



(10) **DE 10 2007 061 459 B4** 2020.10.08

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 061 459.6**
(22) Anmeldetag: **20.12.2007**
(43) Offenlegungstag: **03.07.2008**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **08.10.2020**

(51) Int Cl.: **F16D 69/02 (2006.01)**
C08J 5/14 (2006.01)
C09K 3/14 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

2006-352304 27.12.2006 JP

(73) Patentinhaber:

**Akebono Brake Industry Co., Ltd., Tokio/Tokyo,
JP**

(74) Vertreter:

**Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG
mbB, 80802 München, DE**

(72) Erfinder:

**Kitami, Takuya, Tokyo, JP; Isobe, Hiroshi, Tokyo,
JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2004 054 990	A1
US	2003 / 0 059 605	A1
US	2004 / 0 164 438	A1
US	5 147 588	A
EP	1 388 684	A1
JP	2002- 138 273	A
JP	2004- 155 843	A
JP	S58- 61 169	A

**Dubbel / Taschenbuch für den Maschinenbau,
14. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York: Springer-
Verlag, 1981, S. 1383 - 1389**

(54) Bezeichnung: **Asbestfreies Reibungsmaterial**

(57) Hauptanspruch: Asbestfreies Reibungsmaterial, enthaltend ein faserförmiges Material, ein Verschleißschutzmittel, umfassend Graphit und Koks, einen Füllstoff und ein Bindemittel, wobei das asbestfreie Reibungsmaterial Graphit und Koks in einer Gesamtmenge im Bereich von 5 bis 25 Vol. % des Reibungsmaterials enthält und das Volumenverhältnis Graphit/Koks im Bereich von 2/1 bis 7/1 liegt, dadurch gekennzeichnet, dass die mittlere Teilchengröße des Kokses im Bereich von 150 bis 400 µm (Mikrometer) liegt und das Reibungsmaterial kein Metall und keine Metallverbindung aus der Gruppe, bestehend aus Eisen, Kupfer, Zink, Blei, Mangan und Chrom und Verbindungen von Eisen, Kupfer, Zink, Blei, Mangan und Chrom enthält.

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

<Gebiet der Erfindung>

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein asbestfreies Reibungsmaterial (bzw. einen asbestfreien Reibbelagwerkstoff). Genauer gesagt, die vorliegende Erfindung betrifft ein Reibungsmaterial für die Verwendung in Vorrichtungen für die Industrie, in Triebwagen, in Gepäckwagen und in Personenwagen, das sich durch verbesserte ausgewogene Eigenschaften hinsichtlich der Verschleißfestigkeit bzw. -beständigkeit, der Verhinderung eines Metallabriebs, der Rissfestigkeit bzw. -beständigkeit und der Bremswirkung auszeichnet. Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere ein Reibungsmaterial, das keine Metalle oder Metallverbindungen enthält, die Probleme hinsichtlich des Umweltschutzes verursachen. Die Erfindung betrifft insbesondere Bremsklötze, Bremsbeläge und Kupplungsbeläge für die Verwendung in den zuvor beschriebenen Bereichen.

<Stand der Technik>

[0002] Reibungsmaterialien, die in Bremsen, wie z.B. Scheibenbremsen und Trommelbremsen, oder in Kupplungen verwendet werden, umfassen ein Material, das die Reibung ermöglicht und steuert, ein faserförmiges Material zum Verstärken und ein Bindemittel zum Binden dieser Bestandteile. Das faserförmige Material kann metallische Fasern, anorganische Fasern und organische Fasern umfassen. Diese Fasern haben jeweils bestimmte Eigenschaften, und wenn nur eine Faserart verwendet wird, können die gestellten Anforderungen nicht erfüllt werden, so dass gewöhnlich zwei oder mehr Arten von Fasern in Kombination miteinander verwendet werden.

[0003] Beispiele für die Materialien, die die Reibungseigenschaften des Reibungsmaterials steuern, umfassen Verschleißschutzmittel und feste Gleitmittel. Diese Materialien umfassen ebenfalls anorganische und organische Materialien, die jeweils bestimmte Eigenschaften haben, und wenn nur eine Materialart verwendet wird, können die gestellten Anforderungen nicht erfüllt werden, so dass gewöhnlich zwei oder mehr Arten von Materialien in Kombination miteinander verwendet werden. Beispiele für die Verschleißschutzmittel umfassen anorganische Verschleißschutzmittel, wie z.B. Aluminiumoxid, Siliciumoxid, Magnesiumoxid, Zirkoniumoxid, Chromoxid, Quarz und dgl., und Beispiele für die organischen Verschleißschutzmittel umfassen synthetische Kautschukmaterialien, Acajou-Harz und dgl. Beispiele für die festen Gleitmittel umfassen Graphit, Molybdändisulfid und dgl.

[0004] Als Füllstoffe können Bariumsulfat, Calciumcarbonat, Metallpulver, Vermiculit, Glimmer und dgl. verwendet werden.

[0005] Es wurden asbestfreie Reibungsmaterialien mit unterschiedlichen Zusammensetzungen vorgeschlagen, die durch Vermischen dieser Bestandteile hergestellt werden und die das Bremsgegenelement nicht angreifen, die beständig gegen Fading sind und die sich durch eine verbesserte Verschleißfestigkeit auszeichnen.

[0006] Verschiedenste Vorteile können erhalten werden, wenn ein Metall in Form einer Metallfaser oder eines Metallpulvers in ein Reibungsmaterial eingebracht wird, wie z.B. eine strukturelle Verstärkung, eine verbesserte Reibung zwischen dem Reibungsmaterial und dem Gegenelement sowie eine gute thermische Leitfähigkeit und eine gute Wärmeabführung, so dass bisher verschiedenste Metalle verwendet wurden.

[0007] Diese Metalle verursachen jedoch verschiedenste Umweltprobleme, wie z.B. eine Verunreinigung der Flüsse und Meere, sie sind schädlich für den Menschen und dgl., und deshalb besteht ein Bedarf an Verbesserungen.

[0008] Diesbezüglich wird in der JP 2004 - 155 843 A ein asbestfreies Reibungsmaterial vorgeschlagen, hergestellt durch Formen einer Zusammensetzung für ein asbestfreies Reibungsmaterial, die hauptsächlich ein faserförmiges Material, das mindestens Stahlfasern, jedoch kein Asbest enthält, ein Bindemittel und einen Füllstoff umfasst, und durch Härten des geformten Produktes, wobei die Zusammensetzung einen Ölkoks mit einer mittleren Teilchengröße von 50 bis 150 µm und harte anorganische Teilchen mit einer mittleren Teilchengröße von 5 bis 30 µm enthält. Die JP 2004 - 155 843 A beschreibt, dass das asbestfreie Reibungsmaterial den Bedürfnissen der Kunden entspricht, da es eine verbesserte Leistung aufweist, ein geringes Gewicht hat, in kleinen Vorrichtungen verwendet werden kann und kostengünstig hergestellt werden kann, da es ausgewogene Eigenschaften hinsichtlich der Verschleißfestigkeit und des Reibungskoeffizienten aufweist und weil es

beim Bremsen kein Quietschen und keine Fremdgeräusche verursacht. Die Beispiele 1 bis 5 der Tabelle 1 der JP 2004 - 155 843 A zeigen jedoch, dass das asbestfreie Reibungsmaterial 10 Vol.% Kupferpulver enthält, so dass die Gefahr besteht, dass Menschen und die Umwelt geschädigt werden.

[0009] Die JP S58 - 61 169 A beschreibt eine Zusammensetzung für ein asbestfreies Reibungsmaterial, das als Reibungselement verwendet werden kann, wobei die Zusammensetzung im Wesentlichen ein in der Wärme aushärtbares Bindemittel, ein faserförmiges Verstärkungsmaterial und Aramidpolymerzellstofffasern in einer effektiven Menge enthält, so dass die Vorform, die aus dem Reibungsmaterial hergestellt wurde, eine verbesserte strukturelle Integrität aufweist, wobei sich das Reibungsmaterial durch eine verbesserte Biegefestigkeit, einen verbesserten Reibungskoeffizienten und eine verbesserte Verschleißfestigkeit auszeichnet. Die Zusammensetzung des Reibungsmaterials enthält jedoch Kupferfasern und Messingfasern, oder Kupfer und Messing in Form von Metallpulvern, so dass die Gefahr besteht, dass Menschen und die Umwelt geschädigt werden, ähnlich wie bei der Zusammensetzung der JP 2004 - 155 843 A

[0010] Damit sichergestellt wird, dass die Verschleißfestigkeit auch bei hoher Temperatur bei hoher Belastung erhalten bleibt, wird ein Metallsulfid zu dem Reibungsmaterial gegeben.

[0011] Es wurde jedoch festgestellt, dass verschiedene Arten von Metallsulfiden für den Menschen und die Umwelt schädlich sind, und Metallsulfide sind ebenfalls teuer, so dass sich auch Nachteile hinsichtlich der Herstellungskosten ergeben.

[0012] Um ein Reibungsmaterial für eine Bremse zu erhalten, das keine Materialien mit Schwermetallen, wie z.B. Cu, Antimon und dgl., enthält, wird in der JP 2002 - 138 273 A ein Verfahren zum Herstellen eines Reibungsmaterials für eine Bremse vorgeschlagen, das einen Faserbestandteil, einen Bindemittelbestandteil und einen Bestandteil, der die Reibung steuert, enthält, wobei das Reibungsmaterial Magnesiumoxid (MgO) und Graphit in einer Menge von 45 bis 80 Vol.% enthält und wobei das Volumenverhältnis von Magnesiumoxid zu Graphit (MgO/Graphit) im Bereich von 1/1 bis 4/1 liegt.

[0013] Die JP 2002 - 138 273 A beschreibt, dass die Erfindung ein Reibungsmaterial für eine Bremse bereitstellen kann, das sich durch gute Reibungseigenschaften bei hoher Temperatur und durch gute mechanische Eigenschaften auszeichnet, die gleich oder besser als die von gewöhnlichen asbestfreien Reibungsmaterialien sind, selbst wenn das Reibungsmaterial keine Schwermetalle und Schwermetallverbindungen, wie z.B. Cu-Fasern, Cu-Pulver und Sb_2S_3 -Pulver, enthält.

Zusammenfassung der Erfindung

[0014] Eine Ausführungsform oder mehrere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung betrifft bzw. betreffen ein asbestfreies Reibungsmaterial, das sich nicht nur, wie das Reibungsmaterial für eine Bremse, das in der JP 2002 - 138 273 A beschrieben wird, durch gute Reibungseigenschaften bei hoher Temperatur und durch gute mechanische Eigenschaften auszeichnet, sondern das auch Reibungseigenschaften aufweist, die eine hervorragende Bremswirkung ermöglichen, wobei ein Metallabrieb verhindert wird und wobei das Material rissbeständig ist, und wobei das Reibungsmaterial keine gefährlichen Metalle und Metallverbindungen enthält.

[0015] Die Erfindung basiert auf der Entdeckung, dass eine ausreichende Verschleißfestigkeit bei hoher Temperatur sichergestellt werden kann und dass ein Angriff des Bremsgegenelements weitestgehend vermieden werden kann, während ein hoher Reibungskoeffizient beibehalten wird, wenn eine geeignete Menge an Graphit und Koks als Teil des Verschleißschutzmittels des Reibungsmaterials zugemischt wird, selbst wenn keine gefährlichen Metalle und Metallverbindungen verwendet werden. In der Beschreibung dieser Anmeldung ist der Ausdruck „gefährliches Metall“ gleichbedeutend mit „Schwermetall“, und der Ausdruck „gefährliche Metallverbindung“ ist gleichbedeutend mit „Schwermetallverbindung“, da Schwermetalle oder Schwermetallverbindungen gefährlich sind.

[0016] Eine Ausführungsform der Erfindung ist ein asbestfreies Reibungsmaterial, enthaltend ein faserförmiges Material, ein Verschleißschutzmittel, umfassend Graphit und Koks, einen Füllstoff und ein Bindemittel, wobei das asbestfreie Reibungsmaterial Graphit und Koks in einer Gesamtmenge im Bereich von 5 bis 25 Vol.% des Reibungsmaterials enthält und das Volumenverhältnis Graphit/Koks im Bereich von 2/1 bis 7/1 liegt. Die mittlere Teilchengröße des Kokes liegt im Bereich von 150 bis 400 μm (Mikrometer). Das Reibungsmaterial enthält kein Metall und keine Metallverbindung aus der Gruppe, bestehend aus Eisen, Kupfer, Zink, Blei, Mangan und Chrom und Verbindungen von Eisen, Kupfer, Zink, Blei, Mangan und Chrom.

[0017] Eine andere Ausführungsform der Erfindung ist ein asbestfreies Reibungsmaterial, enthaltend ein faserförmiges Material, ein Verschleißschutzmittel, umfassend Graphit und Koks, einen Füllstoff und ein Bindemittel, wobei das asbestfreie Reibungsmaterial Graphit und Koks in einer Gesamtmenge im Bereich von 5 bis 25 Vol.% des Reibungsmaterials enthält und das Volumenverhältnis Graphit/Koks im Bereich von 2/1 bis 7/1 liegt. Das Reibungsmaterial enthält weiterhin 3 Vol.% bis 10 Vol.%, bezogen auf das Gesamtvolumen des Reibungsmaterials, mindestens eines Bestandteils, ausgewählt aus Zirkoniumsilikat und Zirkoniumoxid mit einem Teilchendurchmesser im Bereich von 3 µm bis 20 µm. Das Reibungsmaterial enthält kein Metall und keine Metallverbindung aus der Gruppe, bestehend aus Eisen, Kupfer, Zink, Blei, Mangan und Chrom und Verbindungen von Eisen, Kupfer, Zink, Blei, Mangan und Chrom.

[0018] In dem asbestfreien Reibungsmaterial entsprechend den Ausführungsformen der Erfindung, das ein faserförmiges Material zum Verstärken, ein Verschleißschutzmittel und ein Bindemittel zum Binden dieser Materialien enthält, wird eine Kombination aus Graphit und Koks als Teil des Verschleißschutzmittels verwendet, ohne dass gefährliche Metalle und Metallverbindungen, die Probleme hinsichtlich des Umweltschutzes verursachen könnten, verwendet werden, so dass die Verschleißrate beim Gleiten bei hohen Temperaturen (300°C und 400°C) in etwa der Verschleißrate bei herkömmlichen Reibungsmaterialien, die ein Metallsulfid enthalten, entspricht, die Menge an umweltschädlichen Materialien verringert werden kann und die Materialkosten verringert werden können.

[0019] Da Graphit und Koks, dessen Gleiteigenschaften schlechter als die von Graphit sind, in einer spezifischen Menge (Vol.%) und in einem spezifischen Volumenverhältnis in Kombination miteinander verwendet werden, kann das Verhältnis zwischen Reibung und Schmierung eingestellt werden. Folglich werden ausgewogene Eigenschaften hinsichtlich der Verschleißfestigkeit, des Metallabriebs, der Beständigkeit gegenüber Rissbildung und der Bremswirkung erzielt. Es wird insbesondere eine hohe Verschleißfestigkeit bei hoher Temperatur erzielt und ein Metallabrieb wird verhindert, obwohl kein Metallsulfid verwendet wird.

[0020] Weiterhin kann durch das Beimischen wenigstens eines Materials, ausgewählt aus Zirkoniumsilikat und Zirkoniumoxid, mit einem Teilchendurchmesser von 3 µm bis 20 µm in einer Menge von 3 Vol.% bis 10 Vol.% des Gesamtvolumens des ganzen Reibungsmaterials das Fortschreiten der DTV (Scheibendickenänderung bzw. -schwankung) verringert werden, die Bremswirkung kann verbessert werden, und die NVH-Eigenschaft (Noise, Vibration, Harshness) kann vorteilhaft sein.

[0021] Andere Aspekte und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung.

Genauere Beschreibung von spezifischen Ausführungsformen

[0022] Im Folgenden sind spezifische Ausführungsformen der Erfindung angegeben.

[0023] Wenn zur Herstellung des asbestfreien Reibungsmaterials entsprechend den spezifischen Ausführungsformen Graphit und Koks zusammen als Teil eines Verschleißschutzmittels des Reibungsmaterials in einer Gesamtmenge von 5 bis 25 Vol.% zugegeben werden, wobei das Volumenverhältnis von Graphit zu Koks im Bereich von 2/1 bis 7/1 liegt, entsprechen die Reibung bei hoher Temperatur (300°C und 400°C), die Verschleißfestigkeit, der Metallabrieb und die Beständigkeit gegenüber Rissbildung des asbestfreien Reibungsmaterials denen von gewöhnlichen Reibungsmaterialien, die ein Metallsulfid und Kupferfasern enthalten.

[0024] Wenn die zugegebene Menge an Graphit und Koks weniger als 5 Vol.% beträgt, ist die Menge zu gering und es werden keine ausreichende Reibung bei hoher Temperatur und keine ausreichende Verschleißfestigkeit erzielt. Wenn die Menge andererseits mehr als 25 Vol.% beträgt, können die Reibung und die Verschleißfestigkeit nicht weiter verbessert werden, so dass die Verwendung einer größeren Menge unwirtschaftlich wäre, und die Bremswirkung wird verringert, da die Gleiteigenschaften zunehmen. Deshalb liegt der Gehalt im Hinblick auf die Bremswirkung und den Verschleiß im Bereich von 5 bis 25 Vol.% und bevorzugt im Bereich von 12 bis 18 Vol.%.

[0025] Das Reibungsmaterial entsprechend den spezifischen Ausführungsformen kann hergestellt werden, indem die verschiedenen Bestandteile des Reibungsmaterials, umfassend ein faserförmiges Material, ein Verschleißschutzmittel, ein Gleitmittel, einen Füllstoff und ein Bindemittel, miteinander vermischt werden, das erhaltene Gemisch vorgeformt wird und dann unter dem Einfluss von Wärme geformt wird. Beispiele für die faserförmigen Materialien umfassen organische Fasern, wie z.B. Fasern aus einem aromatischen Polyamid und flammenbeständige Acrylfasern, und anorganische Fasern, wie z.B. Kaliumtitanatfasern und keramische

Fasern vom $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ -Typ. Beispiele für die anorganischen Füllstoffe umfassen schuppenförmige anorganische Substanzen, wie z.B. Vermiculit, Glimmer, Bariumsulfat und Calciumcarbonat.

[0026] Ein Erfordernis der Erfindung ist das, dass die zuvor genannten verschiedenen Bestandteile für das Reibungsmaterial keine Schwermetalle und Schwermetallverbindungen enthalten.

[0027] Der Ausdruck „Schwermetalle“, der hier verwendet wird, umfasst, zusätzlich zu Substanzen mit einer guten Verformbarkeit und Duktilität, wie z.B. Eisen, Kupfer und Zink, Schwermetalle mit einer Dichte von 4,0 oder $5,0 \text{ g/cm}^3$ oder darüber, wie z.B. Eisen, Kupfer Blei, Mangan und Chrom.

[0028] Beispiele für die Bindemittel umfassen in der Wärme aushärtbare Harze, wie z.B. Harze vom Phenol-Typ (wie z.B. Harze vom Phenol-Typ mit einer geradkettigen Struktur und verschiedene Phenolharze, die mit einem Kautschuk modifiziert wurden), Melaminharze, Epoxyharze und Polyimidharze. Beispiele für die Verschleißschutzmittel umfassen Metalloxide, wie z.B. Siliciumoxid, Magnesiumoxid, Zirkoniumoxid und Chromoxid, und organische Verschleißschutzmittel, wie z.B. synthetische Kautschukmaterialien und Acajou-Harze. Beispiele für die festen Gleitmittel umfassen Graphit und Molybdändisulfid. Diese Verbindungen können einzeln oder in Form eines Gemisches von zwei oder mehr Verbindungen verwendet werden, was von den geforderten Reibungseigenschaften, wie z.B. vom Reibungskoeffizienten, von der Verschleißfestigkeit, vom Metallabrieb und von der Rissfestigkeit des Produktes abhängt.

[0029] Der Graphit, der entsprechend der Erfindung verwendet wird, kann ein Graphit sein, der gewöhnlich in Reibungsmaterialien verwendet wird, und es kann ein natürlicher Graphit oder ein künstlicher Graphit verwendet werden. Die mittlere Teilchengröße des Graphits liegt bevorzugt im Bereich von 5 bis $500 \mu\text{m}$ (Mikrometer) und besonders bevorzugt im Bereich von 50 bis $150 \mu\text{m}$.

[0030] Der Koks, der in den spezifischen Ausführungsformen verwendet wird, kann ein Koks mit einer mittleren Teilchengröße im Bereich von 150 bis $400 \mu\text{m}$ sein. Wenn die mittlere Teilchengröße weniger als $150 \mu\text{m}$ beträgt, kann die Verschleißfestigkeit im Bereich hoher Temperatur nicht verbessert werden, und bei einem Wert von mehr als $400 \mu\text{m}$ findet ein Entmischen statt. Die zugegebene Menge an Koks und Graphit liegt im Bereich von 5 bis 25 Vol.%, bezogen auf die Gesamtmenge des asbestfreien Reibungsmaterials. Innerhalb dieses Bereiches wird die Verschleißfestigkeit im Bereich hoher Temperatur verbessert und es wird ein ausreichender und konstanter Reibungskoeffizient erzielt.

[0031] Beispiele für die Koksmaterialien umfassen Kohlenkoks und Ölkoks, und beide Koksarten können in den spezifischen Ausführungsformen verwendet werden. Kohlenkoks, hergestellt aus Feinkohle, ist teuer und schwer zu verwenden, während Ölkoks nur geringe Qualitätsschwankungen aufweist, billig ist und leicht erhältlich ist, so dass es bevorzugt ist, dass Ölkoks verwendet wird.

[0032] Das Volumenverhältnis von Graphit zu Koks liegt im Bereich von 2/1 bis 7/1, und innerhalb dieses Bereiches kann das Verhältnis zwischen Reibung und Schmierung gut eingestellt werden.

[Beispiele]

[0033] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Beispielen, die die Erfindung jedoch nicht beschränken, genauer beschrieben.

Beispiele 1 bis 6, Vergleichsbeispiele 1 bis 3 und Referenzbeispiele 1 bis 3

[0034] Ein Reibungsmaterial wurde hergestellt, indem die Bestandteile des Reibungsmaterials mit der in der Tabelle 1 angegebenen Zusammensetzung 5 Minuten lang in einem Mischer miteinander vermischt wurden, die intensiv miteinander vermischten Materialien in eine Düse gegeben wurden, dann vorgeformt und danach unter dem Einfluss von Wärme geformt wurden. Das Vorformen wurde 10 Sekunden lang unter Anwendung eines Druckes von 10 MPa durchgeführt. Das vorgeformte Produkt wurde 5 Minuten lang bei einer Formtemperatur von 150°C und einem Formdruck von 52,9 MPa geformt, dann 20 bis 100 Minuten lang bei 250°C wärmebehandelt (nachgehärtet), und danach beschichtet, gebrannt und poliert, wobei die Reibungsmaterialien des Basismaterials, der Beispiele, der Vergleichsbeispiele und der Referenzbeispiele erhalten wurden. Diese Reibungsmaterialien wurden entsprechend dem JASO-Eignungstest bewertet, und die Beständigkeit gegenüber Rissbildung wurde mit einem Dynamometer (Drehmomentmesser) bestimmt.

[0035] Die Ergebnisse, die bei der Bewertung der Leistungsfähigkeit enthalten wurden, sind in der Tabelle 1 angegeben.

Reibungskoeffizient, Verschleißfestigkeit

[0036] Nach dem JASO-Eignungstest (JASO, C406) dieser Reibungsmaterialien wurde der Reibungsverlust jedes Reibungsmaterials gemessen.

- Rotormaterial: Gusseisen (FC 200)
- Ausgangsgeschwindigkeit vor dem Bremsen: 20, 50, 100, 130 km/h
- Bremsverzögerung: 2,94 m/s²

[0037] Der Bremsentest wurde durchgeführt nach 10maligem Bremsen unter den obigen Bedingungen, bei einer Ausgangsgeschwindigkeit vor dem Bremsen von 100 km/h, einer Bremsverzögerung von 4,4 m/s², einer Wiederholung von zwei Zyklen des Fading (Nachlassen der Bremse) -Bereichs, wobei 10faches Bremsen einem Zyklus entspricht, und nach dem Aufbringen beider Materialien ein weiteres Mal bei einer Ausgangsgeschwindigkeit vor dem Bremsen von 20, 50, 100, 130 km/h, und einer Bremsverzögerung von 2,94 m/s². Nach dem Beenden des Tests wurden die Verschleißverluste des Reibungsmaterials und Gegenelements (Rotor) gemessen.

Fähigkeit zur Verhinderung von Metallabrieb

[0038] Nach dem unter dem obigen Punkt (1) beschriebenen JASO-Eignungstest (JASO, C406) wurde die Gleitfläche des Reibungsmaterials optisch untersucht.

Beständigkeit gegen Rissbildung

- Rotormaterial: Gusseisen (FC 200)
- Ausgangsgeschwindigkeit vor dem Bremsen: 50 km/h
- Bremsverzögerung: 2,94 m/s²
- Ausgangstemperatur des Rotors: 95°C
- Anzahl der Bremsungen: 3

[0039] Nach dem Festlegen der Grundlinie gemäß der obigen Bedingung wurden insgesamt 10 Bremsungen bei einer Ausgangsgeschwindigkeit vor dem Bremsen von 100 km/h, einer Bremsverzögerung von 4,41 m/s² und einer Ausgangstemperatur des Rotors beim ersten Mal von 65°C in Intervallen von 35 s durchgeführt, und das Fading-Phänomen wurde reproduziert. (Die Temperatur des Rotors nach der 10. Bremsung variierte durch verschiedene Faktoren des Fahrzeugs, lag jedoch ungefähr bei 550 bis 650°C oder so.)

[0040] Anschließend wurde die Erholung vom Fading reproduziert, indem 15 Bremsungen von einer Ausgangsgeschwindigkeit vor dem Bremsen von 50 km/h bei einer Bremsverzögerung von 2,94 m/s² in Intervallen von 120 s durchgeführt wurden. Dieses Verfahren wurde als ein Zyklus betrachtet, ein Test von insgesamt vier Zyklen wurde durchgeführt, und das Abplatzen und Reißen des Reibungsmaterials wurde nach der Beendigung des Tests optisch bewertet.

[0041] Die Bestandteile der Reibungsmaterialien sind in der Tabelle 1 angegeben; ein Phenolharz vom Novolak-Typ wurde als Bindemittelharz verwendet, Cellulosefasern wurden als organische Fasern verwendet, und Zinnsulfid wurde als Metallsulfid verwendet.

Tabelle 1

Menge der Bestandteile und Testergebnisse						
	Bei- spiel 1	Beispiel 2	Bei- spiel 3	Beispiel 4	Beispiel 5	Bei- spiel 6
Bindemittelharz	15	15	15	15	15	15
Acajouharz-Staub	10	10	10	10	10	10
Bariumsulfat	34	28	25	22	19	16
Calciumcarbonat	13	13	13	13	13	13
Calciumhydroxid	2	2	2	2	2	2
Phlogopit	5	5	5	5	5	5
organische Fasern	10	10	10	10	10	10
Zirkoniumsilikat	5	5	5	5	5	5
Graphit	4	8	10	12	14	16
Ölkoks	2	4	5	6	7	8
Zinnsulfid	-	-	-	-	-	-
Kupferfasern	-	-	-	-	-	-
Graphit + Ölkoks	6	12	15	18	21	24
Reibungskoeffizient, 20 km/h	C	B	A	B	C	C
Reibungskoeffizient, 130 km/h	B	A	B	B	B	C
Verschleißrate	B	B	A	A	A	A
Verhinderung eines Metallabriebs	C	B	B	A	A	A
Rissfestigkeit	B	B	B	B	B	B
* Menge der Bestandteile in Volumen%.						
A: sehr gut; B: gut; C: gerade noch akzeptabel; D: schlecht						

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Menge der Bestandteile und Testergebnisse			
	Vergleichsbeispiel 1	Vergleichsbeispiel 2	Vergleichsbeispiel 3
Bindemittelharz	15	15	15
Acajouharz-Staub	10	10	10
Bariumsulfat	30	37	13
Calciumcarbonat	13	13	13
Calciumhydroxid	2	2	2
Phlogopit	5	5	5
organische Fasern	10	10	10
Zirkoniumsilikat	5	5	5
Graphit	10	2	18
Ölkoks	-	1	9
Zinnsulfid	-	-	-
Kupferfasern	-	-	-
Graphit + Ölkoks	10	3	27

Menge der Bestandteile und Testergebnisse			
	Vergleichsbeispiel 1	Vergleichsbeispiel 2	Vergleichsbeispiel 3
Reibungskoeffizient, 20 km/h	C	D	D
Reibungskoeffizient, 130 km/h	C	C	D
Verschleißrate	C	C	A
Verhinderung eines Metallabriebs	D	D	A
Rissfestigkeit	D	D	B
* Menge der Bestandteile in Volumen%.			
A: sehr gut; B: gut; C: gerade noch akzeptabel; D: schlecht			

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Menge der Bestandteile und Testergebnisse				
	Basismaterial	Referenzbeispiel 1	Referenzbeispiel 2	Referenzbeispiel 3
Bindemittelharz	15	15	15	15
Acajouharz-Staub	10	10	10	10
Bariumsulfat	20	25	25	20
Calciumcarbonat	13	13	13	13
Calciumhydroxid	2	2	2	2
Phlogopit	5	5	5	5
organische Fasern	10	10	10	10
Zirkoniumsilikat	5	5	5	5
Graphit	10	10	10	10
Ölkoks	-	-	-	-
Zinnsulfid	5	5	-	2
Kupferfasern	5	-	5	5
Graphit + Ölkoks	10	10	10	13
Reibungskoeffizient, 20 km/h	B	C	C	B
Reibungskoeffizient, 130 km/h	B	C	B	B
Verschleißrate	A	B	D	B
Verhinderung eines Metallabriebs	A	B	C	A
Rissfestigkeit	B	C	C	B
* Menge der Bestandteile in Volumen%.				
A: sehr gut; B: gut; C: gerade noch akzeptabel; D: schlecht				

[0042] Das Basismaterial enthielt Acajouharz-Staub, gehärtet mit Furfural, und ein Metallsulfid sowie Kupferfasern. Das Basismaterial enthielt ebenfalls Bariumsulfat, Calciumcarbonat, ein Mittel zum Einstellen des pH-Wertes (Calciumhydroxid), Glimmer, organische Fasern, Zirkoniumsilikat und Graphit. Die Vergleichsmaterialien wurden in der gleichen Weise wie das Basismaterial hergestellt, mit der Ausnahme, dass in dem Referenzbeispiel 1 keine Kupferfasern verwendet wurden, dass in dem Referenzbeispiel 2 kein Metallsulfid verwendet wurde und dass in dem Vergleichsbeispiel 1 weder Kupferfasern noch ein Metallsulfid verwendet wurden.

Beispiele 7 bis 10 und Vergleichsbeispiele 4 bis 6

[0043] In diesen Beispielen und Vergleichsbeispielen wurden die Mengen an Graphit und Koks variiert und es wurde untersucht, welche Auswirkung das Verhältnis von Graphit zu Koks hat. Das Reibungsmaterial wurde hergestellt, indem die Bestandteile des Reibungsmaterials mit der in der folgenden Tabelle 2 angegebenen Zusammensetzung miteinander vermischt wurden und in der gleichen Weise wie in Beispiel 1 geformt wurden.

Tabelle 2

Verhältnis von Graphit zu Koks				
	Beispiel 7	Beispiel 8	Beispiel 9	Beispiel 10
Bindemittelharz	15	15	15	15
Acajouharz-Staub	10	10	10	10
Bariumsulfat	25	24	25	24
Calciumcarbonat	13	13	13	13
Calciumhydroxid	2	2	2	2
Phlogopit	5	5	5	5
organische Fasern	10	10	10	10
Zirkoniumsilikat	5	5	5	5
Graphit	10	12	12	14
Ölkoks	5	4	3	2
Graphit/Ölkoks	2/1	3/1	4/1	7/1
Reibungskoeffizient, 20 km/h	A	B	B	B
Reibungskoeffizient, 130 km/h	B	A	A	A
Verschleißrate	A	A	A	B
Verhinderung eines Metallabriebs	B	A	A	A
Rissfestigkeit	B	B	B	B
* Menge der Bestandteile in Volumen%.				
A: sehr gut; B: gut; C: gerade noch akzeptabel; D: schlecht				

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Verhältnis von Graphit zu Koks			
	Vergleichs- beispiel 4	Vergleichs- beispiel 5	Vergleichs- beispiel 6
Bindemittelharz	15	15	15
Acajouharz-Staub	10	10	10
Bariumsulfat	25	24	22
Calciumcarbonat	13	13	13
Calciumhydroxid	2	2	2
Phlogopit	5	5	5
organische Fasern	10	10	10
Zirkoniumsilikat	5	5	5
Graphit	5	8	16
Ölkoks	10	8	2

Verhältnis von Graphit zu Koks			
	Vergleichs- beispiel 4	Vergleichs- beispiel 5	Vergleichs- beispiel 6
Graphit/Ölkoks	1/2	1/1	8/1
Reibungskoeffizient, 20 km/h	C	C	D
Reibungskoeffizient, 130 km/h	D	D	C
Verschleißrate	C	C	B
Verhinderung eines Metallabriebs	C	B	C
Rissfestigkeit	C	B	C
* Menge der Bestandteile in Volumen%.			
A: sehr gut; B: gut; C: gerade noch akzeptabel; D: schlecht			

[0044] Die mittlere Teilchengröße des Kokes liegt im Hinblick auf die Benetzungseigenschaften des Bindemittelharzes und die Rissfestigkeit bevorzugt im Bereich von 150 bis 400 µm und besonders bevorzugt im Bereich von 250 bis 350 µm. Die Gesamtmenge an Graphit und Koks liegt im Hinblick auf die Bremswirkung und die Verschleißfestigkeit im Bereich von 5 bis 25 Vol.% und bevorzugt im Bereich von 12 bis 18 Vol.%. Das Verhältnis von Graphit zu Koks liegt im Hinblick auf die Bremswirkung, den Reibungsverlust, die Verhinderung eines Metallabriebs und die Rissfestigkeit im Bereich von 2/1 bis 7/1.

[0045] Der Test auf Verschleiß in Abhängigkeit von der Temperatur wurde mit dem Basismaterial, mit dem Material des Vergleichsbeispiels 1, das kein Kupfer und Zinnsulfid enthielt, und mit dem Material des Beispiels 2, das Graphit und Koks enthielt, durchgeführt. Die Ergebnisse der Tests sind in der folgenden Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3

Ergebnisse des Tests auf Verschleiß in Abhängigkeit von der Temperatur						
Temperatur (°C)	Basismaterial		Vergleichsbeispiel 1		Beispiel 2	
	Volumenverschleißrate	Mittelwert µ	Volumenverschleißrate	Mittelwert µ	Volumenverschleißrate	Mittelwert µ
100	0,12	0,38	0,13	0,39	0,12	0,37
150	0,09	0,41	0,10	0,40	0,10	0,42
200	0,17	0,47	0,22	0,48	0,17	0,48
300	0,28	0,46	0,52	0,50	0,30	0,46
400	0,25	0,43	0,76	0,52	0,28	0,45
* die Volumenverschleißrate wird durch (D10 ⁻⁴ mm ³ /Nm) dargestellt						

[0046] Mit jedem der hergestellten Reibungsmaterialien für eine Bremse wurde unter Verwendung des im Folgenden angegebenen Rotors und eines Dynamometers mit normaler Größe ein Verschleißbeständigkeitstest durchgeführt. Die Testbedingungen sind im Folgenden angegeben.

- Rotormaterial: Gusseisen (FC 200)

[0047] Der Test wurde mit einem Dynamometer mit normaler Größe bei einer Ausgangstemperatur des Rotors von 100, 150, 200, 300 und 400°C, einer Bremsverzögerung von 1,47 m/s² und einer Ausgangsgeschwindigkeit vor dem Bremsen von 50 km/h durchgeführt, und es wurden 1000 Bremsungen durchgeführt. Der Verschleißverlust und der Reibungskoeffizient wurden bei jeder Temperatur gemessen.

[0048] Der Verschleißverlust des Reibungsmaterials von Vergleichsbeispiel 1 stieg bei einer hohen Temperatur von 300 und 400°C an. Im Gegensatz dazu konnte das Reibungsmaterial von Beispiel 2 die Verschleiß-

eigenschaften beibehalten, die denen des Basismaterials entsprachen, und die Bremswirkung entsprach in etwa der des Basismaterials.

[0049] Entsprechend der vorliegenden Erfindung wird die Verschleißbeständigkeit bei hohen Temperaturen beibehalten, selbst wenn kein Schwermetall und keine Schwermetallverbindung verwendet werden, und im Hinblick auf die entgegengesetzte Bremswirkung (contradictory braking effect) werden gute Ergebnisse erzielt, so dass ein Reibungsmaterial bereitgestellt werden kann, das billig ist und das keine Umweltprobleme verursacht.

[Experiment 1]

(Untersuchung des Einflusses des Teilchendurchmessers von Zirkoniumsilikat und Zirkoniumoxid)

[0050] Es wurde ein Experiment durchgeführt, um den Einfluss des Teilchendurchmessers von Zirkoniumsilikat und Zirkoniumoxid, die entsprechend spezifischen Ausführungsformen zu dem Reibungsmaterial gegeben werden können, zu untersuchen.

[0051] Für die Untersuchung des Einflusses des Teilchendurchmessers des zugegebenen Zirkoniumsilikats und Zirkoniumoxids wurden vier Teilchengrößen hergestellt. D.h., weniger als 3 µm, 3 µm bis 13 µm, 13 µm bis 20 µm, und mehr als 20 µm. Das Zirkoniumsilikat und/oder das Zirkoniumoxid wurden in einer Menge von 5 Vol.% zugegeben, bezogen auf das Gesamtvolumen des Reibungsmaterials.

[0052] Die Proben wurden hergestellt, indem die Bestandteile für das Reibungsmaterial in den in der Tabelle 4 angegebenen Mengen 5 Minuten lang in einem Mischer miteinander vermischt wurden, die intensiv gerührten und miteinander vermischten Materialien in eine Düse gegeben wurden, vorgeformt und dann unter dem Einfluss von Wärme geformt wurden. Das Vorformen wurde 10 Sekunden lang unter Anwendung eines Druckes von 10 MPa durchgeführt. Das vorgeformte Produkt wurde 5 Minuten lang bei einer Formtemperatur von 150°C und einem Formdruck von 52,9 MPa geformt, dann 20 bis 100 Minuten lang bei 250°C wärmebehandelt (nachgehärtet), und danach beschichtet, gebrannt und poliert, wobei die Reibungsmaterialien des Basismaterials und der Beispiele A bis H erhalten wurden. Diese Reibungsmaterialien wurden entsprechend dem JASO-Eignungstest bewertet, und die Beständigkeit gegenüber Rissbildung wurde mit einem Dynamometer bestimmt. Die Ergebnisse, die bei der Bewertung der Leistungsfähigkeit enthalten wurden, sind in der Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4

		Basis- material	A	B	C	D	
Zusammensetzung	Bindemittelharz	15	15	15	15	15	
	Reibungsstaub	10	10	10	10	10	
	Bariumsulfat	20	27	27	27	27	
	Calciumcarbonat	13	13	13	13	13	
	Calciumhydroxid	2	2	2	2	2	
	Graphit	10	10	10	10	10	
	Koks	3	3	3	3	3	
	Phlogopit	5	5	5	5	5	
	organische Fasern	10	10	10	10	10	
	Zirkoniumsilikat (µm)	weniger als 3 µm	5	5			
		3 bis 13 µm			5		
		13 bis 20 µm				5	
		mehr als 20 µm					5
Zirkoniumoxid (µm)	weniger als 3 µm						

		Basis- material	A	B	C	D
	3 bis 13 µm					
	13 bis 20 µm					
	mehr als 20 µm					
	Kupferfasern	5				
	Zinnsulfid	2				
	Gesamt	100	100	100	100	100
Reibungseigenschaften JASO-Eignungs- test	Reibungskoeffizient 50 kph 4 MPa	0,42	0,40	0,42	0,44	0,48
	Reibungskoeffizient 130 kph 4 MPa	0,35	0,25	0,30	0,35	0,40
	Reibungsverlust des Rotors	5	4	6	8	15
Test 1	Reibungskoeffizient 60 km/h	0,42	0,40	0,42	0,44	0,48
	Reibungsverlust des Rotors (µm)	1,5	0,5	6,5	8,5	20,0
Test 2	DTV (µm)	4,0	3,0	5,0	7,0	15,0
	Test in einem Fahrzeug NVH-Ei- genschaft	gut	gut	gut	gut	schlecht
Test 1: Geschwindigkeit V = 60 km/h; Rotorvibration 100 µm; Bremsverzögerung α = 0,3 G; Anzahl der Bremsungen N = 1000						
Test 2: V = 100→80; α = 0,3 G; V = 100 km/h; Leerlaufstunden: 16 h						

Tabelle 4 (Fortsetzung)

		E	F	G	H		
Zusammensetzung	Bindemittelharz	15	15	15	15		
	Reibungsstaub	10	10	10	10		
	Bariumsulfat	27	27	27	27		
	Calciumcarbonat	13	13	13	13		
	Calciumhydroxid	2	2	2	2		
	Graphit	10	10	10	10		
	Koks	3	3	3	3		
	Phlogopit	5	5	5	5		
	organische Fasern	10	10	10	10		
	Zirkoniumsilikat (µm)	weniger als 3 µm					
		3 bis 13 µm					
		13 bis 20 µm					
		mehr als 20 µm					
	Zirkoniumoxid (µm)	weniger als 3 µm	5				
		3 bis 13 µm		5			
		13 bis 20 µm			5		
mehr als 20 µm					5		
Kupferfasern							
Zinnsulfid							

		E	F	G	H	
	Gesamt	100	100	100	100	
Reibungseigenschaften JASO-Eignungstest	Reibungskoeffizient 50 kph 4 MPa	0,40	0,42	0,44	0,48	
	Reibungskoeffizient 130 kph 4 MPa	0,25	0,30	0,35	0,40	
	Reibungsverlust des Rotors	4	6	8	15	
Test 1	Reibungskoeffizient 60 km/h	0,40	0,42	0,44	0,48	
	Reibungsverlust des Rotors (μm)	1,0	5,5	8,5	19,0	
Test 2	DTV (μm)	3,0	5,0	6,0	14,0	
	Test in einem Fahrzeug NVH-Eigenschaft	gut	gut	gut	schlecht	
Test 1: Geschwindigkeit $V = 60 \text{ km/h}$; Rotorvibration $100 \mu\text{m}$; Bremsverzögerung $0,3 \text{ G}$; Anzahl der Bremsungen $N = 1000$ $\alpha =$ Test 2: $V = 100 \rightarrow 80$; $\alpha = 0,3 \text{ G}$; $V = 100 \text{ km/h}$; Leerlaufstunden: 16 h						

[0053] Die Ergebnisse zeigen, dass die Bremswirkung bei einem Teilchendurchmesser von weniger als $3 \mu\text{m}$ gering war. Bei einem Teilchendurchmesser von mehr als $20 \mu\text{m}$ stieg der Verschleißverlust des Rotors an, so dass der Rotor stark angegriffen wurde. Es ist deshalb bevorzugt, dass der Teilchendurchmesser im Bereich von 3 bis $20 \mu\text{m}$ liegt.

[Experiment 2]

(Untersuchung des Einflusses der zugegebenen Menge an Zirkoniumsilikat und Zirkoniumoxid)

[0054] Es wurden Experimente durchgeführt, um den Einfluss der zugegebenen Menge an Zirkoniumsilikat und Zirkoniumoxid, die entsprechend spezifischen Ausführungsformen zu dem Reibungsmaterial gegeben werden können, zu untersuchen.

[0055] Die Teilchengrößen lagen im Bereich von 3 bis $20 \mu\text{m}$, was dem bevorzugten Bereich entsprach, der im Experiment 1 ermittelt worden war. Zirkoniumsilikat und Zirkoniumoxid wurden in vier unterschiedlichen Mengen zugegeben. D.h., $1 \text{ Vol.}\%$, $3 \text{ Vol.}\%$, $10 \text{ Vol.}\%$ und $15 \text{ Vol.}\%$, bezogen auf das Gesamtvolumen des Reibungsmaterials. Wenn sowohl Zirkoniumsilikat als auch Zirkoniumoxid verwendet wurden, wurden diese Bestandteile in den folgenden Mengen zugegeben: $1 \text{ Vol.}\% + 1 \text{ Vol.}\%$, $3 \text{ Vol.}\% + 3 \text{ Vol.}\%$, und $7 \text{ Vol.}\% + 7 \text{ Vol.}\%$. Nur $5 \text{ Vol.}\%$ Zirkoniumsilikat oder nur $5 \text{ Vol.}\%$ Zirkoniumoxid waren bereits im Experiment 1 verwendet worden.

[0056] Die Proben wurden hergestellt, indem die Bestandteile für das Reibungsmaterial in den in der Tabelle 5 angegebenen Mengen 5 Minuten lang in einem Mischer miteinander vermischt wurden, die intensiv gerührten und miteinander vermischten Materialien in eine Düse gegeben wurden, vorgeformt und dann unter dem Einfluss von Wärme geformt wurden. Das Vorformen wurde 10 Sekunden lang unter Anwendung eines Druckes von 10 MPa durchgeführt. Das vorgeformte Produkt wurde 5 Minuten lang bei einer Formtemperatur von 150°C und einem Formdruck von $52,9 \text{ MPa}$ geformt, dann 20 bis 100 Minuten lang bei 250°C wärmebehandelt (nachgehärtet), und danach beschichtet, gebrannt und poliert, wobei die Reibungsmaterialien des Basismaterials und der Beispiele „a“ bis „k“ erhalten wurden. Diese Reibungsmaterialien wurden entsprechend dem JASO-Eignungstest bewertet, und die Beständigkeit gegenüber Rissbildung wurde mit einem Dynamometer bestimmt. Die Ergebnisse, die bei der Bewertung der Leistungsfähigkeit enthalten wurden, sind in der Tabelle 5 angegeben.

Tabelle 5

		Basis- material	a	b	c	d	e
Zusammen- setzung	Bindemittelharz	15	15	15	15	15	15
	Reibungsstaub	10	10	10	10	10	10
	Bariumsulfat	20	31	29	22	17	31
	Calciumcarbonat	13	13	13	13	13	13
	Calciumhydroxid	2	2	2	2	2	2
	Graphit	10	10	10	10	10	10
	Koks	3	3	3	3	3	3
	Phlogopit	5	5	5	5	5	5
	organische Fasern	10	10	10	10	10	10
	Zirkoniumsilikat 3 bis 20 µm	5	1	3	10	15	
	Zirkoniumoxid 3 bis 20 µm						1
	Kupferfasern	5					
	Zinnsulfid	2					
	Gesamt	100	100	100	100	100	100
Reibungsei- genschaften JASO-Eig- nungstest	Reibungskoeffizient 50 kph 4 MPa	0,42	0,40	0,42	0,45	0,49	0,40
	Reibungskoeffizient 130 kph 4 MPa	0,35	0,25	0,30	0,36	0,42	0,25
	Reibungsverlust des Rotors	5	4	6	8	15	4
Test 1	Reibungskoeffizient 60 km/h	0,42	0,40	0,42	0,44	0,48	0,40
	Reibungsverlust des Rotors (µm)	1,5	0,5	6,5	12	25,0	0,5
Test 2	DTV (µm)	4	3	5	8	18	3
	Test in einem Fahrzeug NVH-Eigenschaft	gut	gut	gut	gut	schlecht	gut

Tabelle 5 (Fortsetzung)

		f	q	h	i	j	k
Zusammen- setzung	Bindemittelharz	15	15	15	15	15	15
	Reibungsstaub	10	10	10	10	10	10
	Bariumsulfat	29	22	17	26	22	18
	Calciumcarbonat	13	13	13	13	13	13
	Calciumhydroxid	2	2	2	2	2	2
	Graphit	10	10	10	10	10	10
	Koks	3	3	3	3	3	3
	Phlogopit	5	5	5	5	5	5
	organische Fasern	10	10	10	10	10	10
	Zirkoniumsilikat 3 bis 20 µm				3	5	7
	Zirkoniumoxid	3	10	15	3	5	7

		f	q	h	i	j	k
	3 bis 20 µm						
	Kupferfasern						
	Zinnsulfid						
	Gesamt	100	100	100	100	100	100
Reibungseigenschaften JASO-Eignungstest	Reibungskoeffizient 50 kph 4 MPa	0,42	0,45	0,49	0,42	0,45	0,49
	Reibungskoeffizient 130 kph 4 MPa	0,30	0,36	0,42	0,27	0,36	0,42
	Reibungsverlust des Rotors	6	8	15	5	8	15
Test 1	Reibungskoeffizient 60 km/h	0,42	0,44	0,48	0,40	0,44	0,47
	Reibungsverlust des Rotors (µm)	6,5	12	25,0	0,5	12	25,0
Test 2	DTV (µm)	5	8	17	3	8	14
	Test in einem Fahrzeug NVH-Eigenschaft	gut	gut	schlecht	gut	gut	schlecht

[0057] Die Ergebnisse zeigen, dass der Reibungskoeffizient bei einer Menge von 1 Vol.% gering war. Der Reibungskoeffizient war bei einer Menge von 15 Vol.% zwar groß, aber der Reibungsverlust des Rotors stieg an, so dass der Rotor stark angegriffen wurde. Es ist deshalb bevorzugt, dass die zugegebene Menge an Zirkoniumsilikat oder Zirkoniumoxid im Bereich von 3 Vol.% bis 10 Vol.% liegt. Wenn sowohl Zirkoniumsilikat als auch Zirkoniumoxid verwendet werden, ist eine Menge von 10 Vol.% bevorzugt. Bei einer Menge von 14 Vol.% trat das Problem auf, dass der Verschleißverlust des Rotors anstieg, oder es traten andere Probleme auf.

[0058] Wenn Graphit und Koks, dessen Gleiteigenschaften schlechter als die von Graphit sind, gleichzeitig als Teil des Verschleißschutzmittels in einem geeigneten Volumenverhältnis zu den Bestandteilen eines Reibungsmaterials gegeben werden, zeichnet sich das erhaltene asbestfreie Reibungsmaterial durch eine gute Verschleißbeständigkeit bei hoher Temperatur aus, selbst wenn kein gefährliches Metall und keine gefährliche Metallverbindung, insbesondere Metallfasern, verwendet werden, ein Angriff des Bremsgegenelements kann weitestgehend verhindert werden, während ein hoher Reibungskoeffizient beibehalten wird, und das Reibungsmaterial ist beständig gegen Rissbildung und die Bremswirkung wird verbessert. Das asbestfreie Reibungsmaterial entsprechend der vorliegenden Erfindung wird deshalb insbesondere als Reibungsmaterial für die Verwendung in Vorrichtungen für die Industrie, in Triebwagen, in Gepäckwagen und in Personenwagen verwendet, insbesondere in Bremsklötzen, Bremsbelägen und Kupplungsbelägen für die Verwendung in den zuvor beschriebenen Bereichen, und schädigt die Umwelt nicht.

Patentansprüche

1. Asbestfreies Reibungsmaterial, enthaltend ein faserförmiges Material, ein Verschleißschutzmittel, umfassend Graphit und Koks, einen Füllstoff und ein Bindemittel, wobei das asbestfreie Reibungsmaterial Graphit und Koks in einer Gesamtmenge im Bereich von 5 bis 25 Vol.% des Reibungsmaterials enthält und das Volumenverhältnis Graphit/Koks im Bereich von 2/1 bis 7/1 liegt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mittlere Teilchengröße des Kokses im Bereich von 150 bis 400 µm (Mikrometer) liegt und das Reibungsmaterial kein Metall und keine Metallverbindung aus der Gruppe, bestehend aus Eisen, Kupfer, Zink, Blei, Mangan und Chrom und Verbindungen von Eisen, Kupfer, Zink, Blei, Mangan und Chrom enthält.

2. Asbestfreies Reibungsmaterial, enthaltend ein faserförmiges Material, ein Verschleißschutzmittel, umfassend Graphit und Koks, einen Füllstoff und ein Bindemittel, wobei das asbestfreie Reibungsmaterial Graphit und Koks in einer Gesamtmenge im Bereich von 5 bis 25 Vol.% des Reibungsmaterials enthält und das Volumenverhältnis Graphit/Koks im Bereich von 2/1 bis 7/1 liegt, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Reibungsmaterial weiterhin 3 Vol.% bis 10 Vol.%, bezogen auf das Gesamtvolumen des Reibungsmaterials, mindestens eines Bestandteils, ausgewählt aus Zirkoniumsilikat und Zirkoniumoxid mit einem Teilchendurchmesser im Bereich von 3 µm bis 20 µm, enthält und kein Metall und keine Metallverbindung aus der Gruppe, bestehend

aus Eisen, Kupfer, Zink, Blei, Mangan und Chrom und Verbindungen von Eisen, Kupfer, Zink, Blei, Mangan und Chrom enthält.

Es folgen keine Zeichnungen