

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 733 720 A1

(12)

### EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
25.09.1996 Patentblatt 1996/39

(51) Int Cl. 6: C23C 8/34

(21) Anmeldenummer: 95118670.9

(22) Anmeldetag: 28.11.1995

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC NL  
PT SE

(71) Anmelder: August Bilstein GmbH  
58256 Ennepetal (DE)

(30) Priorität: 22.03.1995 DE 19510302

(72) Erfinder: Angermann, Rolf, Dr.-Ing.  
D-58256 Ennepetal (DE)

#### (54) Oberflächenbehandelte Kolbenstange

(57) Oberflächenbehandelte Kolbenstange für einen hydraulischen Schwingungsdämpfer mit einem in einem Dämpfungszylinder axial verschieblich geführten und mit einer Kolbenstange verbundenen Kolben, wobei der Kolben druckabhängige Dämpfungsventile für einen Austausch von Dämpfungsflüssigkeit in der Zug- und in der Druckstufe aufweist und den Dämpfungszylinder in zwei Arbeitsräume unterteilt, wobei die oberflä-

chennahen Bereiche der Kolbenstange ausgehend vom Kernwerkstoff zunächst eine Diffusionsschicht aufweisen, wobei eine sich an die Diffusionsschicht anschließende und zur Oberfläche hinweisende, mit erhöhtem Stickstoffanteil versehene Verbindungsschicht vorhanden ist, und bei der die zur Oberfläche weisenden Bereiche der Verbindungsschicht mit einer Oxidschicht versehen sind, und die Oberfläche der Oxidschicht eine Rauigkeit Rz von höchstens 0,8 µm aufweist.

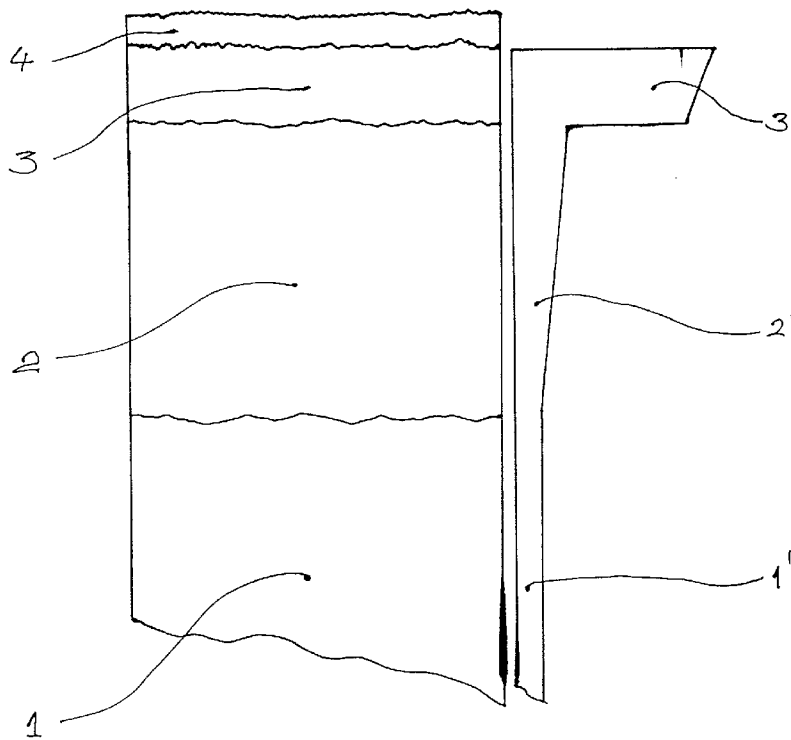


Fig. 1

EP 0 733 720 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine oberflächenbehandelte Kolbenstange für einen hydraulischen Schwingungsdämpfer mit einem in einem Dämpfungszylinder axial verschieblich geführten und mit einer Kolbenstange verbundenen Kolben, wobei der Kolben druckabhängige Dämpfungsventile für einen Austausch von Dämpfungsflüssigkeit in der Zug- und in der Druckstufe aufweist und den Dämpfungszylinder in zwei Arbeitsräume unterteilt.

Die Oberflächen von Kolbenstangen für hydraulische Schwingungsdämpfer sind starken abrasiven und korrosiven Beanspruchungen ausgesetzt und müssen zudem - insbesondere bei Federbeinkonstruktionen - in der Lage sein, auch mechanische Belastungen in Form von Biegungen und Flächenpressungen schadlos während der gesamten Lebensdauer zu ertragen.

Hierzu werden die Kolbenstangen in aller Regel einer Oberflächenbehandlung zugeführt, die es ermöglicht, die Oberflächen des zur Aufnahme der mechanischen Belastungen hochfesten und zähen Kernwerkstoffes so zu bearbeiten, daß zum einen eine genügende Härte zur Verfügung steht, die ein problemloses Gleiten in metallischen Führungen ohne gegenseitigen abrasiven Verschleiß ermöglicht, und die auf der anderen Seite gewährleistet, daß ein Korrosionsschutz vorhanden ist, der aggressiven Medien wie zum Beispiel Wasser und Salz widersteht. Zusätzlich muß die Oberfläche der Kolbenstange eine solch geringe Rauigkeit aufweisen, daß eine einwandfreie Abdichtung mit gummielastischen Dichtlippen gegenüber dem Innenraum des Schwingungsdämpfers auch unter hohen Drücken möglich ist.

In aller Regel wird dies heute dadurch erreicht, daß die Kolbenstangen entweder mit einer kombinierten Härtung und Verchromung oberflächenbehandelt werden, oder aber lediglich verchromt werden und die Härte der dann etwas verdickten Chromschicht zur Verbesserung der Gleitreibungseigenschaften ausgenutzt wird. Durch die Verchromung ergibt sich gleichermaßen auch der Korrosionsschutz gegenüber aggressiven Medien.

Nachteilig bei den bisherigen Behandlungsweisen ist es jedoch, daß zum einen die Härtung und die Verchromung umfangreiche Vor- und Nachbearbeitungen wie Schleifen, Feinschleifen, Vorhärten, Polieren etc. erfordern, und daß zum anderen die Verchromung Rückstände in Form von galvanischen Schlämmen oder Chromresten erzeugt, die auf aufwendige Weise entsorgt oder weiterverarbeitet werden müssen. Auch entstehende Dämpfe in Chrombädern sind gefährlich und erfordern eine besondere Abschirmung des gesamten Verchromungsprozesses.

Es bestand also für die Erfindung die Aufgabe, eine oberflächenbehandelte Kolbenstange vorzuschlagen, welche sich in ihren Eigenschaften bezogen auf den Widerstand gegen abrasiven Verschleiß und gegen Korrosion den bisherigen im Stand der Technik vorhandenen

Kolbenstangen mindestens ebenbürtig ist und welche die Vielzahl an Bearbeitungsprozessen während der Herstellung erniedrigt und gleichzeitig so aufgebaut ist, daß das gesamte Herstellungsverfahren keine umweltschädlichen Einflüsse oder Rückstände erzeugt.

Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale des Hauptanspruches. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

Gleichermaßen wird ein Verfahren bereitgestellt, welches in besonders vorteilhafter Weise zur Herstellung der erfindungsgemäßen Kolbenstangen geeignet ist.

Hierbei weisen die oberflächennahen Bereiche der Kolbenstange ausgehend vom Kernwerkstoff zunächst eine die Ausscheidungen der Legierungselemente beinhaltende Diffusionsschicht auf, wobei eine sich an die Diffusionsschicht anschließende und zur Oberfläche hinweisende, mit erhöhtem Stickstoffanteil versehene Verbindungsschicht vorhanden ist, und wobei die zur Oberfläche weisenden Bereiche der Verbindungsschicht mit einer Oxidschicht versehen sind, und wobei die Oberfläche der Oxidschicht eine Rauigkeit Rz von höchstens 0,8 µm aufweist.

Durch einen solchen Schichtaufbau in den oberflächennahen Bereichen ergibt sich zunächst in der Ausscheidungs- oder Diffusionsschicht eine hohe Festigkeit und Warmfestigkeit, welche durch Druckeigenstressungen entsteht, die wiederum durch Nitritausscheidungen der Legierungselemente verursacht werden. Die sich anschließende Verbindungsschicht mit ihren im Gefüge vorhandenen Nitritnadeln zeichnet sich durch besondere Härte und durch eine bereits relativ gute Korrosionsbeständigkeit aus, die jedoch durch die aufgelegte Oxidschicht noch so weit verbessert wird, daß zum Beispiel in einem vergleichenden Salzsprühtest nach DIN 50021 ein Wert von bis zu 240 Stunden Standzeit erreicht wird.

Besonders vorteilhaft werden sowohl die Druckeigenstressungen in der Diffusionsschicht als auch die Härte in der Verbindungsschicht beeinflusst, wenn die mit einem erhöhten Stickstoffanteil versehene Verbindungsschicht als Eisen-Stickstoff-Verbindungen im wesentlichen Fe<sub>2-3</sub>N und/oder Fe<sub>4</sub>N Verbindungen aufweist. Dies ist abhängig von Art und Partialdruck der in der Nitrierkammer genutzten Gase (zum Beispiel H<sub>2</sub>N<sub>2</sub>CH<sub>4</sub>) und von der chemischen Analyse des verwendeten Grund- oder Kernwerkstoffes.

Eine besonders wirkungsvolle und gegenüber korrosiven Medien besonders beständige Oxidschicht erreicht man, wenn die Oxidschicht im wesentlichen aus mit Sauerstoffüberschuß belegtem Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> besteht.

Die so erzeugte Oxidschicht weist ein besonders homogenes Erscheinungsbild auf und läßt aufgrund ihrer gleichmäßigen Struktur keinen Raum für Schalenbildung oder Abplatzungen auch während einer langen Betriebsdauer.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der oberflächenbehandelten Kolbenstange ergibt sich, wenn die Verbindungsschicht höchstens bis in eine von der Ober-

fläche gemessene Tiefe von 25 µm und die Diffusionschicht höchstens bis in eine von der Oberfläche gemessene Tiefe von 1,5 mm in den Kolbenstangenwerkstoff hineinreicht.

Bei einer solchen Begrenzung der jeweiligen Einwirkungstiefen vermeidet man ein Abfallen der Härte in der Verbindungsschicht.

Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn die oberflächennahen Bereiche der Kolbenstange eine Grundhärte von 50 - 70 HRC besitzen.

Mit einer solchen Grundhärte bzw. voreingestellten Härte des oberflächennahen Kernwerkstoffes lassen sich nicht nur die Verbindungs- und Diffusionsschicht auf ein niedriges Maß und damit das gesamte Nitrierverfahren in seinem zeitlichen Verlauf reduzieren, sondern es wird auch das Zwischenschalten von Schleifvorgängen ermöglicht, welche bereits vor Beginn aller Oberflächenbehandlungen die Rauigkeit der Oberfläche zu niedrigen Werten voreinstellen.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren, welches in besonderer Weise geeignet ist, die Oberfläche der erfindungsgemäßen Kolbenstange zu behandeln, besteht darin, daß die unbehandelte Kolbenstange zunächst gehärtet und nachfolgend feingeschliffen wird, daß danach die Oberfläche der Kolbenstange einem Nitrierprozeß unterworfen wird, welcher eine gehärtete äußere Verbindungsschicht und eine darunterliegende Diffusionsschicht erzeugt, und daß letztlich die nitriergehärtete Oberfläche der Kolbenstange einer Oxidierung unterzogen wird.

Bei einer solchen Verfahrensweise wird durch die zunächst durchgeführte Härtung und den anschließenden Feinschliff eine Voreinstellung der Rauigkeit erreicht, die dazu führt, daß das nachfolgende Nitrierverfahren, welches in aller Regel wieder die Rauigkeit erhöht, problemlos durchzuführen ist. Auch wird hierdurch eine Voreinstellung des Kolbenstangendurchmessers ermöglicht, die der Tatsache Rechnung trägt, daß durch die aufgebrachte und über die Ursprungsoberfläche hinausstehende Nitrierschicht eine leichte Vergrößerung des Durchmessers der Kolbenstange stattfinden kann. Die anschließend aufgebrachte Oxidschicht trägt wenig zur Änderung der Oberflächenrauigkeit bei, so daß im Zusammenspiel mit der Voreinstellung durch den Feinschliff hier eine sichere Verfahrensweise für das Erreichen einer Rauigkeit Rz bereitgestellt wird, welche unterhalb von 0,8 µm, im Regelfall sogar unter 0,4 µm liegt.

Ein gleichermaßen vorteilhaftes Verfahren ergibt sich, wenn die unbehandelte Kolbenstange zunächst gehärtet und nachfolgend geschliffen wird, und danach die Oberfläche der Kolbenstange einem Nitrierprozeß unterworfen wird, welcher eine gehärtete äußere Verbindungsschicht und eine darunterliegende Diffusionsschicht erzeugt, und daß letztlich die nitriergehärtete Oberfläche der Kolbenstange zunächst einem weiteren Feinschliff und anschließend einer Oxidierung unterzogen wird.

Trotz der im Stand der Technik bestehenden Sicht,

daß nämlich nitrierte Flächen nicht mehr geschliffen werden sollen, weil es aufgrund der hohen Härte zu ausgebrochenen Stellen und mikroskopisch feinen Aufreibungen kommen kann, läßt das hier offenbarte Verfahren einen Feinschliff der Nitrierschicht bzw. der Verbindungsschicht zu, ohne daß es zu den gefürchteten Erhöhungen der Rauigkeit kommt.

Nach der zunächst erfolgenden Härtung wird die Kolbenstange demnach in einer Weise geschliffen, daß noch nicht der endgültigen Rauigkeit Rechnung getragen wird, jedoch schon die Durchmessergrößerung und das Verhindern von Ausbrüchen in der Nitritschicht durch eine Voreinstellung der Grundrauigkeit verhindert wird. Die danach erfolgende Nitrierung der Oberfläche bewirkt dann den bereits geschilderten Aufbau von Verbindungsschicht und Diffusionsschicht.

Mit dem vorbereitenden Schliff der Oberfläche ergibt sich nun die Möglichkeit eines Feinschliffes der nitrierten Verbindungsschicht, ohne daß Ausbrüche aufgrund der hohen Härte entstehen können. Verhindert wird dies durch die voreingestellte Grundrauigkeit in der Weise, daß die relativ niedrigen "Spitzen und Täler" des im Rauigkeitsmaßstab dargestellten Oberflächenprofils durch die Feinschliffkräfte in ihrem jeweiligen Grundprofil nicht über ihre Festigkeitsgrenzen beansprucht werden.

Die nachfolgende Oxidierung ergibt dann in Kombination mit dem gesamten vorbereitenden Behandlungsverfahren eine sehr geringe Rauigkeit und gleichzeitig eine ausgezeichnete Härte und Korrosionsfestigkeit.

In einer vorteilhaften Ausbildung des Verfahrens erfolgt die Härtung der Kolbenstange durch eine Induktionshärtung, bei der in einfacher Weise die Kolbenstange durch eine Spule geführt und danach in einem mit Sprühdüsen aufgebrachten Wasserbad abgekühlt wird. Hierdurch läßt sich eine relativ schnelle Härtung durchführen, und der apparative Aufwand ist von den Kosten und vom Raumbedarf her in sehr engen Grenzen zu halten.

Die Oxidation erfolgt vorteilhafterweise dadurch, daß man die Kolbenstange einer überhitzten Wasserdampf-atmosphäre aussetzt. Durch die Temperatur und die im Wasserdampf vorhandenen hohen Sauerstoffanteile erreicht man auf einfache Weise die gewünschte mit Sauerstoffüberschuß belegte Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Oxidschicht.

In den Fällen, in denen außergewöhnliche Anforderungen an die Oberflächenstruktur gestellt werden, d.h. falls besonders geringe Rauigkeitswerte erreicht werden sollen, wird die oxidierte Oberfläche vorteilhafterweise abschließend einem Prägepolierverfahren unterzogen. Durch ein solches Prägepolieren werden auf einfache Weise die im Rauigkeitsmaßstab noch vorhandenen "Spitzen" der Oberfläche eingewalzt.

In einer besonders vorteilhaften Ausprägung wird die nitriergehärtete Oberfläche der Kolbenstange durch einen Plasma-Nitrierprozeß erzeugt, welcher durch eine kontrollierte und gepulste Glimmentladung auf der

Kolbenstangenoberfläche ermöglicht wird.

Hierdurch läßt sich eine besonders gleichmäßige und einen kontrollierten Nitriteintrag aufweisende Verbindungsschicht aufbauen.

Beim Plasma-Nitrieren befindet sich üblicherweise im Inneren der Nitrierkammer das Behandlungsgas (zum Beispiel  $H_2N_2CH_4$ ), welches durch die Zufuhröffnung in die durch die Abfuhröffnung vakuumisierte Nitrierkammer einströmen kann.

Mit Hilfe von Anschlußleitungen wird zwischen der Kolbenstange als Kathode und den Nitrierkammerwandungen als Anode eine impulsförmige Spannung angelegt, die zu einer Glimmentladung auf der Oberfläche der Kolbenstange führt. Die Nitrierkammer ist über einen Erdungsanschluß geerdet. Durch die pulsformige Ladung über eine besonders geregelte Spannungsquelle werden lokale Werkstoffüberhitzungen oder Bogenentladungen vermieden.

Durch die sich auf der Oberfläche ausbildende Glimmentladung und dort stattfindenden Ionisationsprozeß werden die Nitride in den oberflächennahen Bereichen eingelagert.

Anhand eines Ausführungsbeispiels wird die Erfindung näher erläutert.

Es zeigen

- Fig. 1 eine Prinzipskizze des Oberflächenaufbaus einer erfindungsgemäßen oberflächenbehandelten Kolbenstange
- Fig. 2 das Diagramm eines Härteverlaufes über die oberflächennahen Bereiche einer erfindungsgemäß behandelten Kolbenstange
- Fig. 3 die durch das Nitrieren entstandene Erhöhung der Oberflächenrauigkeit
- Fig. 4 die durch das erfindungsgemäße Verfahren erreichte Oberflächenrauigkeit.

In der Fig. 1 ist ein vergrößerter Ausschnitt aus dem oberflächennahen Bereich einer erfindungsgemäß aufgebauten Kolbenstange gezeigt, in welchem man ausgehend vom Kernwerkstoff bzw. Grundwerkstoff 1 in Richtung auf die Oberfläche die Diffusions- oder Ausscheidungsschicht 2, die Verbindungsschicht 3 und die Oxidschicht 4 erkennt.

Neben dem Ausschnitt und im Maßstab des Schichtaufbaus ist die Stickstoff- bzw. Nitritkonzentration aufgetragen, die sich von dem normalen Gehalt des Grundwerkstoffes 1' über eine kontinuierliche Zunahme in der Diffusionsschicht 2' schließlich bis in die gewünschte Konzentration 3' in der Verbindungszone aufbaut.

Die Fig. 2 zeigt den zu einem derartigen Schichtaufbau gehörigen Härteverlauf anhand der Härtekurve 5, welche in einem Diagramm aufgetragen ist, das als Ordinate die Härte 6 und als Abszisse den Randabstand 7 beinhaltet. Die Nullage der Abbisse 7 stellt dabei die Oberfläche der Kolbenstange dar.

Man erkennt die durch die Nitrierung entstehende

Randhärte 8, die in Richtung auf den Grundwerkstoff langsam abfällt und im Zentrum der Verbindungsschicht etwa auf den Wert 9 abgesunken ist. Die Grund- oder Kernhärte des Kolbenstangenwerkstoffes wird durch den Kurventeil 10 dargestellt.

Die Fig. 3 zeigt in anschaulicher Weise die durch das Nitrieren entstehende Erhöhung der Oberflächenrauigkeit 11 im Vergleich zur vor der Nitrierung vorhandenen Grundrauigkeit 12. Die Ordinate 13 zeigt hier die Rauigkeitswerte, welche aus einer Anzahl 14 von Versuchsmustern gemittelt wurden.

Die Fig. 4 zeigt nun die erfindungsgemäße Behandlung der Kolbenstangenoberfläche, bei der eine Anzahl 14' von Versuchsmustern geprüft wurde. Die Kurve 15 stellt hierbei die gemittelten Werte nach Abschluß der Oberflächenbehandlung dar, während die Kurve 16 den Zustand vor der Nitrierung beschreibt. Auf der Ordinate 13 ist wiederum die Oberflächenrauigkeit aufgetragen.

Man erkennt hier deutlich, daß durch das erfindungsgemäße Verfahren eine Oberfläche erreicht wird, die sowohl in Bezug auf den Korrosionsangriff als auch mit Blick auf die sichere Abdichtung und die Eigenschaften in Bezug auf metallisch gleitende Führung und Lagerung ausgesprochen gute Verwendungseigenschaften bereitstellt.

## Oberflächenbehandelte Kolbenstange

### Bezugszeichenliste

- |        |  |
|--------|--|
| 1      | Kernwerkstoff der Kolbenstange                               |
| 1'     | Relative Nitritkonzentration des Grundwerkstoffes            |
| 2      | Diffusionsschicht  |
| 2'     | Relative Nitritkonzentration der Diffusionsschicht           |
| 3      | Verbindungsschicht   |
| 3'     | Relative Nitritkonzentration der Verbindungsschicht          |
| 4      | Oxidschicht  |
| 5      | Härtekurve, Härteverlauf abhängig vom Abstand zur Oberfläche |
| 6      | Härte (Ordinate)   |
| 7      | Randabstand  |
| 8      | Randhärte  |
| 9      | Härte der Verbindungsschicht                                 |
| 10     | Kernhärte  |
| 11     | Oberflächenrauigkeit   |
| 12     | Grundrauigkeit   |
| 13     | Rauigkeit (Ordinate)   |
| 14     | Anzahl der Versuchsmuster                                    |
| 15, 16 | Rauigkeitskurven   |

### 55 Patentansprüche

1. Oberflächenbehandelte Kolbenstange für einen hydraulischen Schwingungsdämpfer mit einem in ei-

- nem Dämpfungszyylinder axial verschieblich geführten und mit einer Kolbenstange verbundenen Kolben, wobei der Kolben Ventile für einen Austausch von Dämpfungsflüssigkeit in der Zug- und in der Druckstufe aufweist und den Dämpfungszyylinder in zwei Arbeitsräume unterteilt,
- dadurch gekennzeichnet**,  
daß die oberflächennahen Bereiche der Kolbenstange ausgehend vom Kernwerkstoff (1) zunächst eine Diffusionsschicht (2) aufweisen, wobei eine sich an die Diffusionsschicht anschließende und zur Oberfläche hinweisende, mit erhöhtem Stickstoffanteil versehene Verbindungsschicht (3) vorhanden ist, und bei der die zur Oberfläche weisenden Bereiche der Verbindungsschicht mit einer Oxidschicht (4) versehen sind, und die Oberfläche der Oxidschicht eine Rauigkeit Rz von höchstens 0,8 µm aufweist.
2. Oberflächenbehandelte Kolbenstange nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
daß die mit einem erhöhten Stickstoffanteil versehene Verbindungsschicht (3) als Eisen-Stickstoff-Verbindungen im wesentlichen Fe<sub>2-3</sub>N und/oder Fe<sub>4</sub>N Verbindungen aufweist.
3. Oberflächenbehandelte Kolbenstange nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
daß die Oxidschicht (4) im wesentlichen aus mit Sauerstoffüberschuß belegtem Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> besteht.
4. Oberflächenbehandelte Kolbenstange nach Anspruch 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
daß die Verbindungsschicht (3) höchstens bis in eine von der Oberfläche gemessene Tiefe von 25 µm und die Diffusionsschicht (2) höchstens bis in eine von der Oberfläche gemessene Tiefe von 1,5 mm in den Kolbenstangenwerkstoff hineinreicht.
5. Oberflächenbehandelte Kolbenstange nach Anspruch 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
daß die oberflächennahen Bereiche der Kolbenstange eine Grundhärte von 50 - 70 HRC besitzen.
6. Verfahren zur Herstellung einer oberflächenbehandelten Kolbenstange für einen hydraulischen Schwingungsdämpfer mit einem in einem Dämpfungszyylinder axial verschieblich geführten und mit einer Kolbenstange verbundenen Kolben nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
daß die unbehandelte Kolbenstange zunächst gehärtet und nachfolgend feingeschliffen wird, daß danach die Oberfläche der Kolbenstange einem Nitrierprozeß unterworfen wird, welcher eine gehärtete äußere Verbindungsschicht (3) und eine darunterliegende Diffusionsschicht (2) erzeugt, und daß letztlich die nitriergehärtete Oberfläche der Kolbenstange einer Oxidierung unterzogen wird.
7. Verfahren zur Herstellung einer oberflächenbehandelten Kolbenstange für einen hydraulischen Schwingungsdämpfer mit einem in einem Dämpfungszyylinder axial verschieblich geführten und mit einer Kolbenstange verbundenen Kolben nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
daß die unbehandelte Kolbenstange zunächst gehärtet und nachfolgend geschliffen wird, daß danach die Oberfläche der Kolbenstange einem Nitrierprozeß unterworfen wird, welcher eine gehärtete äußere Verbindungsschicht (3) und eine darunterliegende Diffusionsschicht (2) erzeugt, und daß letztlich die nitriergehärtete Oberfläche der Kolbenstange zunächst einem weiteren Feinschliff und anschließend einer Oxidierung unterzogen wird.
8. Verfahren zur Herstellung einer oberflächenbehandelten Kolbenstange gemäß Anspruch 6 oder 7,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
daß die unbehandelten Kolbenstangen zunächst einer Induktionshärtung unterzogen werden.
9. Verfahren zur Herstellung einer oberflächenbehandelten Kolbenstange nach einem der Ansprüche 6 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
daß die Oxidierung dadurch erfolgt, daß die Kolbenstangenoberfläche überhitztem Wasserdampf ausgesetzt wird.
10. Verfahren zur Herstellung einer oberflächenbehandelten Kolbenstange nach einem der Ansprüche 6 bis 9,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
daß im Anschluß an die Oxidierung die Kolbenstangenoberfläche einem Prägepolieren unterzogen wird.
11. Verfahren nach Anspruch 6 oder 10,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
daß die nitriergehärtete Oberfläche der Kolbenstange durch einen Plasma-Nitrierprozeß erzeugt wird, welcher durch eine kontrollierte und gepulste Glimmentladung auf der Kolbenstangenoberfläche erfolgt.

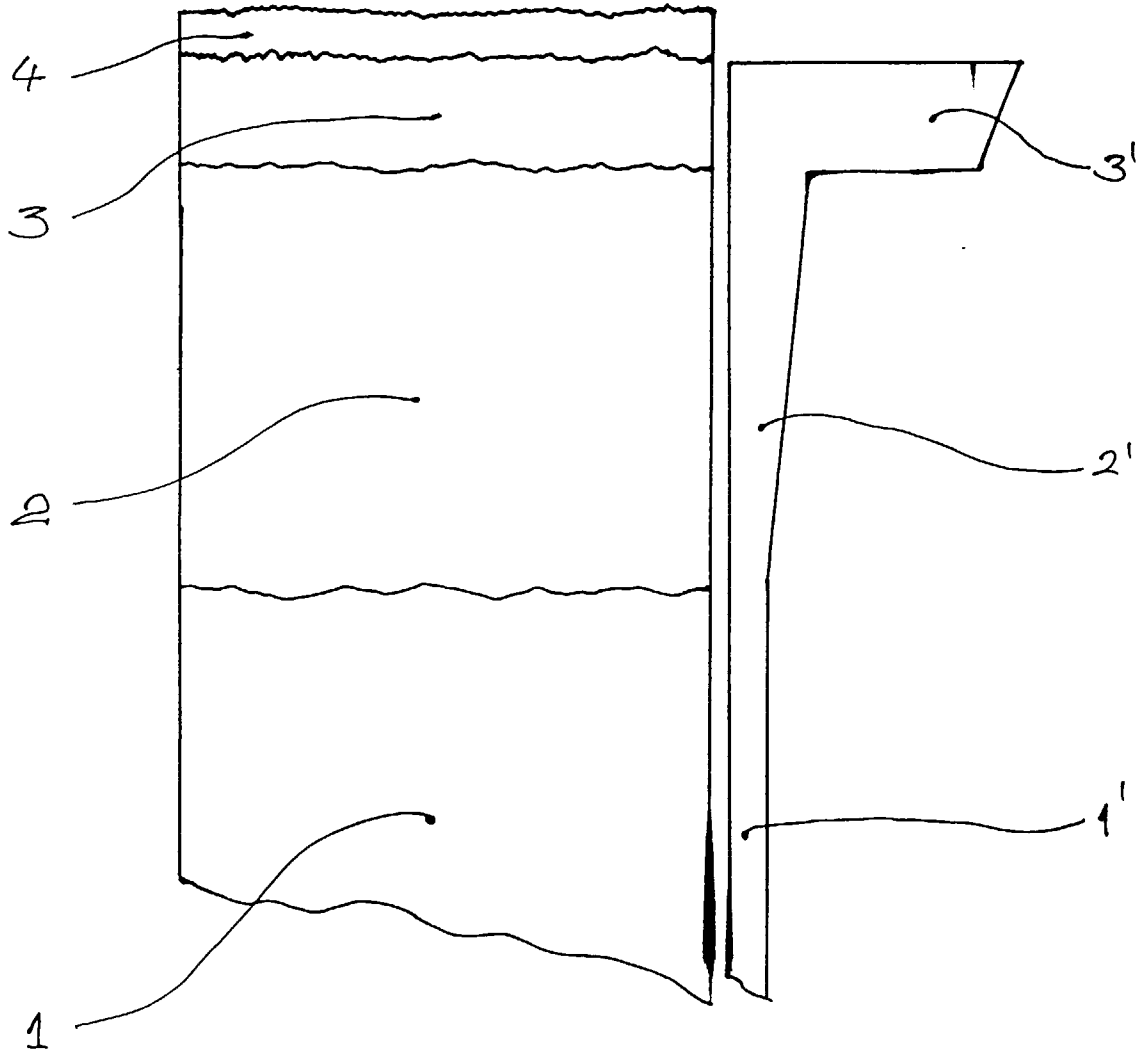


Fig. 1

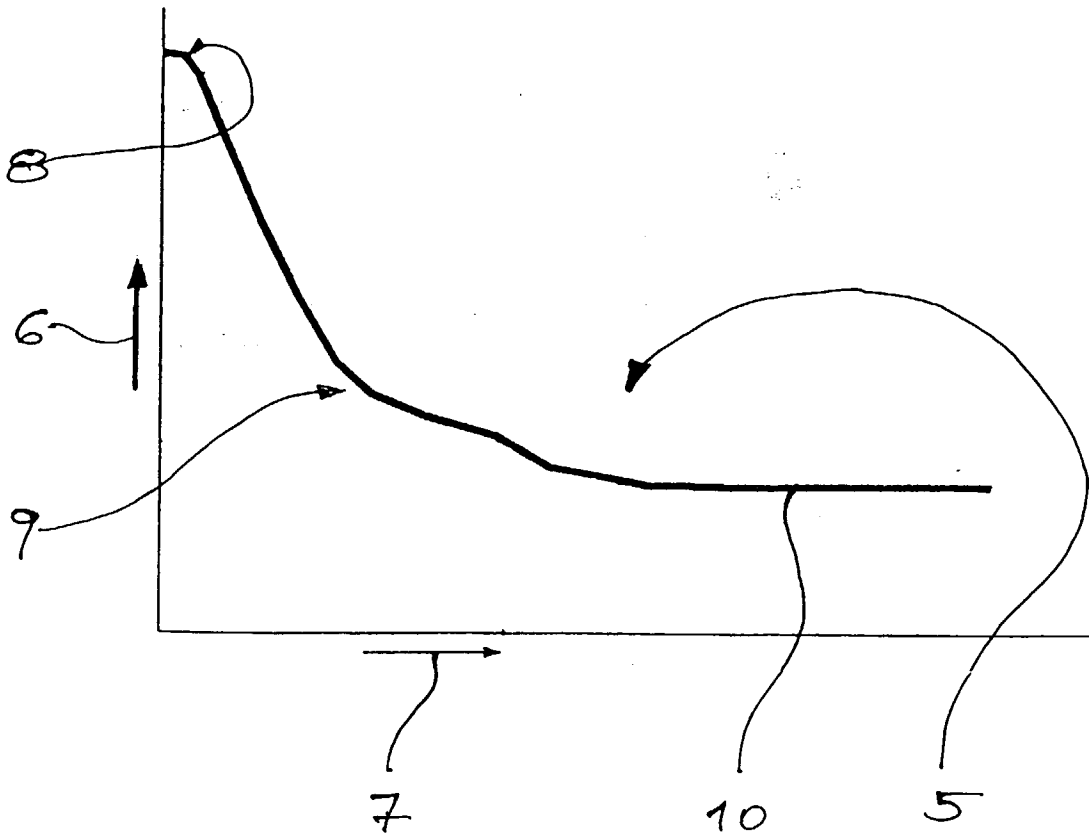


Fig. 2

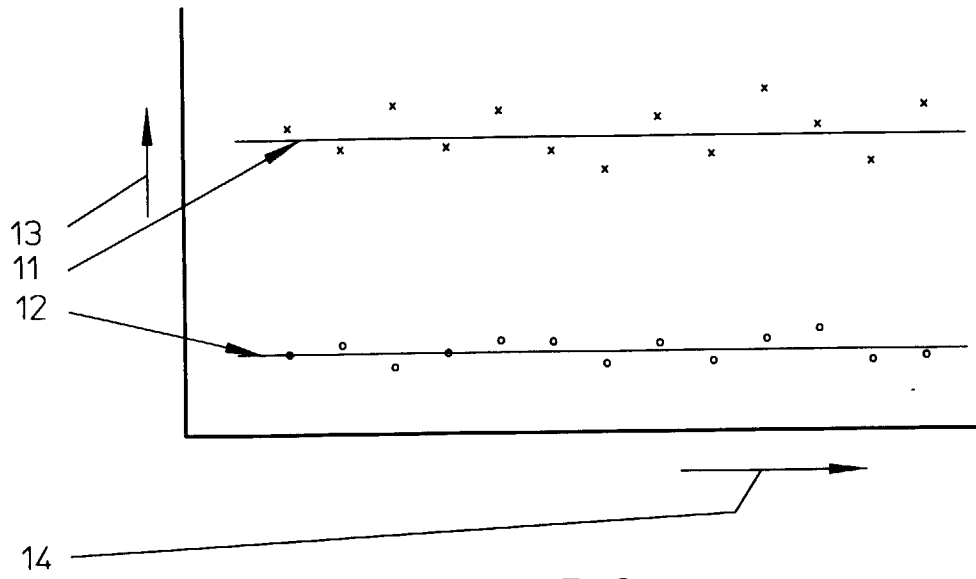


Fig.3

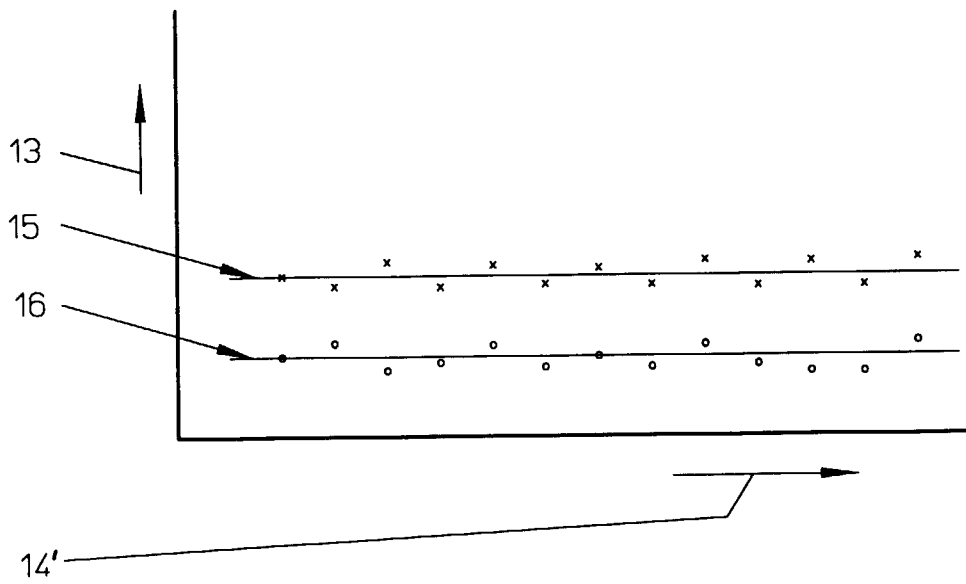


Fig.4



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 11 8670

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X A	DE-A-32 25 686 (VOLKSWAGENWERK) * Seite 4, Zeile 1 - Zeile 2 * * Seite 4, Zeile 28 - Zeile 10; Ansprüche 1-7 *	1,3 6,7,9	C23C8/34
X	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 8, no. 93 (C-220), 27. April 1984 & JP-A-59 009166 (PAAKAA NETSUSHIYORI), 18. Januar 1984, * Zusammenfassung *	6	
X A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 269 (M-259), 30. November 1983 & JP-A-58 146762 (KAYABA HISAYOSHI), 1. September 1983, * Zusammenfassung *	1,2 6,10	
X	--- HTM HARTEREI-TECHNISCHE MITTEILUNGEN, Bd. 46, Nr. 6, November 1991 - Dezember 1991, MUNCHEN, DE, Seiten 339-348, XP000237444 U. EBERSBACH: "elektrochemische korrosionsuntersuchungen..." * Seite 339, Spalte 2, Absatz 5 - Seite 344, Spalte 2, Absatz 1 *	1-6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) C23C
X	--- HTM HARTEREI-TECHNISCHE MITTEILUNGEN, Bd. 44, Nr. 6, November 1989 - Dezember 1989, MUNCHEN, DE, Seiten 331-338, XP000163078 H.-G. GRABENER: "einfluss der stahlzusammensetzung..." * Seite 331, Spalte 2, Absatz 4 - Seite 333, Spalte 1, Absatz 2 * * Seite 334, Spalte 2, Absatz 2 - Seite 335, Spalte 2, Absatz 1 *	1-6,8,10	
--- -/--			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlussdatum der Recherche 14. Juni 1996	Prüfer Elsen, D
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/82 (P0400)



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 11 8670

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 110 (C-0920), 18.März 1992 & JP-A-03 285059 (ATSUGI UNISIA), 16.Dezember 1991, * Zusammenfassung *	1,3,6,7, 9,10	
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 110 (C-0920), 18.März 1992 & JP-A-03 285058 (ATSUGI UNISIA), 16.Dezember 1991, * Zusammenfassung *	1,3,6,9, 10	
A	--- EP-A-0 195 499 (LUCAS INDUSTRIES) * Seite 5, Zeile 16 - Zeile 20 * * Seite 6, Zeile 10 - Zeile 13 * * Seite 7, Zeile 8 - Zeile 17; Ansprüche 1-10 *	1-3,6	
A	--- EP-A-0 217 420 (LUCAS INDUSTRIES) * Ansprüche 1-8; Beispiel 3 *	1,5,6	
A	--- EP-A-0 229 325 (LUCAS INDUSTRIES) * Seite 28, Zeile 10 - Zeile 29; Ansprüche 1-9 *	1,5,6	
A	--- EP-A-0 299 625 (LUCAS INDUSTREIS) * Ansprüche 1-12; Beispiel 1 *	1,3,6,11	
A	--- HARTEREI-TECHNISCHE MITTEILUNGEN, Bd. 40, Nr. 2, März 1985 - April 1985, MUNCHEN,DE, Seiten 77-79, XP002005629 E.J.MITTEMEIJER: "oberflächenoxidation von nitrierschichten" * Seite 77 - Seite 79 *	1-3,6	
-/--			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	14.Juni 1996	Elsen, D	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 (01.82) (P/M/C/E)



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 11 8670

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 4, no. 186 (C-036), 20.Dezember 1980 & JP-A-55 125267 (KAWASAKI HEAVY IND), 26.September 1980, * Zusammenfassung * -----	11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 14.Juni 1996	Prüfer Elsen, D
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 01.82 (P04C03)