

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
30. August 2012 (30.08.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/113428 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C22C 1/04 (2006.01) **F16D 65/12** (2006.01)

C22C 21/02 (2006.01) **C22C 1/10** (2006.01)

C22C 32/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/006243

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Dezember 2011 (10.12.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 012 142.0
24. Februar 2011 (24.02.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **DAIMLER AG** [DE/DE]; Mercedesstrasse 137,
70327 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ÖZER, Ihsan** [TR/DE];
Sindelfinger Strasse 108, 71069 Sindelfingen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: ALUMINUM MATRIX COMPOSITE MATERIAL, SEMI-FINISHED PRODUCT CONSISTING OF THE
ALUMINUM MATRIX COMPOSITE MATERIAL AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

(54) Bezeichnung : ALUMINIUM-MATRIXVERBUNDWERKSTOFF, HALBZEUG AUS DEM ALUMINIUM-
MATRIXVERBUNDWERKSTOFF UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG

(57) Abstract: The invention relates to an aluminum matrix composite material which is suitable for producing at least a friction
ring of a brake disk. The aluminum matrix composite material comprises 20 to 40% by weight of aluminum, 10 to 30% by weight of
silicon, and optionally 2 to 6% by weight of iron, 1 to 3% by weight of nickel, 1 to 3% by weight of manganese, 1 to 3% by weight
of magnesium, as well as 15 to 25% by weight of silicon carbide particles and 15 to 25% by weight of aluminum nitride particles,
based on a total weight of the aluminum matrix composite material. The invention further relates to a method for producing a semi-
finished product consisting of the aluminum matrix composite material and to a semi-finished product consisting of the aluminum
matrix composite material.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung stellt einen Aluminium-Matrixverbundwerkstoff bereit, der zur Bildung
zumindest eines Reibrings einer Bremsscheibe geeignet ist. Der Aluminium-Matrixverbundwerkstoff weist 20 bis 40 Gew.-%
Aluminium, 10 bis 30 Gew.-% Silizium, und gegebenenfalls 2 bis 6 Gew.-% Eisen, 1 bis 3 Gew.-% Nickel, 1 bis 3 Gew.-% Mangan,
1 bis 3 Gew.-% Magnesium, sowie 15 bis 25 Gew.-% Siliziumkarbidpartikel und 15 bis 25 Gew.-% Aluminiumnitridpartikel,
bezogen auf ein Gesamtgewicht des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs, auf. Ferner werden ein Verfahren zur Herstellung eines
Halbzeugs aus dem Aluminium-Matrixverbundwerkstoff und ein Halbzeug aus dem Aluminium-Matrixverbundwerkstoff offenbart.



WO 2012/113428 A1

Aluminium-Matrixverbundwerkstoff, Halbzeug aus dem Aluminium-Matrixverbundwerkstoff und Verfahren zu dessen Herstellung

Die Erfindung betrifft einen Aluminium-Matrixverbundwerkstoff, ein Verfahren zur Herstellung eines Halbzeugs aus dem Aluminium-Matrixverbundwerkstoff sowie das Halbzeug selbst.

Insbesondere auf dem Gebiet der Kraftfahrzeugherstellung, aber auch in der Schienenfahrzeugbranche gewinnt der Leichtbaugedanke vor allem im Bereich elektrisch angetriebener Fahrzeuge, der Elektro- und Hybrid-Fahrzeuge, an Bedeutung. Daher werden anstelle der bislang verwendeten Stahl- oder Graugussmaterialien zunehmend Leichtmetalle bzw. deren Legierungen eingesetzt. Beispielsweise tragen Leichtbau-Bremsscheiben mit der Reduzierung der reifengefederten Massen zu einer deutlichen Reduzierung des Energieverbrauches, bei verbrennungsmotorisch angetriebenen Fahrzeugen damit auch des Kraftstoffverbrauchs und somit auch der Emissionen bei. Herkömmliche Bremsscheiben aus Graugusswerkstoffen weisen hier nachteilig ein erhebliches Gewicht auf.

Für Leichtbau-Bremsscheiben kommen beispielsweise hochfeste Aluminiumlegierungen, insbesondere die so genannten Aluminium-Matrixverbundwerkstoffe AMC (Aluminium Matrix Composite) in Frage, die als Metallmatrixverbundwerkstoffe keramische Hartpartikel in einer metallischen Legierungsmatrix aufweisen. AMC-Legierungen bieten sehr gute tribologische Eigenschaften, die sie als Werkstoff vor allem für die Reibflächen der Bremsscheiben interessant machen. Es existieren Bremsscheiben, die solche AMC-Legierungen aufweisen, die durch Unterdruck-Infiltration oder Gießen in eine keramische Pre-Form aus verschmolzenen AMC-Ingots hergestellt werden. Die enthaltenen keramischen Hartstoffpartikel, meist aus Siliziumkarbid oder Korund, können in unterschiedlichen Formen und Größen in den Aluminium-Silizium-Legierungen eingesetzt werden. Zur Fertigung solcher Bremsscheiben werden häufig Legierungen eingesetzt, die mit bis zu 20% SiC-Hartstoffpartikeln verstärkte AMC-Legierungen sind und die meist in Form von Ingots erhältlich sind.

Das Infiltrieren von keramischen Pre-Formen, auch etwa durch Druck- oder Pressgießen, ist allerdings ein teures und kompliziertes Verfahren mit mehreren Prozessschritten und damit großen Herstellungskosten. Andere Ansätze befassen sich mit dem Umgießen von

metallischen Tragkörpern mit keramischen Schichten, was allerdings mit einer geringen Prozesssicherheit verbunden ist. Weitere bekannte Maßnahmen zur Aufbringung von Verschleißschutzbeschichtungen sind beispielsweise das thermische Spritzen, hierbei kann es aber für Bremsscheibenanwendungen zu unzureichenden mechanischen und thermischen Eigenschaften kommen. Hingegen können die im Kokillen-, Sand- oder Druckgussverfahren hergestellten AMC-Bremsscheiben unzureichende tribologische Eigenschaften aufweisen. Generell ist bei sämtlichen vorgenannten Verbundbremsscheiben bzw. deren Herstellungsverfahren der Anteil keramischer Verstärkungspartikel begrenzt und die verwendeten AMC-Legierungen weisen eine relativ niedrige Wärmeleitfähigkeit auf. Eine hohe Wärmeleitfähigkeit ist aber erforderlich, um die beim Bremsen an der Bremsscheibenoberfläche erzeugte Wärme in den Bremsscheibenkörper abzuleiten.

Sowohl die mechanischen Eigenschaften als auch die thermischen Eigenschaften eines Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs werden durch die Art, den Anteil, die Größe und die Form der verwendeten Hartstoffpartikel und durch die Eigenschaften der Aluminium-Matrixlegierung beeinflusst.

Die mechanischen Eigenschaften umfassen das Elastizitätsmodul, die Härte, die Streckgrenze und die Betriebs- und Dauerfestigkeit; die thermischen Eigenschaften beziehen sich auf die Solidustemperatur, die Thermoschockbeständigkeit, die Wärmespeicherkapazität sowie den Wärmeleit-, Wärmeausdehnungs-, Wärmestrahlungs- und Wärmekonvektions-Koeffizienten.

Während das homogene Gießen von AMC im Vergleich zu herkömmlichen Eisen- und Aluminiumlegierungen teuer ist und darüber hinaus die Gussstücke aufgrund der Partikelverstärkung schwierig zu bearbeiten sind, weisen die Verbundbremsscheiben, die aus Komponenten unterschiedlicher Materialien bestehen, häufig die Nachteile der Geräuschentwicklung beim Bremsen auf und haben eine vor allem geringere thermische Leitfähigkeit von der Reibscheibe zu dem mittleren Rotorabschnitt, was zu erhöhten Bremstemperaturen führt.

So ist in der WO 2005/069972 A2 ein Verbundscheibenbremsenrotor beschrieben, der ein verbessertes thermisches und akustisches Verhalten haben soll und der dazu einen Rotor mit einem Paar ringförmiger Außenflächen aus einer Aluminiumlegierung und ein Paar ringförmige Reibscheiben aus einem auf Aluminium basierten Metallmatrixverbundwerkstoff mit Hartstoffpartikeln aus Siliziumkarbid aufweist, die jeweils auf einer der Außenflächen des Rotors angeordnet werden. Eine Bindungsschicht aus einer Metalllegie-

rung, deren Schmelzpunkt niedriger als die Schmelzpunkte der Aluminiumlegierung und des Aluminium basierten Metallmatrixverbundwerkstoffs liegt, verbindet die Reibscheiben mit den Außenflächen des Rotors.

US Patent Nr. 5,183,632A offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundscheibenrotors auf Aluminiumbasis, das in einem ersten Schritt die Herstellung eines grobgeformten Scheibenrotors aus einer Mischung aus Aluminiumpulver oder Aluminiumlegierungspulver mit oder ohne Verstärkungspartikel aufweist. Dann folgen das Aufbringen einer Mischung aus Aluminiumpulver oder Aluminiumlegierungspulver mit Verstärkungspartikeln auf festgelegten Positionen des grobgeformten Scheibenrotors, die den Reibflächen entsprechen, das Erhitzen der Mischung auf zumindest eine Halbschmelztemperatur und das Formpressen der Mischung unter Druck.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen Aluminium-Matrixverbundwerkstoff zu schaffen, der hinsichtlich seiner tribologischen, mechanischen und thermischen Eigenschaften für die Anwendung als Bremsscheibenwerkstoff, insbesondere als Reibringwerkstoff optimiert ist, und insbesondere eine verbesserte Wärmeleitfähigkeit aufweist.

Diese Aufgabe wird durch einen Aluminium-Matrixverbundwerkstoff mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Ein prozesssicheres Verfahren zur Herstellung eines Halbzeugs aus einem Aluminium-Matrixverbundwerkstoff wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 4 offenbart.

Die Aufgabe der Schaffung eines Halbzeugs aus einem Aluminium-Matrixverbundwerkstoff mit verbesserten thermischen Eigenschaften bzw. einer erhöhten Wärmeleitfähigkeit wird durch das Halbzeug mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst.

Weiterbildungen der Gegenstände sind in den jeweiligen Unteransprüchen ausgeführt.

Eine erste Ausführungsform der Erfindung bezieht sich auf einen Aluminium-Matrixverbundwerkstoff, der zur Bildung zumindest eines Reibrings einer Bremsscheibe geeignet ist und der aus einer Aluminiumlegierung mit einer Kombination aus unterschiedlichen keramischen Zusatzstoffen bzw. keramischen Partikeln gebildet ist. Die Aluminiumlegierung ist bevorzugt eine Aluminium-Siliziumlegierung mit 10 bis 30 Gew.-%

Silizium. Die keramischen Zusatzstoffe bestehen aus Siliziumkarbid und Aluminiumnitrid, welche jeweils einen Anteil von 10 bis 25 Gew.-% bezogen auf das Gesamtgewicht des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs aufweisen.

Die erfindungsgemäße Verwendung von AlN neben SiC als keramische Zusatzstoffe des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs führt neben guten tribologischen Eigenschaften auch zu einer deutlich verbesserten Wärmeleitfähigkeit.

Die Aluminiumlegierung weist als weitere Legierungsbestandteile bevorzugt 2 bis 6 Gew.-% Eisen, 1 bis 3 Gew.-% Nickel, 1 bis 3 Gew.-% Mangan und 1 bis 3 Gew.-% Magnesium auf. Gegebenenfalls sind noch Spuren weiterer Elemente oder unvermeidliche Aluminiumlegierungsbegleiter vorhanden.

Besonders bevorzugt ist eine Zusammensetzung aus 20 bis 40 Gew.-% Aluminium, 10 bis 30 Gew.-% Silizium, 2 bis 6 Gew.-% Eisen, 1 bis 3 Gew.-% Nickel, 1 bis 3 Gew.-% Mangan, 1 bis 3 Gew.-% Magnesium, 15 bis 25 Gew.-% Siliziumkarbidpartikel und 15 bis 25 Gew.-% Aluminiumnitridpartikel, bezogen auf ein Gesamtgewicht des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs.

Die offenbarte Zusammensetzung des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs ist in Hinblick auf Wärmeleitfähigkeit, Matrixfestigkeit und Reibverhältnis im Hinblick auf eine Anwendung als Bremsscheibenwerkstoff optimiert und ausgelegt.

Die keramischen Partikel weisen bevorzugt eine mittlere Korngröße im Bereich von 5 bis 60 µm auf. Besonders bevorzugt haben die Siliziumkarbidpartikel eine mittlere Korngröße im Bereich von 5 bis 30 µm und die Aluminiumnitridpartikel eine mittlere Korngröße im Bereich von 10 bis 60 µm.

Eine besonders bevorzugte Zusammensetzung des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs weist 30 Gew.-% Aluminium, 20 Gew.-% Silizium, 4 Gew.-% Eisen, 2 Gew.-% Nickel, 2 Gew.-% Mangan, 2 Gew.-% Magnesium, 20 Gew.-% Siliziumkarbidpartikel, 20 Gew.-% Aluminiumnitridpartikel sowie Spuren, bezogen auf das Gesamtgewicht des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs, auf. Diese Zusammensetzung des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs weist besonders gute, zur Verwendung als Bremsscheibenwerkstoff optimierte mechanische, thermische und tribologische Eigenschaften auf.

So weist der erfindungsgemäße Aluminium-Matrixverbundwerkstoff aufgrund der sehr hohen Wärmeleitfähigkeit der eingebetteten Aluminiumnitridpartikel von etwa $220 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ einen erhöhten Wärmeleitkoeffizienten von ca. $170 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ in dieser bevorzugten Ausführungsform auf. Aluminium-Matrixverbundwerkstoffe aus dem Stand der Technik aus einer Aluminiummatrixlegierung 359 ohne AlN und 20% SiC weisen hingegen lediglich einen Wärmeleitkoeffizienten zwischen $132 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ und $144 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ auf. Die weniger gute Wärmeleitung führt während des Bremsens zu ungünstig hoher Temperaturbelastung.

Für die Härte der Aluminium-Matrixlegierung in der bevorzugten Ausführungsform mit den Legierungsbestandteilen Mangan und Magnesium in Verbindung mit Eisen und Nickel konnte ein Wert von 250 HV-30 bestimmt werden, was auf den positiven Einfluss des Magnesium- und Mangananteils zurückzuführen ist. Die so geschaffene höhere Matrixfestigkeit wiederum verbessert die Einbettungsfestigkeit der keramischen Hartstoffpartikel aus Siliziumkarbid und Aluminiumnitrid deutlich. Die erreichte höhere Festigkeit der Aluminiummatrix beruht auf den Anteilen an Mangan und Magnesium in Verbindung mit Eisen und Nickel, deren Partikel im Gefüge in einer Form von intermetallischen Phasen vorliegen.

Durch die fester eingebetteten Hartstoffpartikel werden die tribologischen Eigenschaften des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs für eine Anwendung als Bremsscheibenwerkstoff verbessert, vor allem auch in Bezug auf eine Transferfilmbildung. Dieser sich generell bei Bremsscheiben aus AMC bei den ersten Bremsvorgängen auf den Reibflächen ausbildende schwarze Film ist eine Mischschicht, die durch die metallischen Werkstoffe der Scheibenlegierung und des Bremsbelags entsteht.

Die verbesserten tribologischen Eigenschaften des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs sind nicht nur auf die erhöhte Einbettungsfestigkeit der Hartstoffpartikel zurückzuführen, sondern auch dem Einsatz der Aluminiumnitridpartikel zu verdanken. Die AlN-Partikel gehören mit einer Härte von 1230 HV-10 zu den harten Hartstoffkeramiken und tragen daher durch ihre Einbringung in das Gefüge mit dem erhöhten Anteil als zusätzliche keramische Verstärkung in Verbindung mit Siliziumkarbidpartikeln zu den verbesserten tribologischen Eigenschaften des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs, bzw. einer daraus gefertigten Bremsscheibe bei.

Der erfindungsgemäße Aluminium-Matrixverbundwerkstoff verbindet also eine hohe Wärmeleitfähigkeit mit einer erhöhten Härte bzw. Festigkeit sowohl der Matrix-Legierung als auch der Keramikpartikel, die ferner eine verbesserte Einbettungsfestigkeit in der Aluminiummatrix aufweisen.

Der erfindungsgemäß zusammengesetzte Aluminium-Matrixverbundwerkstoff ist somit für die Verwendung als Bremsscheibenwerkstoff optimiert. Die Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs wird durch den keramischen Zusatzwerkstoff Aluminiumnitrid bereitgestellt, der einen deutlich höheren Wärmeleitungskoeffizienten aufweist als herkömmlich verwendete Verstärkungspartikel.

Eine Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Halbzeugs oder auch Bauteils aus einem Aluminium-Matrixverbundwerkstoff gemäß der Erfindung bezieht sich auf das Bereitstellen einer Aluminium-Matrixlegierung, die durch die Legierungselemente Aluminium, Silizium sowie in bevorzugter Ausgestaltung Eisen, Nickel, Mangan und Magnesium gebildet wird, sowie auf das Bereitstellen der Siliziumkarbidpartikel und Aluminiumnitridpartikel. Die Legierungselemente der Aluminium-Matrixlegierung und die Hartstoffpartikel aus Siliziumkarbid und Aluminiumnitrid werden dabei entweder entsprechend einer der oben ausgeführten Zusammensetzungen des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs bereitgestellt oder als Aluminiumlegierung und keramischen Hartstoffpartikeln. Damit wird dann ein pulvermetallurgisches, gießtechnisches oder Sprühkompaktier-Fertigungsverfahren durchgeführt, um das Halbzeug zu bilden.

Insbesondere für das pulvermetallurgische Fertigungsverfahren liegt die Aluminium-Matrixlegierung, bzw. die Aluminiumlegierung pulverförmig vor, der dann der vorgesehene Hartstoffpartikelanteil zugemischt wird, ehe durch mechanisches Verdichten ein Grünling geformt wird, der anschließend unter Wärmezufuhr gesintert wird. Ferner ist als pulvermetallurgisches Fertigungsverfahren ein Pulverspritzgießen denkbar, bei dem etwa Metallpulverspritzgießen mit Keramikpulverspritzgießen kombiniert wird. Zum Gießen kann ebenfalls ein pulverförmiges Gemisch aus der Aluminium-Matrixlegierung und den Hartstoffpartikeln als Ausgangsstoffe herangezogen werden, um eine Mischung mit erfindungsgemäßer Zusammensetzung zu erhalten, die in Form einer Schmelze zur Formgebung des Halbzeugs gegossen wird. Im Sprühkompaktierverfahren können die Hartstoffpartikel in einem Pulverstrahl mit dem Schmelzsprühstrahl der Aluminium-Matrixlegierung zum Aufbau des Halbzeugs eingebracht werden. So kann der hohe Anteil von bis zu 40 Gew.-% Hartstoffpartikel eingestellt werden.

Nach der Herstellung der Halbzeuge ist ein heißisostatisches Pressen zur Verdichtung des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs zumindest an der Oberfläche des Halbzeugs vorgesehen. Dadurch kann zum einen eine konstruktive Bauteilanpassung vorgenommen werden, zum anderen führt die Presstemperatur von 460 bis 510 °C unter einem Pressdruck von 150 bis 200 MPa zur Ausscheidungen und Bildung von harten und sehr feinkörnigen primären Siliziumkristallen sowie zur Umhüllung der eingebetteten keramischen Aluminiumnitrid-Hartstoffpartikel durch Siliziumnitride.

So wird im Vergleich mit bisher bekannten Verfahren eine höhere Flexibilität bei der Auswahl der einzusetzenden metallischen und keramischen Werkstoffe während der Herstellung des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs erreicht, so dass ein erfindungsgemäß zusammengesetzter Aluminium-Matrixverbundwerkstoff, dessen thermischen Eigenschaften im Hinblick auf die Wärmeleitungsfähigkeit verbessert sind, hergestellt werden kann, wobei der Anteil der keramischen Verstärkungspartikel prozesssicher erhöht werden kann, womit die mechanischen und tribologischen Eigenschaften hinsichtlich der Verwendung des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs als Bremsscheibenwerkstoff optimiert werden.

Eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Halbzeugs bezieht sich auf ein Halbzeug aus einem erfindungsgemäß zusammengesetzten Aluminium-Matrixverbundwerkstoff. Das Halbzeug kann somit ein pulvermetallurgisch, gießtechnisch oder durch Sprühkompaktieren gefertigtes Halbzeug sein.

Vorzugsweise handelt es sich dabei um einen Reibring für eine Bremsscheibe oder eine Bremsscheibe, da der erfindungsgemäß zusammengesetzte Aluminium-Matrixverbundwerkstoff speziell dafür optimierte Eigenschaften aufweist. Es ist allerdings denkbar, dass der erfindungsgemäße Aluminium-Matrixverbundwerkstoff auch zur Herstellung anderer Halbzeuge und Bauteile eingesetzt wird, die entsprechende Anforderungen an thermische, mechanische und/oder tribologische Werkstoffeigenschaften stellen.

Die durch erfindungsgemäß zur Herstellung des Halbzeugs eingesetzte Aluminium-Matrixverbundwerkstoff mit der erhöhten Wärmeleitfähigkeit von ca. $170 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ermöglicht eine schnellere Wärmeleitung, was insbesondere, wenn das Halbzeug eine Bremsscheibe bzw. deren Reibring ist, während der Bremsvorgänge von Bedeutung ist. Die maximalen Bremstemperaturen können dadurch reduziert werden, eine Bremsscheibe aus dem Aluminium-Matrixverbundwerkstoff weist also eine verbesserte Wärmebeständigkeit auf.

Die verbesserten tribologischen Eigenschaften des Halbzeugs, bzw. der Bremsscheibe aus dem Aluminium-Matrixverbundwerkstoff beruhen auf den oben ausgeführten erhöhten Härten und Festigkeiten, sowie der erhöhten Einbindungsfestigkeit der Hartstoffpartikel, wobei die optimierten tribologischen Eigenschaften insbesondere die erhöhte Einbindungsfestigkeit beim Aufbau des Transferfilmes zum Tragen kommt.

Eine bevorzugte Verwendung des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs ist die Bildung eines Reibrings einer Bremsscheibe, insbesondere für Personenkraftwagen, wobei der Aluminium-Matrixverbundwerkstoff gebildet ist durch eine Aluminiumlegierung mit 10 bis 30 Gew.-% Silizium und keramischen Zusatzstoffen aus 15 bis 25 Gew.-% Siliziumkarbidpartikeln und Aluminiumnitridpartikeln, wobei er 15 bis 25 Gew.-% Aluminiumnitridpartikel enthält, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs.

Eine aus dem erfindungsgemäßen AMC hergestellte Bremsscheibe, bzw. ein daraus hergestellter Reibring einer Verbundbremsscheibe bildet einen optimiert aufgebauten Transferfilm aus, der im Vergleich mit den Transferfilmen anderer AMC-Scheiben deutlich bessere Eigenschaften aufweist, wie zum Beispiel eine homogenere Ausbildung, eine bessere Haftung, bzw. eine härtere und festere Verbindung zur Reibfläche. Der optimierte Transferfilm verbessert den Schutz der Reibflächen der AMC-Bremsscheiben gegen Verschleiß, so dass die AMC-Bremsscheiben während des Bremsens durch die sehr hohen Affinitäts- und Adhäsionseigenschaften dieses Transferfilms keinen oder nur sehr geringen Verschleiß erfahren. Dies gewährleistet einen konstanten Reibwert, der die Bremsqualität und einen Fahrkomfort positiv beeinflusst.

Patentansprüche

1. Aluminium-Matrixverbundwerkstoff, geeignet zur Bildung zumindest eines Reibrings einer Bremsscheibe,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Aluminium-Matrixverbundwerkstoff gebildet ist
durch eine Aluminiumlegierung mit 10 bis 30 Gew.-% Silizium
und keramischen Zusatzstoffen aus 15 bis 25 Gew.-% Siliziumkarbidpartikeln und
15 bis 25 Gew.-% Aluminiumnitridpartikeln bezogen auf das Gesamtgewicht des
Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs.
2. Aluminium-Matrixverbundwerkstoff nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Aluminiumlegierung
2 bis 6 Gew.-% Eisen,
1 bis 3 Gew.-% Nickel,
1 bis 3 Gew.-% Mangan und
1 bis 3 Gew.-% Magnesium enthält.
3. Aluminium-Matrixverbundwerkstoff nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Siliziumkarbidpartikel eine mittlere Korngröße im Bereich von 5 bis 30 μm und
die Aluminiumnitridpartikel eine mittlere Korngröße im Bereich von 10 bis 60 μm
aufweisen.
4. Verfahren zur Herstellung eines Halbzeugs aus einem Aluminium-Matrixverbundwerkstoff nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 3,
umfassend die Schritte:
 - Bereitstellen einer Aluminium-Matrixlegierung, umfassend Aluminium, Silizium,
und gegebenenfalls Eisen, Nickel, Mangan, Magnesium,
und der Siliziumkarbidpartikel und der Aluminiumnitridpartikel entsprechend einer

Zusammensetzung des Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs,

- Durchführen eines pulvermetallurgischen, gießtechnischen oder Sprühkompaktier-Fertigungsverfahrens zur Bildung des Halbzeugs.

5. Verfahren nach Anspruch 4,
umfassend den Schritt:
- Verdichten zumindest einer Oberflächenschicht des Halbzeugs durch heißisostatisches Pressen bei einer Temperatur im Bereich von 460 bis 510 °C und einem Pressdruck von 150 bis 200 MPa.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5,
wobei die Aluminium-Matrixlegierung pulverförmig bereitgestellt wird.
7. Halbzeug aus einem Aluminium-Matrixverbundwerkstoff,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Aluminium-Matrixverbundwerkstoff ein Aluminium-Matrixverbundwerkstoff nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 3 ist.
8. Halbzeug,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Halbzeug ein pulvermetallurgisch, gießtechnisch oder durch Sprühkompaktieren gefertigtes Halbzeug, insbesondere ein Reibring oder eine Bremsscheibe ist.
9. Verwendung eines Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs zur Bildung eines Reibrings einer Bremsscheibe,
wobei der Aluminium-Matrixverbundwerkstoff gebildet ist
durch eine Aluminiumlegierung mit 10 bis 30 Gew.-% Silizium
und keramischen Zusatzstoffen aus 15 bis 25 Gew.-% Siliziumkarbidpartikeln und Aluminiumnitridpartikeln,
dadurch gekennzeichnet, dass
er zur Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit 15 bis 25 Gew.-%
Aluminiumnitridpartikel enthält, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht des
Aluminium-Matrixverbundwerkstoffs.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/006243

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. C22C1/04 C22C21/02 C22C32/00 F16D65/12 C22C1/10 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C22C F16D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 291 441 A1 (LANXIDE TECHNOLOGY CO LTD [US]) 17 November 1988 (1988-11-17) claims 9,11,14 page 4, lines 11,19 page 4, lines 24-29	8
X	JP 11 006024 A (SUMITOMO METAL IND; SUMITOMO LIGHT METAL IND) 12 January 1999 (1999-01-12) abstract ----- -/--	8
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 30 May 2012	Date of mailing of the international search report 06/06/2012	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer González Junquera, J	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2011/006243

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LIU Y ET AL: "Effects of sliding velocity and normal load on the tribological behavior of a nanocrystalline Al based composite", WEAR, ELSEVIER SEQUOIA, LAUSANNE, CH, vol. 268, no. 7-8, 9 March 2010 (2010-03-09), pages 976-983, XP026924029, ISSN: 0043-1648, DOI: 10.1016/J.WEAR.2009.12.027 [retrieved on 2010-02-24] page 977, left-hand column -----	8
X	US 6 517 953 B1 (SCHULTZ BRIAN E [US] ET AL) 11 February 2003 (2003-02-11) column 12, lines 33-40 -----	8
X	US 5 620 791 A (DWIVEDI RATNESH K [US] ET AL) 15 April 1997 (1997-04-15) claim 11 -----	8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/006243

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0291441	A1	17-11-1988	AT 108217 T 15-07-1994
		AU 613038 B2 25-07-1991	
		AU 1636788 A 17-11-1988	
		AU 7816991 A 29-08-1991	
		AU 8483991 A 21-11-1991	
		BG 60257 B2 24-03-1994	
		BR 8802298 A 13-12-1988	
		CA 1321905 C 07-09-1993	
		CN 1030445 A 18-01-1989	
		CZ 8803220 A3 12-08-1998	
		DE 3850523 D1 11-08-1994	
		DE 3850523 T2 20-10-1994	
		DK 261288 A 14-11-1988	
		EP 0291441 A1 17-11-1988	
		ES 2058324 T3 01-11-1994	
		FI 882217 A 14-11-1988	
		HU 205051 B 30-03-1992	
		IE 64263 B1 26-07-1995	
		IL 86261 A 16-02-1992	
		IN 169576 A1 16-11-1991	
		JP 1052040 A 28-02-1989	
		JP 2641901 B2 20-08-1997	
		MX 166353 B 31-12-1992	
		NO 882093 A 14-11-1988	
		NZ 224595 A 26-09-1990	
		PH 24832 A 30-10-1990	
		PL 272426 A1 20-02-1989	
		PT 87466 A 31-05-1989	
		RO 101345 B 13-01-1992	
		SU 1838441 A3 30-08-1993	
		TR 24205 A 01-07-1991	
		US 4828008 A 09-05-1989	
		YU 91688 A 31-12-1989	
JP 11006024	A	12-01-1999	JP 3426475 B2 14-07-2003
			JP 11006024 A 12-01-1999
US 6517953	B1	11-02-2003	NONE
US 5620791	A	15-04-1997	NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/006243

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. C22C1/04 C22C21/02 C22C32/00 F16D65/12 C22C1/10 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C22C F16D		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 291 441 A1 (LANXIDE TECHNOLOGY CO LTD [US]) 17. November 1988 (1988-11-17) Ansprüche 9,11,14 Seite 4, Zeilen 11,19 Seite 4, Zeilen 24-29	8
X	JP 11 006024 A (SUMITOMO METAL IND; SUMITOMO LIGHT METAL IND) 12. Januar 1999 (1999-01-12) Zusammenfassung ----- -/--	8
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
30. Mai 2012		06/06/2012
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter González Junquera, J

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	LIU Y ET AL: "Effects of sliding velocity and normal load on the tribological behavior of a nanocrystalline Al based composite", WEAR, ELSEVIER SEQUOIA, LAUSANNE, CH, Bd. 268, Nr. 7-8, 9. März 2010 (2010-03-09), Seiten 976-983, XP026924029, ISSN: 0043-1648, DOI: 10.1016/J.WEAR.2009.12.027 [gefunden am 2010-02-24] Seite 977, linke Spalte -----	8
X	US 6 517 953 B1 (SCHULTZ BRIAN E [US] ET AL) 11. Februar 2003 (2003-02-11) Spalte 12, Zeilen 33-40 -----	8
X	US 5 620 791 A (DWIVEDI RATNESH K [US] ET AL) 15. April 1997 (1997-04-15) Anspruch 11 -----	8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/006243

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0291441	A1	17-11-1988	AT 108217 T 15-07-1994
		AU 613038 B2 25-07-1991	
		AU 1636788 A 17-11-1988	
		AU 7816991 A 29-08-1991	
		AU 8483991 A 21-11-1991	
		BG 60257 B2 24-03-1994	
		BR 8802298 A 13-12-1988	
		CA 1321905 C 07-09-1993	
		CN 1030445 A 18-01-1989	
		CZ 8803220 A3 12-08-1998	
		DE 3850523 D1 11-08-1994	
		DE 3850523 T2 20-10-1994	
		DK 261288 A 14-11-1988	
		EP 0291441 A1 17-11-1988	
		ES 2058324 T3 01-11-1994	
		FI 882217 A 14-11-1988	
		HU 205051 B 30-03-1992	
		IE 64263 B1 26-07-1995	
		IL 86261 A 16-02-1992	
		IN 169576 A1 16-11-1991	
		JP 1052040 A 28-02-1989	
		JP 2641901 B2 20-08-1997	
		MX 166353 B 31-12-1992	
		NO 882093 A 14-11-1988	
		NZ 224595 A 26-09-1990	
		PH 24832 A 30-10-1990	
		PL 272426 A1 20-02-1989	
		PT 87466 A 31-05-1989	
		RO 101345 B 13-01-1992	
		SU 1838441 A3 30-08-1993	
		TR 24205 A 01-07-1991	
		US 4828008 A 09-05-1989	
		YU 91688 A 31-12-1989	

JP 11006024	A	12-01-1999	JP 3426475 B2 14-07-2003
			JP 11006024 A 12-01-1999

US 6517953	B1	11-02-2003	KEINE

US 5620791	A	15-04-1997	KEINE
