



österreichisches
patentamt

(10) **AT 501 474 B1** 2006-09-15

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 667/2005

(51) Int. Cl.⁸: **F16J 1/16** (2006.01)

(22) Anmeldetag: 2005-04-20

(43) Veröffentlicht am: 2006-09-15

(73) Patentanmelder:

ARC
LEICHTMETALLKOMPETENZZENTRUM
RANSHOFEN GMBH
A-5282 RANSHOFEN (AT)

(72) Erfinder:

MUNDL ALFRED DIPL.ING.
BRAUNAU AM INN (AT)
PAPAKYRIACOU MARIA DR.
WIEN (AT)

(54) **BOLZEN FÜR DREHGELENKE VON KURBELTRIEBEN**

(57) Die Erfindung betrifft einen Bolzen mit hoher Formstabilität und niedrigem Raumgewicht für Drehgelenke von Kurbeltrieben, gebildet als Verbundteil mit einer äußeren Metallhülse und einem zumindest teilweise aus Metall bestehenden Kern.

Um einen Kolbenbolzen mit hoher Festigkeit gegenüber einer Ovalverformung und gegenüber Biegung bei geringer Masse und hoher thermischer Stabilität zu schaffen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Metallhülse aus einer Legierung mit Schwermetallen und der Kern zumindest teilweise aus einem Matrix-Metall-Verbundwerkstoff (MMC) mit einem Elastizitätsmodul von größer 150 kN/mm², in welchem die Metallkomponente ein Leichtmetall oder eine Leichtmetall-Legierung ist, besteht und die Teile miteinander nicht lösbar verbunden sind.

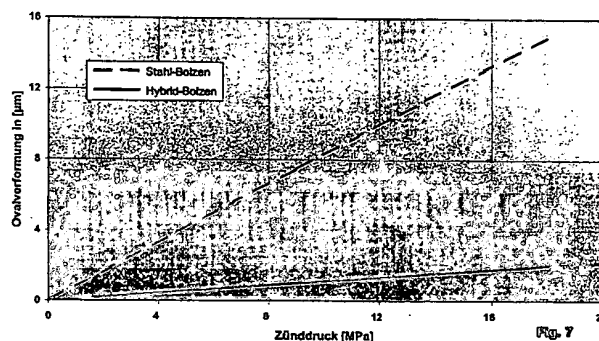


Fig. 7

AT 501 474 B1 2006-09-15

DVR 0078018

Die Erfindung betrifft einen Bolzen mit hoher Formstabilität und niedrigem Raumgewicht für Drehgelenke von Kurbeltrieben, gebildet als Verbundteil mit einer äußeren Metallhülse und einem zumindest teilweise aus Metall bestehenden Kern.

5 Die Kolben und die Pleuelstange in Kurbeltrieben, insbesondere in Otto- und Dieselmotoren, sind mittels eines Kolbenbolzens drehbar miteinander verbunden. Dieser Kolbenbolzen überträgt die Zünddruck-, Kompressions- und Massekräfte vom Kolben auf die Pleuelstange, welche mit einer Kurbelwelle in Wirkverbindung steht.

10 Der Kolbenbolzen ist in eine durchgehende Bohrung im Kolben und in der Pleuelstange eingesetzt und im Kolben und/oder im Pleuel drehbar gelagert. Gegen eine axiale Verschiebung des Bolzens im Kolben sind Sicherungsmittel vorgesehen.

15 Die Kräfte, die auf einen Kolbenbolzen wirken, verformen diesen und führen einerseits zu einer Durchbiegung bzw. Krümmung der Bolzenachse und andererseits zu einer Ovalisierung des Bolzenquerschnittes mit einer Scherbeanspruchung. Diese Verformungen, insbesondere eine Ovalisierung, sollen möglichst gering sein, um hohe Standzeiten des Kurbeltriebes zu erreichen.

20 Kolbenbolzen aus Stahl weisen zwar die geringsten Durchbiegungen auf, besitzen jedoch eine hohe Masse, welche insbesondere bei rasch laufenden Kurbeltrieben bzw. Motoren nachteilig wirksam ist.

25 Es ist bekannt, zur Verminderung der Masse hohle, also rohrförmige, Kolbenbolzen einzusetzen und diese mit oder aus faserverstärktem Kunststoff auszuformen (EP-A-0 035 628; DE-C-29 52 117; DE-A-34 14 259; DE-C-36 10 133; DE-C-30 09 424). Diese Kolbenbolzen weisen wesentlich geringere Massen auf, erfahren jedoch im Betrieb größere Ovalisierung und Durchbiegungen als jene aus Stahl.

30 Es wurde schon versucht (US-1 670 564), Kolbenbolzen, bestehend aus einem Stahlrohr und einem Kern aus Aluminium herzustellen und einzusetzen.

35 Gemäß GB-B-2 373 562 ist vorgeschlagen worden, Kolbenbolzen in Kurbelmaschinen aus einem Kern mit einer Oberflächenschicht zu bilden, wobei der Kern aus einem mit Keramik verstärkten Metall und die Außenschicht aus einem aufgeschmolzenen, härteren Metall besteht. Bei Verwendung von Keramikpulver sind Stahllegierungen als Matrixwerkstoff bevorzugt, hingegen ist bei Keramik-Fasern und Geweben eine Infiltration von Aluminium zur Ausformung des Kernes vorgesehen.

40 Nach einem Vorschlag gemäß DE-A-42 43 023 setzt sich ein Hybrid-Kolbenbolzen für eine Hubkolben-Brennkraftmaschine aus einem Stützkern und einer äußeren, dünnwandigen Hülse zusammen. Der Stützkern besteht dabei aus einer Aluminium-Magnesium-Legierung oder aus Kunststoff, die bzw. der als Matrixmaterial in eine in sich isotrope, dreidimensional regellos ausgerichtete, keramisierte Stützstruktur aus Al_2O_3 infiltriert ist. Die Stützstruktur mit einer Viel-
45 zahl dazwischen liegender Poren und Hohlräume ist als Körper besonders aufgebaut und weist dreidimensional verlaufende Stege auf.

50 Alle bekannten Kolbenbolzen mit gegenüber Stahl wesentlich verringerter Masse haben meist jedoch den Nachteil, dass diese in modernen Hochleistungsmotoren eine ungünstig große Durchbiegung und/oder eine dergleichen Ovalverformung im schweren Betrieb aufweisen und somit die Einsatzdauer einer Hubkolben-Brennkraftmaschine, insbesondere bei öfterem Kaltstart, beschränken können.

55 Hier will die Erfindung die Nachteile im Stand der Technik beseitigen und setzt sich zum Ziel, einen gattungsgemäßen Bolzen für Drehgelenke von Kurbeltrieben zu schaffen, der auch in

unterschiedlichen Temperaturbereichen und nach oftmaliger Erwärmung auf Betriebstemperatur hohe Festigkeit und Steifigkeit gegenüber einer Ovalverformung und gegenüber Biegung besitzt und geringe Masse aufweist.

- 5 Dieses Ziel wird bei einem Bolzen der eingangs genannten Art dadurch erreicht, dass die Metallhülse aus einer Legierung mit Schwermetallen und der Kern zumindest teilweise aus einem Matrix-Metall-Verbundwerkstoff (MMC) mit einem Elastizitätsmodul von größer 150 kN/mm^2 , in welchem die Metallkomponente ein Leichtmetall oder eine Leichtmetall-Legierung ist, besteht und die Teile miteinander nicht lösbar verbunden sind.

- 10 Die mit der Erfindung erreichten Vorteile sind im Wesentlichen darin zu sehen, dass der die Gleitlagerfläche beinhaltende Hülseanteil des Kolbenbolzens aus einer bewährten Schwermetall-Legierung, insbesondere aus legiertem Stahl mit diesen eigenen physikalischen Eigenschaften, besteht und der Kern zumindest teilweise aus einem Matrix-Metall-Verbundwerkstoff (MMC) gebildet ist, welcher MMC zur Stützung der Hülse bzw. zur Erhöhung der Steifigkeit und Festig-
15 keitseigenschaften des Bolzens erfindungsgemäß einen hohen Elastizitätsmodul aufweist. Weil nun zur Verminderung der Masse des Kernes für das Matrixmetall ein Leichtmetall vorgesehen ist, die Metalle Aluminium und Magnesium sowie deren Legierungen jedoch einen Elastizitätsmodul von 40 bis 75 kN/mm^2 besitzen, sind nach der Erfindung in der Metallmatrix Partikeln
20 eingelagert, durch welche der Elastizitätsmodul des MMC auf einen Wert von größer 130 kN/mm^2 erhöht wird. Derart kann erreicht werden, dass insbesondere eine Ovalisierung und eine Durchbiegung des Hybridbolzens bei hoher Belastung wesentlich vermindert werden, wobei eine Gewichtsreduktion im Vergleich mit rohrförmigen Bolzen aus Stahl von 15% bis 30% erreicht werden kann.

- 25 Um eine Verformung des Bolzens weiters zu verringern, kann vorgesehen sein, dass der Unterschied der Elastizitätsmodule von Hülsewerkstoff und MMC-Kernwerkstoff weniger als 90 kN/mm^2 , in günstiger Weise weniger als 60 kN/mm^2 , vorzugsweise weniger als 30 kN/mm^2 , insbesondere weniger als 15 kN/mm^2 beträgt. Derart erweist sich die Stützwirkung des Kernes
30 als erhöht, wodurch der Bolzen auch bei gelegentlicher Überlast der Maschine im Pleuellager keine nachteiligen Veränderungen bzw. Verschleißerscheinungen im Langzeitbetrieb hervorruft.

Brennkraftmaschinen arbeiten bekanntermaßen bei erhöhter Temperatur, einer aus Funktions- und Wirtschaftsgründen festgelegten Betriebstemperatur.

- 35 Nach längerfristigem Stillstand werden bei und nach einer Inbetriebnahme der Maschinen die Kolbenbolzen auf eine Arbeitstemperatur von 180°C bis 220°C und höher gebracht, wobei vielfach schon nach dem sogenannten Kaltstart hohe Bolzenbelastungen vorliegen. In Konsequenz dazu bzw. von verschiedenen Betriebsarten des Motors, sollen die mechanischen Eigen-
40 schaften der jeweiligen Bolzen im gesamten möglichen Temperaturbereich gleich sein und von einem Temperaturwechsel unbeeinflusst bleiben.

- Um also die Stützfunktion des Kernes gegenüber der Metallhülse des Bolzens und somit dessen Formstabilität in einem weiten Temperaturbereich gleichartig sicherzustellen, ist weiters
45 nach der Erfindung vorgesehen, dass der Wärmeausdehnungskoeffizient des Kernes bzw. des MMC-Werkstoffes derart eingestellt ist, dass dieser dem Ausdehnungskoeffizienten des Metallhülsewerkstoffes im Wesentlichen entspricht oder übersteigt.

- In günstiger Weise kann vorgesehen sein, dass der Wärmeausdehnungskoeffizient des Kernes
50 bzw. des MMC-Werkstoffes jenen der Metallhülse derart übersteigt, dass bei Betriebstemperatur die Verformung von Hülse und Kern im elastischen Bereich sind.

- Mit besonderem Vorteil kann eine hohe Güte und eine wirtschaftliche Fertigung von Hybridbolzen nach der Erfindung erreicht werden, wenn der MMC-Kernwerkstoff durch Druckinfiltration
55 einer Schmelze aus einem Leichtmetall oder einer Leichtmetall-Legierung, insbesondere aus

einer hochfesten Aluminiumlegierung zwischen Verstärkungspartikeln, insbesondere Oxid(e) und/oder Karbid(e) und/oder Nitrid(e) von Leichtmetallen oder mittels Squeeze - Casting - Verfahrens hergestellt ist.

5 Für eine Einstellung der mechanischen und der wärmetechnischen Eigenschaften des MMC-Kernes kann es günstig sein, wenn die Partikeln eine blockförmige oder sphärische Struktur mit einem Durchmesser von 2 μm bis 150 μm , vorzugsweise von 5 μm bis 60 μm , insbesondere von 8 μm bis 30 μm aufweisen. Bei einer homogenen Verteilung der Partikeln im Matrixmetall ist eine unerwartet strenge Abhängigkeit des E-Moduls und des Wärmeausdehnungskoeffizien-
10 ten vom Partikelgehalt erreichbar und folglich können die mechanischen Eigenschaften und die Dehnwerte des Kernes einfach auf gewünschte Werte eingestellt werden.

Die Steifigkeit und der Widerstand gegen Ovalverformung und somit die Güte des Bolzens können bzw. kann weiter verbessert werden, wenn das Matrixmetall des Verbundwerkstoffes
15 eine durch eine Wärmebehandlung erhöhte Festigkeit besitzt.

Es kann in günstiger Weise auch im Hinblick auf eine weitere Verminderung des Gewichtes des Bolzens vorgesehen sein, dass der MMC-Kern zumindest teilweise aus einer MMC-Hülse gebil-
det ist.

20 Das Problem einer den thermischen Belastungen in einem schweren Betrieb einer Kolbenmaschine entsprechende Fixierung zwischen den Bolzenteilen kann mit Vorteil überwunden werden, wenn die unlösbare Verbindung zwischen MMC-Kern und Hülse durch thermisches Fügen gebildet ist. Diese Verbindungstechnik erwies sich bei den erfindungsgemäßen mechanischen
25 und thermischen Werkstoffwerten des MMC-Material als besonders gut.

In einer unterschiedlichen Ausführungsform der Fixierung der Teile kann auch erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass der Bolzen durch Einpressen eines MMC-Kernes in eine Hülse mit einem zumindest teilweise konisch geformten Hohl gebildet ist.

30 Nach einer weiteren Ausgestaltungsform eines erfindungsgemäßen Bolzens kann die unlösbare Verbindung zwischen MMC-Kern und Hülse mit einer beidseitigen konischen Erweiterung der Hülse gebildet sein, wobei ein quasi Formschluss der Teile erreicht wird.

35 Im Folgenden wird die Erfindung anhand von lediglich einen Ausführungsweg darstellenden, schematischen Zeichnungen und dergleichen Diagrammen näher erläutert.

Es zeigt

- 40 Fig. 1 einen thermisch gefügten Bolzen
- Fig. 2 eine an den Enden erweiterte Hülse
- Fig. 3 einen Bolzenkern
- Fig. 4 ein Diagramm: E-Modul in Abhängigkeit des Partikelanteiles
- Fig. 5 ein Diagramm: thermischer Längenausdehnungskoeffizient in Abhängigkeit des
45 Partikelanteiles
- Fig. 6a einen Versuchsbolzen
- Fig. 6b einen Vergleichsbolzen
- Fig. 7 ein Diagramm: Ovalverformung in Abhängigkeit vom Zünddruck

50 In Fig. 1 ist ein Bolzen 1 nach der Erfindung, gebildet mit einer Hülse 2 aus einem Vergütungsstahl und einem Kern 3 aus einem Metall-Matrix-Verbundwerkstoff (MMC), bestehend aus einer Leichtmetall-Matrix-Legierung mit einem Keramikpulver, dargestellt. Eine nicht lösbare Verbindung von Hülse 2 und Kern 3 erfolgte durch ein thermisches Fügen, bei welchem ein Außenteil 2 auf hohe Temperatur erwärmt und/oder ein Innenteil 3 auf niedrige Temperatur
55 gekühlt werden, worauf ein Übereinanderpositionieren und ein Temperatenausgleich der Teile

erfolgen.

Bei einer Herstellung eines erfindungsgemäßen Bolzens 1 mit einem Kern 3 aus einer hochfesten Leichtmetall-Legierung, zum Beispiel einer Aluminiumlegierung, als Metall-Matrix, kann vorerst der Kern 3 vor einem thermischen Fügen lösungsgeglüht und darauffolgend abgeschreckt werden. Ein Aushärten vom Kernmaterial kann in Fügeverbund durch ein Erwärmen und Halten auf Ausscheidungstemperatur erfolgen.

In Fig. 2 ist eine Schwermetall-Hülse 2, beispielsweise aus einer thermisch vergüteten Stahlliegierung 15Cr3, 16MnCr5, 15CrNi6, 31CrMoV9, 34CrAl16 oder dergleichen, gezeigt, bei welcher innen beidseitig eine konische Erweiterung 21,21' vorliegt.

Ein Kern 3, wie beispielsweise mit stirnseitigen Kalotten 31,31' in Fig. 3 gezeigt, wird in eine Hülse 2 mit beidseitiger, konischer Erweiterung 21,21' eingepresst, wobei in Folge einer plastischen Aufweitung im Kernendenbereich ein quasi Formschluss entsteht.

Als Matrix-Metall kann Aluminium oder die Legierungen A201, A206, A357, A7020, A7075 und dergleichen sowie Magnesium oder die Legierungen AJ62, AZ91, AZ31 und dergleichen verwendet werden.

In Fig. 4 ist für einen MMC-Werkstoff der ermittelte E-Modul in Abhängigkeit vom Partikelanteil in einem Leichtmetall, im gegebenen Fall einer Aluminiumlegierung, dargestellt. Von einem rein metallischen Zustand, bei welchem der E-Modul zwischen 60 und 80 kN/mm² liegt, erfolgt durch Zusatz von Keramikpartikeln bei homogener Verteilung derselben im Matrixmetall eine kontinuierliche Erhöhung des E-Modul-Wertes, welcher bei einem Partikelanteil von ca. 60 Vol.-% zwischen 160 und 180 GPa beträgt, also schon den Bereich der Werte von Stählen überschneidet. Die Art der Karbide, wie SiC, TiC und dergleichen, der Oxide, wie Al₂O₃, MgO und dergleichen, der Nitride sowie der Mischformen und die Größe bzw. der Durchmesser dieser Keramikteilchen beeinflussen naturgemäß das Ausmass der Eigenschaftsänderungen des MMC-Werkstoffes in Abhängigkeit vom Partikelanteil. Auch das Matrixmetall, wie Aluminium, Magnesium, Titan und Legierungen dieser Metalle besitzen jeweils Rückwirkungen auf das mechanische Eigenschaftsprofil von MMC.

Fig. 5 zeigt den Verlauf des thermischen Ausdehnungskoeffizienten (CTE) eines MMC-Werkstoffes in Abhängigkeit vom Partikelanteil. Ausgehend von einem Ausdehnungskoeffizienten einer reinen Aluminiumlegierung mit einem Wert von 18 bis 24 x 10⁻⁶/K sinkt dieser kontinuierlich auf 8 bis 12 x 10⁻⁶/K bei einem Partikelanteil von 60 Vol.-% und überlappt jenen Bereich von Stahlliegierungen für Hülsenwerkstoffe.

Fig. 6a zeigt einen erfindungsgemäßen Hybridbolzen 1 mit einer Länge L von 68 mm, wobei eine Schwermetallhülse bzw. Stahlliegierungshülse 2 einen Außendurchmesser A von 30,0 mm und einen Innendurchmesser I von 24,0 mm besitzt. Ein MMC-Kern 3 ist mit der Hülse 2 nicht lösbar verbunden bzw. thermisch gefügt und weist zwangsläufig einen Außendurchmesser entsprechend der Rohrrinnenabmessung I auf. Das Hülsgewicht beträgt 136 g, das Gewicht des MMC-Kernes 87 g, woraus ein gesamtes Bolzengewicht von 223 g resultiert.

Ein vergleichend erprobter, in Fig. 6b dargestellter, Stahlbolzen 1 einer Serie weist ebenfalls eine Länge L von 68 mm und einen Außendurchmesser A von 30,0 mm auf, besitzt jedoch einen Innendurchmesser I von 14,5 mm, woraus sich ein Gewicht eines Vergleichsbolzens von 290 g ergibt.

Rechnerisch und insbesondere durch praktische Versuche und Messungen wurden in Abhängigkeit vom Zünddruck eine Ovalverformung der Bolzen ermittelt. Die Mittelwerte der Ergebnisse sind in Tabelle 1 aufgelistet und in Fig. 7 als Diagramm dargestellt.

Tabelle 1

Zünddruck MPa	Ovalverformung [μm]	
	erfindungsgemäßer Hybridbolzen (Fig. 6a)	Serienstahlbolzen (Fig. 6b)
4	0,46	3,4
8	0,92	6,8
12	1,61	10,7
16	1,89	13,7
18	2,12	15,3

In Fig. 7 ist die jeweilige Ovalverformung von Stahlbolzen gemäß Fig. 6b und von erfindungsgemäßen Hybridbolzen nach Fig. 6a in Abhängigkeit von Zünddruck gezeigt.

Ein Hybridbolzen weist gegenüber einem Rohrbolzen aus Stahl mit gleichen Außenabmessungen und gleicher Funktion in einem Motor ein um 67 g bzw. 23% geringeres Gewicht auf und erfährt bei gleicher Belastung bzw. gleichem Zünddruck eine Ovalverformung von weniger als 1/6 des Stahlbolzens.

Patentansprüche:

1. Bolzen mit hoher Formstabilität und niedrigem Raumgewicht für Drehgelenke von Kurbeltrieben, gebildet als Verbundteil mit einer äußeren Metallhülse und einem zumindest teilweise aus Leichtmetall bestehenden Kern, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Metallhülse aus einer Legierung mit Schwermetallen und der Kern zumindest teilweise aus einem Matrix-Metall-Verbundwerkstoff (MMC), in welchem die Metallkomponente ein Leichtmetall oder eine Leichtmetall-Legierung ist, besteht, und die Teile miteinander nicht lösbar verbunden sind, und der MMC-Werkstoff einen Elastizitätsmodul E von größer 130 kN/mm² sowie einen Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt, der jenem des Metallhülsenwerkstoffes entspricht oder übersteigt.
2. Bolzen nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass der MMC-Werkstoff einen Elastizitätsmodul E von größer 150 kN/mm² besitzt.
3. Bolzen nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Unterschied der Elastizitätsmodule von Hülsenwerkstoff und MMC-Kernwerkstoff weniger als 90 kN/mm², in günstiger Weise weniger als 60 kN/mm², vorzugsweise weniger als 30 kN/mm², insbesondere weniger als 15 kN/mm² beträgt.
4. Bolzen nach einem der Ansprüche 1 bis 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Wärmeausdehnungskoeffizient des Kernes bzw. des MMC-Werkstoffes jenen der Metallhülse derart übersteigt, dass bei Betriebstemperatur die Verformung von Hülse und Kern im elastischen Bereich ist.
5. Bolzen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass der MMC-Kernwerkstoff durch Druckinfiltration einer Schmelze aus einem Leichtmetall oder einer Leichtmetall-Legierung, insbesondere aus einer hochfesten Aluminiumlegierung zwischen Verstärkungspartikeln, insbesondere Oxid(e) und/oder Karbid(e) und/oder Nitrid(e) von Leichtmetallen oder mittels Squeeze-Casting-Verfahrens hergestellt ist.
6. Bolzen nach einem der Ansprüche 1 bis 6, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Partikeln eine blockförmige oder sphärische Struktur mit einem Durchmesser von 2 μm bis 150 μm ,

vorzugsweise von 5 µm bis 60 µm, insbesondere von 8 µm bis 30 µm aufweisen.

7. Bolzen nach einem der Ansprüche 1 bis 6, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Matrixmaterial des Verbundwerkstoffes eine durch eine Wärmebehandlung erhöhte Festigkeit besitzt.
8. Bolzen nach einem der Ansprüche 1 bis 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass der MMC-Kern zumindest teilweise aus einer MMC-Hülse gebildet ist.
9. Bolzen nach einem der Ansprüche 1 bis 8, *dadurch gekennzeichnet*, dass die unlösbare Verbindung zwischen MMC-Kern und Hülse durch thermisches Fügen gebildet ist.
10. Bolzen nach einem der Ansprüche 1 bis 8, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Bolzen durch Einpressen eines MMC-Kernes in eine Hülse mit einem zumindest teilweise konisch geformten Hohl gebildet ist.

Hiezu 4 Blatt Zeichnungen

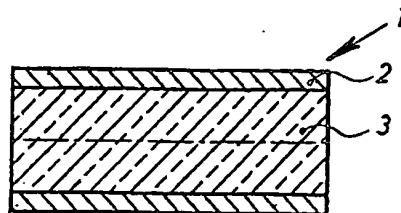


Fig. 1

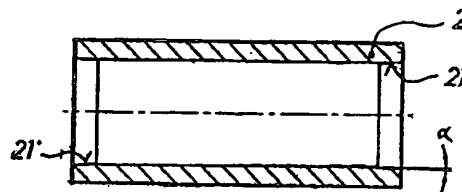


Fig. 2

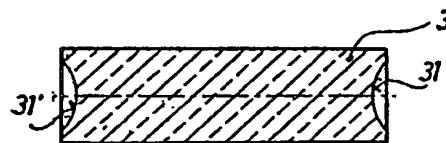


Fig. 3

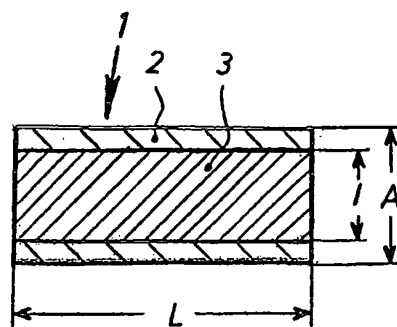


Fig. 6a

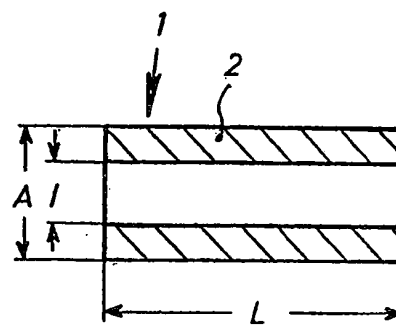


Fig. 6b



österreichisches
patentamt

AT 501 474 B1 2006-09-15

Blatt: 2

Int. Cl.⁸: F16J 1/16 (2006.01)

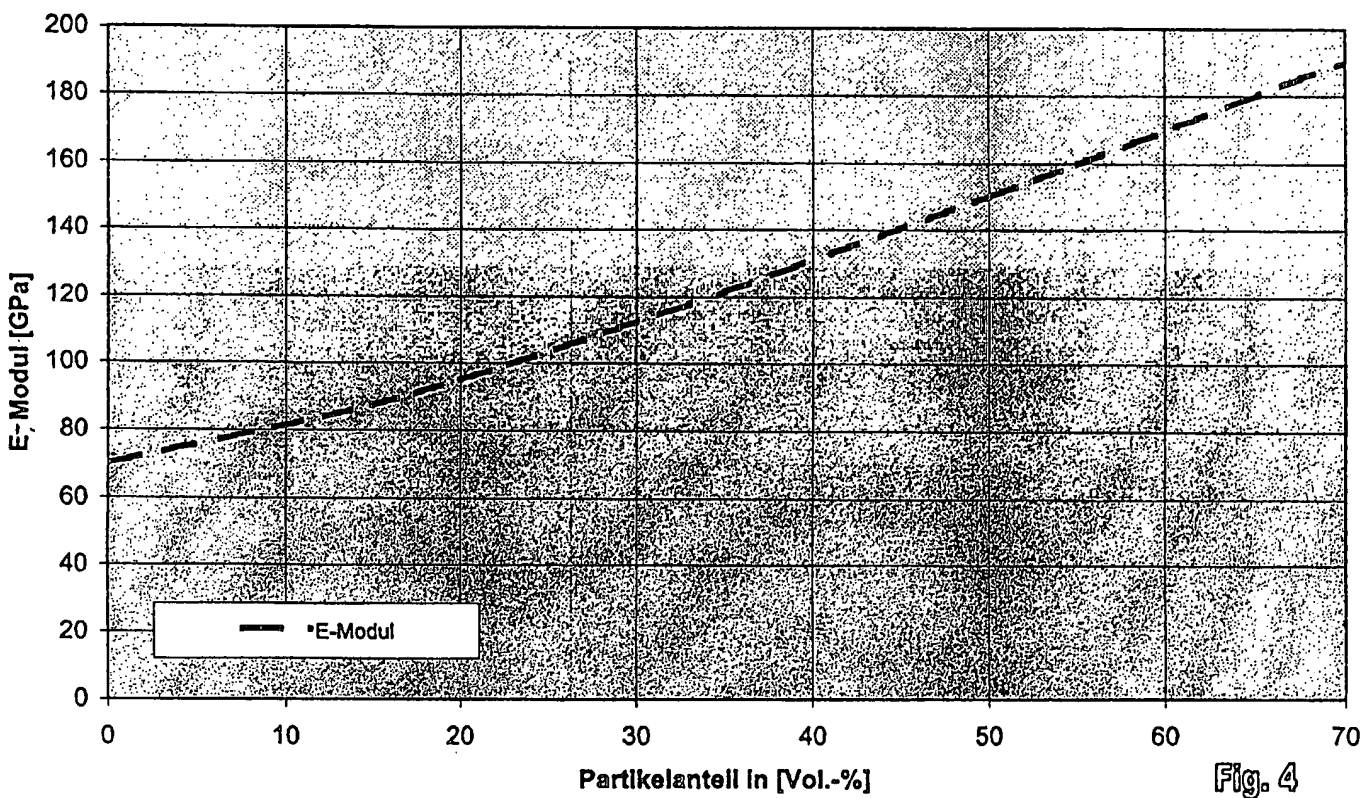


Fig. 4

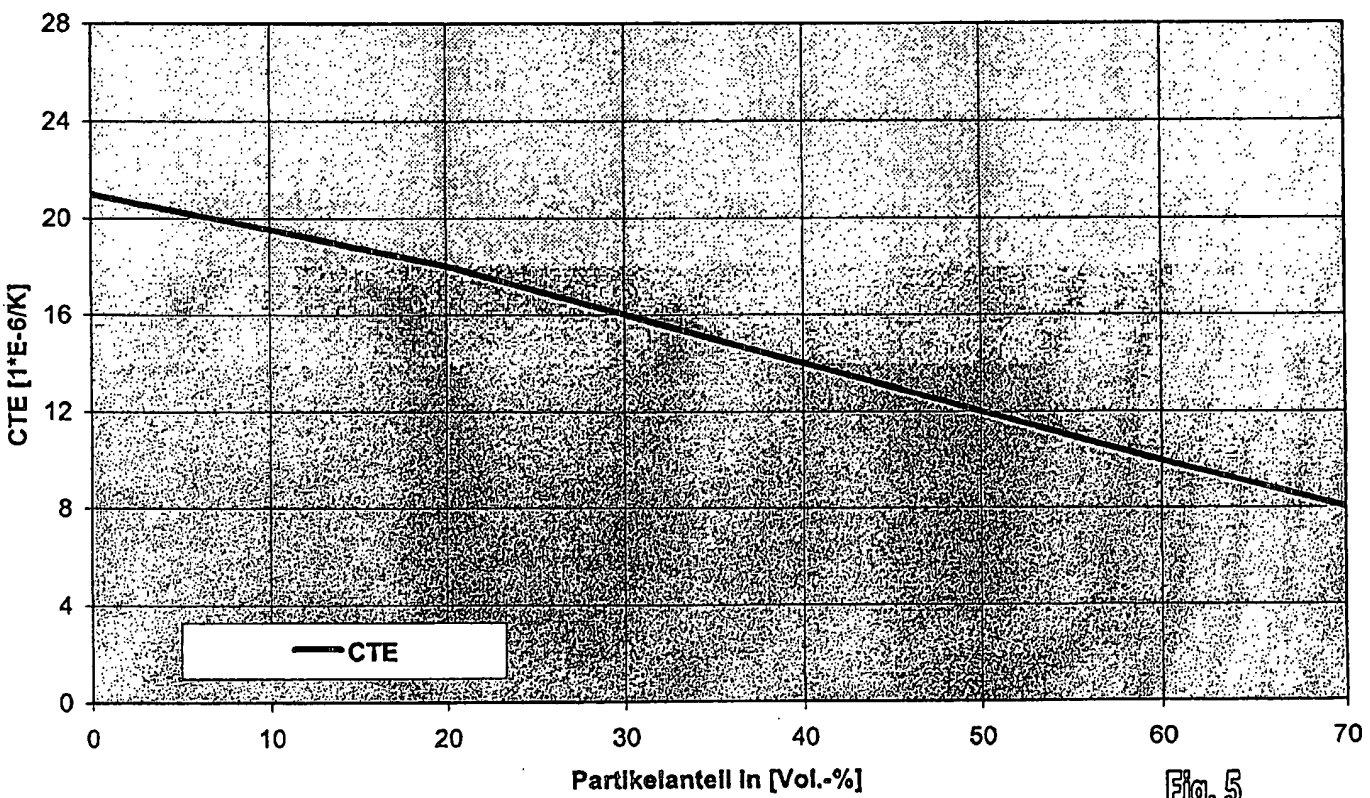


Fig. 5

