



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 64 229 B4** 2006.03.09

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 64 229.6**
(22) Anmeldetag: **31.12.2001**
(43) Offenlegungstag: **24.07.2003**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **09.03.2006**

(51) Int Cl.⁸: **C04B 35/80** (2006.01)
C04B 35/577 (2006.01)
F16D 69/02 (2006.01)

Innerhalb von drei 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. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
SGL CARBON AG, 65203 Wiesbaden, DE

(72) Erfinder:
Bauer, Moritz, 86153 Augsburg, DE; Kienzle, Andreas, Dr., 86672 Thierhaupten, DE; Krätschmer, Ingrid, 86485 Biberbach, DE; Krupka, Mario, 86477 Adelsried, DE; Herberg, Klaus, Dipl.-Ing., 74336 Brackenheim, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 199 39 545 A1
DE 44 38 456 A1
EP 11 24 074 A1
EP 11 24 071 A1
WO 00 41 982 A1

(54) Bezeichnung: **Reibscheiben, Verfahren zu ihrer Herstellung und ihre Verwendung**

(57) Hauptanspruch: Reibscheiben enthaltend eine Reibschicht und eine Kernzone aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen, dadurch gekennzeichnet, dass die Kernzone mindestens zwei Lagen aus multidirektionalem Fasergewebe als Verstärkung enthält, wobei die einzelnen Fasergewebelagen jeweils vollständig durch die Matrix voneinander getrennt sind, und wobei mindestens 5 % der Fläche jeder Fasergewebelage durch Matrixmaterial ersetzt ist, derart dass das Matrixmaterial auch in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Gewebelagen eine kontinuierliche Phase bildet.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf Reibscheiben und Verfahren zu ihrer Herstellung. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf Kupplungsscheiben für Kraftfahrzeuge und ein Herstellungsverfahren von Reibscheiben umfassend speziell gewebeverstärktes C/SiC-Kernmaterial (mit Kohlenstoffasern verstärkte Materialien, deren Matrix Siliciumcarbid enthält) und eine keramische Reibschicht, die überwiegend SiC-Phasen enthält.

[0002] Seit langem ist es bekannt, für Reibbeläge von Kupplungen Mineralfaserstoffe zu verwenden. Besonders gut geeignet sind hierfür Asbestwerkstoffe. Der Einsatz dieser asbesthaltigen Materialien ist heutzutage jedoch ökologisch nicht mehr vertretbar, so daß nahezu ausschließlich Werkstoffe auf Basis anderer Mineralfasern zum Einsatz kommen. Wegen der gestiegenen Motorleistungen, Fahrzeuggeschwindigkeiten und Fahrzeuggewichten sind auch die Anforderungen an die tribologischen Eigenschaften von Kupplungsscheiben im KFZ-Bereich gestiegen; daher werden zunehmend auch neue Werkstoffpaarungen erprobt.

[0003] Von besonderem Interesse sind hierbei mit Kohlenstoffasern verstärkte Verbundwerkstoffe oder Keramiken, insbesondere solche mit SiC-haltiger Matrix. Diese Werkstoffe zeichnen sich durch hohe Temperaturbeständigkeit, geringen Verschleiß und gute tribologische Eigenschaften aus.

Stand der Technik

[0004] In der DE 199 39 545 A1 wird vorgeschlagen, zur Erhöhung der Belastbarkeit und Leistungsfähigkeit gegenüber dem Stand der Technik Kupplungsscheiben mit Reibbelägen aus mit Kohlenstoffasern verstärktem Siliciumcarbid (SiC) zu verwenden. Nachteilig ist hierbei, daß die Herstellung einer dichten SiC-Matrix mit einer Faserverstärkung aus Kohlenstoffasern technisch nur aufwendig zu realisieren ist. Ein technischer Fortschritt bei der Materialsynthese wurde durch die Silicium-Flüssiginfiltration von mit Kohlenstoffasern verstärkten kohlenstoffhaltigen Vorkörpern erreicht, wobei im allgemeinen mit Kohlenstoffasern verstärkte Verbundwerkstoffe mit Si- und SiC-Matrix entstehen.

[0005] In der WO 00/41982 A1 werden Keramikkörper für Bremsscheiben vorgeschlagen, die aus einer Kern- und einer Reibschicht zusammengesetzt sind, wobei der Kernkörper durch mindestens eine langfaserverstärkte Schicht, bevorzugt mit zueinander winkelversetzten UD-Schichten (Schichten aus "unidirectional tapes", also Bändern, die parallel liegende Endlosfasern enthalten), aufgebaut wird. Zwischen den UD-Schichten sind gegebenenfalls weitere Schichten aus kurzfaserverstärktem Material oder

gewebeverstärktem Material angeordnet. Für hohe Rotationsgeschwindigkeiten, die besonders für Kupplungsscheiben gefordert werden, hat sich gezeigt, daß die UD-Faserlagen aufgrund der geringen Zugfestigkeit senkrecht zur Faserrichtung weniger geeignet sind.

[0006] Bezüglich der Oxidationsbeständigkeit bei höchsten Temperaturen und unter Dauerbetrieb insbesondere bei Bremsscheiben haben sich kurzfaserverstärkte C/SiC-Varianten bewährt. Die für Kupplungsscheiben geforderten hohen Drehzahlen werden aber mit den kurzfaserverstärkten C/SiC-Varianten nicht erreicht.

[0007] Aus EP 124 074 A1 und EP 124 071 A1 sind Bremsscheiben aus C/SiC und Herstellungsverfahren dafür bekannt, bei denen neben kurzfaserbündelverstärktem Grundmaterial auch Langfasern zur Verstärkung vorgesehen sind. Die Langfasern erstrecken sich um die Form der Bremsscheibe. Hierdurch soll das Rißwachstum gebremst und die Scheibenfestigkeit erhöht werden. Die beschriebenen Scheiben weisen allerdings keine gesonderten SiC-reichen Reibschichten auf, die sich insbesondere für schnell rotierende Brems- und Kupplungsscheiben als vorteilhaft erwiesen haben.

[0008] Zur Erzielung hoher Langfasergerhalte und einer über das gesamte Bauteil gleichmäßigen Langfaserverteilung sind die Herstellungsverfahren aus EP 124 074 A1 und EP 124 071 A1 weniger gut geeignet. Beides ist aber Voraussetzung für eine weitere Steigerung der Festigkeit gegenüber der rotierenden Belastung.

Aufgabenstellung

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es daher, gegenüber diesem Stand der Technik eine Verbesserung der Festigkeit von faserverstärkten Reibkörpern, insbesondere Kupplungsscheiben, bei hohen Drehzahlen oder Rotationsgeschwindigkeiten zu erreichen, wobei gleichzeitig gute Reibeigenschaften der Reibflächen und ein günstiges Oxidationsverhalten realisiert werden sollen. Die Kupplungsscheiben sollen mit dem technisch und ökonomisch effizienten Flüssigsiliciumverfahren herstellbar sein.

[0010] Die Aufgabe wird gelöst durch Reibscheiben gemäß dem Anspruch 1.

[0011] Die Erfindung betrifft daher Reibscheiben enthaltend eine Reibschicht und eine Kernzone aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen, dadurch gekennzeichnet, dass die Kernzone mindestens zwei Lagen aus multidirektionalem Fasergewebe als Verstärkung enthält, wobei die einzelnen Fasergewebelagen jeweils vollständig durch die Matrix voneinander getrennt sind, und wobei mindestens 5

% der Fläche jeder Fasergewebelage durch Matrixmaterial ersetzt ist, derart dass das Matrixmaterial auch in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Gewebelagen eine kontinuierliche Phase bildet.

[0012] Unter "Fasergewebelage" oder "Fasermatten" wird hier und im folgenden jedes flächige Gebilde aus Fasern verstanden, also auch Geflechte, Gestricke, Gewirke und Vliese.

[0013] Die Fasermatten innerhalb einer Lage stellen eine hohe Zugfestigkeit in der Ebene unabhängig von der Richtung sicher und ermöglichen somit hohe Rotationsgeschwindigkeiten. Überraschenderweise wurde gefunden, daß durch Unterbrechungen in der Fläche der Fasermatten durch Matrixbereiche die interlaminae Scherfestigkeit zwischen zwei benachbarten Fasermatten verbessert wird, und damit der Zusammenhalt des Verbundwerkstoffs bei scheren- oder Torsions-Beanspruchung, die beispielsweise bei Reibbelastung auftritt, gewährleistet. Darüber hinaus werden die Oxidationspfade entlang den oxidationsempfindlichen Kohlenstoffasern durch die oxidationsunempfindliche Matrix unterbrochen und das Vorschreiten der oxidativen Faserschädigung verhindert.

[0014] Erfindungsgemäß werden als Verstärkungsfasern Langfasern mit einer mittleren Länge von mindestens 50 mm verwendet, die mindestens bidirektional zu einer Fasermatte gewebt, gestrickt, gewirkt oder geflochten sind. Gegenüber unidirektionalen Faserbändern ist hierdurch eine wesentlich bessere Festigkeit gewährleistet. Ebenso ist in einfacher Weise sichergestellt, daß in einer Lage immer sowohl radiale als auch tangential Verstärkungskomponenten vorliegen.

[0015] Bevorzugt werden als Verstärkungsfasern kohlenstoffhaltige Fasern, insbesondere Kohlenstoffasern und/oder Graphitfasern eingesetzt. Die Matrix enthält bevorzugt Phasen aus Siliciumcarbid, sowie zusätzlich Phasen, die metallisches Silicium, gegebenenfalls legiert mit anderen Metallen, und gegebenenfalls Phasen, die elementaren Kohlenstoff und/oder Carbide von Elementen außer Silicium, enthalten. Es ist bevorzugt, daß die Matrix einen Massenanteil von mindestens 70 % an Siliciumcarbid enthält.

[0016] Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist die Verwendung der Reibscheiben insbesondere als Kuppelungsscheiben sowie Bremsscheiben in Fahrzeugen.

[0017] Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist die Zusammensetzung der auf der Reibscheibe befindlichen Reibfläche oder Reibschicht aus einer Verbundkeramik, die einen hohen Anteil an SiC-Phasen aufweist. Dieser Massenanteil beträgt bevorzugt 30 bis 99 %, bezogen auf die Masse der Reibschicht. Hier-

durch wird die Verschleißfestigkeit und der Reibwert der Reibfläche verbessert, bei – wegen ihrer ähnlichen thermischen Ausdehnung – ungeschwächter Bindung an die Tragzone des Reibkörpers. Diese kraftschlüssige Anbindung an die erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffe wird möglich durch die in der Richtung senkrecht zu den Fasergewebelagen kontinuierliche Matrix der Verbundwerkstoffe.

[0018] Derartige Reibscheiben werden vorteilhafterweise durch eine Flüssiginfiltration von faserverstärkten oder faserbündelverstärkten kohlenstoffhaltigen Vorkörpern mit Siliciumschmelzen hergestellt. Derlei Verfahren sind beispielsweise aus der DE-A 198 56 721, DE-C 197 11 829 oder der DE-A 197 10 105 bekannt.

[0019] Erfindungsgemäß weisen die Reibscheiben als Verstärkung Fasermatten auf, wobei die Fasern Pyrolyseprodukten von carbonisierbaren Stoffen beschichtet sind. Als Fasern werden bevorzugt Kohlenstoff- oder Graphitfasern und Fasern, enthaltend Verbindungen von mindestens zwei der Elemente Si, C, B, Ti, oder N untereinander, verwendet.

[0020] Die Länge der Fasern oder Faserbündel in den Fasermatten ist bevorzugt mindestens 10 % des Durchmessers der Reibscheibe.

[0021] Die Fasermatten bzw. die sie aufbauenden Fasern werden bevorzugt mit Kohlenstoff beschichtet, der durch die Carbonisierung von Polymeren, Harzen oder Pechen gebildet wird. Hierdurch wird der sogenannte "Opferkohlenstoff" und ein Kohlenstoffschutzhülle als Faserschutz für die nachfolgende Silicierung aufgebaut. Während der Silicierung wird dieser Kohlenstoff teilweise in SiC umgewandelt. Erfindungsgemäß werden der Faserschutz und die Silicierungsbedingungen so gewählt, daß zumindest ein Teil dieses Opferkohlenstoffs, des Faserschutzes und der Fasern zu SiC und Resten an Si und C umgesetzt werden. Hierdurch entstehen die erfindungsgemäßen, die Fasermatte unterbrechenden Matrixbereiche. Dabei werden die einzelnen Fasermatten bevorzugt vollständig durch eine Schicht aus Matrixmaterial voneinander getrennt.

[0022] Die Größe und Anordnung dieser Matrixbereiche läßt eine dreidimensionale Durchdringung des Verbundwerkstoffs mit der SiC, Si und C enthaltenden Phase zu. Im Gegensatz zu dem aus dem Stand der Technik bekannten Aufbau der Kernzone aus durchgehenden Gewebematten, Prepreglagen, Vliesen und dergleichen weist die erfindungsgemäße Ausführung senkrecht zur Ebene der Fasermatten eine durchgehende SiC, Si und C enthaltende (Matrix-) Phase auf. Hierdurch wird eine hohe Scherfestigkeit und Torsionsfestigkeit zwischen benachbarten Faserlagen erreicht. Bei der Anwendung als Kuppelungsscheibe ist es bevorzugt, daß die von Matrixbe-

reichen durchsetzte Fläche der Fasermatten mindestens 20 % beträgt.

[0023] Während die durch thermische Überlastung hervorgerufene Oxidation, insbesondere der Kohlenstofffasern, bei den Verbundwerkstoffen des Standes der Technik entlang den Faserbündeln ins Innere des Verbundwerkstoffs voranschreitet, wird bei den erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffen der weitere Fortschritt der Oxidation wirkungsvoll durch die SiC, Si und C enthaltenden Matrixbereiche gestoppt.

[0024] Die Reibschicht auf den erfindungsgemäßen Reibscheiben unterscheidet sich von der Zusammensetzung der Matrix der Kernzone durch einen verringerten Fasergehalt beziehungsweise einen höheren Anteil an Si- und SiC-Phasen. Insbesondere enthält die Reibschicht weder eine Gewebe- noch eine Langfaserverstärkung. Die maximale Faserlänge der Kurzfasern in der Reibschicht beträgt maximal 30 mm. Bevorzugt wird für die Reibschicht eine Zusammensetzung mit einem Massenanteil an SiC-Phasen von 30 bis 99 %, besonders bevorzugt von 70 bis 98 %, insbesondere von 80 bis 95 %, bezogen auf die Masse der Reibschicht. Der Massenanteil an (Kurz-)Fasern in der Reibschicht beträgt bevorzugt 20 bis 60 %, insbesondere bis zu 35 %, bezogen auf die Masse der Reibschicht. Die Dicke der Reibschicht liegt bei mindestens 0,1 mm, bevorzugt bei mindestens 0,5 mm und besonders bevorzugt bei mindestens 1 mm.

[0025] Das Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Reibscheibe gliedert sich in die folgenden allgemeinen Schritte:

- a) Herstellung eines Prepregs aus mindestens zwei Lagen von bidirektionalem Fasergewebe, insbesondere Kohlenstoffasergewebe
- b) Aushärten des Prepregs
- c) Carbonisierung zu einem C/C-Körper, gegebenenfalls gefolgt von Schritt e)
- d) Imprägnierung des C/C-Körpers mit carbonisierbaren Bindern (Pechen, Harzen oder Polymeren), gegebenenfalls gefolgt von Schritt c)
- e) Beschichtung mindestens einer Oberfläche mit einer Masse bestehend aus carbonisierbaren Bindern und Kohlenstoff-Kurzfasern
- f) Carbonisieren und Infiltration mit einer Si-Schmelze

[0026] Zur Herstellung dieser Reibkörper werden zunächst kohlenstoffhaltige poröse Grünkörper hergestellt (Schritte a bis d).

[0027] Dabei werden mindestens zwei Lagen aus mit Harz oder Kunststoffen beschichteten Fasergewebelagen oder Flächengebilden, insbesondere aus Kohlenstofffasern, übereinandergelegt, zusammengepreßt und ausgehärtet. Hier werden die aus der CFK- oder CFC-Herstellung üblichen Verfahren der

Prepreg-Technologie angewendet. Wesentlich ist, daß bei diesem Fertigungsschritt carbonisierbare Binder zur Aushärtung der imprägnierten Fasergewebelagen zu einem CFK-Körper eingesetzt werden. Bei der Ablage der bidirektionalen Gewebelagen ist es von Vorteil, die Faserausrichtungen winkerversetzt anzuordnen, so daß sich über alle Lagen im Mittel eine möglichst gleichmäßige (isotrope) Faserausrichtung ausbildet. Beispielsweise wird man bei zwei Fasergewebelagen und einem Winkel der Fasern im Gewebe von ca. 90° die beiden Lagen um 45° winkerversetzt anordnen. Ebenso ist es aber auch möglich, die Formgebung durch andere aus der Faserverbundwerkstoff-Technologie bekannte Verfahren, wie zum Beispiel RTM ("reaction transfer moulding"), vorzunehmen. In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird das zur Verstärkung vorgesehene Tragwerk aus Fasern gewebt oder gestrickt.

[0028] Im nächsten Schritt (c) wird der Grünkörper carbonisiert, das heißt bei Temperaturen oberhalb von ca. 750 °C unter nichtoxidierenden Bedingungen zu nichtflüchtigen Kohlenstoffrückständen zersetzt. Bevorzugt wird ein Temperaturbereich von mindestens 1600 °C. Hierzu werden auch Temperaturen oberhalb ca. 1800 °C gerechnet, wo zusätzlich noch eine Graphitierung, das heißt Kristallisation des Kohlenstoffs auftritt.

[0029] Im nächsten Schritt (d) wird der CFC-Körper nochmals mit carbonisierbaren Pechen, Harzen, oder Polymeren nachverdichtet (imprägniert). Dieser Schritt legt im wesentlichen die Menge an Opferkohlenstoff und die Güte des Faserschutzes fest und kann gegebenenfalls ein- oder mehrmals wiederholt werden, wobei zwischen jeder Neuimprägnierung eine Carbonisierung stattfindet.

[0030] Auf den fertig nachverdichteten CFC-Körper wird der Vorkörper der Reibschicht oder eine entsprechende Reibschichtmasse aufgeklebt oder aufgebracht (Schritt e). Dabei erfolgt die Verbindung mit der Trag- oder Kernzone durch eine überwiegend (mehr als 50 % der Masse) Silicium enthaltende Schicht, die wie ein Hartlot wirkt.

[0031] Der Vorkörper der Reibschicht besteht aus einer porösen CFK- oder CFC-Schicht, wobei hier bevorzugt von einer preßfähigen kurzfaserbündelhaltigen Masse ausgegangen wird. Die Kurzfaserbündel enthalten üblicherweise mit kohlenstoffhaltigem Material beschichtete Kurzfasern mit einer mittleren Länge von bevorzugt bis zu 30 mm. Die Reibschichtmasse besteht bevorzugt aus einer bildbaren klebfähigen und carbonisierbaren kurzfaserbündelhaltigen Streichmasse.

[0032] Unter "bildbar" wird eine unter Druck und Wärmeeinwirkung formbare oder umformbare Masse verstanden.

[0033] Der der späteren Reibschicht entsprechende Vorkörper oder die Reibschichtmasse müssen einen dem gewünschten späteren SiC-Gehalt angemessenen Kohlenstoffgehalt aufweisen. Der als Reaktionspartner des flüssigen Siliciums bei der nachfolgenden Flüssigsilicierung auftretende Kohlenstoff geht aus kohlenstoffhaltigen Füllstoffen, typischerweise Graphit, Pyrolyserückständen von Harzen und Pechen und reaktiven Kurzfaserbündeln hervor. Für die Reibschichtmasse kann dabei vollständig auf faserförmiges Material verzichtet werden. Hierdurch kann auch eine nach der Silicierung vollständig faserfreie Reibschicht hergestellt werden.

[0034] Die mit Reibschichtmaterial versehenen geformten Körper werden hierauf siliciert. Beim Heizen auf die Prozeßtemperatur des Silicierens wird dabei nochmals eine Carbonisierung durchlaufen, die als eigene Prozeßstufe oder zusammen mit der Silicierung durchgeführt werden kann.

[0035] Die eigentliche Silicierung erfolgt bei Temperaturen oberhalb von 1420 °C durch Infiltration mit einer Siliciumschmelze, wobei auch weitere Metalle oder Halbmetalle in Massenanteilen von bis zu 50 % in der Schmelze enthalten sein können. Dabei wandelt sich in bekannter Weise zumindest ein Teil des Kohlenstoffs durch chemische Reaktion in SiC um. Werden weitere Metalle verwendet, so bilden sich Si- und SiC-Phasen neben Mischphasen aus Silicium und den eingesetzten Metallen und Phasen aus Metallcarbiden und/oder Metallsiliciden aus. Dies bedeutet, daß die Metalle oder Halbmetalle der Matrix im Si oder SiC gelöst, als Si-Legierung, als Ausscheidung im Si oder SiC, als diskrete Si-Verbindung, oder weitgehend separate Phase auftreten können.

[0036] Typischerweise werden diese Metalle oder Halbmetalle bei der Flüssigsilicierung als Legierungsbestandteile des Siliciums in den Verbundwerkstoff eingebracht und reichern sich in den Siliciumphasen des Werkstoffes an. Zu den bevorzugten Metallen zählen insbesondere Mo, Ni, Cr, Ti, Fe, Cu, Al und B.

[0037] Die erfindungsgemäßen Reibscheiben als Kupplungsscheiben widerstehen auch den erhöhten Drehzahlen bzw. Rotationsgeschwindigkeiten ohne Versagen. Auch bei Drehzahlen, die bei Kupplungsscheiben der modernen Hochleistungssportwagen auftreten, zeigte sich keine Rißbildung.

Patentansprüche

1. Reibscheiben enthaltend eine Reibschicht und eine Kernzone aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kernzone mindestens zwei Lagen aus multidirektionalem Fasergewebe als Verstärkung enthält, wobei die einzelnen Fasergewebelagen jeweils voll-

ständig durch die Matrix voneinander getrennt sind, und wobei mindestens 5 % der Fläche jeder Fasergewebelage durch Matrixmaterial ersetzt ist, derart dass das Matrixmaterial auch in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Gewebelagen eine kontinuierliche Phase bildet.

2. Reibscheiben nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstärkungsfasern ausgewählt sind aus Kohlenstoff- und Graphit-Fasern und Fasern enthaltend Verbindungen von mindestens zwei der Elemente Si, C, B, Ti und N.

3. Reibscheiben nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstärkungsfasern eine mittlere Länge von mindestens 50 mm aufweisen.

4. Reibscheiben nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix in der Kernzone Phasen von Siliciumcarbid, metallischem Silicium und gegebenenfalls Kohlenstoff enthält.

5. Reibscheiben nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Lagen eines bidirektionalen Fasergewebes parallel zur Scheibenebene ausgerichtet sind, dass die Matrix Siliciumcarbid, Kohlenstoff und Silicium enthält, und dass die Reibschicht einen Massenanteil an Siliciumcarbid von 30 % bis 99 % enthält.

6. Reibscheiben nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die mittlere Länge der Fasern oder Faserbündel innerhalb einzelner Fasergewebelagen mindestens 10 % des Durchmessers der Reibscheibe entspricht.

7. Reibscheiben nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrix in der Kernzone einen Massenanteil von mindestens 70 % an Siliciumcarbid enthält.

8. Reibscheiben nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Reibschicht einen Massenanteil von 20 % bis 60 % Kohlenstoffkurzfasern mit einer mittleren Länge von maximal 30 mm enthält.

9. Reibscheiben nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Reibschicht von der Kernzone durch eine überwiegend Silicium enthaltende Schicht getrennt ist.

10. Verfahren zur Herstellung von Reibscheiben aus faserverstärkter Verbundkeramik, enthaltend eine Kernzone aus Kohlenstoffasergewebe-verstärkter Keramik und mindestens eine SiC-reiche Reibschicht, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

a) Herstellung eines Prepregs aus mindestens 2 Lagen an bidirektionalem Kohlenstoffasergewebe, wobei die Fasergewebelagen mit Polymeren, Harzen

oder Pechen beschichtet werden, die bei Carbonisierung Kohlenstoff bilden, derart dass die einzelnen Fasergewebelagen vollständig durch eine Schicht dieses Materials voneinander getrennt werden,

b) Aushärten der Prepregs

c) Carbonisierung zu einem C/C-Körper

d) Imprägnierung des C/C-Körpers mit carbonisierbaren Pechen, Harzen oder Polymeren, gegebenenfalls gefolgt von Schritt c)

e) Beschichtung mindestens einer Scheibenoberfläche mit einer kohlenstoffhaltigen Reibschichtmasse oder Aufkleben eines Reibschicht-Vorkörpers auf mindestens eine Scheibenoberfläche

f) Carbonisieren und Infiltration mit einer Si-Schmelze,

dadurch gekennzeichnet, dass der Faserschutz und die Silicierungsbedingungen so gewählt werden, dass in den Fasergewebelagen diese unterbrechende Matrixbereiche entstehen, deren Fläche mindestens 5 % der Fläche jeder Fasergewebelage beträgt, derart dass das Matrixmaterial auch in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Fasergewebelagen eine kontinuierliche Phase bildet.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung der Kohlenstofffasergewebe und/oder der sie bildenden Fasern bei der Bildung des Prepregs im Schritt a), die Carbonisierung im Schritt b), die Imprägnierung im Schritt d) und die Silicierung im Schritt f) so durchgeführt werden, dass innerhalb der Kohlenstofffasergewebelagen zusammenhängende Matrixbereiche gebildet werden, deren maximale laterale Ausdehnung bei 20 % des Scheibendurchmessers liegt.

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die kohlenstoffhaltige Reibschichtmasse oder der Reibschichtvorkörper so ausgewählt werden, dass die Matrix der Reibschicht einen Massenanteil von mindestens 70 % Siliciumcarbid enthält.

13. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Carbonisierung bei einer Temperatur von mindestens 1600 °C durchgeführt wird.

14. Verwendung von Reibscheiben nach Anspruch 1 als Kupplungsscheiben in Reibkupplungen von Kraftfahrzeugen.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen