



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 11 495 T2 2004.11.04

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 039 168 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 11 495.3

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 302 118.5

(96) Europäischer Anmeldetag: 15.03.2000

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 27.09.2000

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 16.06.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 04.11.2004

(51) Int Cl.⁷: F16D 69/02

C08J 5/04, C08L 61/06

(30) Unionspriorität:

275301 24.03.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:

BorgWarner Inc., Auburn Hills, Mich., US

(72) Erfinder:

Lam, Robert C., Naperville, US

(74) Vertreter:

Patentanwälte Hauck, Graalfs, Wehnert, Döring,
Siemons, 80336 München

(54) Bezeichnung: Asbestfreies Material und Verfahren zur Herstellung

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 eingelebt, 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 betrifft ein fibröses Belagmaterial mit einer primären Schicht mit Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad, Kohlenstofffasern, Kohlenstoffteilchen, und einer sekundären Schicht mit Kohlenstoffteilchen. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein nicht-asbesthaltiges, nicht-metallisches Reibmaterial, welches ein fibröses Basismaterial umfasst, auf dessen Oberfläche Kohlenstoffteilchen während des Herstellungsvorgangs des Reibpapiers abgelegt werden. Das fibröse Basismaterial umfasst eine primäre Schicht mit Aramidfasern mit geringem Fibrillationsgrad, Kohlenstofffasern, Kohlenstoffteilchen, phenolischen Novoloidfasern, Baumwollfasern und wenigstens einem Füllstoff, wie z. B. Diatomeenerde, und eine sekundäre Schicht mit Kohlenstoffteilchen. Die Erfindung betrifft ferner ein zusammengesetztes Reibmaterial, welches das oben beschriebene fibröse Basismaterial enthält, das mit einem Phenolharz oder einer modifizierten Phenolharzmischung imprägniert ist. In gewissen Ausführungsformen wird wenigstens ein Silikonharz mit wenigstens einem Phenolharz zur Verwendung bei der Imprägnierung des fibrösen Basismaterials gemischt.

[0002] Das Reibmaterial der vorliegenden Erfindung weist eine verbesserte Festigkeit, Porosität, Verschleißfestigkeit und Geräuschfestigkeit auf. Das Reibmaterial der vorliegenden Erfindung weist ein besseres „Einfahr“-Verhalten und stabilere Reibkoeffizienten in den anfänglichen Phasen auf als herkömmliche Reibmaterialien. Das resultierende Reibmaterial ist besonders brauchbar in Hochenergieanwendungen und geräuscharmen Bedingungen.

[0003] Das Reibmaterial der vorliegenden Erfindung weist auch eine längere Hochgeschwindigkeits-Dauerhaftigkeit auf.

[0004] In der Automobilindustrie werden neue und fortgeschrittene Kraftübertragungssysteme und Bremssysteme entwickelt. Diese neuen Systeme haben oft Hochenergiefordernisse. Daher muss auch die Reibmaterialtechnologie entwickelt werden, um die erhöhten Energiefordernisse dieser fortschrittlichen Systeme zu erfüllen.

[0005] Das Reibmaterial muss dazu in der Lage sein, hohen Geschwindigkeiten zu widerstehen, bei welchen die Oberflächengeschwindigkeiten bis zu 65 m/sec betragen. Das Reibmaterial muss auch hohen Deckbelagdrücken bis zu ungefähr 1500 psi widerstehen. Es ist auch wichtig, dass das Reibmaterial unter begrenzten Schmierbedingungen nutzbar ist.

[0006] Das Reibmaterial muss dauerhaft sein und eine hohe Hitzebeständigkeit aufweisen, damit es bei hochentwickelten Kraftübertragungs- und Bremssystemen eingesetzt werden kann. Das Reibmaterial muss nicht nur bei hohen Temperaturen stabil bleiben, es muss auch dazu in der Lage sein, die große Hitze schnell zu dissipieren, die bei den Betriebsbedingungen generiert wird.

[0007] Die beim Einkuppeln und Auskuppeln der neuen Kraftübertragungs- und Bremssysteme erzeugten hohen Geschwindigkeiten bedeuten, dass ein Reibmaterial dazu in der Lage sein muss, während des Kuppelns eine relativ konstante Reibung zu halten. Es ist wichtig, dass der Reibeingriff über einen großen Bereich von Geschwindigkeiten und Temperaturen relativ konstant ist, um ein „Zittern“ der Materialien beim Bremsen oder des Kraftübertragungssystems beim Schalten vom einen Gang in den anderen zu minimieren. Insbesondere soll das Reibmaterial während der ersten Zyklen oder der "Einfahr" (auf Englisch: „break-in“) Betriebszeit nicht zittern.

[0008] Es ist auch wichtig, dass das Reibmaterial eine gewünschte Drehmomentkurvenform hat, so dass das Reibmaterial beim Reibeingriff geräuscharfrei oder „quietschfrei“ ist.

[0009] Früher wurden zur Verbesserung der Temperaturstabilität Asbestfasern im Reibmaterial verwendet. Z. B. beschreibt das Arledter et al. US Patent Nr. 3,270,846 Phenol- und phenolisch-modifizierte Harze, die mit Asbest verwendet werden. Nun wird jedoch wegen gesundheitlichen und Umweltproblemen nicht länger Asbest verwendet. Neuere Reibmaterialien haben versucht, das Fehlen von Asbest im Reibmaterial dadurch zu kompensieren, indem Imprägnierpapier- oder Fasermaterialien mit Phenol- oder phenolisch-modifizierten Harzen modifiziert wurden. Diese Reibmaterialien dissipieren jedoch die erzeugte große Hitze nicht schnell genug und weisen nicht die notwendige Hitzebeständigkeit und einen ausreichend hohen Reibkoeffizienten auf, der heutzutage beim Einsatz in den neu entwickelten Hochgeschwindigkeitssystemen benötigt wird.

[0010] Obgleich Phenolharze als Reibmaterialien für Nasskuppelanwendungen Verwendung gefunden haben, weisen die Phenolharze verschiedene Begrenzungen auf. Die Reibmaterialien mit Phenolharz weisen

nicht die hohe Hitzeresistenz auf, die zur Verwendung bei den neuen Hochenergiekraftübertragungssystemen notwendig ist. Insbesondere karbonisieren die Phenolharze bei einer Temperatur von etwa 450° bis 500°C; was zu niedrig ist, um in Hochenergieanwendungen einsetzbar zu sein. Außerdem sind Phenolharze starre Materialien und führen zu ungleichmäßiger Belagabnutzung und „heißen Flecken“ auf der Separatorplatte, wenn sie in einem Reibmaterial verwendet werden.

[0011] Man hat versucht, diese Begrenzungen und Nachteile von Reibmaterialien mit Phenolharz dadurch zu überwinden, dass man die Phenolharze durch andere wärmehärtbare Harze ersetzt hat. Bei einem Versuch, Reibmaterialien herzustellen, wird ein Phenolharz mit verschiedenen synthetischen Harzen modifiziert. Wie z. B. in Takarada et al. US Patent Nr. 4,657,951 beschrieben, wird ein Phenolharz mit einem Organopolysiloxan modifiziert, welches kompressionsgeformt wird, um ein Reibmaterial zu bilden. Das Phenolharz und das Organopolysiloxan werden miteinander zur Reaktion gebracht, um eine Kondensationsreaktion zu bewirken, welche dann destilliert, durch Abkühlen verfestigt und pulverisiert wird, um ein pulverförmiges phenolisch-modifiziertes Harz zu erhalten. Das pulverförmige phenolisch-modifizierte Harz wurde dazu verwendet, ein kompressionsgeformtes Reibmaterial zu bilden.

[0012] Soweit bekannt, gibt es keine Offenbarung eines Reibmaterials zu Verwendung in Kraftübertragungssystemen, welches ein Silikonmaterial enthält, das mit einem phenolischen Material gemischt und dazu verwendet wird, ein Rebpapier zu imprägnieren.

[0013] Obgleich das Hartmann et al. US Patent Nr. 3,911,045 ein mit Phenolharzen gemischtes Silikonmaterial zur Verwendung als eine Formpresszusammensetzung diskutiert wird, gibt es keine Offenbarung oder Anregung, dass ein Silikonmaterial erfolgreich mit einem Harzmaterial gemischt und zur Imprägnierung eines Bremsbelagmaterials verwendet werden könnte. Im Gegenteil: Bisherige Versuche, Silikonharze in Reibmaterialien zu verwenden, waren unakzeptabel. Ein Reibbelag, der mit einem Silikonharz imprägniert oder saturiert war, hat in der Vergangenheit schlechte Scherfestigkeit und Delaminierungsbeständigkeit gezeigt. Ferner sind mit einem Silikonharz gesättigte Reibmaterialien normalerweise zu elastisch, und daraus ergeben sich Tests mit ungewünschten Reib- und Abnutzungseigenschaften. Es ist nicht überraschend, dass geformte Reibbelagzusammensetzungen, die gänzlich aus einem Phenol-Formaldehydharz-Polysiloxanharz gebildet sind, nicht verwendet wurden, obgleich sie bekannt sind, da derartige geformte Zusammensetzungen nicht die gewünschten konstanten Reibkoeffizient-Eigenschaften haben und derartige Reibmaterialien unter Hochenergiebedingungen und großer Hitze versagen.

[0014] Die vorliegende Erfindung ist eine Verbesserung gegenüber dem Seitz US-Patent Nr. 5,083,650, welches ein mehrstufiges Imprägnier- und Aushärtverfahren benutzt; d. h. ein Papier wird mit einer Beschichtungszusammensetzung imprägniert, Kohlenstoffteilchen werden auf das Papier aufgebracht, die Beschichtungszusammensetzung im Papier wird teilweise gehärtet, eine zweite Beschichtungszusammensetzung wird auf das teilweise gehärtete Papier aufgebracht, und zum Schluss werden beide Beschichtungszusammensetzungen ausgehärtet.

[0015] Damit Reibmaterialien bei „nassen“ Anwendungen verwendbar sind, muss das Reibmaterial eine große Vielfalt an akzeptablen Eigenschaften aufweisen. Das Reibmaterial muss federnd oder elastisch und dennoch resistent gegen Bleibende Verformung, Abrieb und Spannung sein, eine hohe Hitzeresistenz aufweisen und dazu in der Lage sein, Wärme schnell zu dissipieren; und eine langdauernde, stabile und konsistente Reibleistung aufweisen. Wenn eine dieser Eigenschaften nicht gegeben ist, kann das Reibmaterial keine optimale Leistung bringen.

[0016] Es ist daher auch wichtig, dass das imprägnierende Harz mit einem geeigneten Reibbelag oder einem fibrösen Basismaterial verwendet wird, um ein Hochenergieanwendungs-Reibmaterial zu bilden. Das Reibmaterial muss eine gute Scherfestigkeit aufweisen, sowohl wenn es während der Imprägnierung mit dem nassen Harz saturiert ist, als auch wenn es während des Gebrauchs mit Bremsflüssigkeit oder Kraftübertragungsöl saturiert ist.

[0017] Es ist auch wichtig, dass das Reibmaterial bei bestimmten Anwendungen eine hohe Porosität aufweist, so dass während des Gebrauchs eine hohe Fluideindrückung auftritt. Es ist somit wichtig, dass das Reibmaterial nicht nur porös ist, es muss auch kompressibel sein. Die in das Reibmaterial eingedrungenen Fluide müssen unter den während der Betätigung der Bremse oder der Kraftübertragung angelegten Drücken schnell aus dem Reibmaterial gepresst oder freigegeben werden können, wobei das Belagmaterial jedoch nicht kollabieren darf. Es ist auch wichtig, dass das Reibmaterial eine hohe thermische Leitfähigkeit aufweist, um dazu beizutragen, die während der Betätigung der Bremse oder der Kraftübertragung erzeugte Hitze

schnell zu dissipieren.

[0018] Die WO 98/90930 (BorgWarner Automotive, Inc.) beschreibt ein zweischichtiges Reibmaterial mit Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad, synthetischem Graphit, Füllstoff und optional Baumwollfasern und Baumwollteilchen in einer primären Schicht, und Kohlenstoffteilchen in einem Retentionshilfsmittel in einer sekundären Schicht.

[0019] Die US 5,858,883 (BorgWarner Automotive, Inc.) beschreibt ein zweischichtiges Reibmaterial mit Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad, synthetischem Graphit und Füllstoff und optional Baumwollfasern in einer ersten Schicht und Kohlenstoffteilchen in einer zweiten Schicht.

[0020] Die EP 0166019 (BorgWarner Automotive, Inc.) beschreibt ein Reibmaterial mit Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad, synthetischem Graphit und Füllstoff in einer primären Schicht und Kohlenstoffteilchen als einer sekundären Schicht.

[0021] Soweit bekannt, gibt es keine Offenbarung eines Reibmaterials zur Verwendung in Kraftübertragungssystemen, welches eine Faser vom Aramidtyp, die einen niedrigeren Fibrillationsgrad aufweist als die zur Zeit erhältlichen Aramidfasern, in Kombination mit Kohlenstofffasern, Kohlenstoffteilchen und Baumwollfasern als eine primäre Schicht enthält und ferner eine sekundäre Schicht aus Kohlenstoffteilchen auf der primären Schicht aufweist.

[0022] Es ist dementsprechend ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Reibmaterial mit zuverlässigen und verbesserten Eigenschaften im Vergleich zu denen des Standes der Technik bereitzustellen.

[0023] Eine weitere Aufgabe dieser Erfindung ist es, Reibmaterialien mit einer guten Anti-Zitterleistung, Hochgeschwindigkeits- und Hochenergiebeständigkeit, hoher Porositätsstärke und Geräuschresistenz bereitzustellen.

[0024] Als ein Ergebnis von umfangreicher Forschung hinsichtlich des Bedarfs für ein besseres Reibmaterial wurde ein Reibmaterial mit verbesserten Eigenschaften von den Erfindern entwickelt. Das vorliegende Reibmaterial ist besonders bei solchen Anwendungen nützlich, bei denen das Reibmaterial im Gebrauch harten „Einfahr“-Bedingungen ausgesetzt ist.

[0025] Um die oben diskutierten Erfordernisse zu erfüllen, wurden viele Materialien bezüglich ihrer Reib- und Hitzebeständigkeiteigenschaften unter Bedingungen untersucht, die ähnlich sind, wie die während der Benutzung. Sowohl kommerziell erhältliche Bremsbeläge als auch Kraftübertragungsmaterialien wurden untersucht und erwiesen sich als nicht geeignet zur Verwendung in Hochenergieanwendungen.

[0026] Die vorliegende Erfindung ist besonders gut verwendbar bei Brems- und Kupplungsanwendungen. Die vorliegende Erfindung stellt ein fibröses Basismaterial bereit, welches eine poröse primäre Schicht und eine sekundäre Schicht aufweist. Die poröse primäre Schicht enthält Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad, Kohlenstofffasern, Kohlenstoffteilchen, Baumwollfasern, wenigstens einen Füllstoff und optional andere Inhaltsstoffe. Die Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad erzeugen einporöses, fibröses Basismaterial. Die Kohlenstofffasern verleihen dem Reibmaterial eine gute Wärmeleitung, so dass das Reibmaterial eine gewünschte Hitzebeständigkeit aufweist. Die Kohlenstoffteilchen sorgen auch für eine gute Wärmeleitung und statten das Reibmaterial ferner mit guten Reibeigenschaften aus, so dass das Reibmaterial ein gutes oder glattes „Schaltgefühl“ vermittelt und einen im wesentlichen geräuschfreien bzw. quietschfreien Betrieb der Bremsen und Kupplungen ermöglicht. Die Gegenwart der Baumwollfasern vermitteln dem Reibmaterial die gewünschten „Einfahr“-Eigenschaften, so dass bei der anfänglichen Ingebrauchnahme des Reibmaterials wenig oder kein Zittern auftritt.

[0027] Die sekundäre Schicht des fibrösen Basismaterials enthält eine optimale Menge an Kohlenstoffteilchen, die auf der porösen primären Schicht während des Verfahrens zur Herstellung des fibrösen Basismaterials abgelagert wurden. In gewissen bevorzugten Ausführungsformen kann ein geeignetes Retentionsmittel verwendet werden, um die Haftung der Kohlenstoffteilchen auf der porösen primären Schicht zu verbessern.

[0028] Das fibröse Basismaterial kann mit verschiedenen Harzsystemen imprägniert werden. In gewissen Ausführungsformen ist es nützlich, das fibröse Basismaterial mit einem Phenolharz oder einem modifizierten phenol-basierten Harz zu imprägnieren. In gewissen Ausführungsformen, bei denen ein Silikonharz mit einem Phenolharz in kompatiblen Lösungsmitteln gemischt wird und diese Silikon-Phenolharzmischung dazu ver-

wendet wird, ein fibröses Basismaterial der vorliegenden Erfindung zu imprägnieren, wird ein besonders nützliches Hochenergie-Reibmaterial gebildet. Derartige Hochenergie-Reibmaterialien weisen eine hohe Reibstabilität und hohe Hitzeresistenz auf.

[0029] Das Reibmaterial der vorliegenden Erfindung verhindert ungleichförmige Belagabnutzung und somit die Bildung von „heißen Flecken“ auf der Separatorplatte während der Nutzlebensdauer des Reibmaterials. Wenn es wenig ungleichförmige Abnutzung auf dem Reibmaterial gibt, ist die Wahrscheinlichkeit größer, dass ein „stabiler Zustand“ der Kupplung oder Bremskomponenten gehalten wird und somit eine konsistenter Leistung der Kupplung und Bremse erreicht wird. Ferner zeigt das Reibmaterial der vorliegenden Erfindung gute Scherfestigkeit, so dass das Reibmaterial einer Delaminierung während des Gebrauchs widersteht.

[0030] Es wird nun auf die beiliegenden Zeichnungen Bezug genommen. In den Zeichnungen zeigen:

[0031] **Fig. 1** ein schematisches Diagramm, welches ein Verfahren zum Herstellen eines Reibmaterials gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0032] **Fig. 2** das Profil einer neuen Separatorplatte, welche keinen Kohlenstoff als sekundäre Schicht aufweist;

[0033] **Fig. 3** das Oberflächenprofil einer Separatorplatte für Beispiel D, welche keinen Kohlenstoff als sekundäre Schicht aufweist;

[0034] **Fig. 4** das Oberflächenprofil einer Separatorscheibe für Beispiel D mit einer sekundären Schicht, die etwa 5% Kohlenstoff enthält;

[0035] **Fig. 5** das Oberflächenprofil einer Separatorscheibe für Beispiel F mit einer sekundären Schicht, die etwa 10% Kohlenstoffmaterial enthält;

[0036] **Fig. 6** ein Oberflächenprofil einer Separatorplatte für Beispiel G mit einer sekundären Schicht, die etwa 15% Kohlenstoffmaterial enthält;

[0037] **Fig. 7** ein Oberflächenprofil einer Separatorscheibe für Beispiel H mit einer sekundären Schicht, die etwa 20% Kohlenstoffmaterial enthält;

[0038] **Fig. 8** ein Graph, der den Anteil in Prozent an Haltezeitänderung gegen die Oberflächenbedeckung mit Kohlenstoff (Fläche in Prozent) für die Beispiele D, E, F, G und H zeigt;

[0039] **Fig. 9** ein Graph, der den Anteil in Prozent von jd-Änderungen gegen die Oberflächenbedeckung mit Kohlenstoff (Fläche in Prozent) für die Beispiele D, E, F, G und H zeigt;

[0040] **Fig. 10** ein Graph, der die anfängliche Änderung des Reibkoeffizienten mit Erhöhung der Zyklen für Beispiele I, E und J zeigt;

[0041] **Fig. 11** ein Graph, der die anfängliche Haltezeit in Sekunden gegen Zyklen für die Beispiele I, E und J zeigt;

[0042] **Fig. 12** ein Graph, der einen Hochenergie-Beständigkeitstest zeigt, der die Haltezeitseite für Tausende von Zyklen für Beispiele E, K und L zeigt;

[0043] **Fig. 13** ein Graph, der die Kurvenform für Beispiel I zeigt, das mit einem Phenolharz mit 35% bis 40% Aufnahme imprägniert ist, beim Niveau B bei 70 Zyklen;

[0044] **Fig. 14** ein Graph, der die Kurvenform für Beispiel I zeigt, das mit einem Phenolharz mit 35% bis 40% Aufnahme imprägniert ist, beim Niveau C bei 95 Zyklen;

[0045] **Fig. 15** ein Graph, der den dynamischen Reibkoeffizienten für die Niveaus A, B, C und D für Beispiel I mit dem anfänglichen, Mittelpunkt- und Endreibkoeffizienten zeigt;

[0046] **Fig. 16** ein Graph, der die Kurvenform für Beispiel E zeigt, welches mit einem Phenolharz bei 35% bis 40% Aufnahme imprägniert ist, am Niveau B bei 70 Zyklen;

[0047] Fig. 17 ein Graph, der die Kurvenform für Beispiel E zeigt, das mit einem Phenolharz bei 35% bis 40% Aufnahme imprägniert wurde, am Level C bei 95 Zyklen;

[0048] Fig. 18 ein Graph, der den dynamischen Reibkoeffizienten für Levels A, B, D und D für Beispiel E mit dem anfänglichen, Mittelpunkt- und Endreibkoeffizienten zeigt;

[0049] Fig. 19A und 19B Graphen, die die Haltezeit zeigen, die durch die Schaltzeit gegen Zyklen für ein Vergleichshochenergiematerial (Fig. 19A) und ein Kohlenstoffablagerungsmaterial, Beispiel M (Fig. 19B) gemessen wird;

[0050] Fig. 20A und 20B Graphen, die die Verschiebung zeigen, die durch Messung der Änderung der Dicke, oder Abnutzung, gegen die Zyklen für ein Vergleichshochenergiematerial (Fig. 20A) und ein Kohlenstoffablagerungsmaterial, Beispiel M, (Fig. 20B) festgestellt wurden;

[0051] Fig. 21A und 21B Graphen, die den anfänglichen, Mittelpunkt- und Endreibkoeffizienten gegen die Zyklen für das Vergleichshochenergiematerial (Fig. 21A) und ein Kohlenstoffablagerungsmaterial, Beispiel M, (Fig. 21B) zeigen.

[0052] Verschiedene bei der vorliegenden Erfindung nutzbare Harze sind Phenolharze und phenol-basierte Harze. Es versteht sich von selbst, dass verschiedene phenol-basierte Harze, die in der Harzmischung andere modifizierende Inhaltsstoffe wie z. B. Epoxid, Butadien, Silikon, Tungöl, Benzin, Cashewnussöl und dergleichen enthalten, auch bei der vorliegenden Erfindung verwendbar sind. In den phenolisch-modifizierten Harzen ist das Phenolharz im allgemeinen mit etwa 50 oder mehr Gew.-% (ausschließlich Lösungsmittel) der Harzmischung vorhanden. Es hat sich jedoch gezeigt, dass in einigen Ausführungsformen die Reibmaterialien verbessert werden können, wenn die Imprägnierharzmischung etwa 5 bis etwa 80 Gew.-% und für einige Zwecke 15 bis etwa 55 Gew.-% und in gewissen Ausführungsformen etwa 15 bis etwa 25 Gew.-% Silikonharz enthält, bezogen auf das Gewicht der Silikon-Phenolmischung (ausschließlich Lösungsmittel und anderer Verarbeitungshilfsmittel).

[0053] Bei der vorliegenden Erfindung verwendbare Silikonharze sind z. B. thermisch aushärtbare Silikondichtmittel und Silikongummis. Verschiedene Silikonharze sind bei der vorliegenden Erfindung verwendbar. Ein Harz insbesondere enthält Xylen und Acetylaceton (2,4-Pentandion). Das Silikonharz weist einen Siedepunkt von ungefähr 362°F (183°C), einen Dampfdruck bei 20°C (68°F) von 2,8 kPa (mm, Hg: 21), Dampfdichte (Luft = 1) von 4,8, vernachlässigbare Löslichkeit in Wasser, ein spezifisches Gewicht von etwa 1,09, Prozent flüchtige Stoffe nach Gewicht, 5% Verdampfungsgeschwindigkeit (Ether = 1), weniger als 0,1, Flammpunkt etwa 149°F (65°C) mit der Pensky-Martens-Methode auf. Es versteht sich von selbst, dass bei der vorliegenden Erfindung andere Silikonharze verwendet werden können. Andere verwendbare Harzmischungen enthalten z. B. ein geeignetes Phenolharz mit (in Gew.-%): etwa 55 bis etwa 60% Phenolharz; etwa 20 bis etwa 25% Ethylalkohol; etwa 10 bis etwa 14% Phenol; etwa 3 bis etwa 4% Methylalkohol; etwa 0,3 bis etwa 0,85% Formaldehyd; und etwa 10 bis etwa 20% Wasser. Andere geeignete phenol-basierte Harze umfassen (in Gew.-%): etwa 50 bis etwa 55% Phenol/Formaldehydharz; etwa 0,5% Formaldehyd; etwa 11% Phenol; etwa 30 bis etwa 35% Isopropanol; und etwa 1 bis etwa 5% Wasser.

[0054] Es hat sich auch gezeigt, dass ein anderes nützliches Harz ein Epoxidmodifiziertes Phenolharz ist, welches etwa 5 bis etwa 25 Gew.-% und vorzugsweise etwa 10 bis etwa 15 Gew.-% einer Epoxidverbindung enthält, wobei der Rest (ausschließlich Lösungsmittel und anderer Verarbeitungshilfsmittel) Phenolharz ist. Die Epoxid-Phenolharz-Verbindung vermittelt dem Reibmaterial in gewissen Ausführungsformen eine höhere Hitzeresistenz als Phenolharz alleine.

[0055] In gewissen Ausführungsformen wird bevorzugt, dass die angestrebte Aufnahme von Harz durch das fibröse Basismaterial im Bereich zwischen etwa 40 und etwa 65% und in einigen Ausführungsformen zwischen etwa 60 und wenigstens 65 Gew.-% gesamtes Silikon-Phenolharz liegt. Nachdem das fibröse Basismaterial mit dem Harz imprägniert wurde, wird das fibröse Basismaterial bei Temperaturen zwischen 300 und 400°C für eine gewisse Zeitspanne gehärtet (in gewissen Ausführungsformen etwa Std.), um das Harzbindemittel zu härten und das Reibmaterial zu bilden. Die Enddicke des Reibmaterials hängt von der Anfangsdicke des fibrösen Basismaterials ab und liegt in gewissen Ausführungsformen vorzugsweise zwischen etwa 0,014 in bis etwa 0,040 in (0,356 mm bis etwa 1,016 mm).

[0056] Es wird ferner überlegt, dass andere Inhaltsstoffe und Verarbeitungshilfsmittel, von denen man weiß, dass sie sowohl bei der Herstellung von Harzmischungen als auch bei der Herstellung von imprägnierten fib-

rösen Basismaterialien nutzbar sind, in dem Reibmaterial enthalten sein können.

[0057] Bei den Ausführungsformen, bei denen ein Phenolharz und ein Silikonharz verwendet wird, wird keine neue Verbindung gebildet, wenn das Silikonharz und das Phenolharz miteinander gemischt werden. Die nachfolgende Tabelle zeigt die herausragenden FT-IR-Peaks in Wellenzahlen für ein gehärtetes Silikonharz, ein gehärtetes Phenolharz, eine 50/50-Mischung aus Silikonharz und Phenolharz, welche gehärtet wurde. Wie man sehen kann, treten in der 50/50-Silikon-Phenolmischung keine neuen Peaks auf und die vorhandenen Peaks geben die Anwesenheit von sowohl Silikonharz als auch Phenolharz wieder. Somit ist gezeigt, dass die Harze getrennt aushärten und dass keine neue Verbindung gebildet wird.

HERAUSRAGENDE FT-IR-PEAKS IN WELLENZAHLEN

| <u>Silikonharz</u> | <u>Phenolharz</u> | <u>50/50-Mischung</u> |
|--------------------|-------------------|-----------------------|
| --- | 3364 | 3366 |
| 2966 | --- | 2964 |
| --- | 1510 | 1510 |
| --- | 1479 | 1481 |
| 1412 | --- | 1410 |
| 1271 | --- | 1261 |
| 798 | --- | 800 |
| 767 | --- | 769 |

[0058] Sowohl das Silikonharz als auch das Phenolharz sind in Lösungsmitteln vorhanden, die miteinander kompatibel sind. Diese Harze werden (in bevorzugten Ausführungsformen) miteinander gemischt, bilden eine homogene Mischung und werden dann dazu verwendet, ein fibröses Basismaterial zu imprägnieren. Es ergibt nicht das gleiche Ergebnis, wenn ein fibröses Basismaterial mit einem Phenolharz und anschließend mit einem Silikonharz imprägniert wird oder umgekehrt. Es gibt auch einen Unterschied zwischen einer Mischung aus einer Silikon-Phenolharzlösung und Emulsionen aus Silikonharzpulver und/oder Phenolharzpulver. Wenn Silikonharze und Phenolharze in Lösung sind, härteten sie gar nicht aus. Im Gegensatz dazu werden Pulverteilchen von Silikonharzen und Phenolharzen teilweise gehärtet. Die teilweise Aushärtung der Silikonharze und des Phenolharz verhindert eine gute Imprägnierung des fibrösen Basismaterials.

[0059] Gemäß einem Aspekt der vorliegende Erfindung wird das fibröse Basismaterial dahermit einer Mischung aus einem Silikonharz in einem Lösungsmittel imprägniert, welches mit dem Phenolharz und seinem Lösungsmittel kompatibel ist. Bei einer Ausführungsform hat man herausgefunden, dass Isopropanol ein besonders geeignetes Lösungsmittel ist. Es versteht sich jedoch von selbst, dass verschiedene andere geeignete Lösungsmittel, wie z. B. Ethanol, Methylethylketon, Butanol, Isopropanol, Toluol und dergleichen bei der Ausführung dieser Erfindung verwendet werden können. Die Gegenwart eines Silikonharzes, wenn es mit einem Phenolharz gemischt ist und dazu verwendet wird, ein fibröses Basismaterial zu imprägnieren, führt dazu, dass die resultierenden Reibmaterialien elastischer sind als fibröse Basismaterialien, die nur mit einem Phenolharz imprägniert wurden. Wenn Drücke an das mit der Silikon-Phenolharzmischung imprägnierte Reibmaterial der vorliegenden Erfindung angelegt werden, gibt es eine gleichmäßigere Druckverteilung, die ihrerseits die Wahrscheinlichkeit von ungleichmäßiger Belagabnutzung verringert. Nachdem das Silikonharz und das Phenolharz miteinander gemischt wurden, wird die Mischung dazu verwendet, ein fibröses Basismaterial zu imprägnieren.

[0060] Eine größere Elastizität des Reibmaterials erlaubt eine gleichmäßigere Hitzedissipierung während des Gebrauchs des Reibmaterials, da das Fluid in dem Getriebe oder der Bremse schneller durch die poröse Struktur des Reibmaterials fließen kann. Ferner sorgt die erhöhte Elastizität für einen gleichmäßigeren Druck oder sogar Druckverteilung auf dem Reibmaterial, so dass es keine ungleichmäßige Belagabnutzung oder „heiße Flecke“ auf der Separatorplatte gibt.

[0061] Das Reibmaterial der vorliegenden Erfindung weist eine gute Dauerhaftigkeit und eine hohe Delaminierungsbeständigkeit auf. Die Scherfestigkeit (psi) des Reibmaterials der vorliegenden Erfindung ist größer

als bei herkömmlichen Reibmaterialien. Die Verwendung von Fasern mit niedrigem Fibrillationsgrad und Kohlenstofffasern führt zu einer Porenstruktur des Reibmaterials, die ihrerseits eine erhöhte Hitzebeständigkeit des Reibmaterials liefert. Die Fasergeometrie bietet nicht nur erhöhte Hitzbeständigkeit, sondern auch Delaminierungsbeständigkeit und Quietsch- oder Geräuschresistenz. Die Gegenwart der Kohlenstofffasern und Kohlenstoffteilchen und wenigstens einem Füllstoff hilft dabei, die Hitzebeständigkeit zu erhöhen und dabei einen gleichmäßigen Reibkoeffizienten zu halten und die Quietschresistenz zu erhöhen.

[0062] Verschiedene Verfahren zur Imprägnierung von Materialien können bei der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Das fibröse Basismaterial wird mit dem Phenolharz oder modifizierten Phenolharz imprägniert, vorzugsweise derart, dass das Imprägnierharzmaterial etwa 45 bis etwa 65 Gew-% pro 100 Gew-% des Reibmaterials enthält. Nachdem das fibröse Basismaterial mit dem Harz imprägniert würde, wird das imprägnierte fibröse Basismaterial für eine vorbestimmte Zeitdauer auf eine gewünschte Temperatur erhitzt, um das Reibmaterial zu bilden. Das Erhitzen härtet das Phenolharz bei einer Temperatur von etwa 300°F (149°C) aus. Wenn andere Harze vorhanden sind, wie z. B. ein Silikonharz, härtet das Erhitzen das Silikonharz bei einer Temperatur von etwa 204°C (400°F) aus. Danach wird das imprägnierte und gehärtete Reibmaterial durch geeignete Mittel an dem gewünschten Substrat befestigt.

[0063] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine poröse primäre Schicht des fibrösen Basismaterials, welches Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad, Kohlenstoffteilchen, Kohlenstofffasern und wenigstens einen Füllstoff enthält, sowie in gewissen Ausführungsformen Baumwollfasern, die kombiniert werden und dabei ein papiereartiges fibröses Basismaterial bilden. Man beachte, dass überlegt wird, dass verschiedene Verfahren zum Bilden der fibrösen Basismaterialien bei der Herstellung des fibrösen Basismaterials der vorliegenden Erfindung nützlich sein können. Es wurde durch die Erfinder gezeigt, dass die Verwendung von Aramidfasern mit geringem Fibrillationsgrad und Kohlenstofffasern in einer primären Schicht des fibrösen Basismaterials die Fähigkeit des Reibmaterials verbessert, hohen Temperaturen zu widerstehen. Die Erfinder haben auch herausgefunden, dass in gewissen Ausführungsformen eine relativ geringe Menge an Baumwollfasern in der primären Schicht die „Einfahr“-Eigenschaften des Reibmaterials beim Kuppeln verbessert.

[0064] Die vorliegende Erfindung stellt ein Reibmaterial bereit, welches Aramidfasern mit geringem Fibrillationsgrad enthält, bei denen im allgemeinen wenige Fibrillen an einer Kernfaser befestigt sind. Die Verwendung von Aramidfasern mit geringem Fibrillationsgrad führt zu einem Reibmaterial mit einer poröseren Struktur; d. h. es gibt mehr und größere Poren als wenn eine Aramidfaser mit einem typischen Fibrillationsgrad verwendet wird. Die poröse Struktur wird im allgemeinen durch die Porengröße und die Flüssigkeitsdurchlässigkeit definiert. In einer bevorzugten Ausführungsform weist das fibröse Basismaterial Poren auf, die eine mittlere Durchschnittsgröße von etwa 2,0 bis etwa 15 µm im Durchmesser aufweisen.

[0065] In gewissen Ausführungsformen liegt die mittlere Porengröße in einem Bereich zwischen etwa 2,5 und etwa 4 µm im Durchmesser, und das Reibmaterial weist leicht zugängliche Lufthohlräume von wenigstens 50% und in gewissen Ausführungsformen wenigstens etwa 60% oder mehr auf.

[0066] Der höhere mittlere Flussporedurchmesser und Darcy's Durchlässigkeit zeigen an, dass das Reibmaterial wahrscheinlich kühler läuft oder in einem Getriebe aufgrund des besseren Materialstroms aus Automatikgetriebeflüssigkeit durch die poröse Struktur des Reibmaterials weniger Hitze erzeugt. Im Betrieb eines Kraftübertragungssystems entwickeln sich mit der Zeit aufgrund eines Abbaus der Automatikgetriebeflüssigkeit tendenziell Ölablagerungen auf der Oberfläche des Reibmaterials, besonders bei hohen Temperaturen. Die Ölablagerungen auf den Fasern verkleinern die Porenöffnungen. Wenn ein Reibmaterial somit zunächst mit größeren Poren beginnt, so verbleiben während der Nutzlebensdauer des Reibmaterials mehr offene Poren. Außerdem erlaubt das Silikonharz in Ausführungsformen, die wenigstens teilweise mit einem Silikonharz imprägniert sind, aufgrund seiner elastischen Eigenschaften, dass die Fasern in dem Reibbelag eine offene Struktur aufweisen.

[0067] Die Länge der Faser mit niedrigem Fibrillationsgrad liegt zwischen etwa 0,5 und etwa 6 mm und weist eine Canadian Standard Freeness (CSF) von mehr als etwa 450 und in einigen Ausführungsformen etwa 500 bis etwa 550 und in anderen besonderen Ausführungsformen von etwa 580 bis 640 und besonders bevorzugten Ausführungsformen etwa 620 bis 640 auf. Im Gegensatz dazu weisen Fasern mit höherem Fibrillationsgrad, wie z. B. Aramidpulpe, eine Entwässerungsfähigkeit von etwa 285 bis 290 auf.

[0068] Die „Canadian Standard Freeness“ (T227 om-85) bedeutet, dass der Fibrillationsgrad von Fasern als Maß der Entwässerungsfähigkeit (auch Stoffdurchlässigkeit, Mahlgrad, auf Englisch „freeness“) der Fasern beschrieben werden kann. Der CSF-Test ist ein empirisches Verfahren, welches einen willkürlichen Wert der Ge-

schwindigkeit angibt, mit welchem eine Suspension von 3 g Fasern in einem Liter Wasser trocknen kann. Somit weisen Aramidfasern mit niedrigerem Fibrillationsgrad eine höhere Entwässerungsfähigkeit oder eine höhere Drainagegeschwindigkeit des Fluids aus dem Reibmaterial auf, als andere Aramidfasern oder -pulpe. Überraschenderweise hat sich nun gezeigt, dass Reibmaterialien mit Aramidfasern mit einem CSF im Bereich zwischen etwa 530 und 650, vorzugsweise etwa 580 bis 640 und besonders bevorzugt etwa 620 bis 640 eine ausgezeichnete Reibleistung liefern und bessere Materialeigenschaften aufweisen, als Reibmaterialien, die herkömmlicherweise Aramidfasern mit höherem Fibrillationsgrad enthalten. Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass die längere Faserlänge, zusammen mit der hohen Canadian Freeness, ein Reibmaterial mit einer hohen Festigkeit, hohen Porosität und guter Abnutzungsresistenz liefern.

[0069] Wie in den unten stehenden Beispielen gezeigt, weisen mit Material, die z. B. die Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad (CSF etwa 580–640 und besonders bevorzugt etwa 620–640) durchgeführte Hochenergiestests gute Langzeitbeständigkeit und stabile Reibkoeffizienten auf. Wie in den nachfolgenden Beispielen gezeigt wird, haben die Hochenergiestests, die mit Materialen durchgeführt wurden, die zum Beispiel Aramidfasern mit geringerem Fibrillationsgrad (CSF etwa 580 bis 640 und besonders bevorzugt 620–649) enthalten, besonders gute Langzeitzdauerhaftigkeit und stabile Reibkoeffizienten.

[0070] Je poröser die Struktur des Reibmaterials, desto effizienter ist die Wärmedissipierung. Der Ölfluss in das Reibmaterial hinein und aus dem Reibmaterial heraus während des Eingriffs des Reibmaterials im Gebrauch geschieht schneller, wenn das Reibmaterial porös ist.

[0071] Man hat ferner entdeckt, dass die Fasern mit niedrigem Fibrillationsgrad, Kohlenstoffteilchen, Kohlenstofffasern und Füllstoffe die Porenstruktur des fibrösen Basismaterials derart verbessern, dass es im fibrösen Basismaterial mehr poröse Öffnungen gibt. Die erhöhte Porosität erhöht auch die Elastizität des Reibmaterials. Ein niedriger Fibrillationsgrad der Aramidfasern mit geringem Fibrillationsgrad führt dazu, dass das Reibmaterial eine porösere Struktur aufweist.

[0072] Bis zur vorliegenden Erfindung war nicht bekannt, Kohlenstofffasern und Kohlenstoffteilchen in eine primäre Schicht eines fibrösen Basismaterials mit Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad zu verwenden. Die Verwendung von Kohlenstoffteilchen und Kohlenstofffasern in dem fibrösen Basismaterial sorgt auch für eine dreidimensionalere Struktur des fibrösen Basismaterials. In gewissen Ausführungsformen wird bevorzugt, dass die Größe und Geometrie der Kohlenstoffteilchen in dem Größenbereich von etwa 20 bis etwa 50 µm ist. In diesen gewissen Ausführungsformen hat man gefunden, dass es, wenn die Größe der Kohlenstoffteilchen zu groß oder zu klein ist, keine optimale dreidimensionale Struktur gibt und die Hitzebeständigkeit daher nicht optimal ist.

[0073] Die primäre Schicht enthält auch Novoloidfasern, die einen vernetzten Phenolformaldehydpolymer enthalten. In gewissen Ausführungsformen hat man herausgefunden, dass eine Kombination aus Novoloidfasern, bei welcher ein Fasertyp eine relativ kürzere Länge mit einer durchschnittlichen Länge von 0,2 mm aufweist und ein anderer Fasertyp eine relativ längere Länge mit einer durchschnittlichen Länge von etwa 3 mm aufweist, besonders nützlich ist. Ohne sich auf eine Theorie festlegen zu wollen, wird angenommen, dass die relativ kürzeren Fasern sich eher wie Teilchen als wie Fasern verhalten und daher wie ein Typ Bindemittelmaterial im Reibmaterial wirken. Die kürzeren teilchenähnlichen Novoloidfasern geben dem Reibpapier eine verbesserte Festigkeit. Die relativ längeren Fasern geben dem Reibmaterial Festigkeit und Struktur dadurch, dass sie ein Kollabieren des Reibmaterials verhindern, wenn das Reibmaterial unter Druck steht. Ohne sich auf eine bestimmte Theorie festlegen zu wollen, wird angenommen, dass die Novoloidfasern, die den Phenolharzen chemisch ähneln, die sich im Reibmaterial befinden, sich mit dem Phenolharzmaterial verbinden, um dem Reibmaterial sowohl mechanische als auch chemische Festigkeit zu vermitteln. In verschiedenen Ausführungsformen können die Novoloidfasern im Bereich von etwa 1 bis etwa 10% und vorzugsweise etwa 2% ausmachen.

[0074] Die Verwendung von Kohlenstoffteilchen und Kohlenstofffasern in der primären Schicht des fibrösen Basismaterials gibt dem fibrösen Basismaterial eine ausgerichtete oder dreidimensionale Struktur. Die Kohlenstoffteilchen und Kohlenstofffasern weisen eine hohe thermische Leitfähigkeit auf, die wiederum dem Reibmaterial die Fähigkeit verleiht, Hitze schnell zu dissipieren.

[0075] Die primäre Schicht des fibrösen Basismaterials kann Kohlenstoffteilchen enthalten, die eine hohe thermische Leitfähigkeit aufweisen. Die Kohlenstoffteilchen geben dem Reibmaterial eine gute Hitzeleitung, so dass das Reibmaterial die gewünschte Hitzebeständigkeit aufweist. Die Kohlenstoffteilchen geben dem Reibmaterial auch gute Reibeigenschaften, wie z. B. ein gutes oder glattes „Schaltgefühl“ und eine im wesentlichen

geräuschfreie oder „quietschfreie“ Betätigung der Bremsen und Kupplungen. Die Kohlenstoffteilchen sind weniger strukturiert und zufälliger strukturiert als Graphitteilchen und werden typischerweise hergestellt, indem verschiedene Substrate bei relativ geringen Temperaturen (z. B. 1000°C) verarbeitet werden.

[0076] Es versteht sich von selbst, dass verschiedene Füllstoffe in der primären Schicht des fibrösen Basismaterials der vorliegenden Erfindung verwendet werden können. Insbesondere sind Silica-Füllstoffe wie z. B. Diatomeenerde (Celite) und/oder Silica besonders nützlich. Das Celit ist ein billiger organischer Füllstoff, der sich fest mit den fibrösen Materialien verbindet. Die starken Bindungen geben dem Reibmaterial eine hohe mechanische Festigkeit. Das Celit gibt dem Reibmaterial auch hohe Reibkoeffizienten. Das Celit stattet das Reibmaterial auch mit einer glatten Reibfläche aus und sorgt für ein gutes „Schaltgefühl“ und Reibeigenschaften des Reibmaterials. Dennoch wird darüber nachgedacht, dass andere Arten von Füllstoffen zur Verwendung bei der vorliegenden Erfindung geeignet sind, und die Wahl des Füllstoffes hängt von den besonderen Erfordernissen des Endverbrauchers des doppelten Reibmaterials ab.

[0077] In gewissen Ausführungsformen werden der primären Schicht des fibrösen Basismaterials der vorliegenden Erfindung Baumwollfasern beigegeben, um dem fibrösen Reibmaterial einen höheren Reibkoeffizienten zu verleihen. In gewissen Ausführungsformen sind in der primären Schicht des fibrösen Basismaterials etwa 3 bis etwa 10% und in besonderen Ausführungsformen etwa 5% enthalten.

[0078] Ein Beispiel einer Formulierung einer primären Schicht eines fibrösen Basismaterials enthält etwa 10 bis etwa 50 Gew.-% Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad, etwa 5 bis etwa 20 Gew.-% Kohlenstoffteilchen, etwa 5 bis etwa 25% Kohlenstofffasern, etwa 15 bis etwa 35 Füllstoffe, etwa 0 bis etwa 10% Baumwollfasern und etwa 0,5 bis etwa 5% phenolische Novoloidfasern. In gewissen Ausführungsformen enthält eine bestimmte Formulierung der primären Schicht, die man nützlich gefunden hat, etwa 40 Gew.-% Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad, etwa 13 Gew.-% Kohlenstoffteilchen, etwa 20% Kohlenstofffasern, etwa 20 Gew.-% Füllstoff, etwa 3 bis etwa 5% Baumwollfasern und etwa 2% phenolische Novoloidfasern. Eine weitere besonders brauchbare Formulierung der primären Schicht enthält etwa 43 Gew.-% Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad, etwa 15 Gew.-% Kohlenstoffteilchen, etwa 20 Gew.-% Kohlenstofffasern, etwa 20 Gew.-% Füllstoff und etwa 2% phenolische Novoloidfasern.

[0079] Die Formulierung enthält ferner eine sekundäre Schicht, die aus einer Ablagerung von Kohlenstoffteilchen auf der Oberfläche des Fasermaterials während des Herstellungsvorgangs des fibrösen Basismaterials besteht. Die Haftung der Kohlenstoffteilchen auf der Oberfläche des fibrösen Basismaterials kann durch die Verwendung von Retentionshilfsmitteln und/oder Bindemitteln, wie z. B. einer geeigneten Menge von Materialien vom Latextyp verbessert werden, die in der primären oder unteren Schicht vorhanden sind.

[0080] In bevorzugten Ausführungsformen liegt die Menge an in der sekundären Schicht enthaltenen Kohlenstoffteilchen zwischen etwa 0,2 und etwa 20 Gew.-% und in gewissen Ausführungsformen zwischen etwa 15 und etwa 5 Gew.-% und in noch weiteren Ausführungsformen zwischen etwa 2 und etwa 20 Gew.-% des Reibpapiers. In bevorzugten Ausführungsformen ist die Bedeckungsfläche der Kohlenstoffteilchen auf der Oberfläche der primären Schicht im Bereich von etwa 3 bis etwa 90% der Oberfläche. Eine bestimmte Formulierung der sekundären Schicht enthält etwa 3 bis etwa 5 Gew.-% Kohlenstoffteilchen mit Bezug auf das Gewicht des fibrösen Basismaterials.

[0081] Die Gleichmäßigkeit der Schicht aus Kohlenstoffteilchen auf der Oberfläche des fibrösen Basismaterials kann auch dadurch verbessert werden, dass ein Bereich oder eine Größe von Kohlenstoffteilchen verwendet wird, die vorzugsweise zwischen etwa 0,5 und etwa 80 µm liegt. Es wird hier jedoch erwogen, dass andere Größen an Kohlenstoffteilchen auch als sekundäre Schicht auf dem fibrösen Basismaterial der vorliegenden Erfindung verwendet werden können.

[0082] Die folgenden Beispiele liefern einen weiteren Beweis dafür, dass das fibröse Basismaterial und das Reibmaterial der vorliegenden Erfindung eine Verbesserung gegenüber den herkömmlichen Reibmaterialien darstellen. Verschiedene bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden in den folgenden Beispielen beschrieben, die jedoch nicht dazu gedacht sind, den Schutzbereich der Erfindung zu begrenzen.

[0083] Der Reibkoeffizient des Reibmaterials der vorliegenden Erfindung bleibt relativ stabil, während sich die Zyklen erhöhen, und zeigt damit die hohe Reibstabilität des Reibmaterials. Der dynamische Reibkoeffizient des Reibmaterials am Mittelpunkt zeigt auch, dass der Mittelpunkt-Reibkoeffizient relativ stabil bleibt, wenn sich die Anzahl von Zyklen erhöht. Die Reibmaterialien der vorliegenden Erfindung weisen stabilere Mittelpunkt-Reibkoeffizienten auf als Vergleichsreibmaterialien.

[0084] Die Drehmomentkurvenform zeigt, dass das Reibmaterial der vorliegenden Erfindung besonders bei Hochenergie-, Hochgeschwindigkeits- und Hochtemperaturanwendungen verwendbar ist. Die stabile Drehmomentkurve zeigt auch, dass das Reibmaterial der vorliegenden Erfindung im wesentlichen geräuschfrei oder quietschfrei ist. Das Reibmaterial der vorliegenden Erfindung zeigt konsistent bessere Leistungen als die Vergleichsmaterialien. Die fibrösen Basismaterialien der vorliegenden Erfindung bieten somit bei höheren Geschwindigkeiten eine viel bessere Leistung als die Vergleichsmaterialien. Es ist auch wichtig zu beachten, dass der Reibkoeffizient nicht abfällt, wenn sich die Anzahl Zyklen bei den fibrösen Basismaterialien der vorliegenden Erfindung erhöht. Der relativ stabile Reibkoeffizient zeigt auch an, dass die Reibmaterialien sehr stabil sind.

[0085] Insbesondere zeigt das Reibmaterial der vorliegenden Erfindung konsistent bessere Leistung als herkömmliche Hochenergiematerialien in erweiterten Hochgeschwindigkeits-Dauerhaftigkeitstests. Eine Erhöhung der Canadian Standard Freeness der Aramidfasern ergibt fibröse Basismaterialien mit verbesserter Dauerhaftigkeit. Ferner haben fibröse Basismaterialien, die Aramidfasern enthalten und ein CSF von wenigstens etwa 580 bis 640, vorzugsweise etwa 600 bis 640 und besonders bevorzugt etwa 620 bis 640 aufweisen, größere Porengrößen als andere Arten von Aramidfasern. Die hohe Trägheitsdauerhaftigkeit der fibrösen Basismaterialien mit derartigen Aramidfasern mit geringem Fibrillationsgrad wird verbessert und es gibt eine bessere Resistenz gegen ein Nachlassen der Wirksamkeit.

[0086] Eine bevorzugte Ausführungsform zur Herstellung eines Reibmaterials 0 ist in **Fig. 1** gezeigt. Ein fibröses Basismaterial **12** enthält eine untere Schicht **14** mit einer Oberseite **16** und einer Unterseite **18**. In einer bevorzugten Ausführungsform enthält die untere Schicht **14** die Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad, Kohlenstoffteilchen, Kohlenstofffasern, Baumwollfasern, Füllstoff und phenolische Novoloidfasern. Während die untere Schicht **14** nass ist, werden Kohlenstoffteilchen **20** auf der Oberseite **16** der nassen unteren Schicht **14** abgelagert. In gewissen Ausführungsformen enthält die untere Schicht **14** ferner eine geeignete Menge von wenigstens einem Typ Bindemittel oder Retentionshilfsmittel, so dass die Kohlenstoffteilchen an der nassen Schicht **14** durch das Retentionshilfsmittel anhaften, welches in der unteren nassen Schicht **14** enthalten ist. Geeignete Retentionshilfsmittel sind z. B. ein Bindemittelmaterial vom Latextyp und/oder ein Material auf der Basis von Alaun mit einem pH von etwa 4,5 oder weniger.

[0087] In einer weiteren Ausführungsform ist es nützlich, ein Niedervakuum-Druckmittel **30** auf einer Unterseite der nassen Schicht **14** zu verwenden, bevor die Kohlenstoffteilchen **20** auf der gegenüberliegenden Unterseite **18** der Schicht **14** abgelegt werden.

[0088] In einem bevorzugten Verfahren zum Herstellen des nicht-asbesthaltigen Reibmaterials werden Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad, Kohlenstoffteilchen, Kohlenstofffasern, Baumwollfasern, phenolische Novoloidfasern und wenigstens ein Füllstoff miteinander gemischt, um eine primäre Schicht des fibrösen Basismaterials zu bilden. Wenigstens eine Seite des fibrösen Basismaterials wird mit einer sekundären Schicht überzogen, die Kohlenstoffteilchen enthält. Das fibröse Basismaterial mit der Kohlenstoffteilchenbeschichtung wird daraufhin mit wenigstens einem phenolischen oder modifizierten phenolischen Harz imprägniert. Das imprägnierte, kohlenstoffbeschichtete Basismaterial wird dann bei einer vorbestimmten Temperatur für eine vorbestimmte Zeitdauer gehärtet.

[0089] In einer weiteren Ausführungsform kann ein Phenolharz mit einem Silikonharz gemischt werden, um das fibröse Basismaterial zu imprägnieren, wie in US Patent Nr. 5,639,804 offenbart, dessen gesamter Inhalt hiermit in diese Anmeldung aufgenommen wird.

[0090] Es hat sich gezeigt, dass die längere Faserlänge, zusammen mit der hohen Canadian freeness und der Schicht aus Kunststoffteilchen ein Reibmaterial ergibt, welches eine hohe Dauerhaftigkeit, gute Verschleißfestigkeit und verbesserte Einfahreigenschaften aufweist. Die Änderung im Reibkoeffizienten des geschichteten Reibmaterials mit Kohlenstoffablagerung ist in den anfänglichen Phasen sehr viel geringer als bei Reibmaterialien mit keiner Kohlenstoffablagerung.

[0091] Die Tabelle 1 zeigt eine Zusammenfassung der Testprozedurbedingungen für den Einfahreigenschaftstest 5004DN, Hochgeschwindigkeits-Dauerhaftigkeitstest 5004CN, Hochenergie-Dauerhaftigkeitstest 5030CN und den μ -v-p-t-Eigenschaftstest 491N–494N für die in den unten stehenden Beispielen 1 bis 4 gezeigten Materialien

Tabelle 1
Testprozedurbedingungen (nicht eingetauchte Modifikation
(Größe 3 Scheiben)

| <u>Testprozedur</u> | <u>Einfahr-Merk-</u> <u>male</u> | <u>Hochenergie-</u> <u>Dauerhaftigkeits-</u> <u>test</u> | <u>Hochenergie-</u> <u>Dauerhaftigkeits-</u> <u>test</u> |
|---------------------|-------------------------------------|--|--|
| | <u>5004DN</u> | <u>5004CN</u> | <u>5030CN</u> |
| Level | Level A | Levels A & C | Levels A & C |
| Zyklen | 200 Zyklen | 50 Zyklen | ← |
| Geschwindigkeit | 3700 U/min | ← | 3600 U/min |
| Trägheit | 2,17 kg/cms ² | ← | ← |
| Druck | 137,8 KPa | ← | ← |
| Temperatur | 100-110°C | ← | ← |
| Ölfluss | 0,757 l/m | ← | ← |
| Kinetische Energie | 15974 Joule | ← | 15122 Joule |
| Level | - | Level B | Level B |
| Zyklen | - | 5000 Zyklen | 5000 Zyklen |
| Geschwindigkeit | - | 6200 U/min | 4000 U/min |
| Trägheit | - | 1,98 kg cms ² | 5,30 kg cms ² |
| Druck | - | - | - |
| Haltezeit | - | *0,8 s | **0,95 s |
| Temperatur | - | 110-110°C | 100-110°C |
| Ölfluss | - | 0,787 l/min | ← |
| Kinetische Energie | - | 40865 Joule | 45558 Joule |
| Leistungsdichte | - | 2,27 W/mm ² | 2,13 W/mm ² |

Testprozeduren μ -v-p-t Eigenschaften 491N-494N

| Level | Level A | Level B |
|--------------------|---|------------|
| Zyklen | 50 Zyklen | 25 Zyklen |
| Geschwindigkeit | 800 U/min | 1400 U/min |
| Trägheit | 3,55 kg cms ² | ← |
| Druck | 48,7 KPa | 97,4 KPa |
| Temperatur | 491N=30°C, 492N=80°C 493N=100°C, 494N=12°C | ← ← |
| Ölfluss | 0,757 l/min | ← |
| Kinetische Energie | 1223 Joule | 3745 Joule |

| Level | Level C | Level D |
|--------------------|--|--|
| Zyklen | 25 Zyklen | 25 Zyklen |
| Geschwindigkeit | 2600 U/min | 3600 U/min |
| Trägheit | 3,55 kg cms ² | 3,55 kg cms ² |
| Druck | 194,8 KPa | 292,2 KPa |
| Haltezeit | - | - |
| Temperatur | 491N=30°C, 492N=80°C 493N=100°C, 494N=120°C | 491N=30°C, 492N=80°C 493N=100°C, 494N=120°C |
| Ölfluss | 0,787 l/min | ← |
| Kinetische Energie | 12916 Joule | 24761 Joule |
| Leistungsdichte | - | - |

Fußnoten

In Level B wird der angelegte Druck so eingestellt, dass innerhalb von 175 Zyklen eine 0,8 s Haltezeit eingehalten wird.

In Level B wird Start bei 140 KPa gedrückt, der Druck so eingestellt, dass eine 0,95 s Haltezeit innerhalb 175 Zyklen eingehalten wird.

Beispiel 1

[0092] Die folgenden fibrösen Basismaterialien werden in Gew.-% in den untenstehenden Beispielen verwendet.

[0093] Beispiel A ist ein zweischichtiges fibröses Basismaterial mit einer primären Schicht aus etwa 45% fibrillierten Aramidfasern (CSF etwa 450 bis 500), etwa 10% synthetischen Graphit, etwa 40% Diatomeenerde und optional etwa 5% Füllstoff, wie z. B. Aramidpulpe, und eine sekundäre Schicht mit etwa 3 bis 5% Kohlenstoffteilchen. In gewissen Ausführungsformen ist es wünschenswert, ein Retentionshilfsmittel zu verwenden,

damit die Kohlenstoffteilchen leichter auf der Oberfläche des fibrösen Basismaterials haften.

[0094] Beispiel B ist ein zweischichtiges fibröses Basismaterial, welche eine primäre Schicht aus etwa 45% fibrillierten Aramidfasern (CSF etwa 450 bis 500), etwa 23% synthetischen Graphit, etwa 27% Diatomeenerde und optional etwa 5 Gew.-% optionale Füllstoffe wie z. B. Aramidpulpe enthält, und eine zweite Schicht mit etwa 3 bis 5% Kohlenstoffteilchen.

[0095] Beispiel C ist ein zweischichtiges fibröses Basismaterial, welches eine primäre Schicht aus etwa 25% Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad (CSF etwa 450 bis 500), etwa 45% Kohlenstoffteilchen und etwa 30% Baumwollfasern enthält, und eine sekundäre Schicht aus etwa 20% Kohlenstoffteilchen. In gewissen Ausführungsformen ist es wünschenswert, ein Retentionshilfsmittel aus bis zu etwa 20% Alaun bis zu einem pH-Wert von 4,5 zu verwenden, damit die Kohlenstoffteilchen leichter auf der Fläche des fibrösen Basismaterials haften.

[0096] Die unten stehende Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse eines Einfahrtests unter Verwendung eines Phenolharzes für jedes der in den Beispielen A, B und C gezeigten fibrösen Basismaterialien, und der Anteil Harzaufnahme für jedes der fibrösen Basismaterialien ist wie gezeigt.

[0097] Die unten stehende Tabelle 3 zeigt die Einfahreigenschaften für die fibrösen Basismaterialien der Beispiele A, B und C, die mit einem Silikonharz saturiert sind, wobei jedes fibröse Basismaterial einen Anteil Harzaufnahme wie gezeigt aufweist.

Tabelle 2

| <u>Aufnahme</u> | <u>Einfahrtest</u> | | |
|-----------------|--------------------|--------------|--------------|
| | <u>Ex. A</u> | <u>Ex. B</u> | <u>Ex. C</u> |
| 39% | 40% | 41% | |

μ (Mittelpunkt)

| | | | |
|------------|-------|-------|-------|
| Zyklus 1 | 0,107 | 0,101 | 0,132 |
| Zyklus 50 | 0,12 | 0,12 | 0,122 |
| Zyklus 100 | 0,121 | 0,12 | 0,116 |
| Zyklus 200 | 0,126 | 0,128 | 0,119 |
| %-Änderung | 17,76 | 26,73 | -9,85 |

Tabelle 3

| | <u>Einfahrtstest</u> | | |
|--------------------------|----------------------|-------------|-------------|
| Rohpapier | Ex. A | Ex. B | Ex. C |
| Aufnahme | 61% | 60% | 65 % |
| <u>Aushärtebedingung</u> | Silikonharz | Silikonharz | Silikonharz |
| μ (Mittelpunkt) | | | |
| Zyklus 1 | 0,156 | 0,146 | 0,144 |
| Zyklus 50 | 0,162 | 0,154 | 0,137 |
| Zyklus 100 | 0,157 | 0,157 | 0,145 |
| Zyklus 200 | 0,162 | 0,153 | 0,142 |
| %-Änderung | 3,85 | 4,79 | -1,39 |
| Haltezeit | | | |
| Zyklus 1 | 0,79 | 0,821 | 0,808 |
| Zyklus 50 | 0,738 | 0,752 | 0,826 |
| Zyklus 100 | 0,745 | 0,748 | 0,816 |
| Zyklus 200 | 0,749 | 0,748 | 0,807 |
| %-Änderung | -5,19 | -8,89 | -0,12 |

[0098] Es wird angemerkt, dass sich bei den mit Phenolharz und nicht phenolischem Harz gesättigten fibrösen Basismaterialien mit hohen Kohlenstoffteilchenablagerungen (Beispiel C) der dynamische Reibkoeffizientenwert und die Haltezeit nach dem 200-Zyklen-Test nicht verändert haben.

[0099] Für Papiere mit einem niedrigen Anteil an Kohlenstoffteilchen auf dem fibrösen Basismaterial (Beispiele A und B) helfen die Silikonharze dabei, den dynamischen Reibkoeffizientenwert innerhalb von 20 Zyklen zu stabilisieren. In nicht gezeigten Daten brauchte ein Phenol/Silikonharz 60 Zyklen zum Stabilisieren und ein Phenolharz etwa 80 Zyklen und das Phenolharzsystem etwa 100 Zyklen zum Stabilisieren.

[0100] Die Haltezeit wurde nach 20 Zyklen für die reinen Silikonharze konstant, während die Silikomischung (Daten nicht gezeigt) 80 Zyklen brauchte, um die konstante Haltezeit zu erreichen. Die in Tabelle 1 gezeigten phenolischen Harzbeispiele brauchten etwa 100 Zyklen, um einen Level der Haltezeit zu erreichen.

[0101] In gewissen Ausführungsformen hängt das Einfahrverhalten von dem Grad der Kohlenstoffbedeckung auf der Oberfläche des fibrösen Basismaterials und von den Zusammensetzungen der Formulierung der primären Schicht ab (in einigen Ausführungsformen wird auch angenommen, dass der Harztyp das Einfahrverhalten beeinflusst).

Beispiel 2

[0102] Die folgenden fibrösen Basismaterialien in Gew.-% werden in den unten stehenden Beispielen verwendet. Jedes Beispiel enthält etwa 20% Aramidfasern mit geringem Fibrillationsgrad (CSF etwa 580 bis 640), etwa 20% synthetisches Graphit, etwa 20% Diatomeenerde, etwa 35% Baumwollfasern und optional etwa 2% Latex. Eine sekundäre Schicht für jedes der folgenden Beispiele enthält verschiedene Gewichtsanteile von Kohlenstoffteilchen.

Beispiel D – 0% Kohlenstoffteilchen;

Beispiel E – 5% Kohlenstoffteilchen;

Beispiel F – 10% Kohlenstoffteilchen;

Beispiel G – 15% Kohlenstoffteilchen; und

Beispiel H – 20% Kohlenstoffteilchen.

[0103] Tabelle 4 liefert Einfahrtstestdaten für Beispiele D, E, F, G und H, welche mit einem Phenolharz satuiert und für 30 Min. bei 350°F ausgehärtet wurden. Der Reibkoeffizient für die Mittel-, anfänglichen und Endreibkoeffizienten werden gezeigt. Auch die Haltezeit ist gezeigt. Tabelle 4 zeigt auch die Kohlenstoffbedeckung der Oberfläche als Prozentsatz der Fläche und die Porengröße des saturierten Papiers und die Flüssigkeitsdurchlässigkeit. Der höhere mittlere Flussporedurchmesser zeigt an, dass das Reibmaterial wahrscheinlicher eine niedrigere Schnittstellentemperatur aufgrund der effizienteren Dissipierung in ihrer Übertragung aufgrund des besseren Materialflusses des Automatik-Getriebefluids aus der porösen Struktur des Reibmaterials aufweist. Wenn somit ein Reibmaterial anfänglich mit größeren Poren anfängt, bleiben während der Nutzlebensdauer des Reibmaterials mehr offene Poren übrig.

Tabelle 4

| | | Einfahrtstest (Prozedur 5004D) | | | | | |
|---------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Harzbedeckung (Gew.-%) | Aushärtbedingung | Beispiel D 0%, phenolisch | Beispiel E 5%, phenolisch | Beispiel F 10%, phenolisch | Beispiel G 15%, phenolisch | Beisp. H 20%, phenolisch | Beisp. H 350°F/30min |
| | | <u>350°F/30min</u> | <u>350°F/30min</u> | <u>350°F/30min</u> | <u>350°F/30min</u> | <u>350°F/30min</u> | <u>350°F/30min</u> |
| μ (Mitte) | | | | | | | |
| Zyklus 1 | | 0,108 | 0,122 | 0,125 | 0,130 | 0,129 | 0,129 |
| Zyklus 50 | | 0,121 | 0,124 | 0,118 | 0,119 | 0,109 | 0,109 |
| Zyklus 200 | | 0,127 | 0,127 | 0,125 | 0,125 | 0,110 | 0,110 |
| % Änderung | | 17,6 | 4,1 | 0,0 | -3,8 | -14,7 | |
| μ (anfänglich) | | | | | | | |
| Zyklus 1 | | 0,130 | 0,140 | 0,143 | 0,137 | 0,144 | 0,144 |
| Zyklus 50 | | 0,153 | 0,140 | 0,133 | 0,131 | 0,128 | 0,128 |
| Zyklus 200 | | 0,154 | 0,145 | 0,149 | 0,138 | 0,122 | 0,122 |
| % Änderung | | 18,5 | 3,6 | 4,2 | 0,7 | -15,3 | |
| μ (Ende) | | | | | | | |
| Zyklus 1 | | 0,109 | 0,124 | 0,130 | 0,130 | 0,133 | 0,133 |

| | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Zyklus 50 | 0,122 | 0,127 | 0,123 | 0,122 | 0,118 |
| Zyklus 200 | 0,133 | 0,130 | 0,123 | 0,129 | 0,114 |
| % Änderung | 22,0 | 4,8 | -5,4 | -0,8 | -14,3 |
| Haltezeit | | | | | |
| Zyklus 1 | 1,078 | 0,963 | 0,954 | 0,939 | 0,925 |
| Zyklus 50 | 0,903 | 0,889 | 0,911 | 0,917 | 0,956 |
| Zyklus 200 | 0,861 | 0,863 | 0,899 | 0,898 | 0,962 |
| %Änderung | -20,1 | -10,4 | -5,8 | -4,4 | 4,0 |
| Porengröße satur. | 8,31 | 6,13 | 7,10 | 7,16 | 7,72 |
| Papier (μm) | | | | | |
| Flüssigkeitsdurch- | 0,127 | 0,111 | 0,085 | 0,080 | 0,080 |
| lässigkeit (cm^2) | | | | | |
| Kohlenstoffbe- | 2,0% | 25,0% | 35,0% | 49,0% | 90,0% |
| deckung (%Fläche) | | | | | |

[0104] Tabelle 5 zeigt die Scherfestigkeit für die Beispiele E, F, G und H. Je höher die Scherfestigkeit, desto besser ist die mechanische Festigkeit des Reibmaterials, was bedeutet, dass mehr Druck notwendig ist, um den Reibbelag zu scheren.

[0105] Die Scherfestigkeit der Reibmaterialien der vorliegenden Erfindung ist größer als die für herkömmliche Materialien. Die Verwendung von Fasern mit niedrigem Fibrillationsgrad und die resultierende poröse Struktur des Reibmaterials gibt dem Reibmaterial erhöhte thermische Resistenz. Die Fasergeometrie erhöht nicht nur die thermische Resistenz, aber bietet auch Eliminierungsbeständigkeit und Quietschbeständigkeit. Zusätzlich hilft die Gegenwart von synthetischen Graphitteilchen und wenigstens einem Füllstoff dabei, die thermische Beständigkeit zu erhöhen, einen gleichmäßigen Reibkoeffizienten zu erhalten und die Quietschbeständigkeit zu erhöhen. Außerdem liegt die durchschnittliche Porengröße für das Reibmaterial der vorliegenden Erfindung in dem Bereich zwischen etwa 0,5 μm und etwa 120 μm im Durchmesser und in gewissen Ausführungsformen etwa 6 μm bis etwa 50 μm in einer bevorzugten Ausführungsform.

[0106] Tabelle 5 zeigt auch die Kompressions/Relaxationsstudien. Diese Tests messen die Wirkung auf das Papierkaliber, was durch wiederholtes Drücken auf eine Probe und Loslassen der Probe durch eine Reihe von verschiedenen Drücken erzeugt wird. Diese Messungen liefern einen Indikator des internen Widerstandes gegen das Setzen oder Verdichten während der Verarbeitung. Die Beispiele zeigen eine gute Elastizität, die eine gleichförmigere Hitzedissipierung während der Verwendung der Reibmaterialien erlaubt, da das Fluid in der Kraftübertragung oder Bremse sich schnell durch die poröse Struktur bewegen kann. Außerdem sorgt die erhöhte Elastizität für einen gleichförmigeren Druck oder eine Druckverteilung im Reibmaterial, so dass ungleichmäßige Belagabnutzung oder „heiße Flecke“ auf der Separatorscheibe verhindert oder minimiert werden.

Tabelle 5
Doppelte Kohlenstoffmaterialien

| <u>Test Nr.</u> | <u>Beisp.D</u> | <u>Beisp.E</u> | <u>Beisp.F</u> | <u>Beisp.G</u> | <u>Beisp.H</u> |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Shear Psi | 357 | 351 | 292 | 337 | 199 |
| Verdichtung- | | | | | |
| Setzen | 0,067/0,013 | 0,068/0,014 | 0,078/0,011 | 0,067/0,014 | 0,061/0,014 |
| 300/1500 psi | 0,201/0,041 | 0,197/0,038 | 0,212/0,040 | 0,210/0,049 | 0,237/0,068 |

[0107] Mit Bezug auf die **Fig. 2 bis 7** sind Oberflächenprofile für Separatorscheiben gezeigt.

[0108] **Fig. 2** zeigt eine neue Separatorscheibe mit einer Oberflächenrauhigkeit von etwa Ra 6,0 μ in.

[0109] **Fig. 3** zeigt das getestete Beispiel D mit 0% Kohlenstoffmaterial und einem Ra von etwa 7,6 μ in.

[0110] **Fig. 4** zeigt das getestete Beispiel E mit etwa 5% Kohlenstoffmaterial und einem Ra von etwa 6,0 μ in.

[0111] **Fig. 5** zeigt Beispiel F mit etwa 10% Kohlenstoffmaterial und einem Ra von etwa 5,6 μ in.

[0112] **Fig. 6** zeigt Beispiel G mit etwa 15% Kohlenstoffmaterial und einem Ra von etwa 11,5 μ in mit einer darauf abgebildeten Narbe.

[0113] **Fig. 7** zeigt Beispiel H mit etwa 20% Kohlenstoffmaterial und einem Ra von etwa 11,5 μ in und zwei darauf gezeigten Narben.

[0114] Die unten stehende Tabelle 6 zeigt den Prozentsatz an Kohlenstofffläche für die Beispiele D, E, F, G und H vor den Tests und nach den Tests.

Tabelle 6

| <u>Prozent Fläche an Kohlenstoff</u> | <u>Beisp.D</u> | <u>Beisp.E</u> | <u>Beisp.F</u> | <u>Beisp.G</u> | <u>Beisp.H</u> |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Vor dem Test | 5% | 35% | 52% | 61% | 73% |
| Nach dem Test | 3% | 52% | 65% | 67% | 80% |

[0115] Die obigen Daten in den Tabellen 4 und 5 und in **Fig. 2 bis 7** zeigen eine Reihe von fibrösen Basismaterialien mit verschiedenen Anteilen an Kohlenstoffbedeckung auf der Oberfläche, die auf ihr Einfahrverhalten getestet wurden. Es ist festzustellen, dass die Beispiele E und G mit einer 5 Gew.-% und 10 Gew.-% Kohlenstoffbedeckung ein besseres Einfahrverhalten haben als Beispiel D mit 0% Kohlenstoffbedeckung. Beide Beispiele E und F haben ähnliche Mittelpunktdynamische Reibkoeffizienten wie Beispiel D bei Zyklus 200.

[0116] Das Beispiel H mit etwa 40% Kohlenstoffbedeckung hatte ein starkes Abfallen des dynamischen Ko-

effizienten und auch einen niedrigeren dynamischen Reibkoeffizienten als Beispiel D mit 0% Kohlenstoffbedeckung bei Zyklus 200.

[0117] Man beachte, dass es eine Beziehung zwischen dem Prozentsatz der Änderung im dynamischen Reibkoeffizienten und der Kohlenstoffbedeckung (Fläche in Prozent) gibt. Es gibt auch eine Beziehung zwischen der prozentualen Haltezeitänderung und der Kohlenstoffbedeckung der Fläche (Fläche in Prozent). Diese Beziehungen sind in **Fig. 8** und **9** gezeigt.

Beispiel 3

[0118] Beispiel 3 zeigt die Wirkung der Kohlenstoffbedeckung auf fibrösen Basismaterialien in Langzeit-Dauerhaftigkeitstests. Beispiel 1 enthält ungefähr 25% Aramidfasern (CSF etwa 450–500), etwa 30% Baumwollfasern, etwa 20% synthetisches Graphit und etwa 25% Diatomeenerde.

[0119] Beispiel J enthält etwa 25% Aramidfasern (CSF etwa 580–640), 20 bis 30% Baumwollfasern, etwa 20 bis 25% synthetisches Graphit und etwa 20 bis 25% Diatomeenerde. Beispiel E ist wie oben angegeben und Beispiel K enthält etwa 40 bis 50% Aramidfasern (CSF etwa 450 bis 500), etwa 20 bis 25% synthetisches Graphit, etwa 25 bis 30% Diatomeenerde und optional ungefähr 0 bis 7% Aramidpulpe.

[0120] Das Harz aus Beispiel E hat ein sehr gutes Einfahrverhalten und eine sehr gute Hochgeschwindigkeits-Dauerhaftigkeit. Man beachte, dass Beispiel J auch eine bessere Dauerhaftigkeit als Beispiel I hat, obgleich weder Beispiel J noch Beispiel I Kohlenstoffteilchen hatte.

[0121] **Fig. 10** zeigt die anfängliche Reibkoeffizientenänderung für die Beispiele I, E und J. **Fig. 11** zeigt die anfängliche Haltezeitänderung für die Beispiele I, E und J.

Beispiel 4

[0122] Der Hochenergie-Dauerhaftigkeitstest gemäß der Prozedur 5030CN ist in **Fig. 12** gezeigt.

[0123] **Fig. 12** zeigt die Verschlechterung der Haltezeit für die Beispiele E, K und L. Man beachte, dass Beispiel E eine Haltezeitverschlechterung bei fast 4000 Zyklen hatte, während Beispiel L eine Haltezeitverschlechterung von mehr als 2500 Zyklen hatte und dass die Haltezeit weniger als etwa 1,05 Sek. war. Man sieht in Beispiel E, dass es die beste Dauerhaftigkeit von allen getesteten Materialien unter dieser 5030CN-Prozedur mit einer hohen Trägheitsbeständigkeit aufweist. Beispiel E ist das Kohlenstoffablagerungsmaterial (5% Kohlenstoffablagerung). Beispiele L und K sind nicht Kohlenstoffablagerungsmaterialien (0% Kohlenstoffablagerung).

Beispiel 5

[0124] Wie in der untenstehenden Tabelle 7 gezeigt, zeigt das Beispiel E, das in der sekundären Schicht etwa 5% Kohlenstoffteilchen aufweist, ein gutes Reibverhalten einschließlich guten Kurvenformbewertungen und guten Reibkoeffizienten im Vergleich mit den Beispielen I und J.

[0125] Die **Fig. 13**, **14** und **15** zeigen die Kurvenformen der Reibkoeffizienten für Beispiel I, welches keine Kohlenstoffablagerungen für Levels A, B, C und D enthält, die den anfänglichen, Mittelpunkt- und den Endreibkoeffizienten zeigt.

[0126] Die **Fig. 13** und **14** zeigen die Eingriffsdrrehmomenteigenschaften für Reibmaterialien ohne eine Kohlenstoffablagerung (relative Umdrehungsgeschwindigkeit = 1400 U/min in **Fig. 13** und relative Umdrehungsgeschwindigkeit = 2400 U/min in **Fig. 37**).

[0127] **Fig. 15** zeigt den dynamischen Reibkoeffizienten (μ) für die Reibmaterialien ohne eine Kohlenstoffablagerung bei verschiedenen Umdrehungsgeschwindigkeiten.

[0128] Die **Fig. 16**, **17** und **18** zeigen Kurvenformen für das Beispiel E, welches ein fibröses Basismaterial mit Aramidfasern mit geringem Fibrillationsgrad (CSN etwa 580 bis 640) und eine sekundäre Schicht von etwa 5% enthält. Beispiel E wird mit einem Phenolharz bei einer Aufnahme von ungefähr 35% bis 40% imprägniert. Die **Fig. 16**, **17** und **18** zeigen den anfänglichen Mittelpunkt und Reibkoeffizienten für Levels A, B, C und D.

[0129] **Fig.** 16 und 17 zeigen die Eingriffsrehmomenteigenschaften für Reibmaterialien mit einer 5%-Kohlenstoffablagerung (relative Umdrehungsgeschwindigkeit = 1400 U/min in **Fig.** 16 und relative Umdrehungsgeschwindigkeit = 2400 U/min in **Fig.** 17). **Fig.** 18 zeigt den dynamischen Reibkoeffizienten für die Reibmaterialien mit einer 5%-Kohlenstoffablagerung bei verschiedenen Umdrehungsgeschwindigkeiten.

[0130] Die **Fig.** 13 bis 18 zeigen, dass das Beispiel E eine gute Kurvenformbewertung und gute Reibkoeffizienten aufweist. Das fibröse Basismaterial mit einer sekundären Schicht aus Kohlenstoffablagerung hat eine höhere Reibbeständigkeit aufgrund der höheren thermischen Leitfähigkeit, größeren Porengröße und größeren Flüssigkeitsdurchlässigkeit der primären Schicht.

Tabelle 7
Drehmomentkurvenformbewertung

| | <u>Beispiel E</u> | <u>Beispiel I</u> | <u>Beispiel J</u> |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 5% Kohlenstoff | | | |
| Rate B | 4/5 | 1 | 1 |
| C | 4 | 1 | 1 |
| Koeff. A | 0,143 | 0,132 | 0,134 |
| B | 0,137 | 0,127 | 0,132 |
| C | 0,129 | 0,121 | 0,120 |
| D | 0,131 | 0,125 | 0,119 |
| Einfahr-% | *2,0 | *2,1% | *2,1 |
| Haltezeit/ μ | 0,7 | 6,40 | 1,5 |

Beispiel 6

[0131] Beispiel M ist ein Kohlenstoffablagerungsmaterial mit einer primären Schicht aus etwa 43% Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad (CSF von etwa 625), etwa 20% Kohlenstofffasern, etwa 15% Kohlenstoffteilchen wie z. B. Graphit, etwa 20% Füllstoff wie z. B. Celit und etwa 2% Phenolfasern vom Kynol®-Typ, und eine sekundäre Schicht mit etwa 3 bis etwa 5% Kohlenstoffteilchen, die mit etwa 6 Pfund abgelagert wurden. In gewissen Ausführungsformen ist es wünschenswert, ein Retentionshilfsmittel zu verwenden, damit die Kohlenstoffteilchen der sekundären Schicht auf der Oberfläche des fibrösen Basismaterials besser haften.

[0132] Das Beispiel M wurde mit einem Hochenergiematerial mit 10 Gew.-% Baumwollfasern, 70 Gew.-% Aramidfasern, etwa 15% Kohlenstoffteilchen, 5 Gew.-% Kohlenstofffasern und 30 Gew.-% Celitfüllstoff verglichen.

[0133] Die **Fig.** 19A und 19B zeigen die Ergebnisse eines Haltezeittests, bei welchen die Schaltzeit gegen Zyklen für ein Vergleichs-Hochenergiematerial (**Fig.** 19A) mit dem Kohlenstoffablagerungsmaterial, Beispiel M, (**Fig.** 19B) verglichen wurde. **Fig.** 19B zeigt, dass die Schaltzeit stabiler ist und dass es eine geringere Änderung gibt, wenn sich die Anzahl der Zyklen erhöht.

[0134] Die **Fig.** 20A und 20B zeigen die Ergebnisse eines Verschiebungstests, bei welchen die Dickenänderungen (mm), die die Abnutzung des Reibbelags anzeigen, gegen die Zyklen verglichen werden. **Fig.** 20B zeigt, dass Beispiel M weniger Abnutzung über mehr Zyklen aufweist, während das Vergleichsmaterial, wie in **Fig.** 20A gezeigt, aufgrund der hohen Abnutzung versagt.

[0135] **Fig.** 21A und 21B zeigen die Ergebnisse eines Reibkoeffiziententests für anfängliche, Mittelpunkt- und Endwerte gegen Zyklen, wobei der höchste Wert der anfängliche Reibkoeffizient ist und der niedrigste Wert der Endkoeffizient ist. **Fig.** 20B zeigt, dass Beispiel M ähnlichere Reibkoeffizientenkurven für den anfänglichen, Mittelpunkt- und Endreibkoeffizienten aufweist als das Vergleichsmaterial, wie in **Fig.** 21A gezeigt.

[0136] Die vorliegende Erfindung dient als Hochenergiereibmaterial zur Verwendung in Kupplungsscheiben,

Kraftübertragungsriemen, Bremsschuhen, Synchronisierringen, Reibscheiben oder Systemscheiben.

[0137] Die obigen Beschreibungen der bevorzugten und alternativen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sollen nur illustrativ sein und sind nicht dazu gedacht, den Schutzbereich und Inhalt der folgenden Ansprüche zu beschränken.

Patentansprüche

1. Nicht-asbesthaltiges Reibmaterial umfassend ein fibröses Basismaterial, welches mit wenigstens einem härtbaren Harz imprägniert ist; wobei das fibröse Basismaterial eine poröse primäre Schicht und eine sekundäre Schicht aufweist und die primäre Schicht bezogen auf das Gewicht der primären Schicht etwa 10 bis etwa 50% Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad enthält, sowie etwa 5 bis etwa 20% Kohlenstoffteilchen, etwa 5 bis etwa 25% Kohlenstofffasern, etwa 15 bis etwa 35% Füllstoff, etwa 0 bis etwa 10% Baumwollfasern und etwa 0,5 bis etwa 5% phenolische Novoloidfasern; wobei die poröse primäre Schicht einen durchschnittlichen Porendurchmesser von etwa 2,0 µm bis etwa 15 µm aufweist und die sekundäre Schicht Kohlenstoffteilchen auf wenigstens einer Fläche der primären Schicht aufweist, wobei die Kohlenstoffteilchen mit etwa 0,2 bis etwa 20 Gew.-% bezogen auf das Gewicht des fibrösen Basismaterials vorhanden sind und die Kohlenstoffteilchen etwa 3% bis etwa 90% der Oberfläche der primären Schicht bedecken.
2. Reibmaterial nach Anspruch 1, bei welchem die primäre Schicht etwa 43% Aramidfasern mit geringem Fibrillationsgrad, etwa 20% Kohlenstofffasern, etwa 15% Kohlenstoffteilchen, etwa 20% Füllstoff und etwa 2% novoloidphenolische Fasern aufweist.
3. Reibmaterial nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem die primäre Schicht Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad und einem Entwässerungsgrad größer als etwa 450 auf dem Canadian Standard Freeness Index enthält, und zwar in einer Menge, die ausreichend ist, um hohe Hitzeresistenz und einen im wesentlichen gleichförmigen Reibkoeffizienten des Reibmaterials zu erreichen.
4. Reibmaterial nach Anspruch 3, bei welchem die Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad einen Entwässerungsgrad von etwa 580 bis 640 auf dem Canadian Standard Freeness Index aufweisen.
5. Reibmaterial nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, bei welchem die sekundäre Schicht etwa 3 Gew.-% bis etwa 5 Gew.-% Kohlenstoffteilchen mit Bezug auf das Gewicht des fibrösen Basismaterials aufweist.
6. Reibmaterial nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, bei welchem die sekundäre Schicht etwa 5 Gew.-% bis etwa 15 Gew.-% Kohlenstoffteilchen mit Bezug auf das Gewicht des fibrösen Basismaterials aufweist.
7. Reibmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Kohlenstoffteilchengröße zwischen etwa 6 und etwa 50 µm liegt.
8. Reibmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die von den Kohlenstoffteilchen auf der primären Schicht bedeckte Fläche im Bereich zwischen etwa 3 bis etwa 80% der Oberfläche der primären Schicht liegt.
9. Reibmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die primäre Schicht ferner wenigstens ein Retentionhilfsmittel zum Anhaften der Kohlenstoffteilchen auf der Oberfläche der primären Schicht enthält.
10. Reibmaterial nach Anspruch 9, bei welchem das Retentionhilfsmittel bis etwa 20% Aluminiumsulfat mit einem pH-Wert von etwa 4,5 enthält.
11. Reibmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad durchschnittliche Faserlängen im Bereich von etwa 3 bis etwa 6 mm aufweisen.
12. Reibmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem der Füllstoff Diatomeenerde enthält.
13. Reibmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem der Porendurchmesser der primären Schicht in der mittleren Durchschnittsgröße im Bereich zwischen etwa 2,5 und etwa 12 µm liegt.

14. Reibmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die primäre Schicht leicht zugängliche Lufthohlräume von wenigstens etwa 50% aufweist.

15. Reibmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches mit einem Phenolharz oder einem modifizierten Phenolharz imprägniert ist.

16. Reibmaterial nach Anspruch 15, bei welchem das Reibmaterial ungefähr 25 Gew.-% bis etwa 60 Gew.-% Harz enthält.

17. Reibmaterial nach Anspruch 15 oder 16, bei welchem das modifizierte Phenolharz ein phenolisches Epoxidharz enthält.

18. Reibmaterial nach Anspruch 17, bei welchem die Menge an im modifizierten Phenolharz enthaltenem Epoxidharz im Bereich von etwa 5 bis 25 Gew.-% mit Bezug auf das Gewicht des modifizierten Phenolharzes liegt.

19. Reibmaterial nach Anspruch 18, bei welchem die Menge von im modifizierten Phenolharz enthaltenem Epoxidharz im Bereich von etwa 10 bis etwa 15 Gew.-% mit Bezug auf das Gewicht des modifizierten Phenolharzes liegt.

20. Reibmaterial nach einem der Ansprüche 1 bis 14, bei welchem das fibröse Basismaterial mit einer Mischung aus einem Phenolharz und einem Silikonharz imprägniert worden ist, wobei die Menge an Silikonharz in der Mischung im Bereich zwischen ungefähr 5 bis ungefähr 80 Gew.-% mit Bezug auf das Gewicht der Mischung liegt und das Reibmaterial hohe Hitzeresistenz und einen im wesentlichen gleichförmigen Reibkoeffizienten aufweist.

21. Reibmaterial nach Anspruch 20, bei welchem das Phenolharz in einem Lösungsmittelstoff enthalten ist und das Silikon in einem Lösungsmittelstoff vorhanden ist, der mit dem Lösungsmittelstoff des Phenolharzes kompatibel ist.

22. Reibmaterial nach Anspruch 20 oder 21, bei welchem die Menge an Silikonharz, welches in der Silikon-/Phenolharzmischung enthalten ist, im Bereich zwischen etwa 20 und etwa 25 Gew.-% mit Bezug auf das Gewicht der Mischung liegt.

23. Reibmaterial nach Anspruch 20, 21 oder 22, bei welchem die Menge an Silikon, welches in der Phenol-/Silikonharzmischung enthalten ist, im Bereich zwischen etwa 15 und etwa 25 Gew.-% mit Bezug auf das Gewicht der Mischung liegt.

24. Verfahren zum Herstellen eines nicht-asbesthaltigen Reibmaterials, welches die folgenden Schritte umfasst:

etwa 3% bis etwa 90% der Oberfläche von wenigstens einer Fläche einer primären Schicht, welche ein poröses, fibröses Basismaterial mit einem durchschnittlichen Porendurchmesser von etwa 2,5 bis etwa 12 µm enthält, wird mit einer sekundären Schicht beschichtet, die Kohlenstoffteilchen enthält, wobei die Kohlenstoffteilchen etwa 0,2 bis etwa 20 Gew.-% des Gewichtes des fibrösen Basismaterial ausmachen, das kohlenstoffbeschichtete fibröse Basismaterial wird mit wenigstens einem Phenolharz oder einem modifizierten Phenolharz imprägniert, und danach wird das imprägnierte kohlenstoffbeschichtete Basismaterial bei einer vorbestimmten Temperatur für eine vorbestimmte Zeitdauer gehärtet; wobei das fibröse Basismaterial in Gew.-% mit Bezug auf das Gewicht des fibrösen Basismaterials etwa 10 bis etwa 50 Gew.-% Aramidfasern mit niedrigem Fibrillationsgrad enthält, etwa 5 bis etwa 20 Gew.-% Kohlenstoffteilchen, etwa 5 bis etwa 20 Gew.-% Kohlenstofffasern, etwa 15 bis etwa 35 Gew.-% Füllstoff, etwa 3 bis etwa 10 Gew.-% Baumwollfasern und etwa 0,5 bis etwa 5 Gew.-% phenolische Novoloidfasern.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

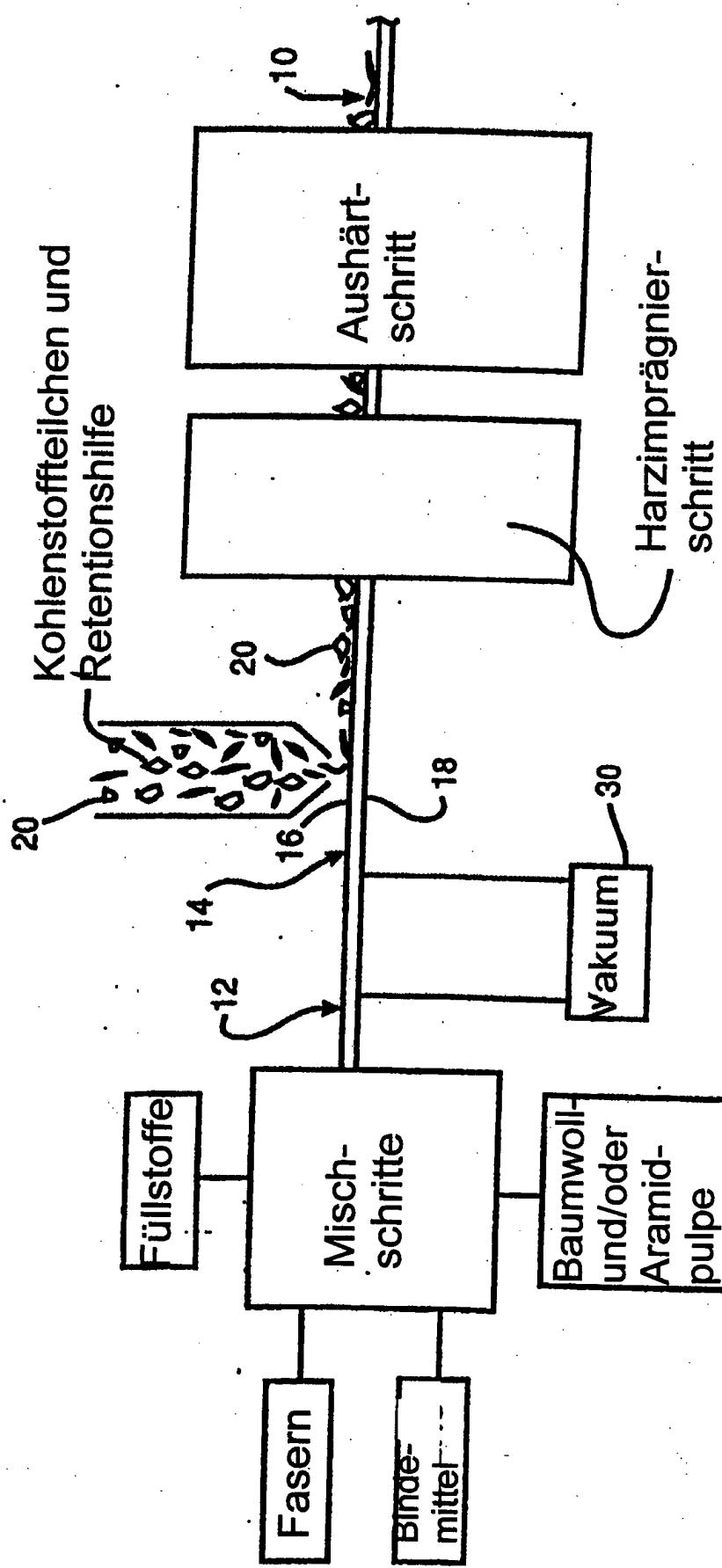
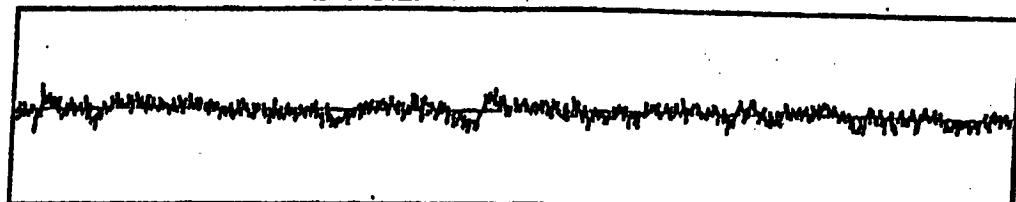


FIG. 1

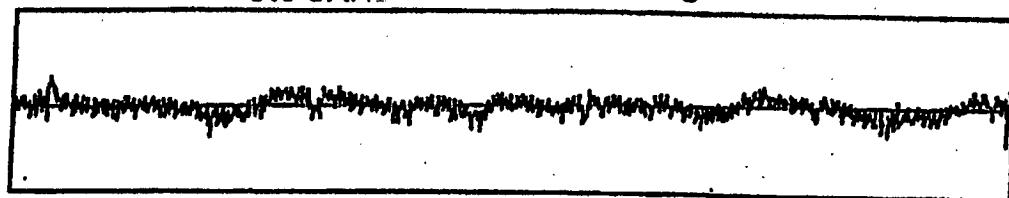
Neue Separatorscheibe



— FIG. 2

Ra 6.0 μ in

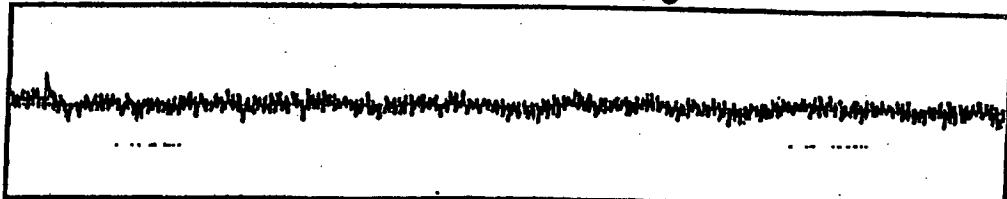
0% Kohlenstoffmaterial, getestet



— FIG. 3

Ra 7.6 μ in

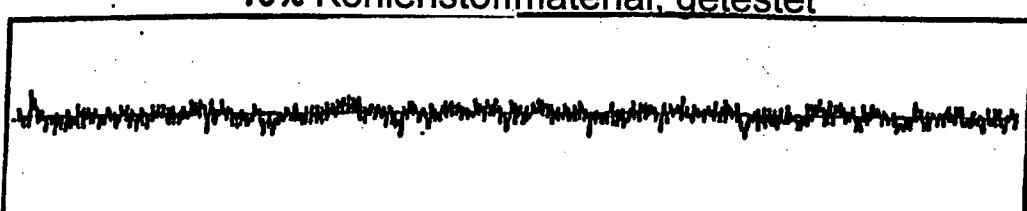
5% Kohlenstoffmaterial, getestet



— FIG. 4

Ra 6.0 μ in

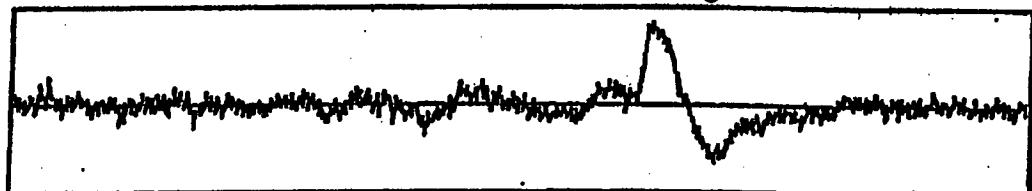
10% Kohlenstoffmaterial, getestet



— FIG. 5

Ra 5.6 μ in

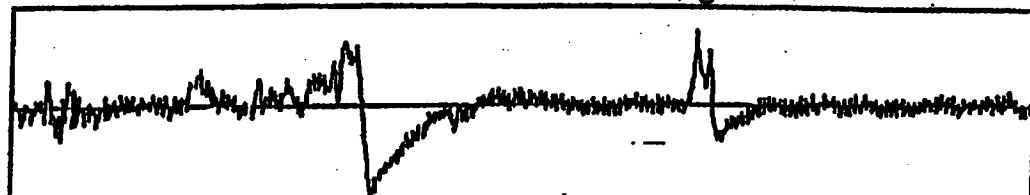
15% Kohlenstoffmaterial, getestet



— FIG. 6

Ra 11.5 μ in

20% Kohlenstoffmaterial, getestet



— FIG. 7

Ra 11.7 μ in

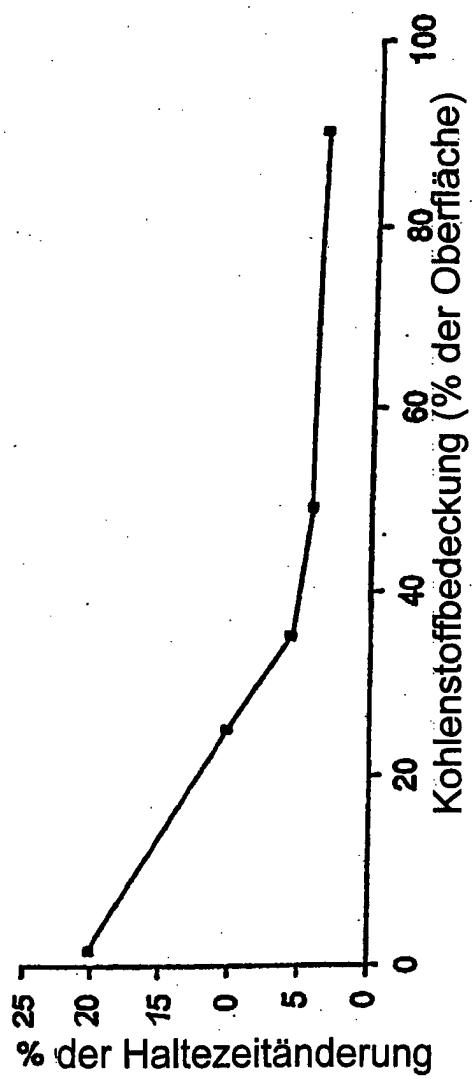


FIG. 8

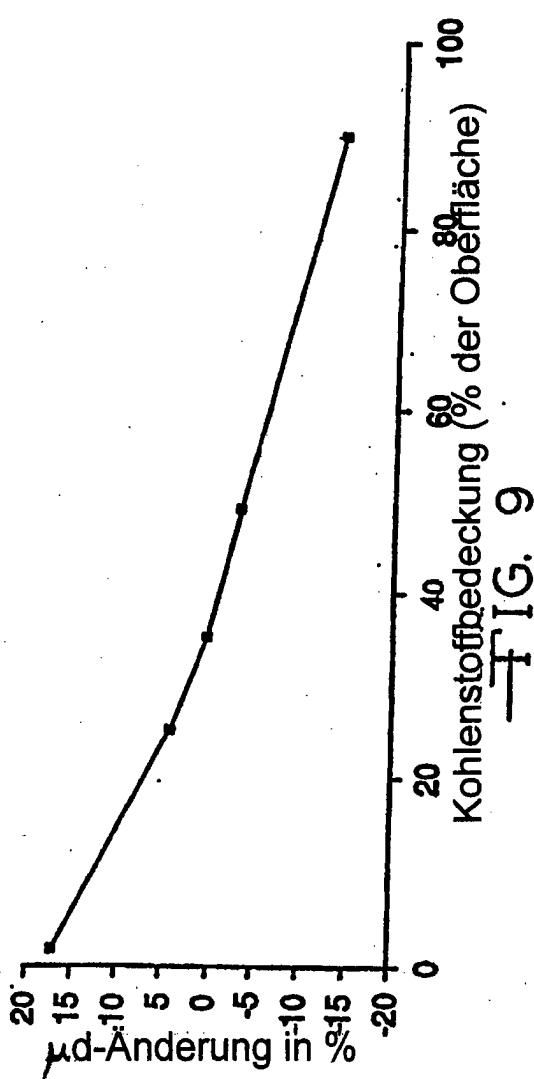
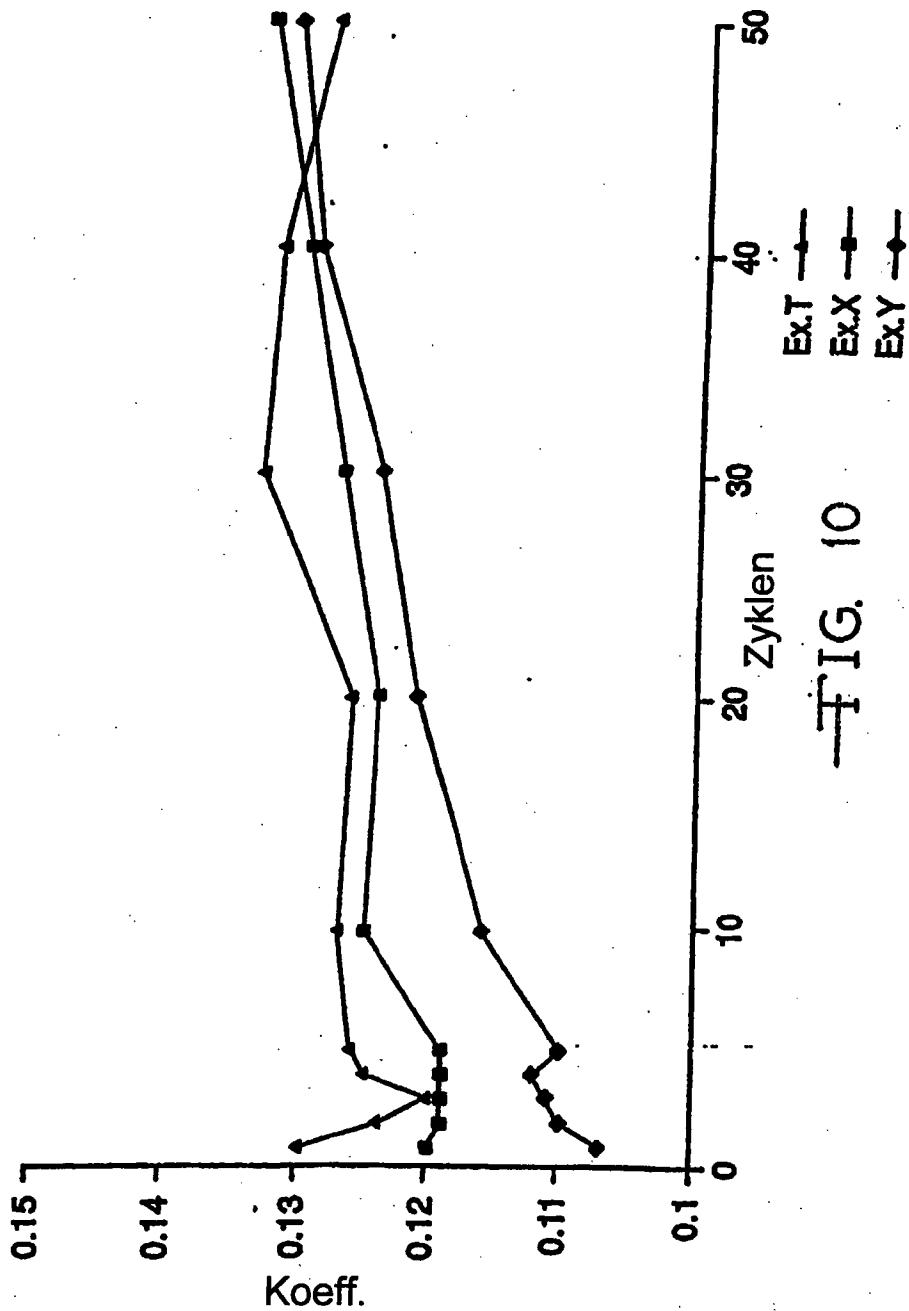
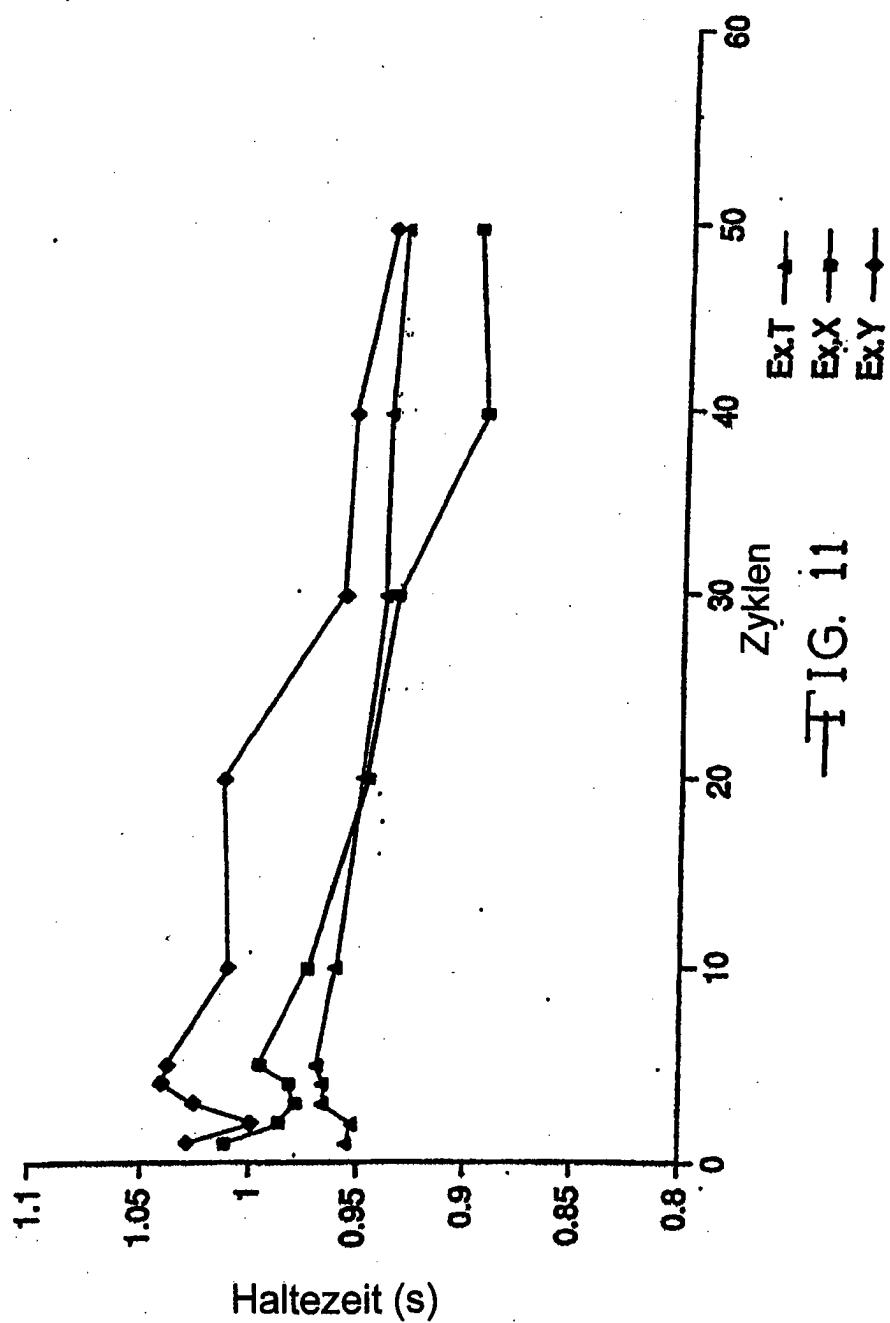


FIG. 9





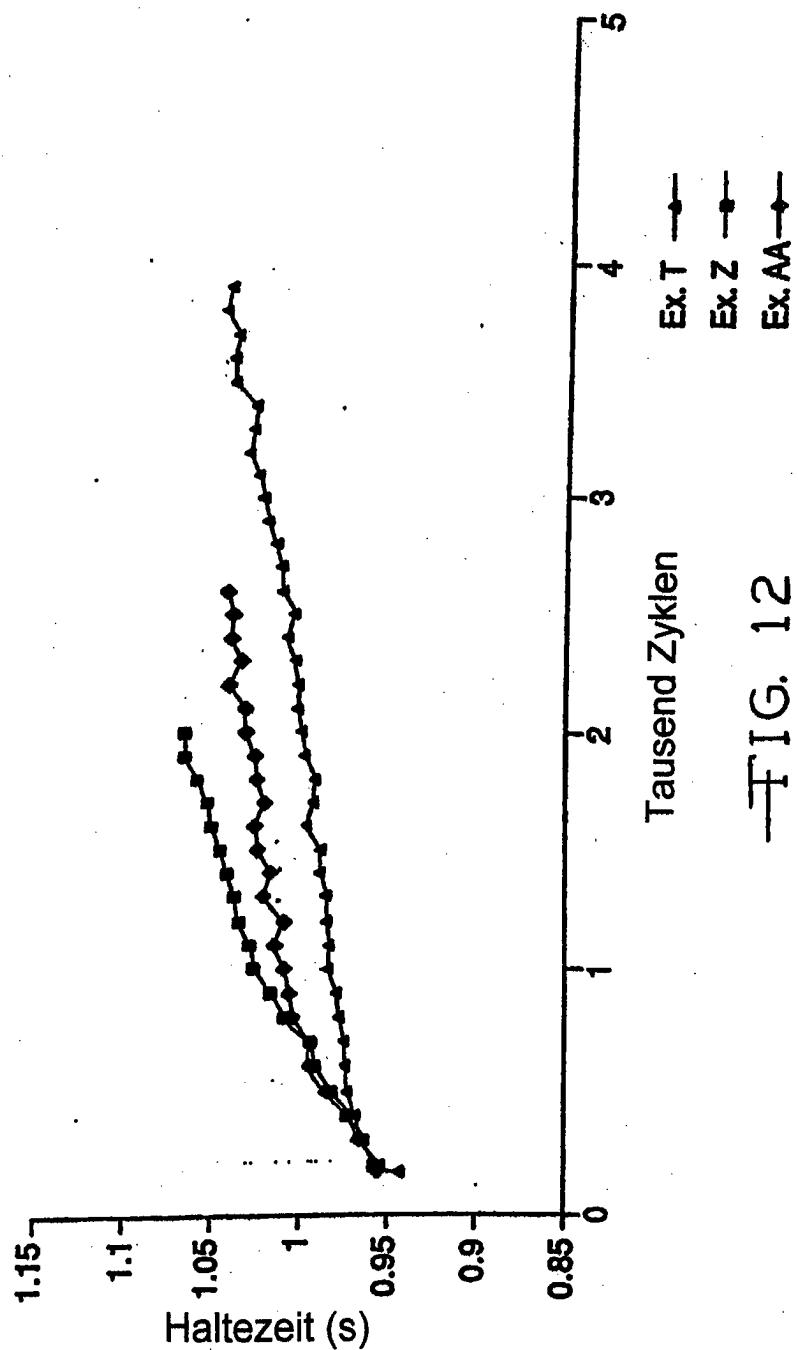
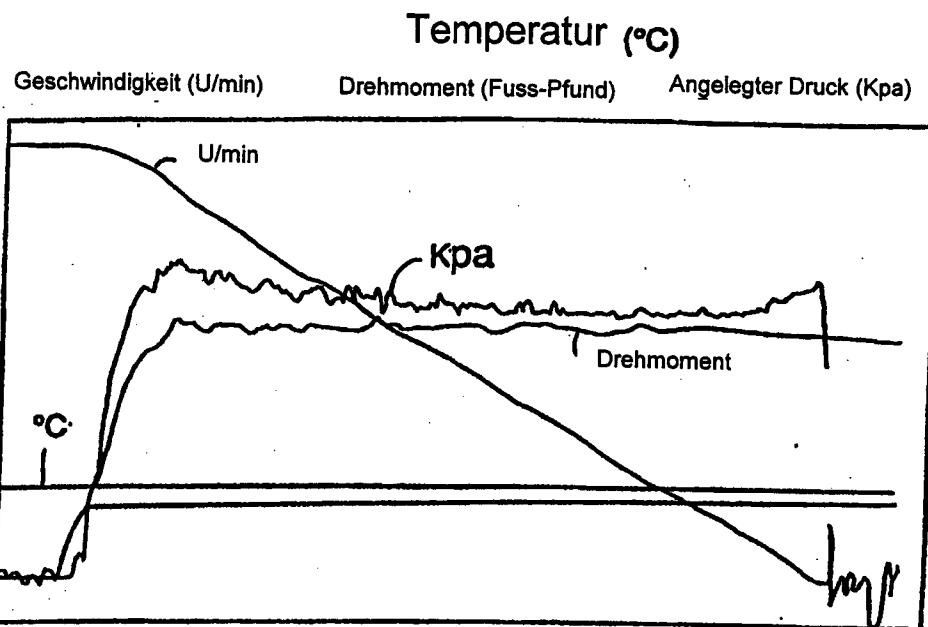
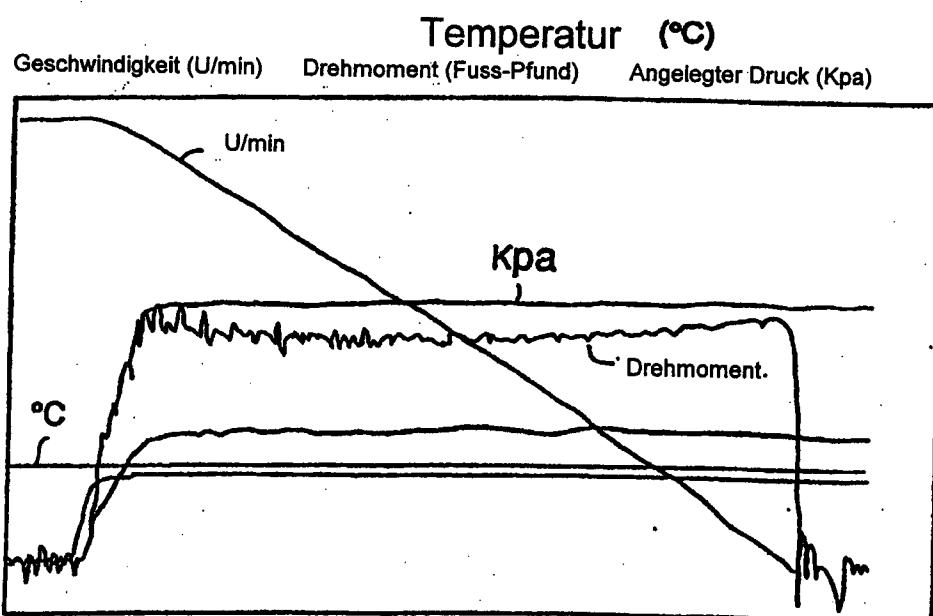


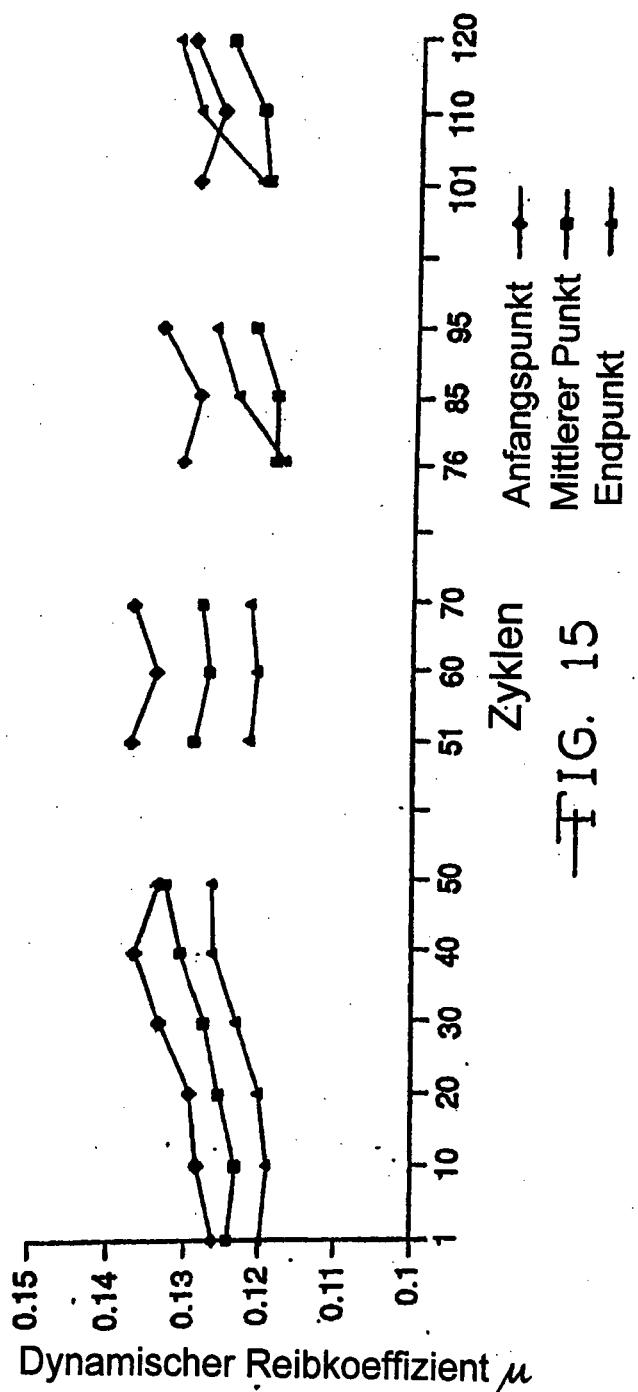
FIG. 12



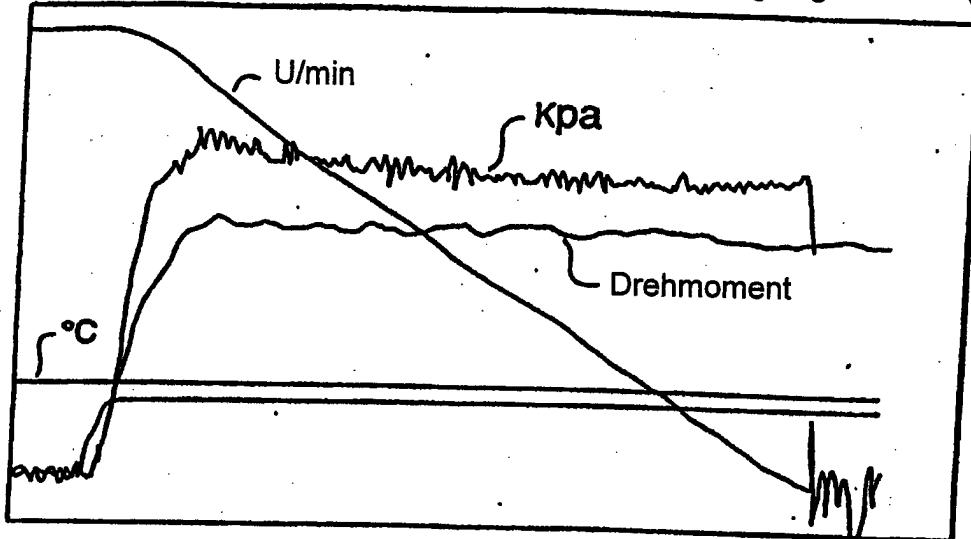
— FIG. 13



— FIG. 14

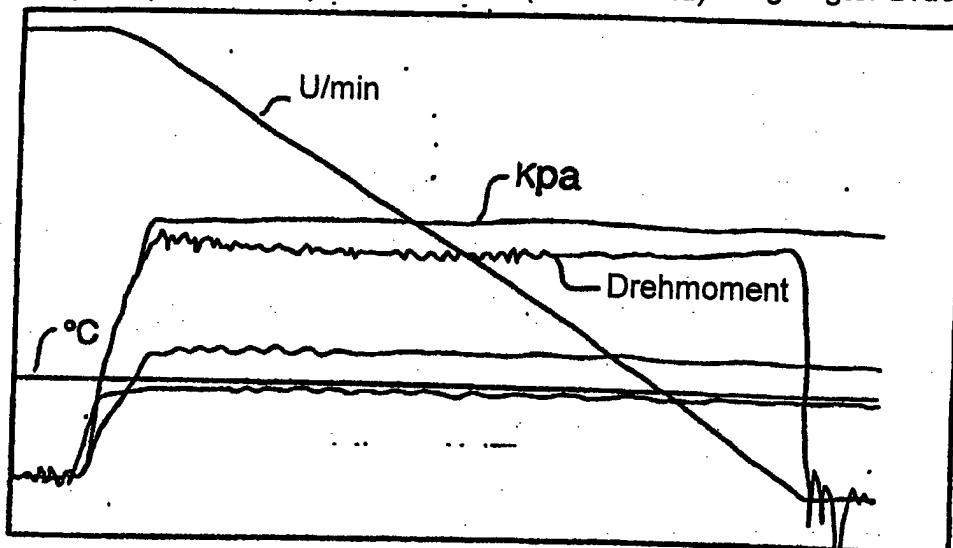


TEMPERATUR (°C)
Geschwindigkeit (U/min) Drehmoment (Fuss-Pfund) Angelegter Druck (Kpa)

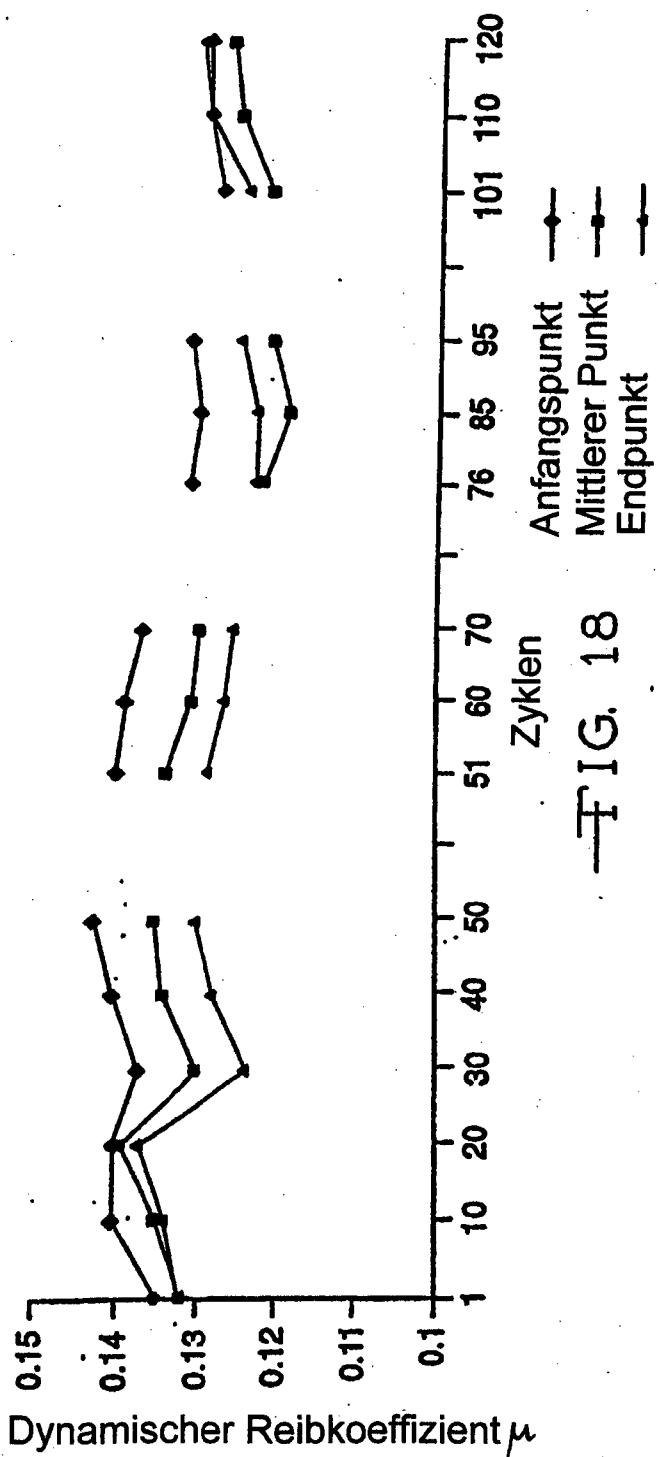


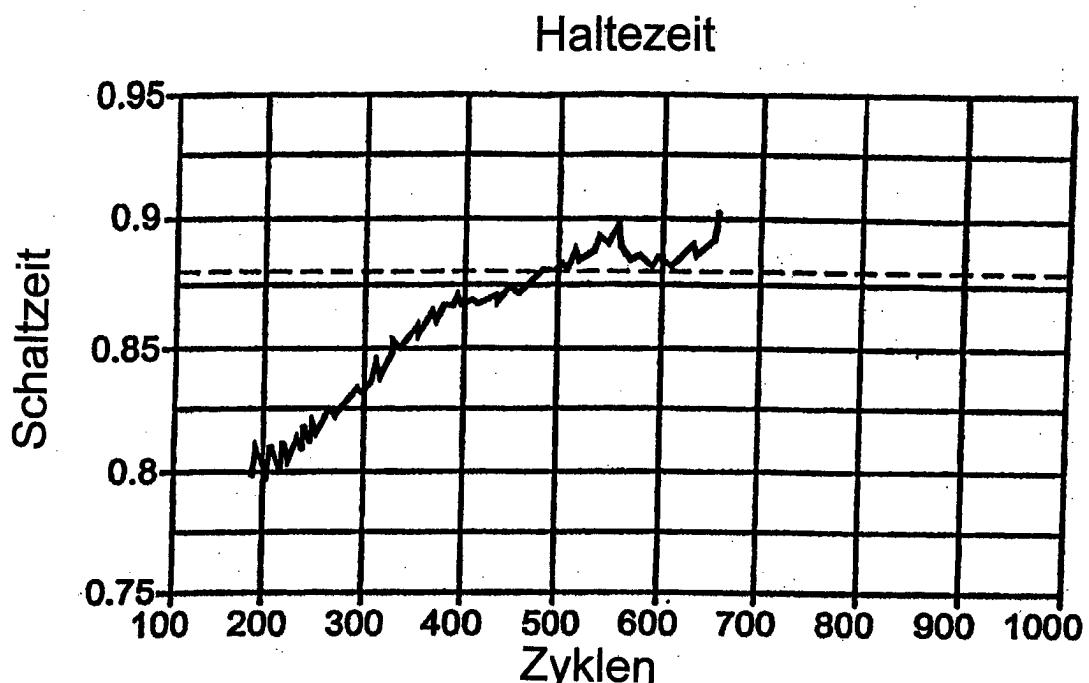
— FIG. 16

TEMPERATUR (°C)
Geschwindigkeit (U/min) Drehmoment (Fuss-Pfund) Angelegter Druck (Kpa)

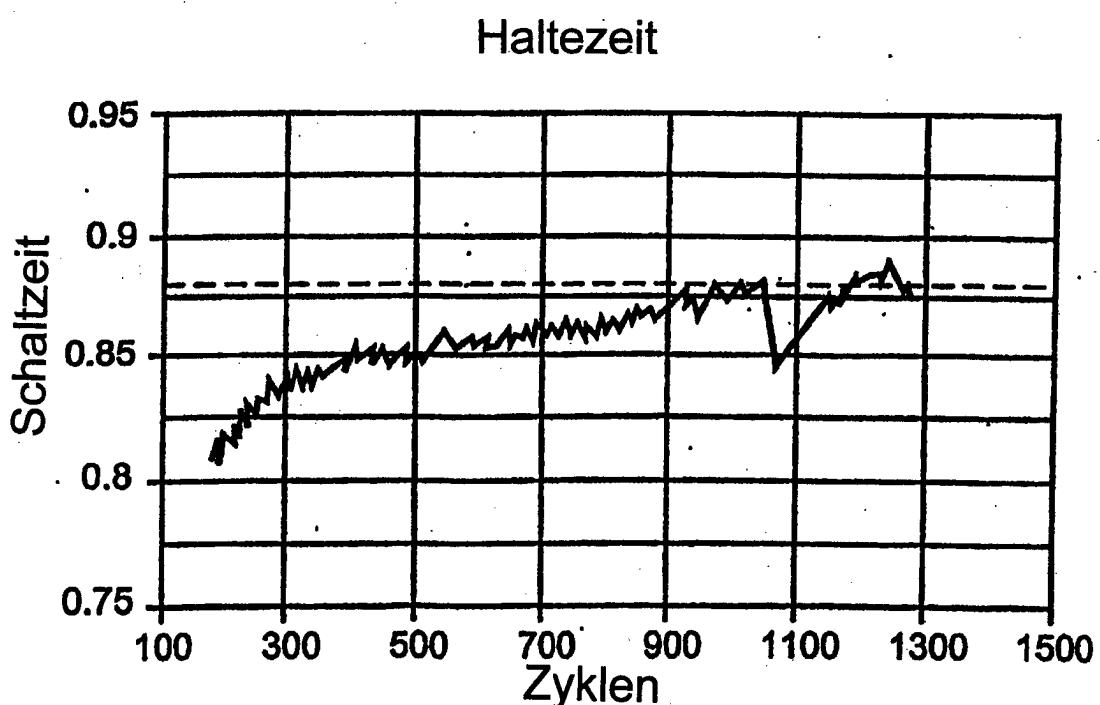


— FIG. 17



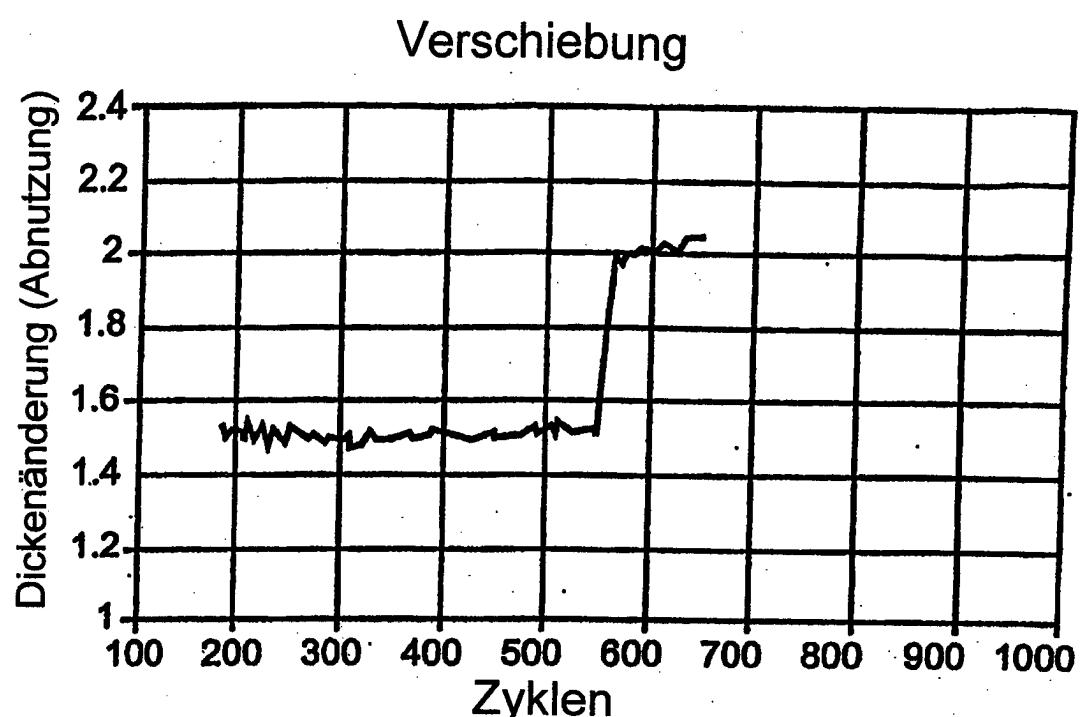


— FIG. 19A

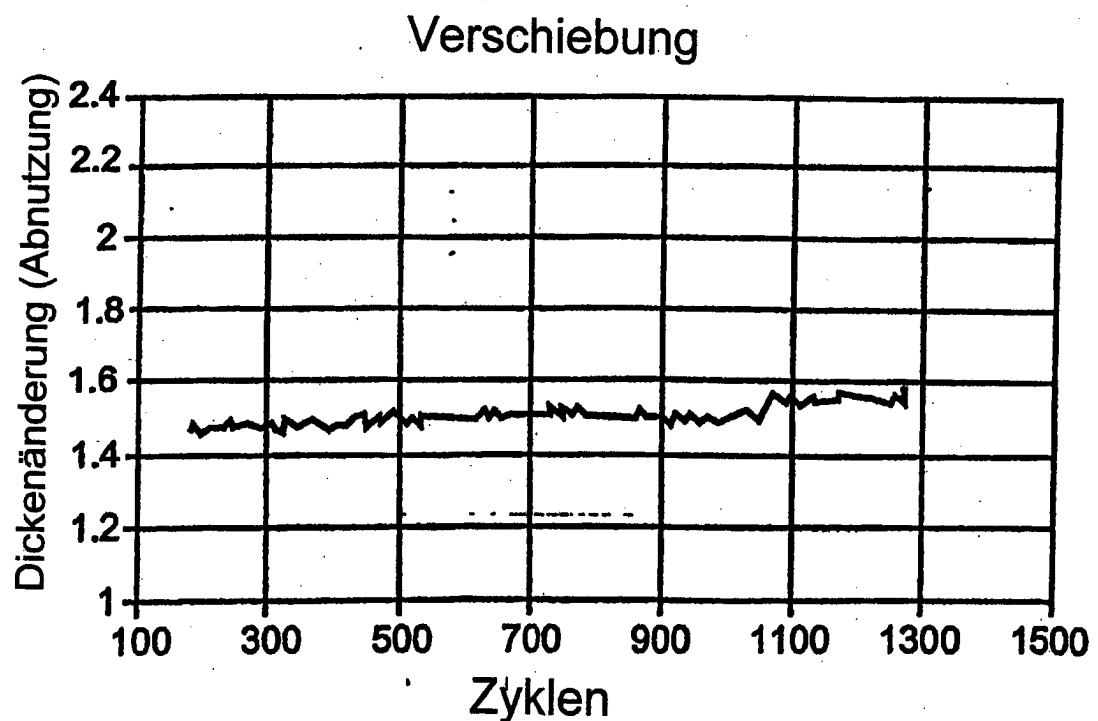


— FIG. 19B

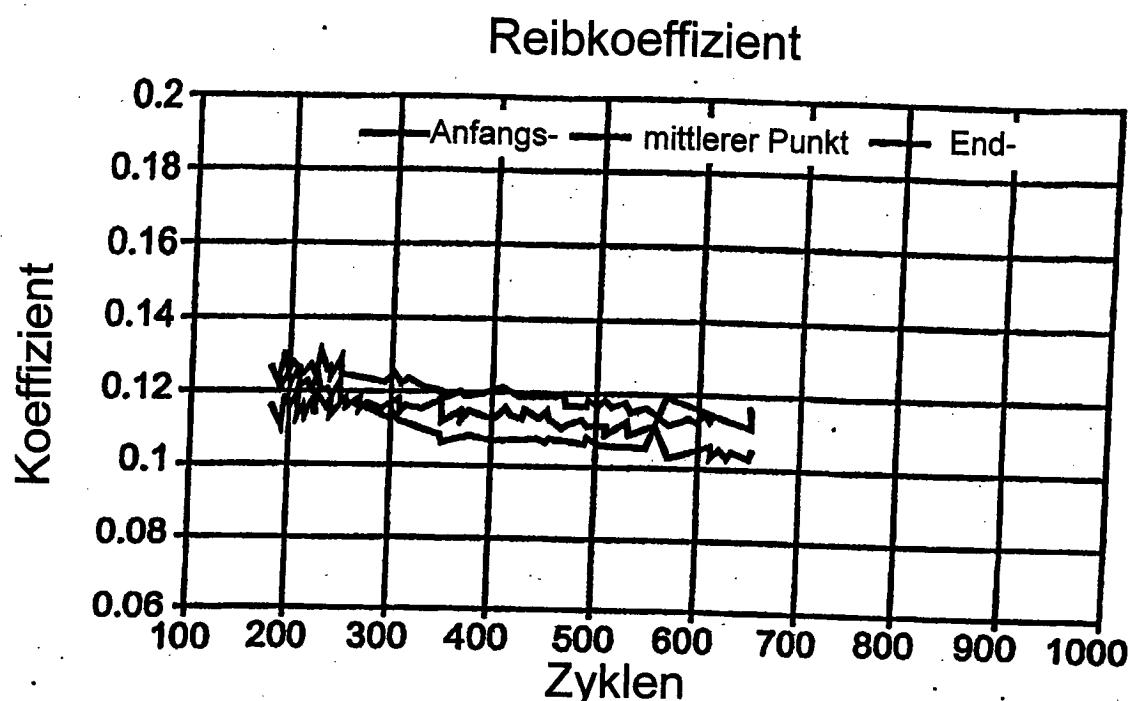
+



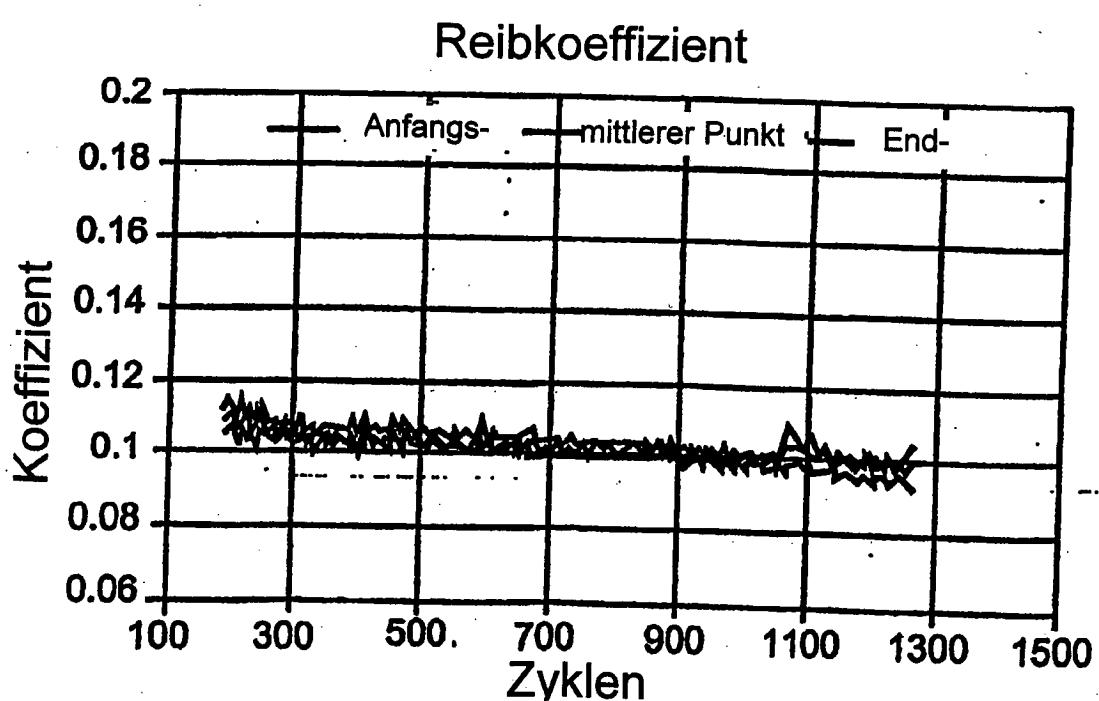
— FIG. 20A



— FIG. 20B



— FIG. 21A



— FIG. 21B