

(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  
28. November 2013 (28.11.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2013/174885 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

**B01J 19/00** (2006.01) **C04B 35/532** (2006.01)  
**C01B 31/00** (2006.01) **F27D 1/00** (2006.01)  
**C04B 35/52** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/060545

(22) Internationales Anmeldedatum:  
22. Mai 2013 (22.05.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2012 208 595.5 23. Mai 2012 (23.05.2012) DE

(71) Anmelder: SGL CARBON SE [DE/DE]; Söhnleinstr. 8, 65201 Wiesbaden (DE).

(72) Erfinder: BENITSCH, Bodo; Nachtweide 25, 86647 Buttenwiesen (DE). MILOVUKOVIC, Sinisa; Schwedenweg 2, 86485 Biberbach (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, PA, 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, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A HEAT INSULATING BODY

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES WÄRMEISOLATIONSKÖRPER

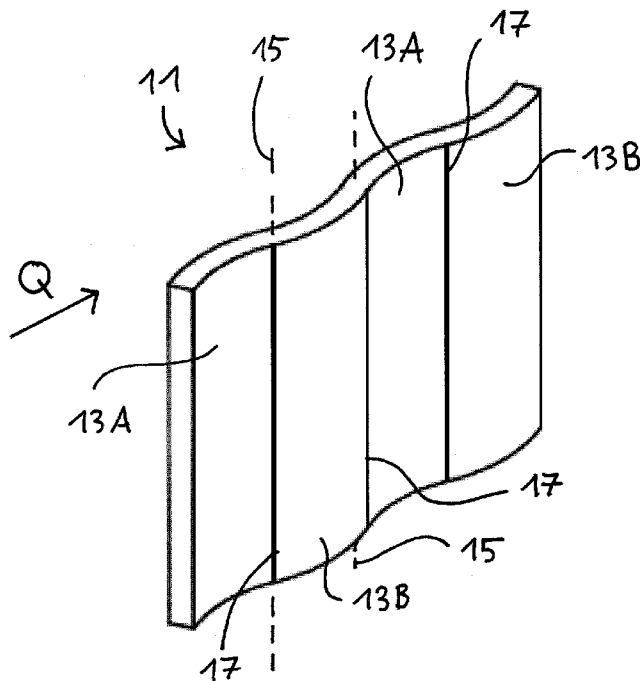


Fig. 1

(57) Abstract: In a method for producing a heat insulating body from a material comprising carbonized fibres and/or graphitized fibres, a sheet-like moulding of a material comprising carbonized fibres and/or graphitized fibres is provided, wherein the moulding comprises at least a first curved portion and at least a second curved portion, and wherein the first portion and the second portion have an opposing curvature with respect to at least one spatial direction. The first curved portion is separated from the second curved portion by the moulding being divided so as to obtain at least a first curved single part and a second curved single part. The single parts are joined together to form a heat insulating body in such a way that said body has a uniformly continuing curvature with respect to the spatial direction.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zum Herstellen eines Wärmeisulationskörpers aus einem carbonisierte Fasern und/oder graphitierte Fasern umfassenden Werkstoff wird ein

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/174885 A1



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)

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

---

flächiger Formkörper aus einem carbonisierte Fasern und/oder graphitierte Fasern umfassenden Werkstoff bereitgestellt, wobei der Formkörper wenigstens einen ersten gekrümmten Abschnitt und wenigstens einen zweiten gekrümmten Abschnitt umfasst, und wobei der erste Abschnitt und der zweite Abschnitt bezogen auf wenigstens eine Raumrichtung eine gegensinnige Krümmung aufweisen. Der erste gekrümmte Abschnitt wird von dem zweiten gekrümmten Abschnitt getrennt, indem der Formkörper derart geteilt wird, dass wenigstens ein erstes gekrümmtes Einzelteil und ein zweites gekrümmtes Einzelteil erhalten wird. Die Einzelteile werden derart zu einem Wärmeisulationskörper zusammengefügt, dass dieser bezogen auf die Raumrichtung eine sich gleichmäßig fortsetzende Krümmung aufweist.

5

### Verfahren zum Herstellen eines Wärmeisulationskörpers

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Wärmeisolationkörpers aus einem carbonisierte Fasern und/oder graphitierte Fasern umfassenden Werkstoff und insbesondere aus einem carbonisierte Fasern und/oder graphitierte Fasern umfassenden Filzmaterial.

Wärmeisulationskörper aus Kohlenstoff-Filzen werden beispielsweise in Hochtemperaturanlagen bei der Herstellung von Silizium-Einkristallen verwendet. Solche Hochtemperaturprozesse, welche beispielsweise bei einer Temperatur von über 800°C unter inerter Atmosphäre ablaufen, stellen hohe thermische und mechanische Anforderungen an die verwendeten Isolierwerkstoffe. Isolierkörper, welche z.B. einen Innenraum eines Hochtemperaturofens auskleiden und damit die Heizkammer von der gekühlten Außenwand trennen, werden häufig aus carbonisierten und gegebenenfalls graphitierten Filzen gefertigt. Gegenüber der Herstellung eines Wärmeisulationskörpers an einem Stück, was beispielsweise durch Wickeln von ungehärteten, harzprägnierten Filzlagen auf einen Dorn und anschließendes Aushärten des Filzmaterials erfolgen kann, bietet die Herstellung eines Wärmeisulationskörpers aus mehreren Einzelteilen den Vorteil geringeren Rohstoffverschnitts sowie einer effizienteren Hochtemperatur-Nachbehandlung des Filzmaterials.

Aus der EP 1 852 252 B1 ist ein Verfahren zur Herstellung von hochtemperaturbeständigen Isolierkörpern bekannt, bei welchem u.a. mehrere gekrümmte Segmente aus einem auf einem auf eine Dichte zwischen 0,02 und 0,3 g/cm<sup>3</sup> verdichteten Graphitexpandat basierten Werkstoff zu einem hohlzylindrischen Bauteil zusammengesetzt werden. Der Zusammenhalt der einzelnen Segmente wird dabei durch einen carbonisierbaren Binder gewährleistet, welcher flächige anisotrope

- 5 Graphitpartikel enthält. An der Innenfläche des hohlzylindrischen Isolierkörpers wird ferner eine Graphitfolie angeordnet.

In der WO 2011/106580 A2 wird ein aus einem Kohlenstoffasermaterial hergestellter Isolierkörper für einen Reaktor offenbart, der aus mehreren plattenartigen  
10 Einzelbauteilen zusammengesetzt ist. Die Einzelbauteile können durch "Nut-und-Feder"-Steckverbindungen unter Verwendung weiterer Verbindungselemente gekoppelt sein.

Ein Problem bei aus mehreren Einzelteilen zusammengesetzten Wärmeisolationss-  
15 körpern besteht darin, dass der Rohstoffverschnitt häufig relativ hoch ist. Dies gilt insbesondere dann, wenn aus ebenen Platten gerümmte Bauteile hergestellt werden müssen, wie dies beispielsweise bei endkonturnah hergestellten zylindrischen Isolierungen der Fall ist. Außerdem müssen Wärmeisolationsskörper aus Kohlenstoff-basierten Filzen einer Hochtemperaturbehandlung zum Carbonisieren und  
20 Graphitieren des Ausgangsproduktes unterzogen werden. Diese Hochtemperaturbehandlung ist im Falle von mehreren Einzelteilen häufig ineffizient, da das Platzieren einer Vielzahl von Einzelteilen in einem entsprechenden Ofen zeitintensiv ist und meist durch Chargierhilfen unterstützt werden muss, welche dazu führen, dass die Ofenbeladung nur mit einer relativ geringen Packrate durchgeführt werden  
25 kann. Insbesondere bei unregelmäßig geformten, stark gekrümmten oder gar hohlzylindrischen Teilen kommt es zu einem unerwünscht hohen Totvolumen in der Heizkammer. Darüber hinaus ist die Formung mehrerer unterschiedlich gestalteter Einzelteile, beispielsweise durch Heißpressen, aufgrund der Menge an bereitzustellenden Pressformen mit einem hohen Aufwand verbunden.

30

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, eine einfachere und wirtschaftlichere Herstellung von Wärmeisolationsskörpern aus Kohlenstoffasern umfassenden Filzen zu ermöglichen, ohne hierbei eine Verringerung der Isolierwirkung oder der mechanischen Stabilität zu riskieren.

5

Die Lösung der Aufgabe erfolgt durch ein Verfahren zum Herstellen eines Wärmeisulationskörpers mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und insbesondere durch ein Verfahren zum Herstellen eines Wärmeisulationskörpers aus einem carbonisierte Fasern und/oder graphitierte Fasern umfassenden Werkstoff, umfassend die nachfolgenden Schritte:

10

- a) Bereitstellen wenigstens eines flächigen Formkörpers aus einem carbonisierte Fasern und/oder graphitierte Fasern umfassenden Werkstoff, wobei der Formkörper wenigstens einen ersten gekrümmten Abschnitt und wenigstens einen zweiten gekrümmten Abschnitt umfasst, und wobei der erste Abschnitt und der zweite Abschnitt bezogen auf wenigstens eine Raumrichtung eine gegensinnige Krümmung aufweisen,
- b) Trennen des ersten gekrümmten Abschnitts von dem zweiten gekrümmten Abschnitt durch Teilen des Formkörpers derart, dass wenigstens ein erstes gekrümmtes Einzelteil und ein zweites gekrümmtes Einzelteil erhalten wird, und
- c) Zusammenfügen der Einzelteile zu einem Wärmeisulationskörper derart, dass dieser bezogen auf die Raumrichtung eine sich gleichmäßig fortsetzende Krümmung aufweist.

15

20

25

Erfindungsgemäß wird wenigstens ein flächiger Formkörper aus einem carbonisierte Fasern und/oder graphitierte Fasern umfassenden Werkstoff, und zwar bevorzugt aus einem carbonisierte Fasern und/oder graphitierte Fasern umfassenden, gehärteten Filzmaterial bereitgestellt, wobei der Formkörper wenigstens einen ersten gekrümmten Abschnitt und wenigstens einen zweiten gekrümmten Abschnitt umfasst, und wobei der erste Abschnitt und der zweite Abschnitt bezogen auf wenigstens eine Raumrichtung eine gegensinnige Krümmung aufweisen. Der erste gekrümmte Abschnitt wird von dem zweiten gekrümmten Abschnitt getrennt, indem der Formkörper geteilt wird, um wenigstens ein erstes gekrümmtes

30

- 5 Einzelteil und ein zweites gekrümmtes Einzelteil zu erhalten. Die Einzelteile werden dann derart zu einem Wärmeisulationskörper zusammengefügt, dass dieser bezogen auf die Raumrichtung eine sich gleichmäßig fortsetzende Krümmung aufweist.
- 10 Unter einem Teilen des Formkörpers wird im Sinne der vorliegenden Patentanmeldung das Erzeugen wenigstens zweier separater Einzelteile aus einem zuvor einstückigen Bauteil verstanden, wobei das Teilen nicht notwendigerweise hälftig erfolgen muss. Als flächiger Formkörper wird ein Formkörper verstanden, der keine Hohlräume aufweist und dessen Ausdehnung in einer bestimmten Raum-
- 15 richtung wesentlich geringer ist als in den beiden anderen Raumrichtungen. Die geringere Ausdehnung wird dann, wie üblich, als "Dicke" bezeichnet.

Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass mit einer sich gleichmäßig fortsetzenden Krümmung im Sinne der vorliegenden Patentanmeldung ein Krümmungsverlauf

20 ohne Wechsel von positiver zu negativer Krümmung, also ohne Wendepunkt, gemeint ist, wobei der Wert der Krümmung nicht notwendigerweise überall gleich sein muss.

Dadurch, dass der Formkörper zwei gegensinnig gekrümmte Abschnitte aufweist,

25 also z.B. im Querschnitt S-förmig ausgestaltet ist, liegt bezogen auf das Bauteil insgesamt eine geringere Krümmung vor. Der Formkörper kann somit besser gehandhabt werden, als wenn die beiden Abschnitte gleichsinnig gekrümmt wären. Insbesondere ist die Anordnung mehrerer Formkörper in einer Hochtemperaturanlage - z.B. im Rahmen der zur Herstellung von kohlenstoffbasierenden Filzen

30 notwendigen Carbonisierung und/oder Graphitierung - mit einer relativ großen Packrate möglich, da der Formkörper aufgrund der unterschiedlich verlaufenden Krümmung nicht hohlprofilartig geformt ist, sondern eher plattenartig. Auf diese Weise kann daher das unerwünschte Totvolumen in der Heizkammer einer Hochtemperaturanlage beträchtlich reduziert werden.

5

Erfindungsgemäß wurde insbesondere erkannt, dass es herstellungstechnisch günstiger ist, bei der Formgebung eines Ausgangsbauteils unterschiedlich gekrümmte, später zu trennende Abschnitte vorzusehen und dabei den zusätzlichen Prozessschritt des Trennens in Kauf zu nehmen, da die Effizienz der Herstellung insgesamt gegenüber der üblichen Vorgehensweise, wonach die Einzelteile separat geformt werden oder der Wärmeisulationskörper überhaupt einstückig hergestellt wird, beträchtlich gesteigert werden kann. Gerade die Hochtemperaturbehandlung in einer entsprechenden Ofenanlage ist nämlich besonders zeit- und kostenintensiv, sodass eine Effizienzsteigerung sich hier auch besonders günstig auf den gesamten Herstellungsprozess auswirkt.

Vorzugsweise wird in dem Schritt a) ein Formkörper bereitgestellt, bei welchem sich die Krümmung des ersten Abschnitts und die dazu gegensinnige Krümmung des zweiten Abschnitts kompensieren. Somit liegt ein Formkörper vor, welcher in erster Näherung - also gewissermaßen gemittelt über die gesamte Formkörperausdehnung - ungekrümmt ist. Ein derartiger "quasi-ebener" Formkörper ist nicht nur leichter herstellbar als z.B. eine stark gekrümmte Platte oder ein Hohlprofil, sondern auch besser handhabbar, beispielsweise stapelbar.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass in dem Schritt b) das Teilen des Formkörpers an einem Wendepunkt erfolgt, an welchem bezogen auf die Raumrichtung das Krümmungsverhalten des Formkörpers wechselt. Bei dem nachfolgenden Zusammenfügen der Einzelteile zu einem Wärmeisulationskörper in dem Schritt c) kann somit - nach einem entsprechenden Drehen und/oder Verschieben eines der Einzelteile - ein hinsichtlich der Krümmung gleichmäßiger Übergang erzielt werden.

Vorzugsweise wird in dem Schritt a) ein Formkörper bereitgestellt, welcher wenigstens zwei weitere gekrümmte Abschnitte aufweist, wobei sich jeweils die

- 5 Krümmungen zweier aufeinanderfolgender Abschnitte kompensieren. Bei dieser Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es möglich, eine Vielzahl von Krümmungen unter Aufrechterhaltung des plattenartigen Gesamtcharakters des Formkörpers vorzusehen.
- 10 Gemäß einem besonders vorteilhaften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird in dem Schritt a) ein Formkörper mit einem wellenförmigen Querschnitt bereitgestellt. Eine solche gewellte Platte oder Wellenplatte ist besonders leicht herstell- und handhabbar.
- 15 Die Einzelteile können in dem Schritt c) zu einem Wärmeisulationskörper zusammengefügt werden, welcher zumindest in einer sich in der Raumrichtung erstreckenden Querschnittsebene ein zumindest lokal geschlossenes Hohlprofil bildet. Derartige Hohlprofile eignen sich in besonderer Weise zur Auskleidung der Heizkammer eines Hochtemperaturofens.
- 20 Insbesondere können die Einzelteile in dem Schritt c) zu einem Wärmeisulationskörper in Form eines Hohlzylinders zusammengefügt werden, wobei sich die Zylinderlängsachse rechtwinklig zu der Raumrichtung erstreckt. Hochtemperaturofen weisen aus technischen und wirtschaftlichen Gründen häufig einen zylindrischen
- 25 Innenraum auf. Mittels eines hohlzylindrischen Wärmeisulationskörpers kann ein derartiger Innenraum auf einfache Weise isoliert werden.
- Um bei dem Wärmeisulationskörper eine gleichmäßige Isolierwirkung und eine einheitliche Festigkeit ohne Schwachstellen zu erzielen, ist es bevorzugt, dass in
- 30 dem Schritt a) ein flächiger Formkörper mit einer gleichmäßigen Dicke bereitgestellt wird.

Weiterhin ist es von Vorteil, wenn der Formkörper in dem Schritt b) derart geteilt wird, dass die Einzelteile eine identische Formgebung aufweisen. Hierdurch ver-

5     einfacht sich nicht nur der Zusammenbau, sondern auch eine allfällige Zwischenlagerung der Einzelteile. Ebenso ist durch die Gleichheit der Bauteile eine gewisse Redundanz gegeben, sodass schadhafte Bauteile schnell und einfach ersetzt werden können.

10    Der Formkörper kann in dem Schritt b) insbesondere durch Auseinanderschneiden, Auseinandersägen oder Auseinanderfräsen geteilt werden. Je nach Anwendung können aber auch andere Trennverfahren, z.B. thermische, chemische oder elektrochemische Trennverfahren sowie Laser- oder Wasserstrahlschneiden, zum Einsatz kommen.

15

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass vor dem Zusammenfügen der Einzelteile gemäß dem Schritt b) das zweite Einzelteil oder jedes zweite Einzelteil um 180° gedreht wird. Hierdurch wird das Krümmungsverhalten der beiden Einzelteile derart geändert, dass beide Einzelteile bezogen auf die

20    Raumrichtung gleichsinnige Krümmungen aufweisen.

Zum Bereitstellen des Formkörpers in dem Schritt a) kann ein härtbares Ausgangsmaterial zu dem Formkörper verpresst und anschließend gehärtet werden. Diese Art der Formgebungstechnik kann mit hoher Effizienz, z.B. durch Pressen,

25

durchgeführt werden.

Als härtbares Ausgangsmaterial können insbesondere zerkleinerte, carbonisierte Fasern und/oder graphitierte Fasern umfassende Filzelemente in einer Matrix aus einem carbonisierbaren Harz bereitgestellt werden. Ein derartiges Filzmaterial hat sich im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren als besonders

30    günstig erwiesen. Unter zerkleinerten Filzelementen sind Filzstücke mit einer Länge von weniger als 10.000 mm, bevorzugt von weniger als 1.000 mm und besonders bevorzugt von weniger als 100 mm zu verstehen. Als Harz kann insbesondere ein Phenolharz, ein Pech, ein Furanharz, ein Phenylester, ein Epoxidharz oder

- 5 eine beliebige Mischung von zwei oder mehr der vorgenannten Verbindungen bereitgestellt werden. Aus derartigen Ausgangsmaterialien können besonders wirksame Isolierungen hergestellt werden.

10 Dabei kann das Verpressen des Ausgangsmaterials unter Einschluss separater Verstärkungslagen aus einem Gewebe, Gelege, Fasergebilde oder einer Folie, vorzugsweise einer Graphitfolie, oder einer Kombination daraus erfolgen. Solche Verstärkungslagen können die mechanische und abrasive Stabilität und die Wärmeisolierwirkung des zu fertigenden Bauteils beträchtlich verbessern.

- 15 Vorzugsweise wird das Verpressen des Ausgangsmaterials in einer Pressform aus Metall durchgeführt. Diese Pressform kann in vorteilhafter Weise zur Herstellung einer Vielzahl von gleichartigen Formkörpern verwendet werden.

20 In Weiterbildung des Erfindungsgedankens wird es vorgeschlagen, dass die Herstellung des Formkörpers derart erfolgt, dass eine Pressform mit dem schüttfähigen Ausgangsmaterial befüllt wird, welche einen Boden mit einem wellenförmigen Profil aufweist, und, dass die Pressform nach dem Befüllen mit einem Deckel verschlossen wird, welcher ebenfalls ein wellenförmiges Profil aufweist. Die wellenförmigen Profile des Deckels und des Bodens übertragen sich auf den zu er-

25 stellenden Formkörper, welcher folglich eine Vielzahl von einander abwechselnden Zylindersegmenten umfasst. Daher liefert die Herstellung eines einzelnen Formkörpers in der Pressform die Grundlage für eine Vielzahl von Zylindersegmenten, welche später zu zylindrischen Körpern zusammensetzbar sind.

- 30 Vorzugsweise wird das Ausgangsmaterial in der Pressform einem Heißpressvorgang unterzogen. Mit einem derartigen Heißpressvorgang ist eine besonders effiziente Formkörperherstellung möglich. Vorzugsweise wird der Heißpressvorgang bei einem Druck von 10 bis 30 N/cm<sup>2</sup>, besonders bevorzugt von 15 bis 25 N/cm<sup>2</sup>, bei einer Temperatur von 120°C bis 250°C, besonders bevorzugt von

- 5 160°C bis 200°C, und/oder über einen Zeitraum von 60 bis 320 Minuten, besonders bevorzugt über 200 bis 280 Minuten, durchgeführt.

Dabei kann das Ausgangsmaterial vor dem Heißpressvorgang in der Pressform bei Raumtemperatur vorverdichtet werden, um das eigentliche Heißpressen effizienter zu gestalten.

10

Weiterhin kann der Formkörper vor dem Teilen einem Hochtemperaturprozess unterzogen werden, welcher bei einer Temperatur von wenigstens 600°C stattfindet. Es ist vorteilhaft, den Formkörper und nicht etwa die getrennten Einzelteile dem Hochtemperaturprozess zu unterziehen, da es einfacher, schneller und hinsichtlich des nutzbaren Prozessraums effizienter ist, den kompakten Formkörper und bevorzugt einen kompakten Stapel aus Formkörpern in der Heizkammer eines Hochtemperaturofens anzuordnen als eine Ansammlung von losen Einzelteilen.

15

- 20 Besonders gute Isoliereigenschaften werden hierbei erreicht, wenn der Hochtemperaturprozess eine bei einer Temperatur von 800°C bis 1200°C durchgeführte Carbonisierung und/oder eine bei einer Temperatur von 1500°C bis 2200°C durchgeführte Graphitierung und/oder eine thermische Reinigung umfasst.

- 25 Die Erfindung bezieht sich auch auf einen Wärmeisulationskörper, welcher durch ein Verfahren wie vorstehend beschrieben erhältlich ist.

Vorzugsweise weist ein solcher Wärmeisulationskörper eine gemäß DIN 51936 gemessene Wärmeleitfähigkeit in radialer Richtung bei 2000°C von höchstens 1,5 W/(m·K) und besonders bevorzugt von höchstens 0,8 W/(m·K) auf. Dies gewährleistet eine ausreichende Isolierwirkung für thermisch anspruchsvolle Anwendungen wie die Silizium-Einkristall-Herstellung.

30

- 5 Weiterhin ist es bevorzugt, dass ein solcher Wärmeisulationskörper eine gemäß  
DIN EN 658-3 gemessene Druckfestigkeit und/oder eine gemäß DIN EN 658-2  
und DIN 51910 gemessene Biegefestigkeit von mindestens 0,2 MPa, bevorzugt  
von mindestens 0,5 MPa und besonders bevorzugt von mindestens 0,8 MPa auf-  
weist. Ein derartiger Wärmeisulationskörper ist ausreichend stabil für die relativ  
10 harten mechanischen Anforderungen in einer Hochtemperaturumgebung.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von einem diese erläuternden, diese aber  
nicht einschränkenden Beispiel unter Bezugnahme auf die Zeichnungen weiter  
beschrieben.

15

Fig. 1 ist eine perspektivische Darstellung eines Formkörpers, der gemäß  
einem erfindungsgemäßen Verfahren bereitgestellt wird, um einen  
Wärmeisulationskörper herzustellen.

20 Fig. 2 zeigt eine Seitenansicht des Formkörpers gemäß Fig. 1.

Fig. 3 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt der Ansicht gemäß Fig. 2.

Fig. 4 zeigt einen Wärmeisulationskörper, der durch ein erfindungsgemä-  
25 ßes Verfahren hergestellt worden ist.

Bei einem Verfahren zum Herstellen eines hohlzylindrischen Wärmeisulationskör-  
pers aus einem carbonisierte Fasern und/oder graphitierte Fasern umfassenden  
Filzmaterial wird gemäß den Fig. 1 bis 3 ein flächiger Formkörper 11 aus gehärte-  
30 tem Kohlenstofffilz bereitgestellt, welcher die Form einer Wellenplatte aufweist.

Zur Herstellung dieses Formkörpers 11 wird zunächst ein schüttfähiges, härgbares  
Ausgangsmaterial erzeugt, indem carbonisierte und graphitierte, gehäckselte Filz-  
elemente sowie ein pulverförmiges Kunstharz mit einer ausreichend hohen Koh-

5 lenstoffausbeute miteinander vermischt werden, bis ein ausreichender Durchmischungsgrad erreicht ist. Anschließend wird eine an fünf Seiten geschlossene Pressform, vorzugsweise aus Metall, mit einer losen Schüttung dieses Ausgangsmaterials gefüllt. Die Schütthöhe wird dabei vorzugsweise zunächst etwa 2- bis 5-  
10 mal höher gewählt als die gewünschte endgültige Dicke des zu erstellenden Formkörpers. Die Pressform weist einen Boden mit einer wellenförmigen Kontur auf.

Nach der möglichst gleichmäßigen Füllung der Pressform mit dem schüttfähigen Ausgangsmaterial wird die Pressform durch einen Deckel verschlossen, welcher  
15 wie der Boden eine wellenförmige Kontur aufweist. Die wellenförmigen Konturen des Bodens und des Deckels sind derart gestaltet, dass sich nach Absenkung des Deckels auf die gewünschte Endstellung eine einheitliche Dicke des Presslings bezogen auf die Flächennormale seiner Außenflächen ergibt. Der Deckel wird nun innerhalb der feststehenden Innenwände der Pressform in Richtung des Bodens  
20 der Pressform verschoben, wobei hier zunächst eine Vorverdichtung bei Raumtemperatur erfolgen kann. Anschließend wird die Pressform einer Heißpresse zugeführt und das Ausgangsmaterial wird bei einem Druck von etwa 20 N/cm<sup>2</sup> und einer Temperatur von etwa 180°C über einen Zeitraum von etwa 240 Minuten verpresst. Hierdurch wird das Ausgangsmaterial ausgehärtet. Nach dem Aushärten  
25 kann der Formkörper 11 als eigenstabiles Bauteil der Pressform entnommen werden.

Aufgrund der Wellenkonturen des Bodens und des Deckels der Pressform bildet der Formkörper 11 eine gewellte Platte, bei welcher in einer Querrichtung Q gesehen abwechselnd gemäß der Fig. 2 aufwärts gewölbte Zylindersegmente 13A und  
30 gemäß der Fig. 2 abwärts gewölbte Zylindersegmente 13B aufeinanderfolgen. Das Krümmungsverhalten des Formkörpers 11 wechselt also jeweils an Wendelinien 15, welche parallel zueinander und rechtwinklig zu der Querrichtung Q verlaufen.

- 5 Der gewellte Formkörper 11 wird anschließend einer Nachbehandlung unterzogen. Konkret wird ein Carbonisierungsprozess bei etwa 900°C, dann ein Graphitierungsprozess bei etwa 2.200°C und bei Bedarf anschließend zusätzlich eine thermische Reinigung durchgeführt. Durch diese Nachbehandlung entsteht ein unter inerter Atmosphäre bei Temperaturen von 2000°C einsetzbarer Isolationswerkstoff.
- 10 hat sich überraschend gezeigt, dass ein derartig gepresster und thermisch behandelter Isolationswerkstoff an jedem Punkt des Wellenplattenprofils eine gemäß DIN 51936 gemessene Wärmeleitfähigkeit in radialer Richtung bei 2000°C von höchstens 1,5 W/(m·K) aufweist.
- 15 Der Formkörper 11 wird dann entlang der Wendelinien 15 zerschnitten. Hierbei werden die unterschiedlich gekrümmten Zylindersegmente 13A, 13B voneinander getrennt. Um das Zerschneiden zu erleichtern, sind entlang der Wendelinien 15 verlaufende Einkerbungen 17 an beiden Außenflächen des Formkörpers 11 vorgesehen.
- 20 Die Zylindersegmente 13A, 13B werden dann wieder zusammengefügt, wobei jedoch alle gemäß der Fig. 2 abwärts gewölbten Zylindersegmente 13B um eine parallel zu den Wendelinien 15 verlaufende Drehachse D gedreht werden, sodass sich beim Zusammensetzen das Krümmungsverhalten des entstehenden Bauteils
- 25 nicht mehr ändert, sondern eine sich gleichmäßig fortsetzende Krümmung vorliegt. Das Drehen könnte auch beispielsweise um eine parallel zur Querrichtung verlaufende Achse erfolgen, solange nur der Krümmungswechsel zwischen den Zylindersegmenten 13A, 13B aufgehoben wird.
- 30 Das Zusammenfügen der Zylindersegmente 13A, 13B kann unter Einsatz von auf dem Fachgebiet bekannten Fügeverfahren erfolgen, beispielsweise durch Verkleben. Es werden so viele Zylindersegmente 13A, 13B aneinandergesetzt, bis ein in Fig. 4 dargestelltes geschlossenes hohlzylindrisches Profil 17 entstanden ist, wel-

- 5 ches eine Zylinderlängsachse L aufweist und welches als Wärmeisulationskörper in einer Ofenanlage mit zylindrischer Heizkammer verwendbar ist.

Bezugszeichenliste:

10

|          |                    |
|----------|--------------------|
| 11       | Formkörper         |
| 13A, 13B | Zylindersegment    |
| 15       | Wendelinie         |
| 15 17    | Einkerbung         |
| Q        | Querrichtung       |
| D        | Drehachse          |
| 20 L     | Zylinderlängsachse |

5

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Herstellen eines Wärmeisulationskörpers aus einem carbonisierte Fasern und/oder graphitierte Fasern umfassenden Werkstoff, umfassend die nachfolgenden Schritte:
- 10
- a) Bereitstellen wenigstens eines flächigen Formkörpers (11) aus einem carbonisierte Fasern und/oder graphitierte Fasern umfassenden Werkstoff, wobei der Formkörper (11) wenigstens einen ersten gekrümmten Abschnitt und wenigstens einen zweiten gekrümmten Abschnitt umfasst, und wobei der erste Abschnitt und der zweite Abschnitt bezogen auf wenigstens eine Raumrichtung (Q) eine gegenseitige Krümmung aufweisen,
- 15
- b) Trennen des ersten gekrümmten Abschnitts von dem zweiten gekrümmten Abschnitt durch Teilen des Formkörpers (11) derart, dass wenigstens ein erstes gekrümmtes Einzelteil (13A) und ein zweites gekrümmtes Einzelteil (13B) erhalten wird, und
- 20
- c) Zusammenfügen der Einzelteile (13A, 13B) zu einem Wärmeisulationskörper derart, dass dieser bezogen auf die Raumrichtung (Q) eine sich gleichmäßig fortsetzende Krümmung aufweist.
- 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Schritt a) ein Formkörper (11) bereitgestellt wird, bei welchem sich die Krümmung des ersten Abschnitts und die dazu gegensinnige Krümmung des zweiten Abschnitts kompensieren.
- 30
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- 5 in dem Schritt b) das Teilen des Formkörpers (11) an einem Wendepunkt (15) erfolgt, an welchem bezogen auf die Raumrichtung (Q) das Krümmungsverhalten des Formkörpers (11) wechselt.
- 10 4. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Schritt a) ein Formkörper (11) bereitgestellt wird, welcher wenigstens zwei weitere gekrümmte Abschnitte aufweist, wobei sich jeweils die Krümmungen zweier aufeinanderfolgender Abschnitte kompensieren.
- 15 5. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Schritt a) ein Formkörper (11) mit einem wellenförmigen Querschnitt bereitgestellt wird.
- 20 6. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einzelteile in dem Schritt c) zu einem Wärmeisulationskörper zusammengefügt werden, welcher zumindest in einer sich in der Raumrichtung (Q) erstreckenden Querschnittsebene ein zumindest lokal geschlossenes
- 25 Hohlprofil bildet.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Einzelteile (13A, 13B) in dem Schritt c) zu einem Wärmeisulationskörper
- 30 in Form eines Hohlzylinders zusammengefügt werden, wobei sich die Zylinderlängsachse (L) rechtwinklig zu der Raumrichtung (Q) erstreckt.
8. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- 5 in dem Schritt a) ein flächiger Formkörper (11) mit einer gleichmäßigen Dicke bereitgestellt wird.
9. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , dass
- 10 der Formkörper (11) in dem Schritt b) derart geteilt wird, dass die Einzelteile (13A, 13B) eine identische Formgebung aufweisen.
10. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , dass
- 15 vor dem Zusammenfügen der Einzelteile (13A, 13B) gemäß dem Schritt b) das zweite Einzelteil (13B) oder jedes zweite Einzelteil (13B) um 180° gedreht wird.
11. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , dass
- 20 in dem Schritt a) zum Bereitstellen des Formkörpers (11) ein härtpbares Ausgangsmaterial zu dem Formkörper (11) verpresst und anschließend gehärtet wird.
- 25 12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , dass als härtpbares Ausgangsmaterial zerkleinerte, carbonisierte Fasern und/oder graphitierte Fasern umfassende Filzelemente in einer Matrix aus einem carbonisierbaren Harz bereitgestellt werden.
- 30 13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , dass eine Pressform mit dem schüttfähigen Ausgangsmaterial befüllt wird, welche einen Boden mit einem wellenförmigen Profil aufweist, und, dass

- 5 die Pressform nach dem Befüllen mit einem Deckel verschlossen wird, welcher ebenfalls ein wellenförmiges Profil aufweist.
14. Verfahren nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , dass  
10 der Formkörper (11) vor dem Teilen einem Hochtemperaturprozess unterzogen wird, welcher bei einer Temperatur von wenigstens 600°C stattfindet.
15. Wärmeisulationskörper, welcher durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14 erhältlich ist.

15

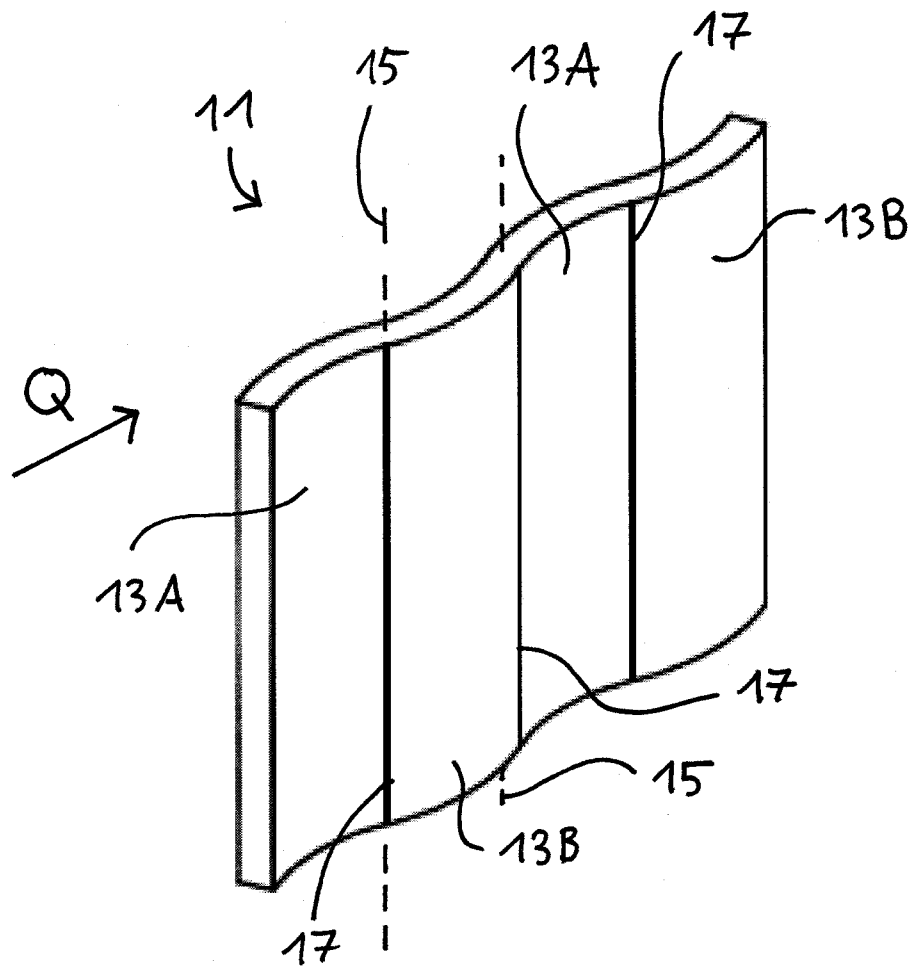


Fig. 1

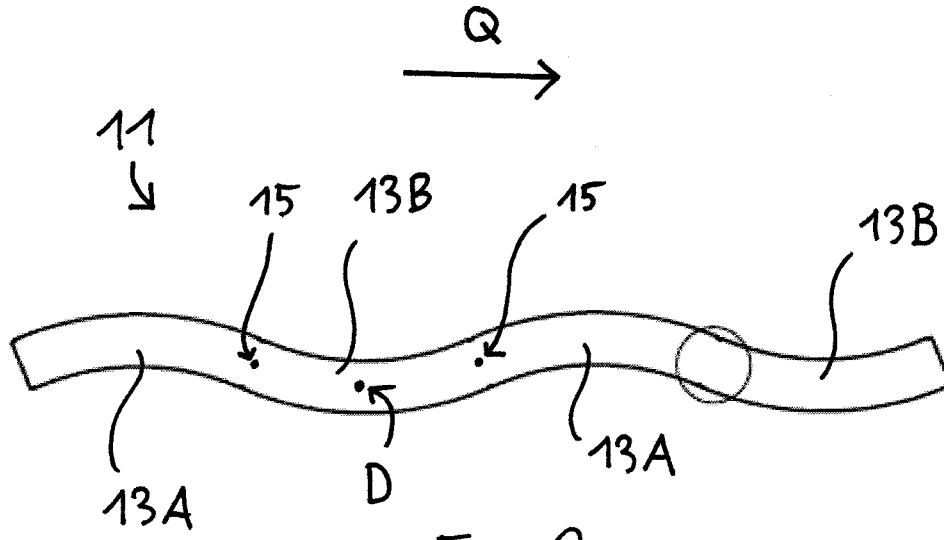


Fig. 2

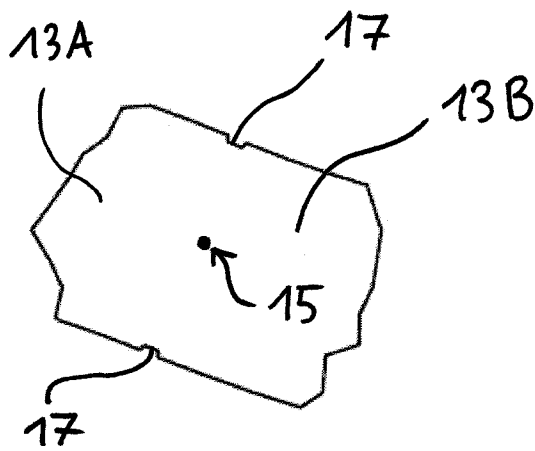


Fig. 3

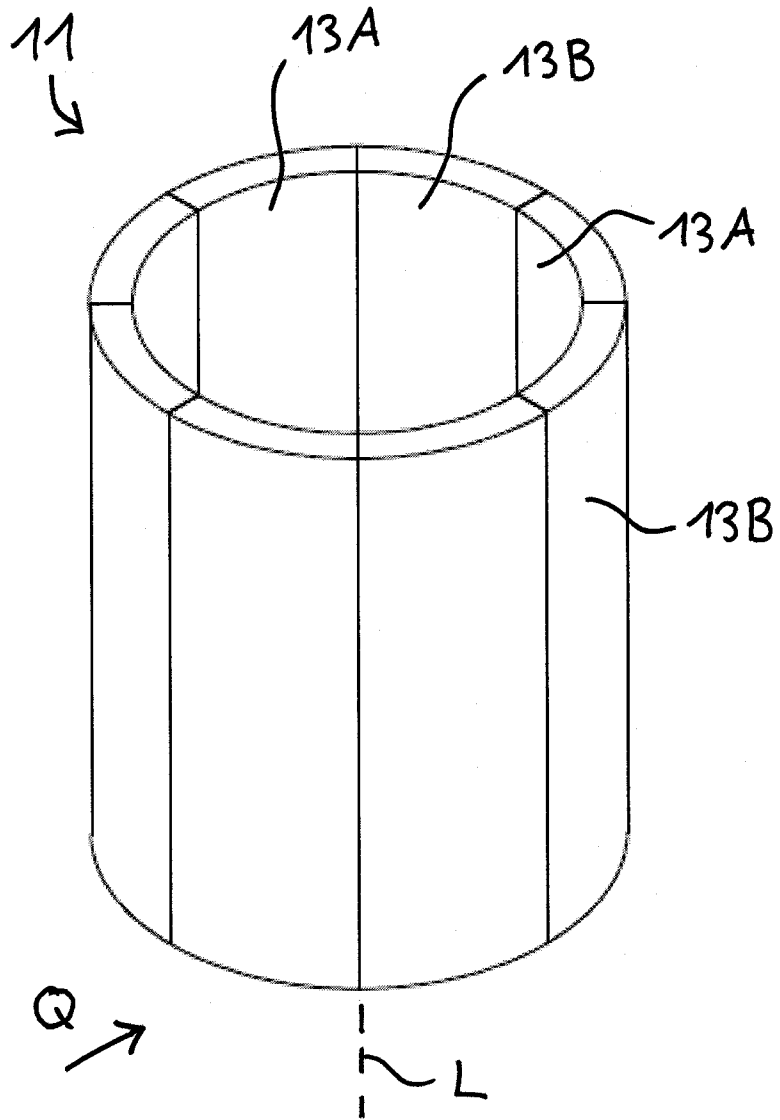


Fig. 4

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2013/060545

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. B01J19/00 C01B31/00 C04B35/52 C04B35/532 F27D1/00  
 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)  
 C04B C01B B01J F27D  
 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         | JP 2008 037674 A (KOBE STEEL LTD)<br>21 February 2008 (2008-02-21)<br>the whole document   | 15                    |
| A         | -----<br>WO 2011/106580 A2 (MORGAN ADVANCED MATERIALS AND TECHNOLOGY INC [US]; BAGATUR CAYAN [US];) 1 September 2011 (2011-09-01)<br>the whole document<br>----- | 1-15                  |

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<br><b>11 July 2013</b> | Date of mailing of the international search report<br><b>25/07/2013</b> |
|--|---|

|  |  |
|--|--|
| Name and mailing address of the ISA/<br>European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016 | Authorized officer<br><b>Vathilakis, S</b> |
|--|--|

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/060545

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date            |
|--|------------------|-------------------------|-----------------------------|
| JP 2008037674                          | A                | 21-02-2008              | NONE                        |
| -----                                  |                  |                         |                             |
| WO 2011106580                          | A2               | 01-09-2011              | CN 102781570 A 14-11-2012   |
|  |                  |                         | EP 2539067 A2 02-01-2013    |
|  |                  |                         | JP 2013521108 A 10-06-2013  |
|  |                  |                         | KR 20120130005 A 28-11-2012 |
|  |                  |                         | US 2012304931 A1 06-12-2012 |
|  |                  |                         | WO 2011106580 A2 01-09-2011 |
| -----                                  |                  |                         |                             |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/060545

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. B01J19/00 C01B31/00 C04B35/52 C04B35/532 F27D1/00  
 ADD.  
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE  
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 C04B C01B B01J F27D

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          | JP 2008 037674 A (KOBE STEEL LTD)<br>21. Februar 2008 (2008-02-21)<br>das ganze Dokument   | 15                 |
| A          | WO 2011/106580 A2 (MORGAN ADVANCED MATERIALS AND TECHNOLOGY INC [US]; BAGATUR CAYAN [US];)<br>1. September 2011 (2011-09-01)<br>das ganze Dokument | 1-15               |

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 | Absenddatum des internationalen Recherchenberichts |
| 11. Juli 2013                                       | 25/07/2013   |

|  |  |
|--|--|
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016 | Bevollmächtigter Bediensteter<br><br>Vathilakis, S |
|--|--|

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/060545

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| JP 2008037674 A                                    | 21-02-2008                    | KEINE                             |                               |
| -----  |                               |                                   |                               |
| WO 2011106580 A2                                   | 01-09-2011                    | CN 102781570 A                    | 14-11-2012                    |
|  |                               | EP 2539067 A2                     | 02-01-2013                    |
|  |                               | JP 2013521108 A                   | 10-06-2013                    |
|  |                               | KR 20120130005 A                  | 28-11-2012                    |
|  |                               | US 2012304931 A1                  | 06-12-2012                    |
|  |                               | WO 2011106580 A2                  | 01-09-2011                    |
| -----  |                               |                                   |                               |