

(19)



(11)

EP 3 088 556 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.11.2016 Patentblatt 2016/44

(21) Anmeldenummer: **16166975.9**

(22) Anmeldetag: **26.04.2016**

(51) Int Cl.:
C22C 47/04 (2006.01) **C22C 47/06** (2006.01)
C22C 47/08 (2006.01) **C22C 47/12** (2006.01)
B22D 19/14 (2006.01) **B22D 19/00** (2006.01)
B22D 19/04 (2006.01)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(30) Priorität: **28.04.2015 DE 102015207815**

(71) Anmelder: **Technische Universität Dresden
01069 Dresden (DE)**

(72) Erfinder:
• **Jäger, Huber**
86637 Zusamaltheim (DE)
• **Wolf, Michel**
01099 Dresden (DE)

(74) Vertreter: **Kailuweit & Uhlemann Patentanwälte
Partnerschaft mbB
Bamberger Straße 49
01187 Dresden (DE)**

(54) **KOHLEFASER-METALL-VERBUNDWERKSTOFF**

(57) Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff, bei dem das Metall mit mindestens einem kohlefaserverstärkten Thermotur-Verbund verstärkt wird. Der kohlefaserverstärkte Thermotur-Verbund ist in dem Metall aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten

beim Abkühlen des Metalls vom Schmelzpunkt bis zur Umgebungstemperatur kraftschlüssig eingeschlossen und das Metall ist in die Oberflächenrauigkeiten des Thermotur-Verbundes derart eingedrungen, dass dieser formschlüssig im Metall gehalten wird.

EP 3 088 556 A1

Beschreibung

[0001] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff, der sich dadurch auszeichnet, dass er in einem Gießverfahren hergestellt wurde, jedoch keine nachteiligen Grenzflächenreaktionen zwischen Kohlefasern und Metall aufweist.

[0002] Es sind verschiedene Verfahren zur Herstellung von faserverstärkten Metallen bekannt. Dabei werden häufig die trockenen Fasern mittels einer Metallschmelze unter Druck infiltriert. Andere Verfahren sehen vor, Fasern als Kurzfasern in eine Metallschmelze einzubringen und dort zu dispergieren. Auch Vorgehensweisen, bei denen die Fasern von einer Vorratsrolle abgewickelt und in die Schmelze eingezogen werden, sind bekannt.

[0003] Die US 3,970,136 A schlägt ein Verfahren vor, bei dem in einer Form parallel angeordnete Fasern bereitgestellt werden. Dabei ist auch der Einsatz von gestapelten oder gerollten Fasermatten vorgesehen. Diese werden anschließend mit der flüssigen Metallschmelze infiltriert, wobei die Schmelze die Fasern einschließt.

[0004] Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass beim Einsatz von Kohlefasern an der Grenzfläche der Kohlefasern mit der Bildung von Metallkarbiden zu rechnen ist. Dies ist nachteilig für die Festigkeit der Verbindung zwischen den Fasern und dem Matrixmetall.

[0005] Gegenstand der EP 0 634 494 A2 ist ein Verfahren, Kupfer mit einer Kohlefaserverstärkung auszurüsten. Bei diesem Verfahren wird die Kohlefaserverstärkung in eine Harzmatrix eingeschlossen und danach carbonisiert, bei Bedarf sogar graphitisiert. Anschließend wird in einem CVI-Prozess weiterer Kohlenstoff abgeschieden, um eine in eine vorgegebene Richtung variierende Dichte des Kohlenstoffmaterials zu erreichen. Danach wird der Kohlenstoff in SiC umgewandelt und anschließend mit der Kupferschmelze getränkt.

[0006] Dieses Verfahren umgeht die Probleme der in der US 3,970,136 A beschriebenen Vorgehensweise, indem der Kohlenstoff zumindest an der Grenzfläche gezielt in SiC umgesetzt wird und so in weit geringerem Maße Verbindungen mit dem Matrixmetall ausbilden kann.

[0007] Die bisher diskutierten Druckschriften behandeln die Verbindung von Fasern mit einer Metallmatrix. Soll ein bereits faserverstärkter Kunststoff ohne Degradation der Kunststoffmatrix mit Metall verbunden werden, kommen meist Klebverfahren oder ähnliches zum Einsatz.

[0008] Die EP 0 938 969 B1 verbindet einen faserverstärkten Kunststoff mit einem Metallbauteil mittels einer Haftvermittlerschicht auf Epoxidharzbasis.

[0009] Derartige Klebeverbindungen sind jedoch gegen eine Vielzahl von Stoffen, insbesondere gegenüber Lösungsmitteln, unbeständig. Darüber hinaus unterliegen sie einer Alterung, die nach einer gewissen Zeit zu einem Versagen der Verbindung führen kann.

[0010] Die EP 0 416 432 A2 beschreibt ein Verfahren,

in dem eine Schicht Kohlefaser auf eine Metallschicht aufgebracht wird. Die Metallschicht wurde vorher oder wird hinterher in die gewünschte Form gebracht (bspw. gerollt, um einen Wellenschaft zu erhalten) und die Kohlefaserschicht wird dann mit dem Matrixmaterial getränkt und ausgehärtet. Verschiedene Verfahrensvarianten sehen den Einsatz von Prepregs oder Kohlefasergeflechten vor. Auch Haftvermittler zwischen den Schichten können genutzt werden. Dieses Vorgehen ist nur für wenige technische Aufgaben geeignet. Insbesondere muss die Umformbarkeit des Metalls im kalten Zustand gegeben sein, was nur bei dünnen Metallschichten zutreffend ist.

[0011] Es stellt sich somit die Aufgabe, eine Kohlefaserverstärkung für Metallbauteile vorzuschlagen, die neben einer belastbaren kraftschlüssigen Verbindung zwischen Faserverstärkung und Metall, insbesondere unerwünschte Grenzflächenreaktionen zwischen Metall und Kohlefaserverstärkung, vermeidet.

[0012] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einer Anordnung nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den rückbezogenen Unteransprüchen offenbart.

[0013] Die erfindungsgemäße Lösung sieht eine Kohlefaserverstärkung in einer Thermodurmatrix, bevorzugt einer Phenolharzmatrix, - ein Composit - vor, die vollständig oder teilweise mit Metall umschlossen ist. Unter dem Begriff "Thermodur" werden im Folgenden neben Phenolharzen auch Resolharze und Mischungen von Phenol- und Resolharzen, sowie Polymere aus der Gruppe der Carbosilane, wie Bor-Carbosilane und Bor-Carbosilizane, subsummiert.

[0014] Die innige Verbindung zwischen kohlefaserverstärkter Matrix und Metall wird erzielt, indem die kohlefaserverstärkte Matrix (das Composit) vollständig oder zumindest teilweise mit Metallschmelze oder Metall in teilflüssigem, bspw. thixotropem, Schmelzzustand umgeben wird. Die zumindest teilweise Umhüllung mit dem Metall im geschmolzenen bzw. teilflüssigen Zustand führt beim Abkühlen zu einem Zusammenziehen des Metalls. Da dieses thermische Zusammenziehen des Metalls deutlich stärker als das der kohlefaserverstärkten Matrix erfolgt, wird diese stabil eingeschlossen. Bei der Abkühlung vom Schmelzpunkt des Metalls bis zur Umgebungstemperatur (ca. 20°C) wird der einschließende Effekt, der aus dem Zusammenziehen aufgrund des thermischen Schrumpfens resultiert, maximal ausgenutzt.

[0015] Der Fachmann erkennt, dass die kohlefaserverstärkte Matrix dazu wenigstens in einer Umfangslinie vollständig von Metall umschlossen sein muss, damit die kohlefaserverstärkte Matrix beim Zusammenziehen des Metalls sicher umfasst und eingeschlossen wird.

[0016] Durch diese Herstellungsweise dringt das Metall im fließfähigen Zustand in alle natürlich vorhandenen Oberflächenunebenheiten ein, und stellt so neben dem Kraftschluss einen oberflächigen Formschluss her. Da die hier eingesetzten Thermodule vergleichsweise hohe Zersetzungstemperaturen haben, findet nur eine geringe Beeinträchtigung der Matrixoberfläche statt, die sich in

erhöhter Rauigkeit äußert, die ebenfalls zu einer besseren Verbindung des Metalls mit der kohlefaserverstärkten Matrix beiträgt.

[0017] Das Thermodur verhindert den direkten Kontakt zwischen Kohlefaserverstärkung und Metall, wodurch keine oder nur eine sehr geringe Metallkarbidbildung stattfinden kann.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Composit auf der mit dem Metall in Verbindung tretenden Oberflächen eine Strukturierung auf. Dies können vorzugsweise Wellungen oder sonstige Erhebungen bzw. Vertiefungen sein, die geeignet sind, den Formschluss im Metall zu verbessern.

[0019] Wie dargestellt ist es wünschenswert, ein Thermodur mit hoher Zersetzungstemperatur anzuwenden. Diese Phenolharze zeichnen sich durch einen besonders hohen Kohlenstoffanteil aus. Die Kohlenstoffausbeute beim Carbonisieren der eingesetzten Thermodule beträgt daher bevorzugt mehr als 50 %, besonders bevorzugt mehr als 70 % und ganz besonders bevorzugt mehr als 85 %.

[0020] Bei den Thermoduren handelt es sich um bekannte Stoffe aus dem Stand der Technik bzw. um Kombinationen derartiger bekannter Thermodule.

[0021] Für die Faserverstärkung ist prinzipiell jede Kohlefaserart geeignet, die auch in faserverstärkten Bauteilen mit Thermodurmatrix eingesetzt werden kann. Bei den Kohlefasern kann es sich um unidirektionale, überwiegend parallel verlaufende Faserbündel, um Rovings, Gelege oder Geflechte handeln. Auch andere textile Formen und filzartige Anhäufungen sind bevorzugt.

[0022] In einer ersten bevorzugten Ausführungsform bestehen alle Kohlefasern aus ein und derselben Faserart mit identischen Durchmessern. Weitere bevorzugte Ausführungsformen sehen mehrere unterschiedliche Kohlefaserarten mit unterschiedlichen Steifigkeiten, unterschiedlichen Durchmessern oder in sonstiger Weise untereinander variierenden Eigenschaften vor.

[0023] Die Faservolumengehalte des Composites liegen bevorzugt oberhalb von 20 %, besonders bevorzugt oberhalb von 50 % und ganz besonders bevorzugt oberhalb von 65 %, jedoch stets unterhalb von 100 %.

[0024] Besonders bevorzugt sind Kohlefasern, die als Einzelfasern ausgeführt und mit einem Thermodur beschichtet sind. Auch einige wenige Kohlefasern können so zu einem dünnen Faserbündel zusammengefasst und gemeinsam mit Thermodur umhüllt sein. Besonders bevorzugt bleibt dabei die Biegsamkeit der Kohlefasern bzw. -faserbündel erhalten. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind diese beschichteten Kohlefasern bzw. Kohlefaserbündel als Bund angeordnet, das optional im Metallinneren aufgefächert ist und so eine besonders gute Durchdringung des zu verstärkenden Metalls erreicht.

[0025] Weiterhin bevorzugt sind langgestreckte Kohlefaserstränge mit im Wesentlichen unidirektional, parallel zur Längsachse der Stränge verlaufenden Fasern, in einer Thermodurmatrix, wobei das so entstandene Com-

posit einen kreisförmigen, ovalen, dreieckigen, rechteckigen oder in sonstiger Weise polygonalen Querschnitt aufweist. Auch bandförmige Ausführungen sind bevorzugt, in denen das Composit einen ausgeprägt rechteckigen Querschnitt bei einer großen Längserstreckung aufweist.

[0026] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform liegt das Composit als Hohlprofil oder in sonstiger Weise Höhlungen und Hinterschnitte aufweisenden Geometrie vor. Hier ist ein besonderer Vorteil zu sehen, da so Compositgeometrien verarbeitet werden können, die bekannten Vorgehensweisen nicht zugänglich sind und der erfindungsgemäße Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff nahezu beliebige Composit-Verstärkungskörper aufweisen kann und nicht auf einfache Kohlefaserstränge oder unidirektionale Formen limitiert ist.

[0027] Dem Fachmann ist bekannt, dass beim Einsatz stabförmiger Composite Kohlefasern an der im Metall liegenden Stirnfläche enden können und so dem Metall direkt zugänglich sind. Dies ist als unkritisch anzusehen, da die im Metall liegende Mantelfläche die Haltekraft aufbringt und daher Metallkarbidbildungen an der Stirnfläche unkritisch sind. Bevorzugte Ausführungsformen decken auch die Stirnfläche mit Thermodurmatrix ab.

[0028] Als Metall kann in der erfindungsgemäßen Anordnung prinzipiell jegliches Metall bzw. jegliche Metalllegierung eingesetzt werden. Begrenzt wird dies lediglich dadurch, dass bei der Herstellung die eindringende Schmelze die Kohlefasern nicht erreichen soll. Eine teilweise oder vollständige Carbonisierung des Matrixmaterials des Composites ist zulässig. Besonders bevorzugt findet diese Carbonisierung jedoch nur oberflächlich statt.

[0029] Besonders bevorzugt werden Aluminium, Magnesium bzw. deren Legierungen eingesetzt. Weiterhin bevorzugt sind Kupfer, Zink, aber auch Eisen oder Stahl oder ein anderes Metall oder eine andere metallische Legierung, die eine Schmelztemperatur oberhalb von 250 °C aufweist. Der Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff kann als Strukturelement und/oder als Funktions- oder Lasteinleitungselement ausgebildet sein. Je nach Anwendungszweck kann das Metall an den Enden des Composites oder aber mittig bzw. zwischen den Enden angeordnet sein. Es ist auch eine vollständige Bedeckung des Composites mit Metall möglich. Der Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff kann dabei mehrere Composit-einlagen in unterschiedlichen Ausformungen aufweisen. Neben stabförmigen sind auch flächige (bspw. textile) oder dreidimensionale Formen möglich.

[0030] In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Composit an der Grenzfläche zwischen Compositoberfläche und Metall eine metallische oder keramische Beschichtung des Composites auf. Dies dient vorteilhaft zur Erzielung eines Stoffschlusses zwischen Metall und Composit bzw. zur Verhinderung eines chemischen Angriffs des Metalls auf das Matrixmaterial oder die Kohlefasern des Composites. Die Aufbringung dieser Schichten erfolgt mit Verfahren aus dem Stand der Technik. Bevor-

zugt sind chemische oder physikalische Gasphasenabscheidungen. Weitere bekannte Verfahren sind hier geeignet.

[0031] Zur Herstellung der erfindungsgemäßen Anordnung wird bevorzugt das Composit unter Druck, mittels Spritzguss oder Gießen, zumindest teilweise mit dem flüssigen Metall umhüllt. Es wird eine schnellstmögliche Abkühlung vorgenommen (vorzugsweise wenige Sekunden vom Gießen bis zum Erstarren, besonders bevorzugt 1 bis 2 Sekunden). Der Faservolumengehalt im Metall-Compound-Verbund beträgt bevorzugt mindestens 20 %, besonders bevorzugt mindestens 50 %, ist jedoch stets kleiner 100 %.

[0032] Das Composit kann auch an verschiedenen Stellen mit verschiedenen Metallen umhüllt sein. So können bspw. an unterschiedlichen Enden eines Compositstranges Anschluss- oder Lasteinleitungselemente angeordnet sein, die aus unterschiedlichen Metallen bestehen.

[0033] Die erfindungsgemäße Anordnung wird bevorzugt als Leichtbauelement zur weiteren Gewichtsreduktion eingesetzt. Es kann insbesondere im Fahrzeugbau, in der Flugzeugindustrie oder sonstigen Industriezweigen Anwendung finden, in denen hohe Steifigkeit und Festigkeit mit geringem Gewicht zu kombinieren ist. Die erfindungsgemäße Anordnung stellt vorteilhaft einer Vielzahl von Anwendungsgebieten leistungsfähige kohlefaserverstärkte Metallbauteile zur Verfügung.

Figuren

[0034]

Fig. 1 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Anordnung. Der kohlenstofffaserverstärkte Phenolharzstab 2 ist in einem Metallzylinder 1 angeordnet. Der kohlenstofffaserverstärkte Phenolharzstab (Composit) 2 weist unidirektionale Kohlefasern 4 auf, die in einer Phenolharzmatrix 3 angeordnet sind.

Fig. 2 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Anordnung, bei der an beiden Enden des kohlefaserverstärkten Phenolharzstabes 2 Metallelemente 1 angeordnet sind. Die entgegengesetzte Schraffur deutet unterschiedliche Metalle an.

Fig. 3 zeigt schematisch die Anordnung eines Bündels von Kohlefasern 4, die jeweils einzeln mit Phenolharz 3 überzogen sind. Das Bündel fächert innerhalb des Metalls 1 auf, um eine bessere Verteilung im Metall und so einen besseren Halt zu erzielen.

Fig. 4 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Anordnung, bei welcher der kohlefaserverstärkte Phenolharzstabe 2 vollständig von Metall 1 umschlossen ist.

Fig. 5 zeigt schematisch eine Anordnung, bei der

mehrere Verstärkungen aus kohlefaserverstärkten Phenolharzstäben 2 in einem Metallkörper 1 angeordnet sind.

Fig. 6 zeigt schematisch in der oberen Figur einen Schnitt (B-B) durch eine erfindungsgemäße Anordnung entlang der Längsachse des Kohlefaserverbundstoffes. Dieser weist einen kreisförmigen Querschnitt auf. Als Verstärkung enthält der Kohlefaserverbundstoff einen hohlen, rohrartigen kohlefaserverstärkten Phenolharzstab 2. Zur Verdeutlichung ist in der unteren Figur ein Schnitt senkrecht zur Längsachse entlang der Linie A-A dargestellt. Die Kohlefasern 4 verlaufen im Inneren des Composites 2 unidirektional, parallel zur Längsachse des Kohlefaserverbundstoffes.

Ausführungsbeispiel

[0035] Das folgende Ausführungsbeispiel zeigt eine Möglichkeit, die Erfindung auszuführen, ohne diese auf die gezeigte Ausführungsform zu beschränken.

[0036] Der Kohlefaserverbundstoff liegt als stabförmiges Bauteil mit kreisrundem Querschnitt vor. Dabei ist ein Phenolharzstab mit einem Durchmesser von 6 mm und einer Länge von 350 mm an einem Ende mit einem Abstand zu diesem Ende von 20 mm über eine Länge von 150 mm mit einer Aluminiumlegierung umgeben. Die Mantelstärke dieser Aluminiumschicht beträgt 4,5 mm. Als Aluminiumlegierung wurde AlSi10 eingesetzt. Bei dem Phenolharzstab handelt es sich um ein handelsübliches Phenolharz mit einer Carbonisierungs-Kohlenstoffausbeute von 55%. Der Faservolumengehalt im Compositstab beträgt 60% unidirektional angeordneter Kohlefasern.

[0037] Der Kohlefaserverbundstoff wurde mittels drucklosen Schwerkraftgusses in eine Graphit/Kupfer-Gusskokille hergestellt. Die Gusstemperatur lag bei 670°C.

Bezugszeichenliste

[0038]

- | | |
|---|--|
| 1 | Metall |
| 2 | kohlenstofffaserverstärkter Phenolharzstab |
| 3 | Phenolharz |
| 4 | Kohlenstofffaserverstärkung |

Patentansprüche

1. Kohlefaserverbundstoff, aufweisend mindestens einen kohlefaserverstärkten Thermoplast-Verbund der zumindest teilweise von einem Metall im festen Aggregatzustand umschlossen wird, dadurch gekennzeichnet, dass

- a. der kohlefaserverstärkte Thermotur-Verbund in dem Metall aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten beim Abkühlen des Metalls vom Schmelzpunkt bis zur Umgebungstemperatur kraftschlüssig eingeschlossen ist und
b. das Metall in die Oberflächenrauigkeiten des Thermotur-Verbundes eingedrungen ist und dieser so formschlüssig gehalten wird.
2. Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metall Aluminium, Magnesium oder deren Legierungen ist.
3. Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metall Kupfer Zink, Stahl oder ein anderes Metall oder eine andere metallische Legierung ist, die eine Schmelztemperatur oberhalb von 250 °C aufweist.
4. Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kohlefaserverstärkte Thermotur-Verbund stabförmig, mit rundem, dreieckigem, rechteckigem oder polygonalem Querschnitt, als Hohlprofil oder dreidimensionale Geometrie mit hinterschnittiger Form im Verbundwerkstoff vorliegt.
5. Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Composit auf den mit dem Metall in Verbindung tretenden Oberflächen eine Strukturierung, vorzugsweise Wellungen, oder sonstige Erhebungen bzw. Vertiefungen aufweist.
6. Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Composit auf den mit dem Metall in Verbindung tretenden Oberflächen eine metallische oder keramische Beschichtung des Composites zur Erzielung eines Stoffschlusses oder zur Verhinderung eines chemischen Angriffs an der Grenzfläche aufweist.
7. Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kohlefaserverstärkte Thermotur-Verbund als flächiges oder dreidimensionales Composit vorliegt.
8. Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kohlefaserverstärkte Thermotur-Verbund als Bund einzelner Kohlefasern oder Bündel weniger Kohlefasern vorliegt, die mit Thermotur umgeben sind.
9. Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bund im Inneren des Metalls aufgefächert ist.
10. Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Faservolumengehalt im kohlefaserverstärkten Thermotur-Verbund mindestens 20 % beträgt.
11. Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Thermotur bei der Carbonisierung eine Kohlenstoffausbeute von mehr als 50 % erreicht.
12. Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem Thermotur um ein Phenolharz oder ein Resolharz oder Mischungen von Phenol- und Resolharzen oder Polymere aus der Gruppe der Carbosilane, wie Bor-Carbosilane und Bor-Carbosilizane, handelt.
13. Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Faservolumengehalt im Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff mindestens 20 % erreicht.
14. Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grenzfläche des Thermoturs zum Metall carbonisiert ist.
15. Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Thermotur weitgehend carbonisiert ist, aber das flüssige Metall die Kohlefasern beim Herstellungsprozess des Kohlefaser-Metall-Verbundwerkstoffs nicht erreicht hat.

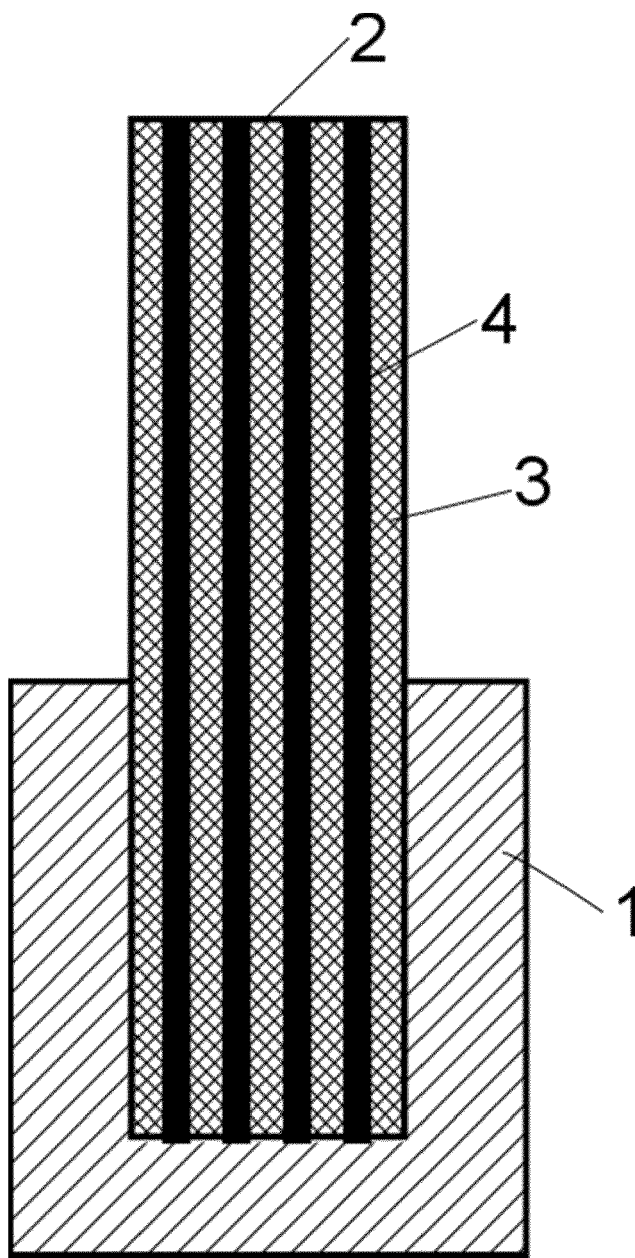


Fig. 1

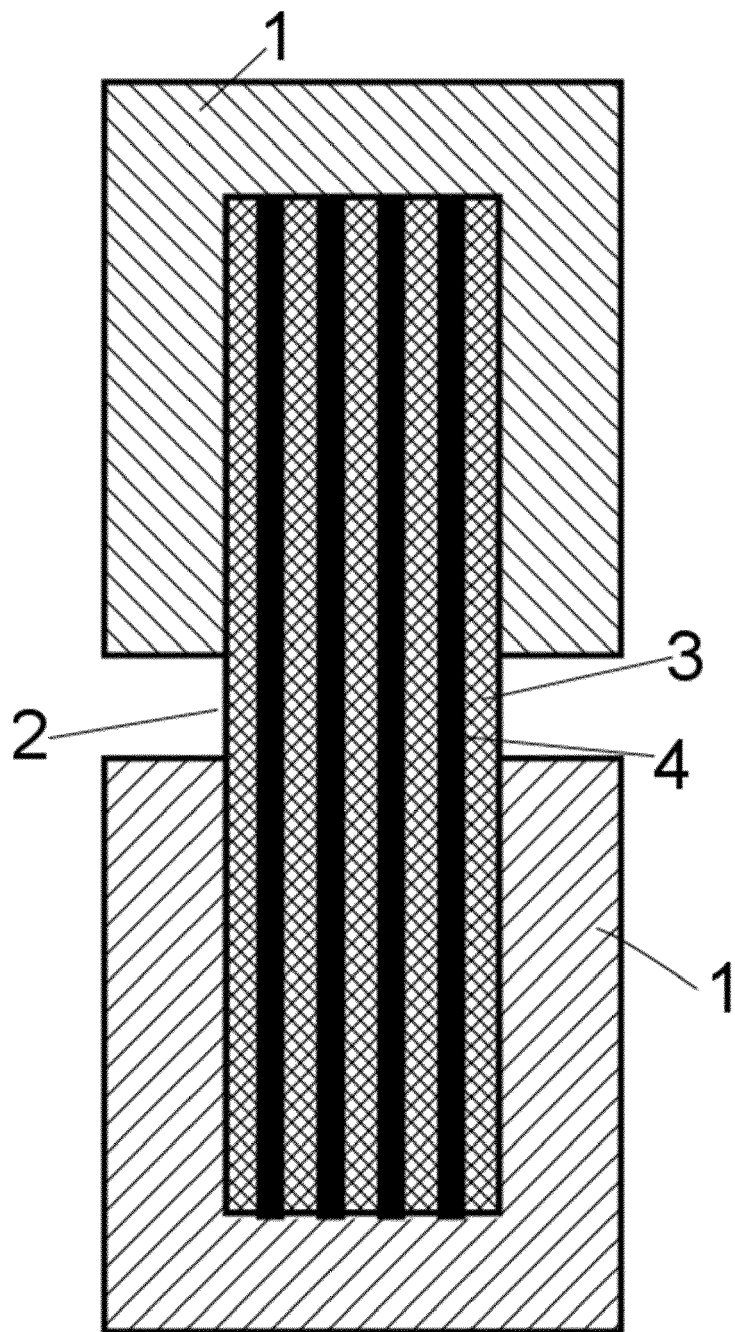


Fig. 2

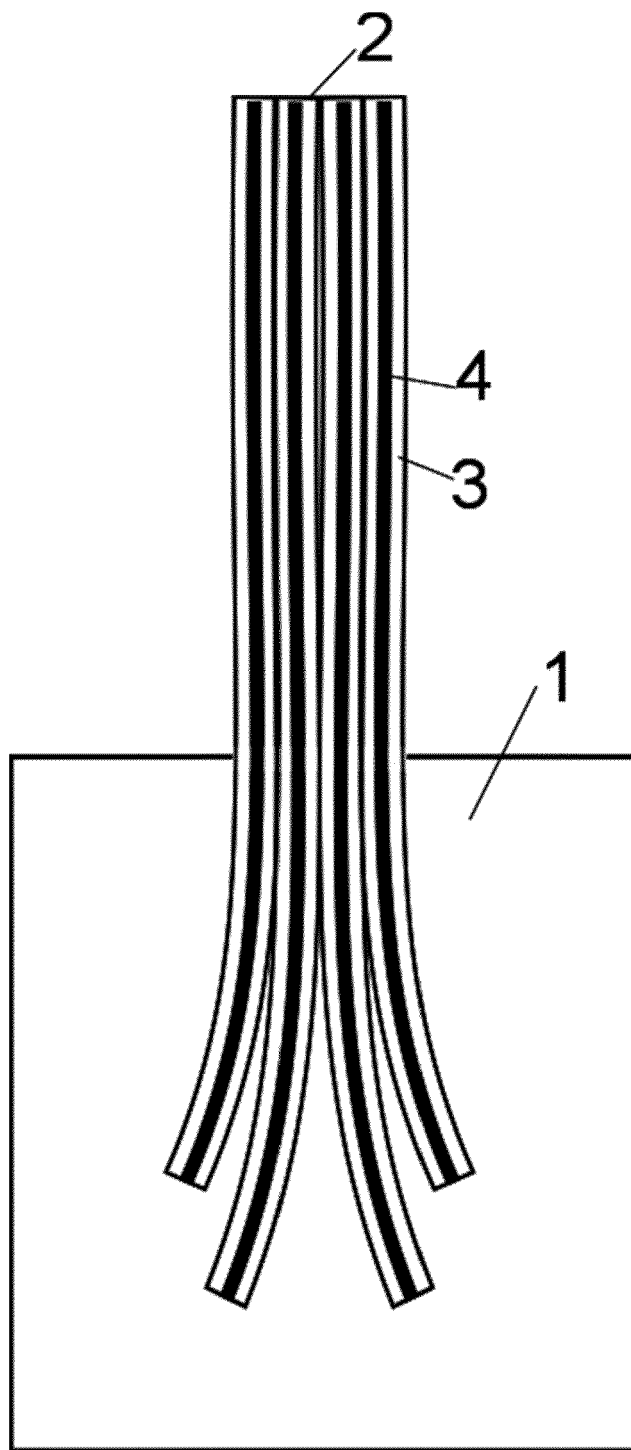


Fig. 3

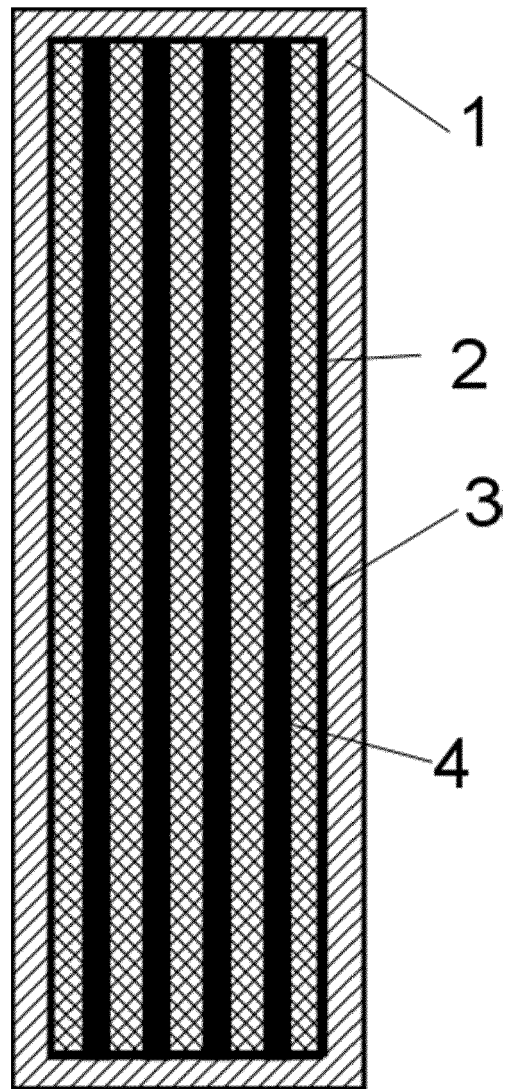


Fig. 4

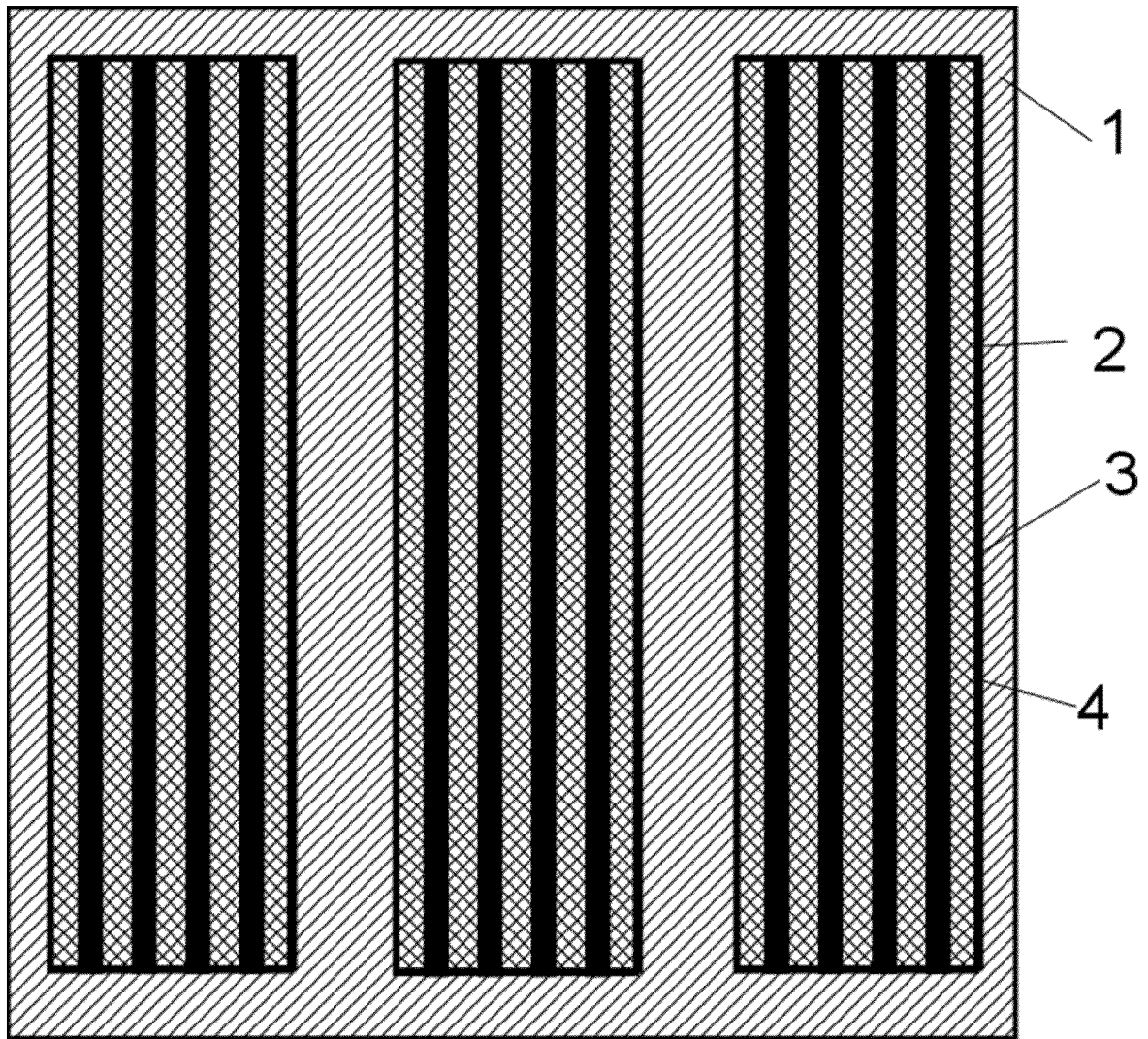


Fig. 5

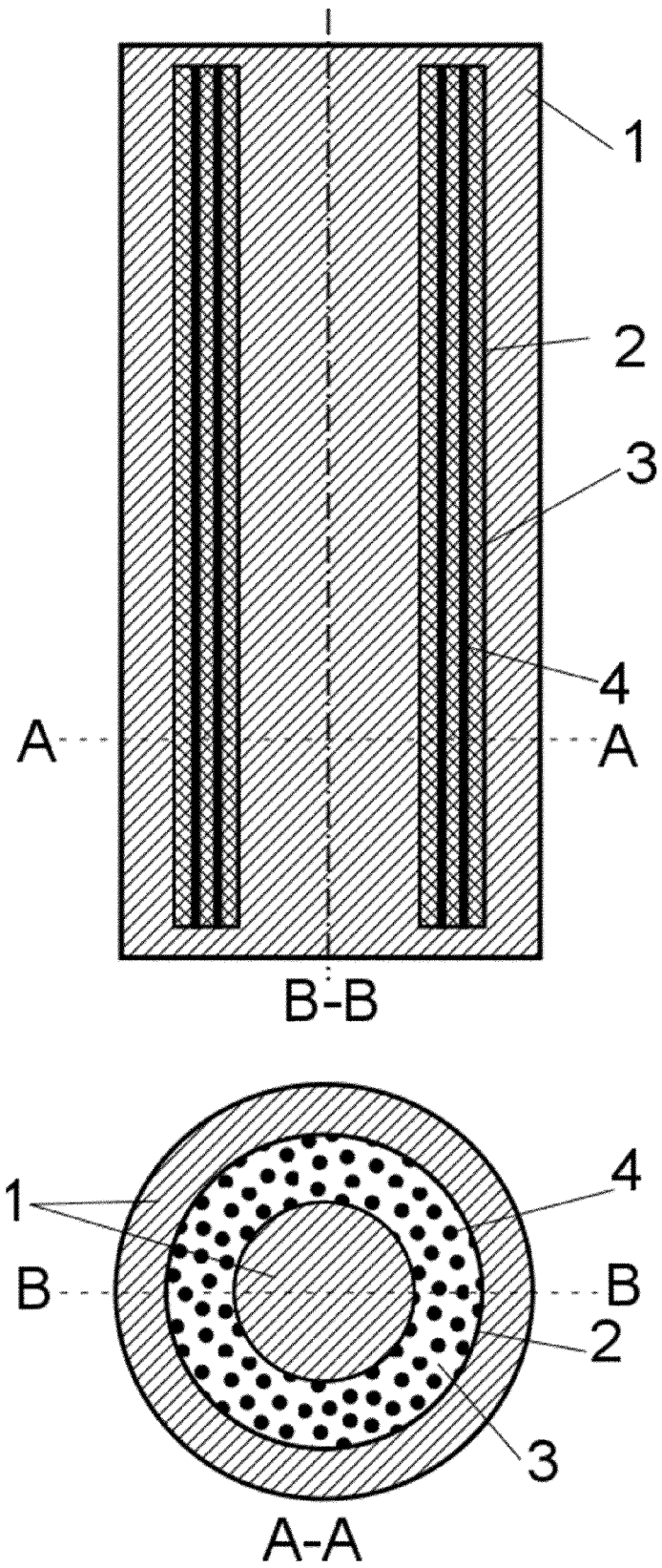


Fig.6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 16 6975

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 695 687 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; UNIV BREMEN [DE]) 12. Februar 2014 (2014-02-12) * das ganze Dokument *	1-15	INV. C22C47/04 C22C47/06 C22C47/08 C22C47/12 B22D19/14 B22D19/00 B22D19/04
X	DE 10 2010 050970 A1 (DAIMLER AG [DE]; SCHWEIZER GROUP KG [DE]) 10. Mai 2012 (2012-05-10) * das ganze Dokument *	1-15	
X	DE 10 2009 048709 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; UNIV BREMEN [DE]) 14. April 2011 (2011-04-14) * das ganze Dokument *	1-15	
A	DE 10 2007 023836 A1 (PEINE KARL-HEINZ [DE]; WUERTEMBERGER JENS [DE]) 27. November 2008 (2008-11-27) * das ganze Dokument *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C22C B22D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 4. August 2016	Prüfer Mikloweit, Alexander
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 16 6975

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
 Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

04-08-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	EP 2695687 A1	12-02-2014	DE 102012015944 A1 EP 2695687 A1	13-02-2014 12-02-2014
15	DE 102010050970 A1	10-05-2012	KEINE	
	DE 102009048709 A1	14-04-2011	KEINE	
20	DE 102007023836 A1	27-11-2008	KEINE	
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 3970136 A [0003] [0006]
- EP 0634494 A2 [0005]
- EP 0938969 B1 [0008]
- EP 0416432 A2 [0010]