeren Zeitraum ohne Nachfüllen von Fett und anderen Schmiermitteln sind verschiedene Methoden entwickelt worden, beispielsweise das Einbetten eines festen Schmiermittels in die Gleitfläche einer Laufbuchse (siehe [Fig. 15](#), bei dem die Laufbuchse **2** in die Gleitfläche eingebettete Graphitpartikel **36** aufweist). Andere Methoden sind unter anderem das Ausbilden der Laufbuchse aus selbstschmierenden Kunststoffen oder die Verwendung unkonventioneller Mittel wie z.B. ein Magnetlager und ein Pneumatiklager. Magnet- und Pneumatiklager sind jedoch für Hochlastanwendungen nicht geeignet. Auch für Lager mit festen Schmiermitteln (z.B. Graphit) oder selbstschmierenden Werkstoffen (z.B. Kunststoffe) gelten bestimmte Einschränkungen. Im ersten Fall macht der Kontakt zwischen Grundmetallteilen das Auftreten von mikroskopischem Scheuern unvermeidbar, während im letzteren Fall die unzureichende Festigkeit und Härte von selbstschmierenden Werkstoffen gelegentlich zu einem plötzlichen Auftreten von ungewöhnlichem Verschleiß oder Verformung (Kriechen) führen kann.

[0007] H. Detter beschreibt in „Betriebsverhalten, Eigenschaften und Berechnung von Sinterlagern für die Feinmechanik“, VDI-Z, Vol. 116, Nr. 4, März 1994, Seiten 305 bis 310, für Lasten von maximal 130 bar bei Gleitgeschwindigkeiten von ca. 0,75 m/s geeignete Gleitlageranordnungen mit Schmierölen, die eine Viskosität zwischen 12 und 250 cSt aufweisen.

[0008] D. Netuschil empfiehlt in „Synthetische Schmierstoffe für Sintermetall-Gleitlager“, Maschinenmarkt, Vol. 82, Nr. 34, 1976, Seiten 608 bis 611, eine Mindestviskosität von 12 cSt für Schmieröl und Viskositäten zwischen 100 und 400 cSt für normale Schmieröle.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0009] Ein Ziel der vorliegenden Erfindung ist daher die Verwendung einer Gleitlageranordnung für langsame Hochdruckanwendungen, d.h. Hochdruckanwendungen mit niedriger Gleitgeschwindigkeit, ohne Nachfüllen von Öl über einen längeren Zeitraum von mindestens mehreren Jahren.

[0010] Dieses Ziel der Erfindung kann erreicht werden durch die Verwendung einer Gleitlageranord-

nung, die mindestens eine Welle und eine Laufbuchse aufweist, wobei die Laufbuchse aus einem mit einem Schmieröl imprägnierten porösen gesinterten Eisenmaterial besteht und das Schmieröl eine Viskosität im Bereich von 240 bis 1.500 cSt bei 40 °C aufweist.

[0011] Anwendung findet dies für Schwingbewegungen in einer Umgebung, wo der auf die Gleitflächen einwirkende Betriebsdruck mindestens 600 bar beträgt und die Gleitgeschwindigkeit im Bereich von 2 bis 5 cm/s liegt, wobei sich als Ergebnis der Gleitbewegung der Welle relativ zu der Laufbuchse ein mechanisch-chemisches Reaktionsprodukt zwischen den Gleitflächen bildet.

[0012] Die Welle besteht vorzugsweise aus einem Eisen- oder Stahlelement, das einer Behandlung zur Oberflächenmodifizierung unterzogen worden ist.

[0013] Dies erlaubt eine längere kontinuierliche Betriebszeit von mindestens fünf Jahren ohne Nachfüllen von Öl auch in einer Hochdruckumgebung mit niedriger Gleitgeschwindigkeit.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0014] [Fig. 1](#) ist eine Querschnittsansicht, die schematisch ein Beispiel der Gleitlageranordnung zur Verwendung nach der Erfindung zeigt.

[0015] [Fig. 2](#) ist eine Querschnittsansicht, die einen vergrößerten Ausschnitt der Gleitfläche zwischen der Welle und der Laufbuchse in der Gleitlageranordnung in [Fig. 1](#) zeigt.

[0016] [Fig. 3](#) ist ein Diagramm, das Kennlinien für die Beziehung zwischen Druck und Reibungskoeffizient zeigt, wobei als Parameter die Viskosität des Schmieröls benutzt wird, mit dem die Laufbuchse der Gleitlageranordnung zur Verwendung nach der Erfindung imprägniert wird.

[0017] [Fig. 4](#) ist ein Diagramm, das die tribologischen Eigenschaften einer fettgeschmierten Gleitlageranordnung nach dem Stand der Technik mit denen der mit einem hochviskosen Schmieröl imprägnierten Gleitlageranordnung zur Verwendung nach der Erfindung vergleicht.

[0018] [Fig. 5](#) ist ein Diagramm, das zeigt, wie hoch die Abnutzung der Laufbuchse in der Gleitlageranordnung zur Verwendung nach der Erfindung ist, wenn sie kontinuierlichen Schwingbewegungen über 800 Stunden ausgesetzt war.

[0019] [Fig. 6](#) ist ein Diagramm, das zeigt, wie hoch die Abnutzung der Welle in der Gleitlageranordnung zur Verwendung nach der Erfindung ist, wenn sie kontinuierlichen Schwingbewegungen über 800

Stunden ausgesetzt war.

[0020] [Fig. 7a](#) zeigt ein IR-Spektrogramm für ein frisches, unvermisches Schmieröl.

[0021] [Fig. 7b](#) zeigt ein IR-Spektrogramm für die schwarze viskose Schmiersubstanz, die sich bildet, wenn die mit dem Schmieröl imprägnierte Laufbuchse und die Welle 100 Stunden lang übereinander gleiten.

[0022] [Fig. 8](#) ist ein Diagramm, das durch Röntgenbestimmung und Untersuchung eines getrockneten Pulvers des Feststoffs erhalten wurde, der von dem öligen Anteil der schwarzen viskosen Schmiersubstanz getrennt worden ist.

[0023] [Fig. 9a](#) ist ein Wellenformdiagramm, das das Ergebnis der Messung des Gleitflächenprofils der Welle 10 mit einer Rauheitsmesssonde zeigt, die aus der Gleitlageranordnung ausgebaut wurde, nachdem die Bildung der schwarzen viskosen Schmiersubstanz festgestellt worden war.

[0024] [Fig. 9b](#) ist ein Wellenformdiagramm, das das Gleitflächenprofil der Laufbuchse 9 zeigt, die aus der Anordnung ausgebaut wurde.

[0025] [Fig. 10](#) ist ein Diagramm, das die Kennlinien für die Beziehung zwischen Reibungskoeffizient, Temperatur und Gleitzeit zeigt, die die Wirkung der kombinierten Verwendung eines hochviskosen Schmieröls und Fetts in der Gleitlageranordnung zur Verwendung nach der Erfindung belegen.

[0026] [Fig. 11](#) ist eine Querschnittsansicht, die schematisch einen Teil eines anderen Beispiels der Gleitlageranordnung zur Verwendung nach der Erfindung zeigt.

[0027] [Fig. 12](#) ist eine Querschnittsansicht, die schematisch einen Teil eines weiteren Beispiels der Gleitlageranordnung zur Verwendung nach der Erfindung zeigt.

[0028] [Fig. 13](#) ist eine Querschnittsansicht, die schematisch einen Teil noch eines weiteren Beispiels der Gleitlageranordnung zur Verwendung nach der Erfindung zeigt.

[0029] [Fig. 14](#) ist eine Querschnittsansicht einer fettgeschmierten Gleitlageranordnung nach dem Stand der Technik.

[0030] [Fig. 15](#) ist eine Perspektivansicht, die schematisch und teilweise im Schnitt eine Laufbuchse nach dem Stand der Technik mit den in ihre Innenflächen eingebetteten Partikeln eines festen Schmiermittels zeigt.

BEVORZUGTE AUSFÜHRUNGSFORMEN DER
ERFINDUNG

[0031] Die Gleitlageranordnung zur Verwendung nach der Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ausführlich beschrieben.

[0032] [Fig. 1](#) zeigt ein Beispiel der Gleitlageranordnung im Querschnitt. Sie hat im Wesentlichen denselben Aufbau wie die in [Fig. 14](#) gezeigte Ausführung nach dem bisherigen Stand der Technik, weshalb für die nachfolgende Beschreibung die gleichen Bezugszeichen verwendet werden, um gleiche Teile oder Elemente wie jene in [Fig. 14](#) zu erläutern. Die in [Fig. 1](#) gezeigte Gleitlageranordnung weist auch eine in der Rolle **1** vorgesehene Laubuchse **9** auf. Ein Stützteil **6** ist an beiden Enden der Rolle **1** vorgesehen, und eine Beilagscheibe **5** ist in den Spalt zwischen der Rolle **1** und jedem Stützteil **6** eingesteckt. Ein O-Ring **4** ist um jeden Spalt herum angebracht. Eine Welle **10** ist durch das Stützteil **6** an einem Ende, die Laubuchse **2** und das Stützteil **6** am anderen Ende gesteckt. Ein Drehen der Welle **10** wird mit Hilfe eines Arretierstiftes **8** verhindert, der durch die Welle **10** und das Stützteil **6** an einem Ende gesteckt ist.

[0033] Die Laubuchse **9** in der Gleitlageranordnung besteht aus einer porösen gesinterten Verbundlegierung, die typischerweise aus einem Kupfer- und Eisenpulver hergestellt ist. Poröse Laubuchsen aus anderen Werkstoffen können ebenfalls verwendet werden. Die Laubuchse weist vorzugsweise eine Porosität von 5 bis 30 % aus. Ist die Porosität geringer als 5 %, ist die Imprägnierung der Laubuchse mit dem hochviskosen Schmieröl so gering, dass die Wahrscheinlichkeit besteht, dass sie nicht als Bestandteil einer Lageranordnung verwendet werden kann, die kein Nachfüllen von Öl erfordert. Ist die Porosität höher als 30 %, wird die mechanische Festigkeit der Laubuchse zu gering, um ein Brechen im Betrieb zu verhindern. Die Poren in der Laubuchse stehen vorzugsweise miteinander in Verbindung.

[0034] Die vorstehend beschriebene poröse Laubuchse ist mit einem hochviskosen Schmieröl mit einer Viskosität im Bereich von 2,4 bis 15 cm²/s imprägniert. Unter 2,4 cm²/s ist die Fluidität des Schmieröls so hoch, dass es schwierig wird, das Öl in den Poren in der Laubuchse zurückzuhalten; außerdem können im Betrieb unerwünschte Probleme wie z.B. Scheuern auftreten, wodurch es unmöglich wird, die Lageranordnung über einen längeren Zeitraum ohne Nachfüllen von Öl zu benutzen. Über 15 cm²/s kehrt das aufgrund der Reibungswärme über die Gleitflächen ausgeschwitzte Schmieröl nicht ohne weiteres in das poröse Innere zurück, und die gewünschten Gleiteigenschaften können nicht über einen längeren Zeitraum konstant aufrechterhalten werden.

[0035] Das Schmieröl zum Imprägnieren der porö-

sen Laubuchse beschränkt sich nicht auf eine bestimmte Formulierung, solange seine Viskosität innerhalb des oben angegebenen Bereichs liegt. Mineralöle, synthetische Öle und alle anderen handelsüblichen Schmierölformulierungen können für die Erfindung benutzt werden. Es ist jedoch zu beachten, dass Fett nicht zum Imprägnieren der Laubuchse geeignet ist, weil es Fasern enthält. Das für die Erfindung zu benutzende Schmieröl kann feine Partikel ($\leq 500 \mu\text{m}$) fester Schmiermittel wie zum Beispiel MoS₂, WS₂, hexagonales BN und Graphit enthalten. Diese feinteiligen festen Schmiermittel sind besonders wirksam, wenn die Gleitlageranordnung nach der Erfindung unter kalten klimatischen Bedingungen benutzt wird.

[0036] Beim Imprägnieren der porösen Laubuchse mit dem hochviskosen Schmieröl kann dieses erwärmt werden, um die Viskosität zu verringern, und die Laubuchse wird in das erhaltene verflüssigte Öl eingetaucht und in einer Vakuumatmosphäre stehen gelassen. Als Ergebnis wird die Luft aus den Poren in der Laubuchse gesaugt, die sich wiederum mit dem flüssigen Öl füllen. Wird die so imprägnierte Laubuchse wieder an die normale Luftatmosphäre gebracht und auf Raumtemperatur abgekühlt, verliert das flüssige Öl in den Poren in der Laubuchse an Fluidität und nimmt wieder seinen ursprünglichen hochviskosen Zustand an. Dadurch kann das hochviskose Schmieröl in den Poren in der Laubuchse zurückgehalten werden. Die Temperatur, auf die das hochviskose Schmieröl erwärmt werden muss, ist nicht auf einen bestimmten Wert beschränkt und variiert je nach der spezifischen Viskosität des Schmieröls. Daher kann das Schmieröl erwärmt werden, bis es flüssig wird. Für einen Fachmann ist dies ein einfach durchzuführender Vorgang. Die Zeit, über die die Laubuchse in das verflüssigte Schmieröl eingetaucht wird, und die Stärke des Vakuums, bei der sie zu halten ist, unterliegen beide keinen besonderen Einschränkungen, da sie ebenfalls von der Viskosität des zu verwendenden Schmieröls abhängen. Wichtig ist, dass die Laubuchse in das verflüssigte Schmiermittel eingetaucht werden sollte, bis die Poren in der Laubuchse mit dem Öl gesättigt sind. Wird zum Beispiel ein Schmieröl mit einer Viskosität von 4,6 cm²/s auf 60 bis 80 °C erwärmt und wird die Laubuchse bei einem reduzierten Druck von 3 Pa in das erwärmte Öl eingetaucht, sind die Poren in der Laubuchse nach etwa einer Stunde mit dem Schmieröl gesättigt.

[0037] Die Welle **10** besteht aus einem Eisen- oder Stahlwerkstoff. Die Eisen- oder Stahlwelle **10** ist vorzugsweise aufgekühlt, nitriert und hochfrequenz-abgeschreckt und anschließend auf ihrer Außenseite durch geeignete Methoden einschließlich durch Ausbilden einer Umwandlungsschicht aus Zinkphosphat, Manganphosphat oder dergleichen oder durch Sulfurisieren oberflächenmodifiziert. Obwohl der genaue Grund nicht bekannt ist, weist die so modifizierte

Oberfläche der Welle eine bessere „Benetzung“ mit dem in die Laufbuchse imprägnierten hochviskosen Schmieröl auf, und dies führt zu entsprechenden Verbesserungen der Schmierwirkung des Schmieröls und der tribologischen Eigenschaften der Lageranordnung. Die Gleitfläche der Laufbuchse **9** ist ebenfalls vorzugsweise durch geeignete Methoden einschließlich Aufkohlen, Nitrieren und Sulfurisieren modifiziert. Eine durch Aufkohlen gehärtete Schicht in einer Dicke von 1 bis 3 mm, vorzugsweise ca. 2 mm, auf der Gleitfläche der Laufbuchse **9** trägt zum Beispiel zu einer höheren Verschleißfestigkeit der Laufbuchse bei.

[0038] Die Rolle **1** kann mit einer der dem Fachmann bekannten Methoden wie zum Beispiel dem Schrumpfpfassen dicht passend über die Laufbuchse **9** gezogen werden.

[0039] [Fig. 2](#) ist eine Querschnittsansicht, die schematisch einen vergrößerten Ausschnitt der Kontaktfläche zwischen der Laufbuchse **9** und der Welle **10** zeigt. Wie gezeigt, wird das in die Poren **14** in der porösen Laufbuchse **9** imprägnierte hochviskose Schmieröl über die innere Peripherie der Laufbuchse **9** ausgeschwitzt, um einen dünnen Ölfilm **18** zu erzeugen, der eine Gleitfläche zwischen der Laufbuchse **9** und der Welle **10** bildet und eine ausreichende Schmierwirkung aufweist, um die gewünschten tribologischen Eigenschaften zu gewährleisten. Das in die Poren in der Laufbuchse imprägnierte hochviskose Schmieröl hat ein so geringes Fließvermögen, dass es nicht aus der Laufbuchse austritt, auch wenn letztere wiederholte Gleitbewegungen relativ zu der Welle ausführt. Folglich wird der Schmierölfilm **18** über einen extrem langen Zeitraum konstant aufrechterhalten. Daher kann die Gleitlageranordnung tatsächlich über einen längeren Zeitraum ohne Nachfüllen von Schmieröl betrieben werden. Nach dem Stand der Technik tritt ein „Scheuern“ zwischen der Welle **10** und der Laufbuchse **9** auf, die angetrieben werden und unter langsamer, aber hoher Last gegeneinander scheuern, was durch den mikroskopischen Metallkontakt zwischen den beiden Elementen verursacht wird. Ist die Laufbuchse **9** jedoch mit einem Schmieröl mit einer Viskosität zwischen 2,4 und 15 cm²/s imprägniert, trägt das mikroskopische „Ölreservoir“ (der Ölfilm **18**) zu einem völligen Fehlen von Schäden aufgrund von Scheuern und anderen Problemen bei.

[0040] Wieder Bezug nehmend auf [Fig. 1](#), wird die Menge des in die Laufbuchse **9** imprägnierten hochviskosen Schmieröls gelegentlich den Vorrat übersteigen, der nötig und ausreichend ist, um den Ölfilm **18** zu bilden (siehe [Fig. 2](#)), und die überschüssige Menge kann über die Gleitfläche zwischen der Welle **10** und der Laufbuchse **9** ausgeschwitzt werden. Der Hauptgrund für dieses Ausschwitzen wäre der, dass die Reibungswärme aufgrund des Gleitens der Welle **10** gegen die Laufbuchse **9** ein Ausdehnen des

Schmieröls mit einem bestimmten Viskositätsabfall verursacht. Wenn das ausgeschwitzte verflüssigte Schmieröl aus der Lageranordnung ausleckt, verschlechtern sich nicht nur die tribologischen Eigenschaften zwischen der Welle **10** und der Laufbuchse **9**, sondern es kommt auch zu einer unerwünschten Umweltverschmutzung wie im herkömmlichen Fall der Verwendung von Fett. Um dieses Problem zu vermeiden, weist die Gleitlageranordnung ein Ölabschirmelement **12** an beiden Enden der Laufbuchse **9** auf, und Staubdichtungen **3** sind so zwischen die Welle **10** und die Rolle **1** gedrückt, dass sie die Ölabschirmelemente **12** gegen die Enden der Laufbuchse **9** drücken. Die Ölabschirmelemente **12** bestehen vorzugsweise aus einem weichen, elastischen und ölabsorbierenden Material. Beispiele für Materialien mit diesen Eigenschaften sind unter anderem Vlies, Gewebe, poröser elastischer Kunststoff, Schwamm, Asbest und Filz. Filz ist vom Standpunkt der Kosten, Haltbarkeit und Ölabsorption vorzuziehen. Das verflüssigte Schmieröl, das aus der Laufbuchse **9** ausgeschwitzt wird und in der Längsrichtung läuft, berührt das aus Filz bestehende Ölabschirmelement **12** an jedem Ende der Laufbuchse **9** und wird von dem Filz aufgesaugt, wodurch sichergestellt ist, dass das verflüssigte Schmieröl nicht aus der Lageranordnung austreten kann.

[0041] [Fig. 3](#) ist ein Kennliniendiagramm, das die Beziehung zwischen Druck und Reibungskoeffizient zeigt, wobei die Viskosität des Schmieröls in der Laufbuchse als Parameter benutzt wird. Zur Anfertigung dieses Diagramms wurden drei aufgekohlte und abgeschreckte Laufbuchsen aus einer porösen (15 %) gesinterten Verbundlegierung aus einem Kupfer- und Eisenpulver hergestellt und dann mit der bereits vorstehend beschriebenen Methode mit Schmierölen mit unterschiedlichen Viskositäten imprägniert, d.h. 2,3 cm²/s (IDEMITSU DAPHNE SUPER GEAR 230, handelsüblich erhältlich bei Idemitsu Petro-Chemical Co., Ltd.), 3,6 cm²/s (IDEMITSU DAPHNE SUPER GEAR 360 von Idemitsu Petro-Chemical Co., Ltd.) und 4,6 cm²/s (IDEMITSU DAPHNE SUPER GEAR 460 von Idemitsu Petro-Chemical Co., Ltd.). Unter Verwendung der Laufbuchsen wurden Gleitlageranordnungen mit dem in [Fig. 1](#) gezeigten Aufbau hergestellt. Die Gleitflächen dieser Lageranordnungen wurden verschiedenen Druckbeanspruchungen ausgesetzt, und es wurden Messungen der Scheuerfestigkeit durchgeführt, wobei jede Anordnung um einen Winkel von 120° schwingen konnte. Wie die Daten in [Fig. 3](#) zeigen, trat bei der Anordnung mit der mit dem Schmieröl mit der niedrigsten Viskosität imprägnierten Laufbuchse bei einem Druck von ca. 500 bar Scheuern auf; andererseits zeigten die Anordnungen mit den mit den Schmierölen mit Viskositäten von 3,6 und 4,6 cm²/s imprägnierten Laufbuchsen bei Drücken von 1 kbar und darüber nicht das geringste Anzeichen von Scheuern.

[0042] [Fig. 4](#) ist ein Diagramm, das die tribologischen Eigenschaften einer fettgeschmierten Gleitlageranordnung nach dem Stand der Technik mit denen der mit einem hochviskosen Schmieröl imprägnierten Gleitlageranordnung vergleicht. Der Aufbau der fettgeschmierten Gleitlageranordnung nach dem Stand der Technik entsprach [Fig. 14](#). Die Welle 7 bestand aus einem Stahl (hochfrequenz-abgeschreckter Stahl S45C), ebenso wie die Laufbuchse 2. Bei dem Fett handelte es sich um DAPHNE COLONEX EP Nr. 2, handelsüblich erhältlich bei Idemitsu Kosan Co., Ltd. Der Aufbau der mit einem hochviskosen Schmieröl imprägnierten Gleitlageranordnung war ebenfalls wie in [Fig. 1](#) gezeigt. Die Welle 10 bestand aus einem Stahl (hochfrequenz-abgeschreckter Stahl S45C), während die Laufbuchse 9 aus einer aufgekohlten und abgeschreckten porösen (15 %) gesinterten Verbundlegierung (Fe/Cu) bestand. Diese Laufbuchse war mit einem Schmieröl mit einer Viskosität von $4,6 \text{ cm}^2/\text{s}$ (IDEMITSU DAPHNE SUPER GEAR 460 von Idemitsu Petro-Chemical Co., Ltd.) imprägniert. Wie aus den Daten in [Fig. 4](#) ersichtlich ist, wies die fettgeschmierte Gleitlageranordnung nach dem Stand der Technik bereits bei einem Druck über 500 bar Anzeichen von Scheuern auf; andererseits zeigte die Lageranordnung zur Verwendung nach der Erfindung auch bei einem Druck über 1 kbar nicht das geringste Anzeichen von Scheuern.

[0043] [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) sind Kennliniendiagramm, die den Verschleiß an der Laufbuchse bzw. an der Welle in der Gleitlageranordnung zur Verwendung nach der Erfindung zeigen, wenn sie über 800 Stunden kontinuierlichen Schwingbewegungen ausgesetzt war. Die Lageranordnung hatte den grundlegenden Aufbau wie in [Fig. 1](#). Die Welle 10 bestand aus einem Stahl (hochfrequenz-abgeschreckter Stahl S45C), und die Laufbuchse 9 bestand aus einer aufgekohlten und abgeschreckten porösen (15 %) gesinterten Verbundlegierung (Fe/Cu). Diese Laufbuchse war mit einem Schmieröl mit einer Viskosität von $4,6 \text{ cm}^2/\text{s}$ (IDEMITSU DAPHNE SUPER GEAR 460 von Idemitsu Petro-Chemical Co., Ltd.) imprägniert. Die Prüfbedingungen lauteten wie folgt: Druck 800 bar, Schwingwinkel 120° , Beanspruchungsrichtung konstant und Umfangsgeschwindigkeit 12 Upm. Die Ergebnisse der Messungen sind in [Fig. 5](#) für vier Schwingrichtungen X1, X2, Y1 und Y2 gezeigt. Wie aus [Fig. 5](#) ersichtlich, war die Laufbuchse im Wesentlichen frei von ungleichmäßigem Verschleiß, auch nach 800 Stunden, und das Ergebnis war unabhängig von der Schwingrichtung. In gleicher Weise war die Welle im Wesentlichen frei von ungleichmäßigem Verschleiß, auch nach 800 Stunden, und das Ergebnis war ebenfalls unabhängig von der Schwingrichtung (siehe [Fig. 6](#)). Das Ausmaß der Verschleißerscheinungen, die an der Laufbuchse und der Welle auftraten, war außerdem sehr gering und betrug nicht mehr als ca. 0,4 mm. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei der Gleitlageranordnung mit der gesinterten

und mit dem hochviskosen Schmieröl imprägnierten Laufbuchse beim Dauerbetrieb über 800 Stunden auch bei einem Druck von bis zu 800 bar kein Scheuern aufgetreten ist.

[0044] Die Anmelder der vorliegenden Erfindung haben festgestellt, dass eine schwarze viskose Schmiersubstanz gebildet wird, bei der es sich nicht um das Schmieröl handelt, mit dem die Laufbuchse imprägniert ist, wenn die Gleitlageranordnung nach der Erfindung nach der Montage über eine bestimmte Zeit (beispielsweise ca. 50 Stunden) Gleitbewegungen ausgesetzt wird. Es wird angenommen, dass diese schwarze viskose Schmiersubstanz das Produkt der mechanisch-chemischen Reaktion aufgrund des Gleitens der Welle auf der Laufbuchse ist. Die Mischung aus dem Schmieröl, mit dem die Laufbuchse imprägniert ist, und der später gebildeten schwarzen viskosen Schmiersubstanz würde zur Realisierung eines längeren Gleitbetriebs ohne Nachfüllen von Öl beitragen. Der Begriff „mechanischchemisch“ bezieht sich auf die Änderungen wie etwa im Hinblick auf Struktur, Phasenübergang, Reaktionsvermögen, Adsorptionsvermögen und katalytische Aktivität, die durch Anwendung von mechanischer Energie wie zum Beispiel durch Fräsen, Reibung, Ziehen und Komprimieren auf feste Substanzen verursacht werden (siehe Iwanami, „Dictionary of Physicochemistry“, 4. Ausgabe, S. 1276).

[0045] [Fig. 7a](#) und [Fig. 7b](#) sind IR-Spektrogramme, die die Ergebnisse der qualitativen Analyse der schwarzen viskosen Schmiersubstanz zeigen. [Fig. 7a](#) bezieht sich auf frisches, unvermisches IDEMITSU DAPHNE SUPER GEAR 460, mit dem die Laufbuchse 9 imprägniert war, und [Fig. 7b](#) bezieht sich auf die schwarze viskose Schmiersubstanz, die gebildet wurde, als die mit diesem Schmieröl imprägnierte Laufbuchse und die Welle 100 Stunden übereinander gleiten konnten. Wie aus [Fig. 7b](#) ersichtlich, zeigte die schwarze viskose Schmiersubstanz erkennbare zusätzliche Absorptionsbanden bei Wellenlängen von 1.720 cm^{-1} und 1.660 cm^{-1} im IR-Bereich. Die Absorption bei 1.720 cm^{-1} könnte mit einer Carbonylgruppe (Ester) und die Absorption bei 1.660 cm^{-1} mit einer Kohlenstoff Kohlenstoff Doppelbindung (Olefin) in Verbindung gebracht werden. Diese Ergebnisse bestätigten, dass es zu einer chemischen Veränderung in dem Schmieröl gekommen ist, mit dem die Laufbuchse imprägniert ist.

[0046] [Fig. 8](#) ist ein Diagramm, das durch Röntgenbestimmung und Untersuchung eines getrockneten Pulvers des Feststoffs erhalten wurde, der von dem öligen Anteil der schwarzen viskosen Schmiersubstanz getrennt worden ist. Offensichtlich bestand der Feststoff hauptsächlich aus SiO_2 , Fe_3O_4 , C, Graphit und $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Kombiniert man dieses Ergebnis mit den in [Fig. 7](#) gezeigten Daten, lässt sich feststellen, dass in dem Teil, in dem die Welle 10 auf der Lauf-

buchse **9** gleitet, eine mechanisch-chemische Reaktion aufgetreten ist.

[0047] Fig. 9 zeigt mehrere Wellenformdiagramme, die die Ergebnisse von Messungen der Gleitflächenprofile der Welle **10** und der Laufbuchse **9** mit einer Rauheitsmesssonde zeigen, die aus der Gleitlageranordnung ausgebaut wurden, nachdem die Bildung der schwarzen viskosen Schmiersubstanz festgestellt worden war. Fig. 9a bezieht sich auf die Oberflächenrauigkeit der Welle **10**. Wie aus dieser Abbildung ersichtlich, hat sich die Gleitfläche zwischen der Welle **10** und der Laufbuchse **9** zu einem spiegelnden Zustand mit einer Oberflächenrauigkeit von $1\text{ }\mu\text{m}$ oder weniger verbessert im Vergleich zu dem Wert von $10\text{ bis }12\text{ }\mu\text{m}$ vor dem Betrieb der Anordnung. Andererseits sind die Kontaktfläche mit der Welle **10** und der Staubbichtung **3**, die nicht auf der Laufbuchse gleiten, sowie der hochfrequenzabgeschreckte Teil der Welle **10** so rau wie im Ausgangszustand (vor dem Betrieb der Anordnung) geblieben. Fig. 9b bezieht sich auf die Oberflächenrauigkeit der Laufbuchse **9** und zeigt, dass die gesamte Gleitfläche der Laufbuchse **9** sich offensichtlich zu einem spiegelnden Zustand mit einer Oberflächenrauigkeit von $1\text{ }\mu\text{m}$ oder weniger verbessert. Ein Scheuern, wie es ansonsten häufig zwischen der Welle **10** und der Laufbuchse **9** auftritt, fehlte völlig.

[0048] Grundsätzlich besteht keine Notwendigkeit, bei der Verwendung der Gleitlageranordnung nach der Erfindung Fett zu benutzen. Das Schmieröl, mit dem die Laufbuchse imprägniert ist, muss sich jedoch direkt nach Beginn der Verwendung der Lageranordnung noch über die Gleitflächen verteilen, weshalb es zu einem Scheuern kommen kann, wenn ein hoher Druck auf die ungeschmierten Gleitflächen der Welle und der Laufbuchse einwirkt. Um das Auftreten dieses „Anfangsscheuerns“ zu verhindern, wird vorzugsweise vor der Montage Fett auf die Oberflächen der Welle und/oder der Laufbuchse aufgebracht. Das Fett wird vorzugsweise in einer Menge von $0,001\text{ bis }0,1\text{ g/cm}^2$, besser noch $0,005\text{ bis }0,015\text{ g/cm}^2$ und am besten $0,01\text{ g/cm}^2$ auf die Oberflächen der Welle aufgebracht. Das Aufbringen des Fetts vor der Montage verhindert nicht nur das Auftreten von „Anfangsscheuern“, sondern erleichtert auch die anschließende Montage von Welle und Laufbuchse. Wird das Fett in einer Menge von weniger als $0,001\text{ g/cm}^2$ aufgebracht, kann es das Auftreten von „Anfangsscheuern“ nicht verhindern. Wird das Fett in einer Menge von über $0,1\text{ g/cm}^2$ aufgebracht, beeinträchtigt dies nicht nur die Montagearbeiten, sondern es wird auch flüssig, nachdem die Welle auf der Laufbuchse zu gleiten beginnt, und kann möglicherweise aus der Lageranordnung austreten. Wird das Fett in der optimalen Menge von $0,01\text{ g/cm}^2$ aufgebracht, bildet es einen etwa $0,1\text{ mm}$ dicken Film zwischen der Welle und der Laufbuchse, was sich am wirksamsten zur Verhinderung des Auftretens von „Anfangsscheuern“ er-

wiesen hat und gleichzeitig sicherstellt, dass die Lageranordnung in sehr effizienter Weise konstruiert werden kann.

[0049] Bei bestimmten Maschinen unterliegt die Gleitlageranordnung in lokal begrenzten Oberflächenbereichen der Einwirkung von Drücken von 800 bar oder mehr aufgrund von „ungleichmäßigem Kontakt“ unter exzentrischen Lasten beim Betrieb der Anordnung. Bei solchen Maschinen kann die fertig montierte Lageranordnung betrieben werden, um Gleitbewegungen über einen Zeitraum von $50\text{ bis }200\text{ Stunden}$, vorzugsweise von $75\text{ bis }150\text{ Stunden}$ und besser noch von $100\text{ bis }130\text{ Stunden}$ auszuführen, damit die Welle und die Laufbuchse „eingefahren“ werden. Danach wird Fett in einer Menge von $0,001\text{ bis }0,1\text{ g/cm}^2$, vorzugsweise $0,005\text{ bis }0,015\text{ g/cm}^2$ und besser noch $0,01\text{ g/cm}^2$ auf die Gleitflächen der Welle und der Laufbuchse aufgebracht. Ist die Zeit für das Gleiten nach der Montage kürzer als 50 Stunden , werden die Welle und die Laufbuchse nicht ausreichend eingefahren, so dass die kombinierte Verwendung von Fett gelegentlich eventuell nicht die beabsichtigte Wirkung zeigt. Ist die Zeit für das Gleiten nach der Montage länger als 200 Stunden , kann es zu „ungleichmäßigem Kontakt“ kommen, und die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Scheuern nimmt zu. Beträgt die Zeit für das Gleiten nach der Montage zwischen $100\text{ und }130\text{ Stunden}$, werden die Welle und die Laufbuchse ausreichend eingefahren; zusätzlich beseitigt das Vorhandensein sowohl des hochviskosen Schmieröls in der Laufbuchse als auch des mechanisch-chemischen Reaktionsproduktes im Wesentlichen die Gefahr des Auftretens von Scheuern aufgrund von „ungleichmäßigem Kontakt“. Wenn daher Fett zugeführt werden muss, wird dies am besten eingespritzt, nachdem seit dem Start des Gleitens nach der Montage $100\text{ bis }130\text{ Stunden}$ vergangen sind. Wird das Fett in einer Menge von weniger $0,001\text{ g/cm}^2$ eingespritzt, kann das Auftreten von Scheuern aufgrund von „ungleichmäßigem Kontakt“ nicht verhindert werden. Wird das Fett in einer Menge von mehr als $0,01\text{ g/cm}^2$ eingespritzt, kann ein Teil des verflüssigten Fetts gelegentlich aus der Lageranordnung austreten. Wird das Fett in der optimalen Menge von $0,01\text{ g/cm}^2$ eingespritzt, verbleibt das verflüssigte Fett auf den Gleitflächen der Welle und der Laufbuchse, wobei nur eine geringe Gefahr des Austretens aus der Lageranordnung besteht, ein Scheuern aber dennoch sehr wirksam verhindert werden kann.

[0050] Fig. 10 ist ein Kennliniendiagramm, das die Beziehung zwischen Reibungskoeffizient, Temperatur und Gleitzeit zeigt und die Wirkung des Einspritzens von Fett nach dem Gleiten nach der Montage der Lageranordnung belegt. Die in Fig. 10 gezeigten Daten wurden mit einer Prüfstandapparatur erhalten, die eine tatsächliche Maschine simulierte und bei folgenden Bedingungen betrieben wurde: Druck 800

bar, Schwingwinkel 120°, Beanspruchungsrichtung konstant und Umfangsgeschwindigkeit 12 Upm. Für Temperaturmessungen war ein Thermoelement (Alumel-/Chromeldrähte) durch Punktschweißen an der porösen Laufbuchse befestigt, und die zwischen der Welle und der porösen Laufbuchse entstehende Reibungswärme wurde anhand der thermoelektromotorischen Kraft gemessen. Zur Messung des Reibungskoeffizienten wurde das zwischen der porösen Laufbuchse und der Welle entstehende Drehmoment mit einem berührungslosen Drehmomentmessgerät (Kyowa Electronic Instruments Co., Ltd.) gemessen; der entsprechende Reibungskoeffizient wurde anhand der Gleichung $\mu = T/N \cdot r$ bestimmt, wobei μ der Reibungskoeffizient, T das erzeugte Drehmoment, N die senkrecht einwirkende Last und r der Radius der Welle ist. Bezug nehmend auf die Kurve des Reibungskoeffizienten in [Fig. 10](#) entspricht der Abschnitt (1) der Wirkung, die durch das Aufbringen von Fett in einer Menge von 0,01 g/cm² vor der Montage erzielt wird; wie zu erkennen, fiel der Reibungskoeffizient auf 0,03 ab. Der Abschnitt (2) entspricht dem Zustand, wo das Gleiten nach der Montage dazu geführt hat, dass der größte Teil des zuvor aufgetragenen Fetts von den Gleitflächen der Welle und der Laufbuchse verbraucht ist (d.h. der Anfangszustand des Prozesses, mit dem die Welle und die Laufbuchse „eingefahren“ wurden), wobei der Reibungskoeffizient erkennbar auf einen Wert zwischen 0,10 und 0,13 angestiegen ist. Die gestrichelte Linie (3) zeigt, dass der Reibungskoeffizient deutlich auf 0,03 gefallen ist, sobald Fett in einer Menge von 0,01 g/cm² auf die Gleitflächen der Welle und der Laufbuchse gegeben worden ist, nachdem 125 Stunden nach dem Beginn des Gleitens nach der Montage vergangen waren. Abschnitt (4) ist ein stabiler Bereich, über den der Reibungskoeffizient auf Werten von nicht mehr als 0,02 gehalten wurde. Solch niedrige Werte für den Reibungskoeffizienten konnten unverändert auch nach 1.000 Stunden aufrechterhalten werden. Aus [Fig. 10](#) ist auch ersichtlich, dass das Temperaturprofil mit dem vorstehend diskutierten Profil des Reibungskoeffizienten identisch war. Das Fett wird mit zunehmender Temperatur schlechter, aber wie aus [Fig. 10](#) ersichtlich, wird die Temperatur in der Gleitlageranordnung auf einem im Wesentlichen konstanten Niveau gehalten, weshalb die Qualitätsminderung des Fetts vernachlässigbar ist. Dadurch können die Fetteinspritzintervalle auf 1.000 Stunden oder länger verlängert werden. Es ist jedoch zu beachten, dass diese vorteilhafte Wirkung des Einspritzens von Fett nach dem Gleiten nach der Montage ein Synergieeffekt mit dem Imprägnieren der Laufbuchse mit einem hochviskosen Schmieröl ist und dass bei Fehlen des hochviskosen Schmieröls aus der Laufbuchse Fett in Intervallen von 100 Stunden nachgefüllt werden muss.

[0051] Die Gleitlageranordnung ist grundsätzlich ohne Nachfüllen von Schmieröl oder Fett zu verwenden,

den, aber wie einige Absätze zuvor beschrieben, rechtfertigen bestimmte Maschinen die Zufuhr von Fett in Kombination mit dem hochviskosen Schmieröl. In diesem Fall kann die in [Fig. 1](#) gezeigte Lageranordnung 10 mit einer Fetteinfüllöffnung 32 in [Fig. 14](#) versehen sein, die eine Gleitlageranordnung nach dem Stand der Technik zeigt.

[0052] [Fig. 11](#) ist eine teilweise Querschnittsansicht, die ein weiteres Beispiel für die Gleitlageranordnung zeigt. Wie gezeigt, ist die Laufbuchse 9 an beiden Enden mit balligen Abschnitten 20 versehen, um eine höhere Zuverlässigkeit bei der Festigkeit in Erwartung von ungleichmäßigem Kontakt zwischen der Welle 10 und der Laufbuchse 9 sicherzustellen, der typischerweise aufgrund ihres Spiels oder der Verformung der Welle auftritt.

[0053] [Fig. 12](#) ist eine teilweise Querschnittsansicht, die noch ein weiteres Beispiel für die Gleitlageranordnung zeigt. Wenn Erde, Sand usw. über die O-Ringe 4 in die Lageranordnung eindringen [ein Beispiel für ein solches Eindringen ist SiO₂ mit einer Vickers-Härte (Hv) von ca. 1.000], üben sie eine Verschleißwirkung aus und verursachen Verschleiß und andere Schäden an der Rolle 1 und den Stützteilen 6. Um dieses Problem zu vermeiden, ist die in [Fig. 12](#) gezeigte Anordnung mit verschleißfesten Platten 22 ausgerüstet, die eine Härte aufweisen, die mit der von Erde, Sand usw. vergleichbar oder höher als diese ist. Diese verschleißfesten Platten 22 verbessern nicht nur die tribologischen Eigenschaften der Lageranordnung und die Festigkeit des Lagers an sich, sondern verhindern auch das Auftreten von Rattern.

[0054] [Fig. 13](#) ist eine teilweise Querschnittsansicht, die ein weiteres Beispiel für die Gleitlageranordnung zeigt. Wie gezeigt, ist eine hochfeste Laufbuchse 24 aus Eisen oder Stahl (z.B. abgeschreckter Stahl S45C) zwischen der Laufbuchse 9 (bestehend aus einer porösen gesinterten Verbundlegierung) und der Rolle 1 angeordnet, um die mangelnde Festigkeit in beiden Endabschnitten der Laufbuchse 9 auszugleichen. Durch die zusätzliche Laufbuchse 24 kann die Gleitlageranordnung auch bei Einwirkung noch höherer Drücke auf die Gleitflächen der Anordnung verwendet werden.

[0055] Die Gleitlageranordnung eignet sich zur Verwendung unter Bedingungen, bei denen der auf die Gleitflächen einwirkende Druck mindestens 600 bar beträgt. Genauer gesagt, ist die Gleitlageranordnung besonders geeignet für die Verwendung der Erfindung in langsamen Hochdruckanwendungen, d.h. Hochdruckanwendungen mit niedriger Gleitgeschwindigkeit, wie zum Beispiel einem Lager im vorderen Teil eines Baggers, einem Lager am Ausleger eines Krans, einem Lager am Rolltor der Schleuse eines Absperrdamms, einem Lager in einem senkrecht gleitenden Nocken einer Pressform, einem Lager an

den Leitschaukeln des Laufrads eines Wasserkraftwerks und einem Lager am Entladebolzen eines Schiffskrans.

[0056] Es ist bekannt, dass poröse ölgefüllte Lager an sich ohne Nachfüllen von Öl benutzt werden können, und hierzu gehören unter anderem ölgefüllte Lager aus Kupfergusslegierungen und solche aus Sintermetallen. Die herkömmlichen porösen ölgefüllten Lager benutzen Schmieröle mit vergleichsweise niedrigen Viskositäten, und unter der Einwirkung von hohen Drücken auf die Gleitflächen der Welle und der Laufbuchse nimmt die Viskosität des Schmieröls aufgrund der durch das Gleiten der Welle auf der Laufbuchse erzeugten Reibungswärme weiter ab. Diese Tatsache, zusammen mit den Gleitbewegungen der Welle auf der Laufbuchse, führt dazu, dass eine erhebliche Menge des Schmieröls von der Laufbuchse und den Gleitflächen in den ersten Betriebsphasen verbraucht wird. Bei dem resultierenden großen Verlust an Schmieröl kann das Intervall für das Nachfüllen von Öl bis zu einem gewissem Maße verlängert werden, aber es ist sicherlich nicht möglich, das Lager über einen längeren Zeitraum von mindestens mehreren Jahren ohne Nachfüllen von Öl zu betreiben. Darüber hinaus sind die konventionellen porösen ölgefüllten Lager mit PV-Werten von weniger als 100 bar·m/s betrieben worden; bei den neueren Modellen von Baggern, die höhere Nutz- und Antriebsleistungen aufweisen, ist es jedoch dringend erwünscht, die vorderen Teile mit PV-Werten von 100 bar·m/s und mehr bei Reibungskoeffizienten (μ) von nicht mehr als 0,15 zu betreiben. Keines der herkömmlichen porösen Lager, die mit niedrigviskosen Schmierölen imprägniert sind, ist jedoch in der Lage, Gleitlageranordnungen zu ergeben, die diese Anforderungen erfüllen und trotzdem über einen längeren Zeitraum ohne Nachfüllen von Öl benutzt werden können.

[0057] Im Gegensatz dazu stellt die vorliegende Erfindung eine Gleitlageranordnung bereit, die in Umgebungen mit hohem Druck (über 600 bar) benutzt wird und trotzdem ohne Nachfüllen von Öl über einen längeren Zeitraum von mindestens mehreren Jahren, z.B. fünf Jahren, Gleitbewegungen ausgesetzt werden kann.

Patentansprüche

1. Verwendung einer Gleitlageranordnung, die eine Welle (10) und eine Laufbuchse (9) aufweist, wobei die Laufbuchse aus einem mit Schmieröl imprägnierten porösen gesinterten Eisenmaterial besteht und das Schmieröl eine Viskosität im Bereich von 2,4 bis 15 cm²/s (240 bis 1500 cSt) bei 40°C aufweist, für Schwingbewegungen bei einem Druck von mindestens 600 bar zwischen den Gleitflächen und einer Gleitgeschwindigkeit von 2 bis 5 cm/s, wobei sich als Ergebnis der Gleitbewegung der Welle (10)

relativ zu der Laufbuchse (9) ein mechanisch-chemisches Reaktionsprodukt zwischen den Gleitflächen bildet.

2. Verwendung der Gleitlageranordnung nach Anspruch 1, wobei die Welle (10) aus einem Eisen oder Stahl besteht, der aufgekühlt, hochfrequenz-abgeschreckt und nitrert und anschließend durch Ausbilden einer Umwandlungsschicht oder Sulfurieren oberflächenmodifiziert wurde.

3. Verwendung der Gleitlageranordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Laufbuchse (9) aus einer gesinterten Verbundlegierung aus Eisen- und Kupferpulver mit einer Porosität von 5 bis 30 % besteht, wobei die Poren (14) in der Laufbuchse miteinander in Verbindung stehen, und wobei die Laufbuchse durch Aufkohlen, Aufschwefeln oder Sulfonitrieren oberflächenmodifiziert wurde.

4. Verwendung der Gleitlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Schmieröl Partikel mindestens eines aus MoS₂, WS₂, hexagonalem BN und Graphit ausgewählten festen Schmiermittels enthält und die Partikel Größen von höchstens 500 µm haben.

5. Verwendung der Gleitlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in Kontakt mit beiden Enden der Laufbuchse (9) jeweils ein Ölabschirmelement (12) vorgesehen ist.

6. Verwendung der Gleitlageranordnung nach Anspruch 5, wobei das Ölabschirmelement (12) aus einem weichen, elastischen und ölabsorbierenden Material, vorzugsweise aus Vlies, Gewebe, porösem elastischem Kunststoff, Schwamm, Asbest oder Filz, besteht.

7. Verwendung der Gleitlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Laufbuchse mit balligen Abschnitten (20) versehen ist.

8. Verwendung der Gleitlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit an beiden Enden einer Rolle (1) angeordneten Stützteilen (6), wobei die Laufbuchse (9) in Kontakt mit der inneren Umfangsfläche der Rolle vorgesehen ist, und wobei zwischen den Gleitflächen der Rolle und jedem der Stützelemente eine sehr harte verschleißfeste Platte vorgesehen ist.

9. Verwendung der Gleitlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer Rolle (1) und zwei in dieser vorgesehenen konzentrischen Laufbuchsen (9, 24), von denen eine (24) eine hoch-feste Laufbuchse ist, die radial außerhalb und in Kontakt mit der inneren Umfangsfläche der Rolle (1) vorgesehen ist, während die andere (9) eine Laufbuchse aus einer porösen gesinterten Verbundlegie-

rung ist, die radial innerhalb der hochfesten Laufbuchse (24) vorgesehen ist.

10. Verwendung der Gleitlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche bei einem auf die Gleitflächen einwirkenden Druck von mindestens 800 bar, wobei entweder die Welle (10) oder die Laufbuchse (9) mit Fett in einer Menge von 0,001 bis 0,1 g/cm², vorzugsweise 0,005 bis 0,015 g/cm², insbesondere 0,01 g/cm², beschichtet wird, dann die Welle beim Zusammenbau in die Laufbuchse eingefügt wird, die Welle danach über eine Dauer von 50 bis 200 h, vorzugsweise 75 bis 150 h, insbesondere 100 bis 130 h, gegenüber der Laufbuchse gleitend bewegt wird, und anschließend Fett über die Gleitflächen der Welle und der Laufbuchse in einer Menge von 0,001 bis 0,01 g/cm², vorzugsweise 0,005 bis 0,015 g/cm², und 0,01 g/cm², aufgetragen wird.

11. Verwendung der Gleitlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche im vorderen Teil eines Baggers, am Ausleger eines Krans, am Rolltor der Schleuse eines Absperrdamms, im senkrecht gleitenden Nocken einer Pressform, an den Leitschaufeln des Laufrads eines Wasserkraftwerks oder am Entladebolzen eines Schiffskrans.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

FIG.1

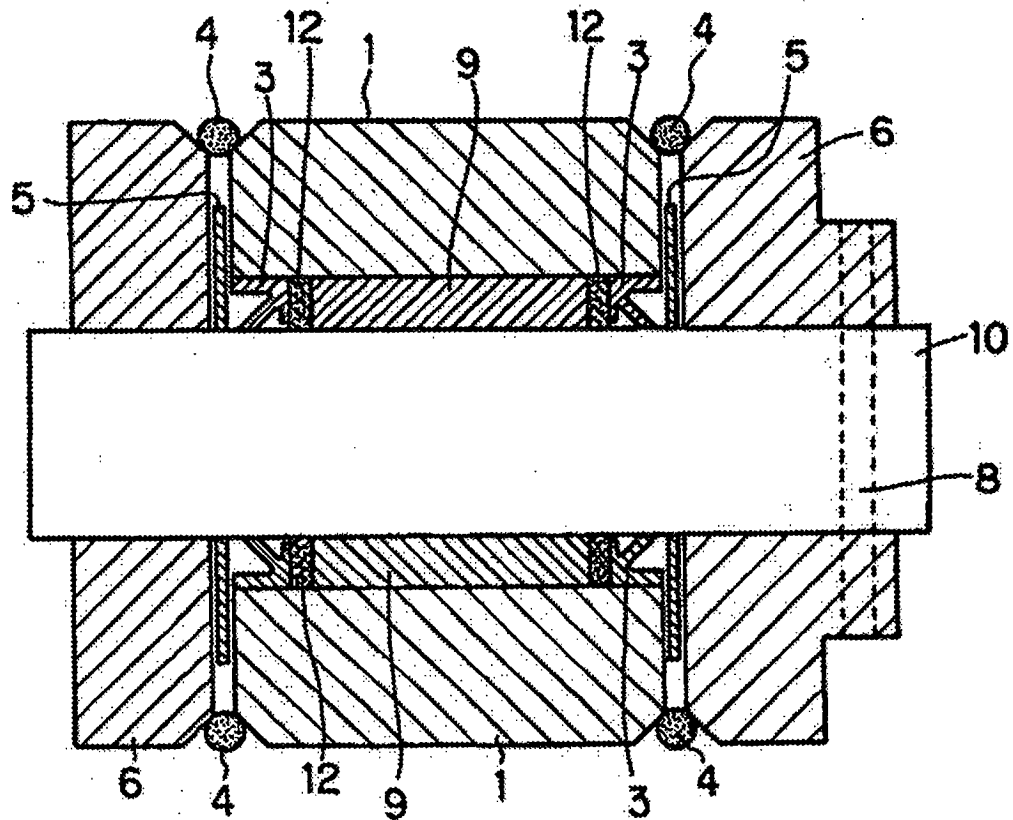


FIG.2

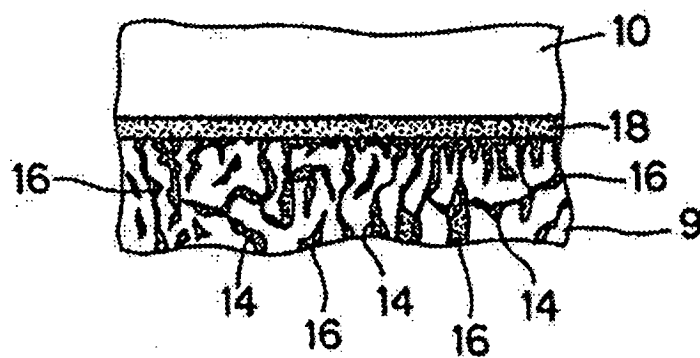


FIG.3

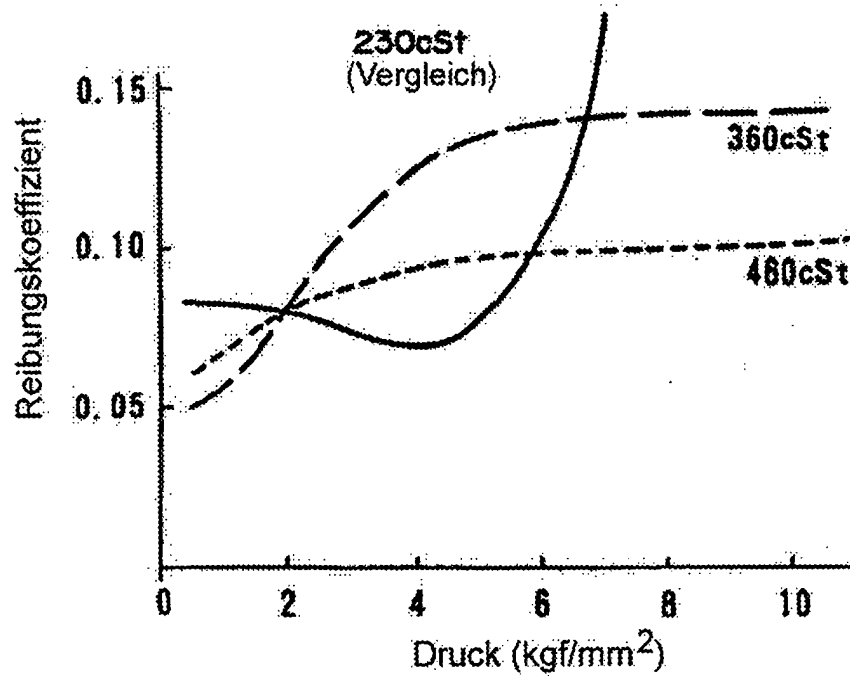


FIG.4

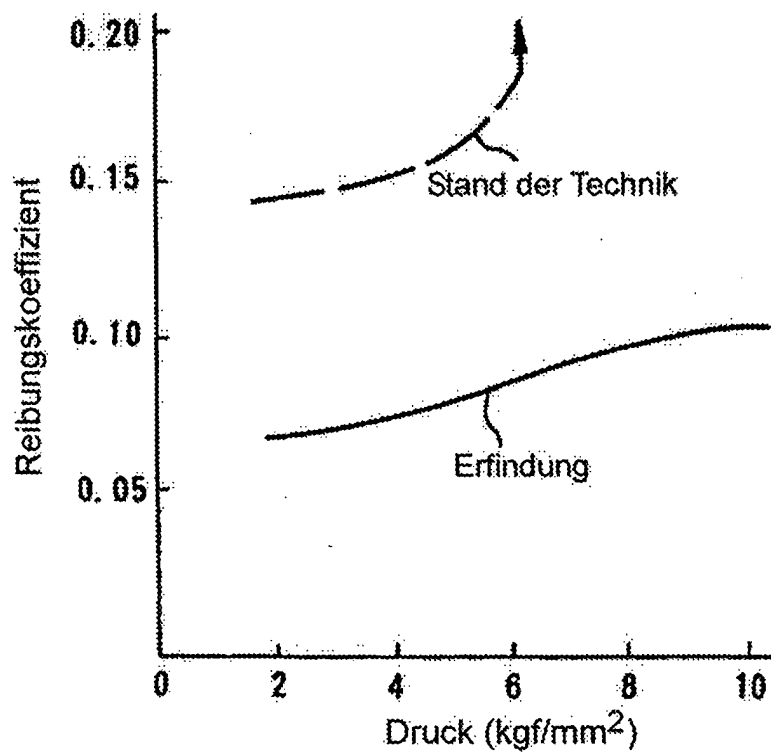


FIG.5

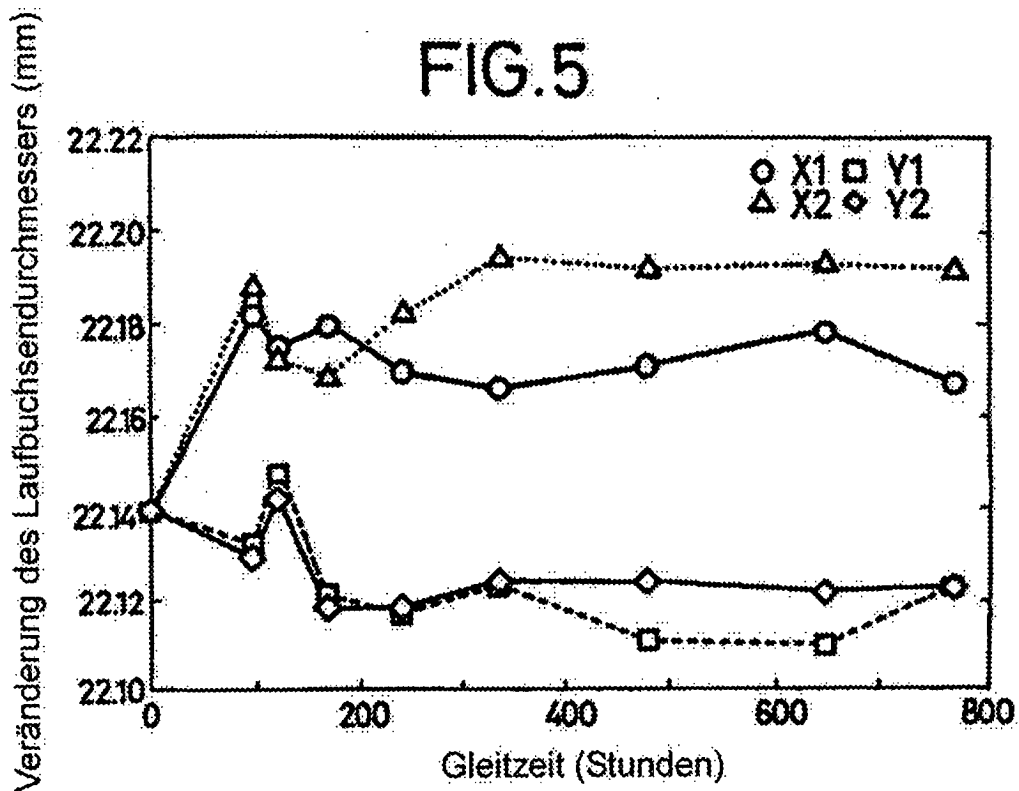


FIG.6

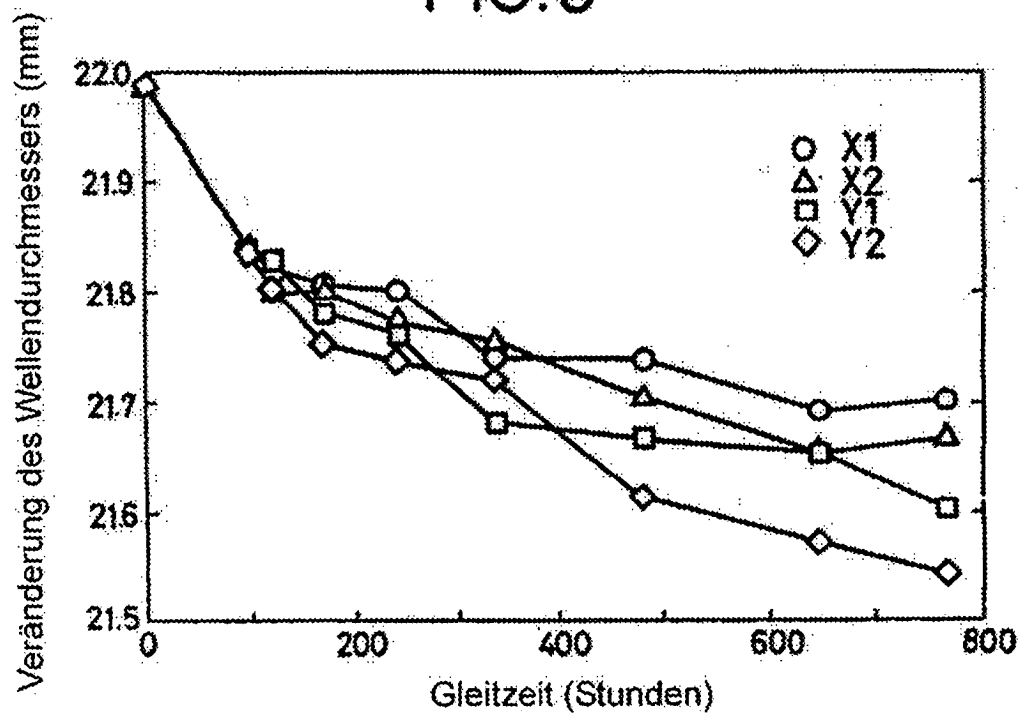


FIG.7(a)

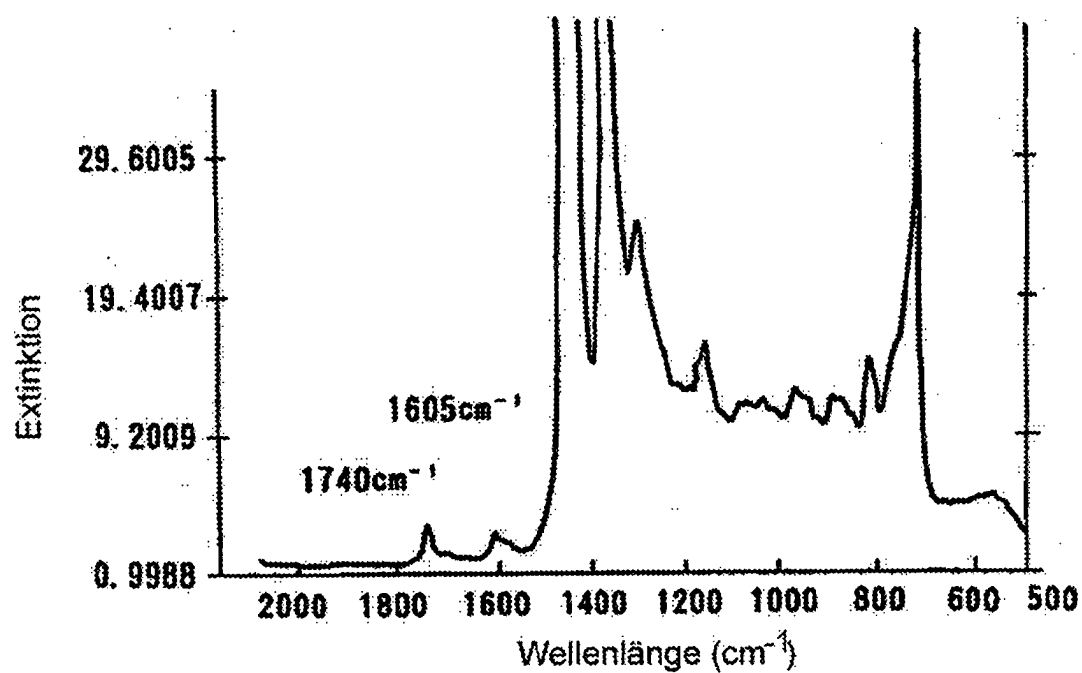


FIG.7(b)

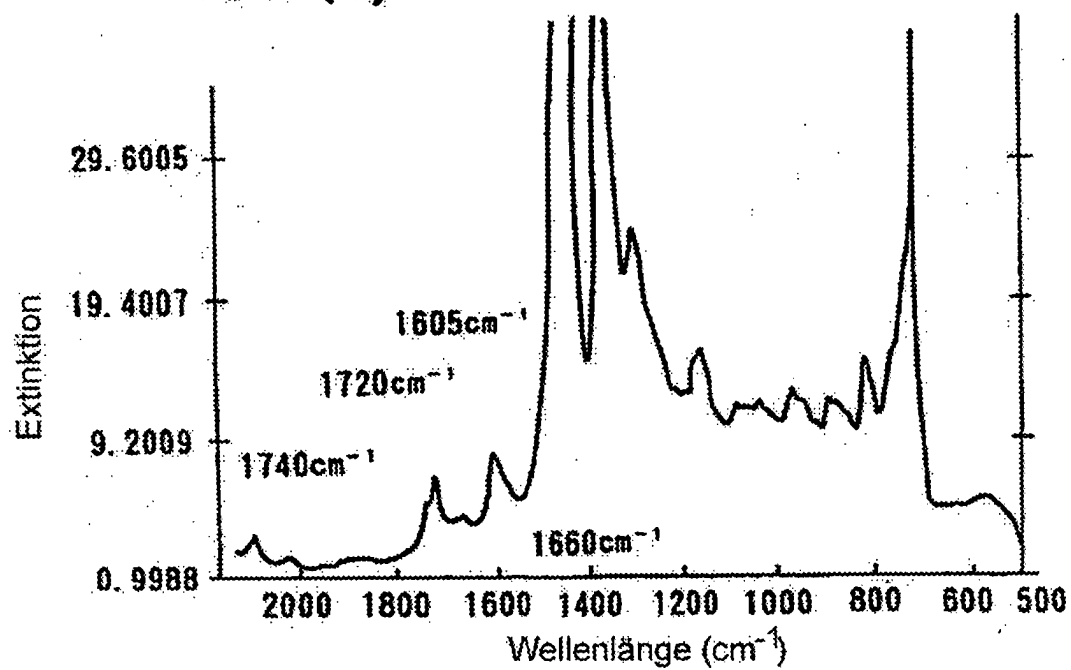


FIG. 8

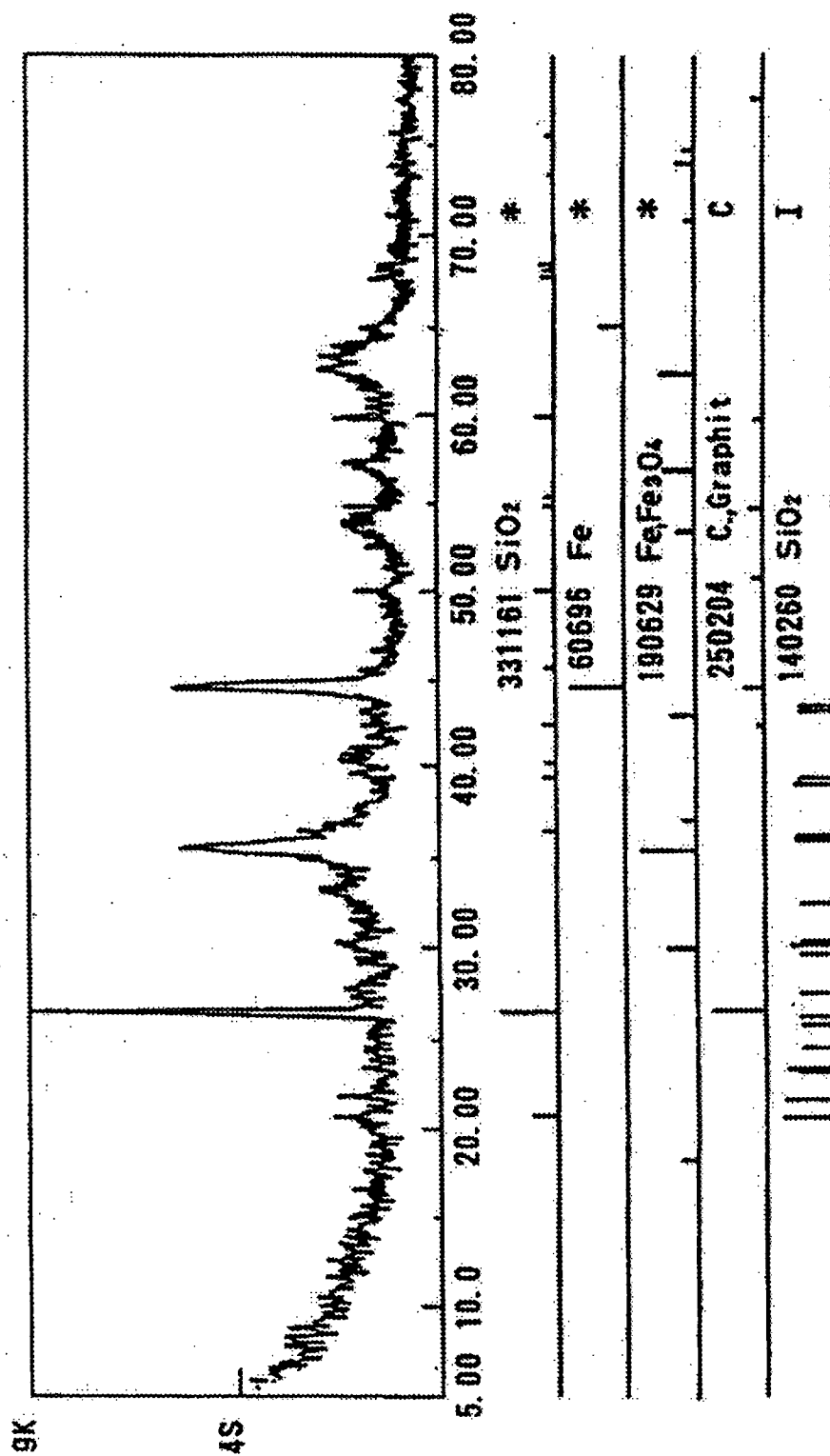


FIG.9 (a)

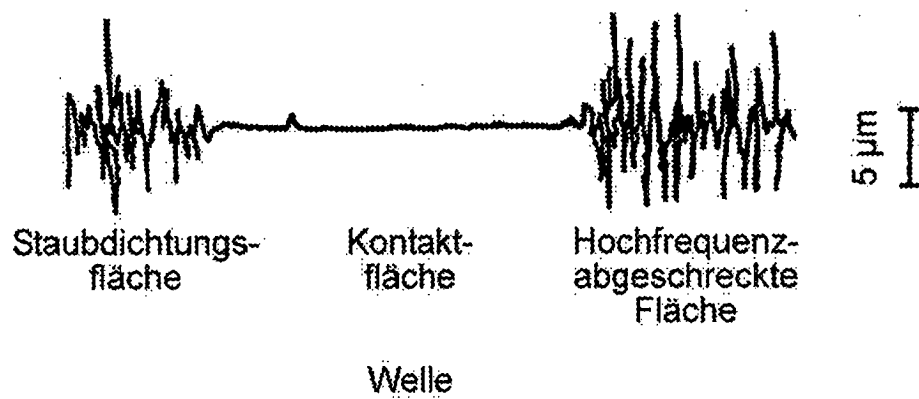


FIG.9 (b)

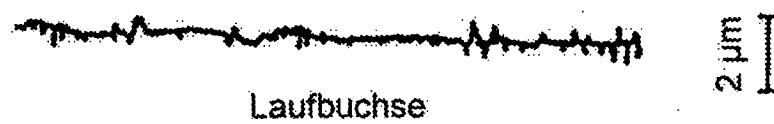


FIG.10

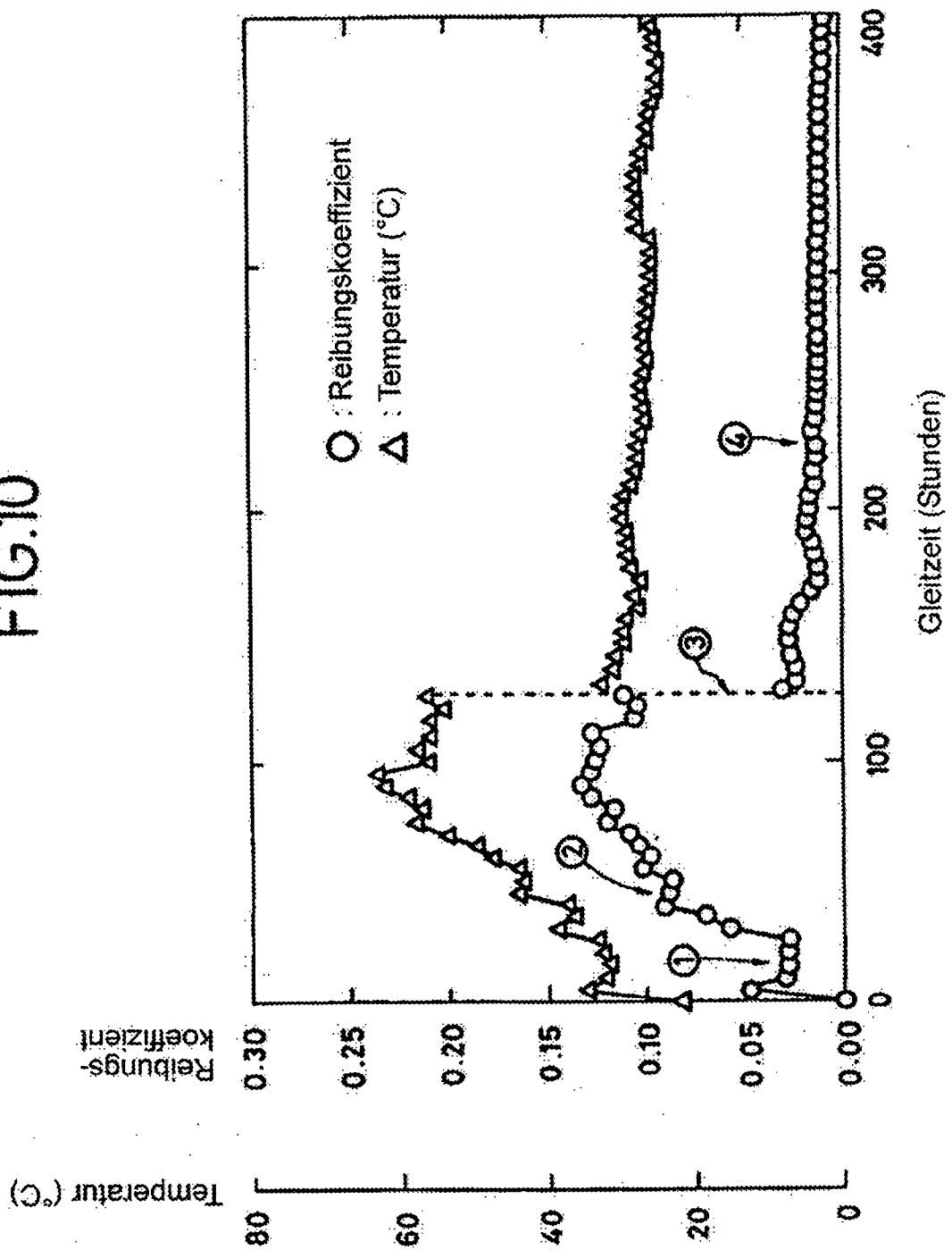


FIG.11

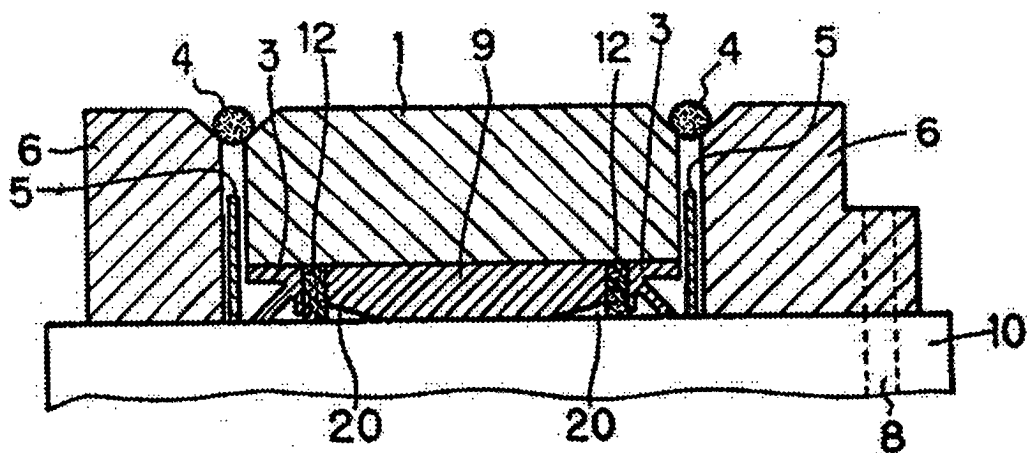


FIG.12

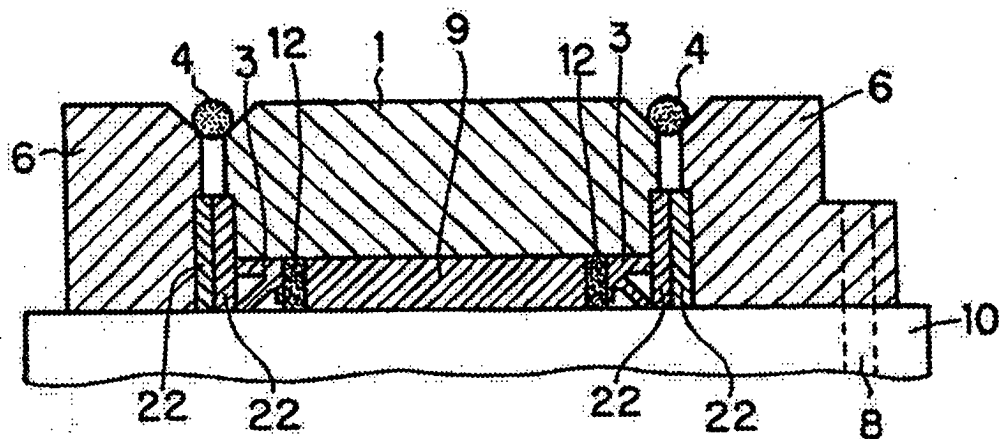


FIG.13

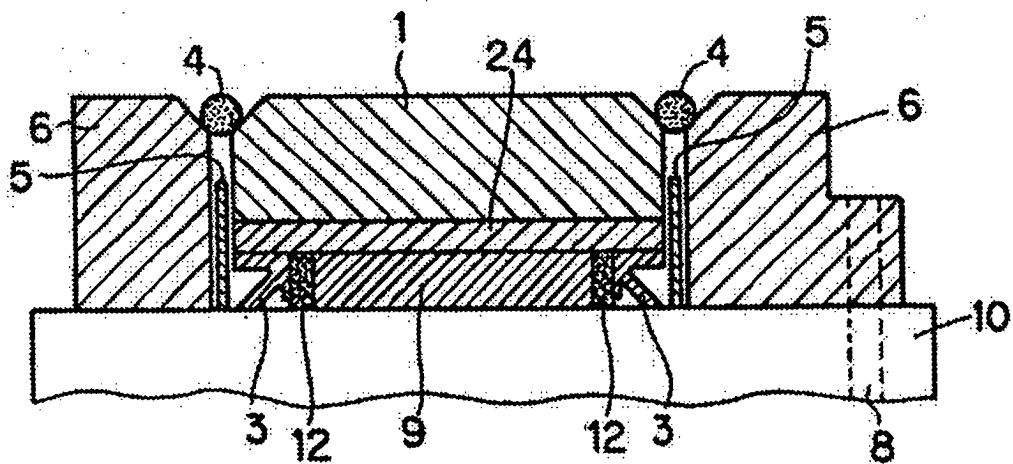


FIG. 14

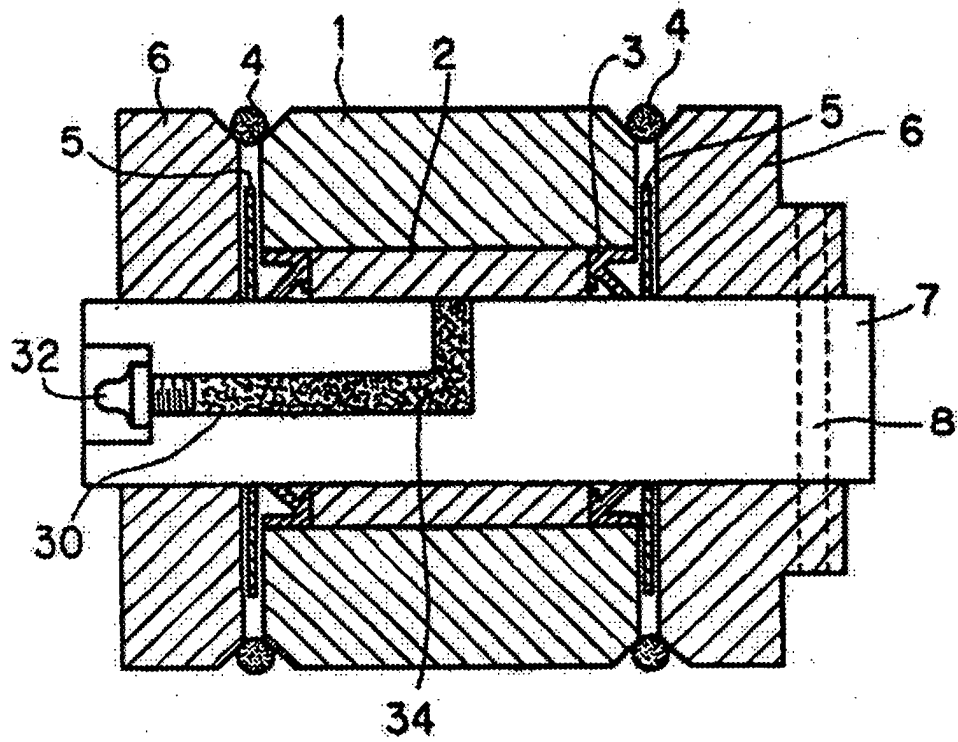


FIG.15

