

(19)



(11)

EP 2 481 497 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
04.09.2013 Patentblatt 2013/36

(51) Int Cl.: **B21H 8/00** (2006.01) **B21J 5/00** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11190029.6**

(22) Anmeldetag: **22.11.2011**

(54) Verfahren zum Herstellen eines metallischen Bauteils

Method for producing a metallic component

Procédé destiné à la fabrication d'un composant métallique

(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**

(30) Priorität: **01.02.2011 DE 102011003415**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.08.2012 Patentblatt 2012/31

(73) Patentinhaber: **Bayerische Motoren Werke
Aktiengesellschaft
80809 München (DE)**

(72) Erfinder:

- **Donath, Norbert
82343 Poecking (DE)**

- **Wecker, Anton
85235 Odelzhausen (DE)**
- **Maaß, Lars
81739 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1-102009 015 418

- **KIUCHI M ET AL: "MASHY-STATE EXTRUSION,
ROLLING AND FORGING", PROCEEDINGS OF
THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON
PROCESSING OF SEMI-SOLID ALLOYS AND
COMPOSITES, XX, XX, 1. Juni 1994 (1994-06-01),
Seiten 245-257, XP002066438,**

EP 2 481 497 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines metallischen Bauteils durch Umformen eines auf den thixotropen Zustand erwärmten, metallischen Faservlieses, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. 2.

[0002] Es ist bekannt, dass metallische Werkstoffe in einem engen Temperaturintervall kurz unterhalb der Liquidustemperatur in den thixotropen Zustand gelangen und sich dann mit geringem Energieaufwand zu Bauteilen mit hohen mechanischen Kennwerten umformen lassen. Nach dem in der DE 10 2009 015 418 A1 offenbarten Verfahren der eingangs genannten Art wird als in dieser Hinsicht besonders vorteilhaftes Ausgangsmaterial ein Metallfaservlies verwendet, welches in einem Pressenwerkzeug in den thixotropen Zustand aufgeheizt und zu einem homogen strukturierten Bauteil verpresst wird, wobei sich die mechanischen Eigenschaften noch dadurch deutlich verbessern lassen, dass in das Faservlies eine Armierung eingelegt wird, die dann bei der thixotropen Faservliesumformung im Pressenwerkzeug - anders als bei Verbundbauteilen, die aus einer hochfesten Zwischenschicht und auf diese lediglich aufplattierten Deckschichten bestehen - vollständig mit dem metallischen Vliesmaterial als Matrix durchtränkt wird. Problematisch bei einer solchen thixotropen Faservliesumformung ist jedoch, dass beim Verpressen des Faservlieses Luft einschüsse im Thixomaterial verbleiben können, die sich dann im fertigen Bauteil als festigkeits- und steifigkeitsmindernde Lunkerstellen zeigen. Hinzukommt, dass sich die Einstellung einer homogenen Temperaturverteilung bei gleichzeitig engem Temperaturfenster vor allem bei ausgedehnten Bauteilen äußerst aufwändig und kostenintensiv gestaltet.

[0003] Demgegenüber ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art so auszubilden, dass sich durch eine Thixoumformung eines Metallfaservlieses problemlos auch ausgedehnte Bauteile auf baulich und steuerungsmäßig einfache Weise mit hochwertigen mechanischen Eigenschaften herstellen lassen.

[0004] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das im Patentanspruch 1 bzw. 2 gekennzeichnete Herstellungsverfahren gelöst.

[0005] Erfindungsgemäß wird aufgrund der beanspruchten Druckwalzenumformung sichergestellt, dass die Luft einschüsse beim Verpressen des thixotrop erwärmten Metallfaservlieses gezielt in Rollrichtung der Druckwalze ausgetrieben werden und aus dem dort noch unverpressten und luftdurchlässigen Faservliesmaterial frei entweichen können, so dass eine Blasen- oder Lunkerbildung im fertigen Bauteil wirksam unterbunden wird, mit dem weiteren Effekt, dass die Einhaltung des engen thixotropen Temperaturfensters auf den relativ schmalen Kontaktbereich der Druckwalze beschränkt ist und daher im Umformzeitpunkt nicht homogen über die gesamte Bauteilfläche verteilt sein muss, wodurch sich die pro-

zessbedingt enge Temperatursteuerung erheblich vereinfacht. Darüberhinaus lassen sich mit der Erfindungsvariante nach Anspruch 2 im Wege der Thixoumformung eines Metallfaservlieses sogar metallische Blechbänder in beliebiger Länge auf fertigungstechnisch einfache Weise herstellen.

[0006] Eine deutliche Verbesserung der mechanischen Bauteileigenschaften wird in besonders bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung dadurch erzielt, dass in das Metallfaservlies vor der Thixoumformung eine Armierung eingelegt und diese unter der Einwirkung der Druckwalze(n) mit dem metallischen Faservliesmaterial als Matrix durchtränkt wird, wobei die Druckwalzenumformung des Faservlieses ganz wesentlich zu einer blasenfreien, stoff- oder zumindest formschlüssigen Einbindung der Armierung in die Metallmatrix beiträgt. Als Armierung werden je nach Richtung der für das Bauteil vorgesehenen Betriebslasten vorzugsweise uni- oder multidirektional oder auch quasi-isotrop orientierte metallische, aber auch nicht-metallische Verstärkungsfasern verwendet, und zwar mit besonderem Vorteil Carbonfasern, die bezüglich der Thixotemperatur des Vliesmaterial temperaturbeständig sind.

[0007] Um die Aufheizzeit des Metallfaservlieses im Kontaktbereich der Druckwalze(n) zu verkürzen, wird das Metallvlies vor dem Druckwalzenkontakt zweckmäßigerweise bis nahe an den Thixozustand vorgewärmt, und im Hinblick auf eine rasche vollvolumetrische Aufheizung wird eine induktive Erwärmung des Metallvlieses bevorzugt.

[0008] Die Fertigungsqualität der Bauteile lässt sich dadurch weiter verbessern, dass das Metallvlies vor der thixotropen Druckwalzenumformung vorverdichtet und im Anschluss an diese durch eine Drucknachspeisung nachkalibriert wird.

[0009] Bei Verwendung eines Faservlieses, welches, wie bevorzugt, als Hauptbestandteil Aluminium enthält, zeigt sich ein weiterer Vorteil des beanspruchten Verfahrens. Anders nämlich als bei einem massiven Aluminiumblech, welches unter Umgebungsluft auf der Außenseite bekanntlich eine dünne Oxidhaut bildet, die sich nur aufwändig entfernen lässt und dann bei einer thixotropen Blechumformung die Gefügestruktur des Aluminiumteils signifikant verschlechtert, wird bei der Thixoumformung eines Aluminium-Faservlieses die Oxidschicht bei der Verdichtung der Aluminiumfasern aufgebrochen, so dass die Gefügestruktur im fertigen Aluminiumteil von der Oxidbildung des Ausgangsmaterials weitgehend unbeeinträchtigt bleibt.

[0010] Die Erfindung wird nunmehr an Hand mehrerer Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen in stark schematisierter Darstellung:

Fig. 1 die Herstellung eines durchgehend materialreinen Bauteils aus einem Metallfaservlies mittels einer thixotropen Druckwalzenumformung nach der Erfindung;

Fig. 2 eine der Fig. 1 entsprechend Darstellung einer thixotropen Druckwalzenumformung eines Metallfaservlieses mit eingelegter Armierung; und

Fig. 3 die Herstellung eines armierten Endlos-Blechbandes nach der Erfindung.

[0011] Gemäß Fig. 1 wird ein Metallfaservlies 1 aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung auf ein Umformbett 2 aufgelegt und dabei örtlich durch eine zusätzliche Vliesauflage 3 gedoppelt, um so eine Aluminiumteil 4 mit einer sich ändernden Wandstärke zu erzeugen. Mittels einer beheizten und in Pfeilrichtung über das Faservlies 1 gerollten Druckwalze 5 wird das Faservlies 1 im Kontaktbereich der Druckwalze 5 in den thixotropen Zustand erwärmt und so zusammengepresst, auf dem Fasermaterial ein homogenes Aluminiumteil 4 entsteht, wobei die Luft einschlüsse im Faservlies 1 unter der Wirkung der Druckwalze 5 in deren Laufrichtung nach vorne ausgequetscht werden und aus dem dort noch luftdurchlässigen Faservlies 1 frei entweichen können.

[0012] Um den für den Thixozustand erforderlichen Wärmeeintrag der Druckwalze 5 zu reduzieren, wird das Fasermaterial in Laufrichtung vor der Druckwalze 5 durch eine zwischen Umformbett 2 und Vliesoberseite wirksame Induktionsheizung 6 bis nahe an die Thixotemperatur vorgewärmt.

[0013] Die Ausführungsform nach Fig. 2, wo die dem ersten Ausführungsbeispiel entsprechenden Komponenten durch das gleiche Bezugszeichen gekennzeichnet sind, unterscheidet sich von diesem hauptsächlich dadurch, dass in das Metallfaservlies 1 eine - in diesem Fall mehrlagige - Armierung 7 eingelegt ist, welche aus einem metallischen Fadengeflecht oder einem dicht perforierten Lochblech, aber auch aus nicht-metallischen, uni- oder multidirektional bis hin zu quasi-isotrop orientierten Verstärkungsfasern, etwa aus Carbon bestehen kann. Bei der Thixoumformung des Metallvlieses wird die Armierung 7 mit dem thixotropen Vliesmaterial durchtränkt, so dass das Bauteil 4 eine homogene Metallstruktur mit einer in diese zumindest form- und bei einer metallischen Armierung 7 je nach Vlies- und Armierungsmaterial auch stoffschlüssig eingebundenen Armierung 7 aufweist, durch welche die Materialeigenschaften gegenüber einem reinen Einstoff-Bauteil deutlich verbessert werden.

[0014] Gemäß Fig. 3 werden zur Herstellung eines armierten Blechbandes 8 mehrere Schichten, bestehend aus einer oberen und einer unteren, metallischen Faservlies- und Armierungsschicht 9.1, 9.2 und einer dazwischen liegenden Armierung 10, etwa eines Carbonfasergeleges, jeweils von einer Vorratsrolle 11.1, 11.2 bzw. 12 abgezogen und zwischen zwei Vorpresswalzen 13 zusammengeführt und zu einem dichteren Materialverbund vorverdichtet. Im nächsten Schritt durchläuft der vorverdichtete, aber noch flexible Materialverbund 9, 10 eine Heizeinrichtung 14, an der er auf ein Temperaturniveau noch unterhalb

des thixotropen Zustandes der Metallfasern der Faservlies-schichten 9 vorgeheizt wird. Der so vorgeheizte, aber noch inhomogene Materialverbund 9, 10 wird anschließend im Walzenspalt zweier Druckwalzen 15.1, 15.2 auf den thixotropen Zustand erwärmt und gleichzeitig werden die Faservlies-schichten 9 in diesem Zustand durch den Walzenandruck zu einem Endlos-Blechband 8 mit einer homogenen Metallstruktur 16 und in diese als Matrix eingebetteten Armierung 10 verpresst.

[0015] Durch die injizierte Scherrate des Druckwalzenpaares 15 wird das thixotrope Faservliesmaterial gleichförmig zum Fließen gebracht, so dass selbst feinste Strukturen der Armierungsfasern 10 von diesem umschlossen und dabei Hohlräume gefüllt werden. Hierbei bildet sich ein Formschluss und je nach Beschaffenheit des Armierungsmaterials entsteht auch ein lokaler Stoffschluss. Anschließend erfolgt noch an einem Walzenpaar 17 eine Nachkalibrierung, um eine Erstarrungsporosität zu unterbinden. Mit dieser Erfindungsvariante ist es möglich, Blechbänder 16 beliebiger Länge anzufertigen und dabei die eingelegte Armierung 10 absolut lagestabil in das metallische Vliesmaterial einzubetten. Erreicht wird dies durch die charakteristische Eigenschaft, dass das Faservlies 9 im thixotropen Zustand eine stark reduzierte Viskosität aufweist und auch die Druckbeaufschlagung im Walzenspalt des Druckwalzenpaares 15 keine unkontrollierte Positionsverschiebung der Armierung 10 verursacht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines metallischen Bauteils, bei dem ein metallisches Faservlies (1) auf den thixotropischen Zustand aufgeheizt und in diesem Zustand unter Druckeinwirkung zu einer kompakten Metallstruktur umgeformt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metallfaservlies (1) in den jeweiligen Grenzen des Kontaktbereichs mindestens einer oberflächen-seitig über dieses geführten Druckwalze (5) im thixotropen Zustand gehalten und gleichzeitig unter der Wirkung des Walzenandrucks zu einer homogenen Metallstruktur verdichtet wird.
2. Verfahren zur Herstellung eines fortlaufenden Blechbandes, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Endlos-Metallfaservlies (9) im Walzenspalt zweier Druckwalzen (15.1;15.2) im thixotrop erwärmten Zustand zu einem homogen strukturierten Blechband (8) umgeformt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in das Metallfaservlies (1;9) vor der Thixoumformung eine Armierung (7;10) eingelegt und diese im Wirkungsbereich der Druckwalze(n) (5;15.1;15.2) mit dem metallischen Faservliesmaterial (1;9) als Matrix

durchtränkt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Armierung (10) aus uni- oder multidirektional verlaufenden Verstärkung-, vorzugsweise Carbonfasern besteht.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** (1;9) das Metallfaservlies vor dem Druckwalzendurchlauf bis nahe an den thixotropen Zustand vorgewärmt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metallfaservlies (1;9) induktiv erwärmt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metallfaservlies (1;9) im Anschluss an die thixotrope Druckwalzenumformung durch eine Drucknachspeisung nachkalibriert wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metallfaservlies (1;9) vor der Thixoumformung vorverdichtet wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metallfaservlies (1;9) als Hauptbestandteil Aluminium enthält.

Claims

1. A method of producing a metal component wherein a metal nonwoven (1) is heated to the thixotropic state in which it is converted into a compact metal structure under pressure, **characterised in that** the metal nonwoven (1), within the limits of the contact area of at least one roller (5) guided over its surface, is kept in the thixotropic state and simultaneously compressed by the roller to form a homogeneous metal structure.
2. A method of producing a continuous metal strip, **characterised in that** an endless metal nonwoven (9), heated in the thixotropic state in the nip between two rollers (15.1, 15.2) is converted by shaping into a uniformly structured metal strip (8).
3. A method according to claim 1 or claim 2, **characterised in that** before thixofforming, a reinforcement (7; 10) is inserted into the metal nonwoven (1; 9) and forms a matrix

impregnated with the metal fibre nonwoven (1; 9) in the range of operation of the rollers (5; 15.1; 15.2).

4. A method according to claim 3, **characterised in that** the reinforcement (10) comprises unidirectional or multidirectional reinforcing fibres, preferably carbon.
5. A method according to any of the preceding claims, **characterised in that** the metal nonwoven (1; 9), before running through the rollers, is preheated to near the thixotropic state.
6. A method according to any of the preceding claims, **characterised in that** the metal nonwoven (1; 9) is heated by induction.
7. A method according to any of the preceding claims, **characterised in that** after thixotropic forming by the rollers, the metal nonwoven (1:9) is re-sized by a pressure backfeed.
8. A method according to any of the preceding claims, **characterised in that** the metal nonwoven (1; 9) is pre-compacted before thixofforming.
9. A method according to any of the preceding claims, **characterised in that** the main constituent of the metal nonwoven (1; 9) is aluminium.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un composant métallique selon lequel on chauffe une nappe de fibres métalliques (1) à un état thixotrope fixe et on la transforme dans cet état sous l'action d'une pression pour former une structure métallique compacte, procédé **caractérisé en ce qu'** on maintient la nappe de fibres métalliques (1) dans les limites respectives de la zone de contact d'au moins un cylindre de compression (5) conduit sur le côté de la surface de la nappe à l'état thixotrope et en même temps, on comprime sous l'action de la compression du cylindre pour former une structure métallique homogène.
2. Procédé de fabrication d'une bande de tôle continue, **caractérisé en ce qu'**
 - on transforme une nappe de fibres métalliques (9'), continue dans l'intervalle de laminage de deux cylindres de laminage (15.1, 15.2) à l'état chauffé thixotrope pour former un ruban de tôle (8) à structure homogène.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce qu'
 avant la transformation thixotropique, on intègre une armature (7, 10) dans la nappe de fibres métalliques (1, 9) et on imprègne celle-ci dans la zone d'action des cylindres de laminage (5, 15.1, 15.2) avec comme matrice la matière de la nappe de fibres métalliques (1, 9). 5

4. Procédé selon la revendication 3, 10
caractérisé en ce que
 l'armature (10) est formée de fibres de renforcement, de préférence des fibres de carbone dirigées dans une ou plusieurs directions. 15

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'
 on préchauffe la nappe de fibres métalliques (1, 9) avant le passage entre les cylindres de laminage jusqu'au voisinage de son état thixotropique. 20

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu' 25
 on chauffe la nappe de fibres métalliques (1, 9) par induction.

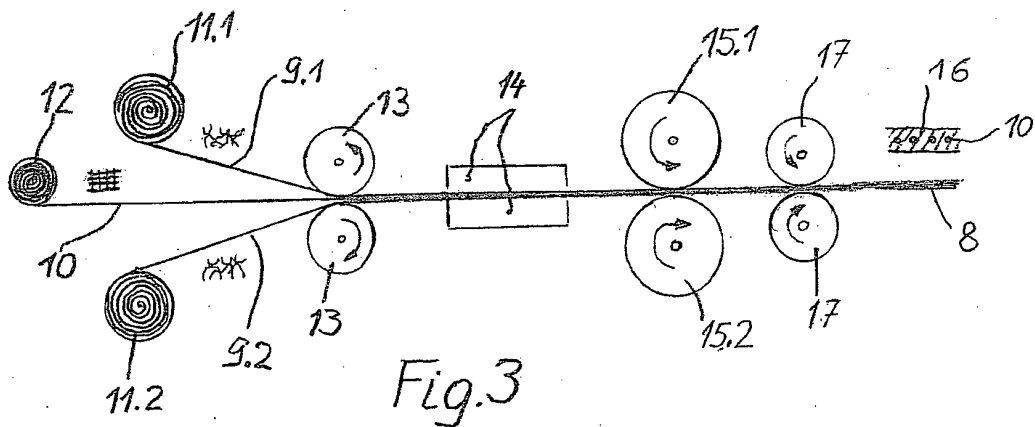
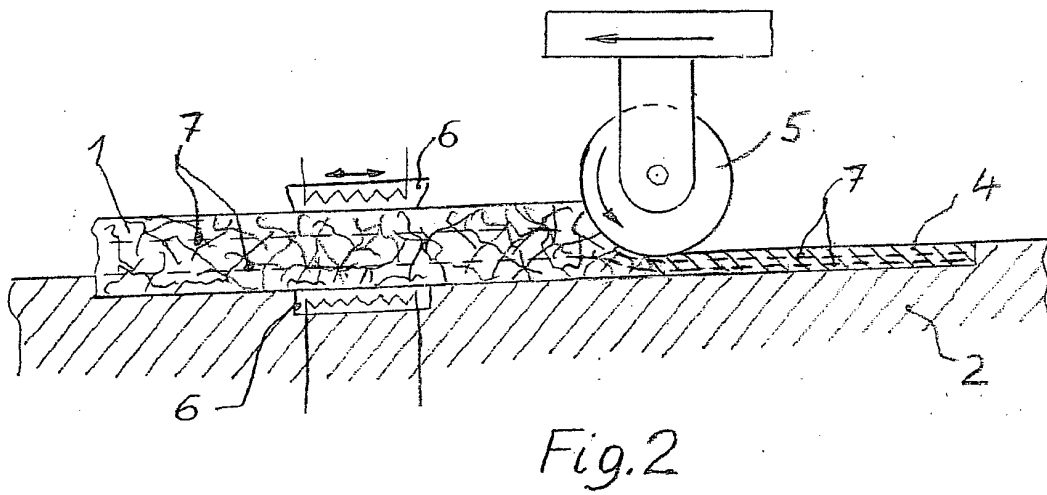
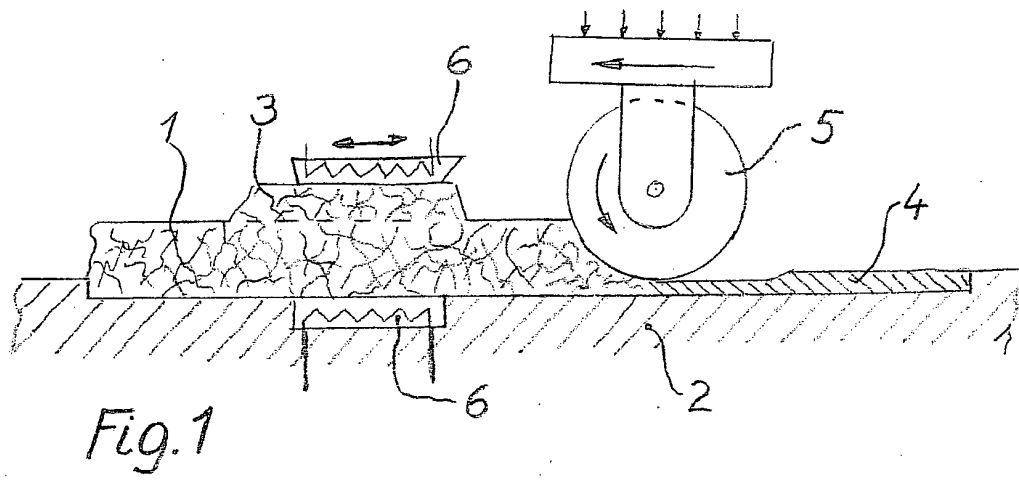
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, 30
caractérisé en ce qu'
 à la suite de la transformation thixotropique par les cylindres de laminage, on recalibre la nappe de fibres métalliques (1, 9) en appliquant postérieurement une pression. 35

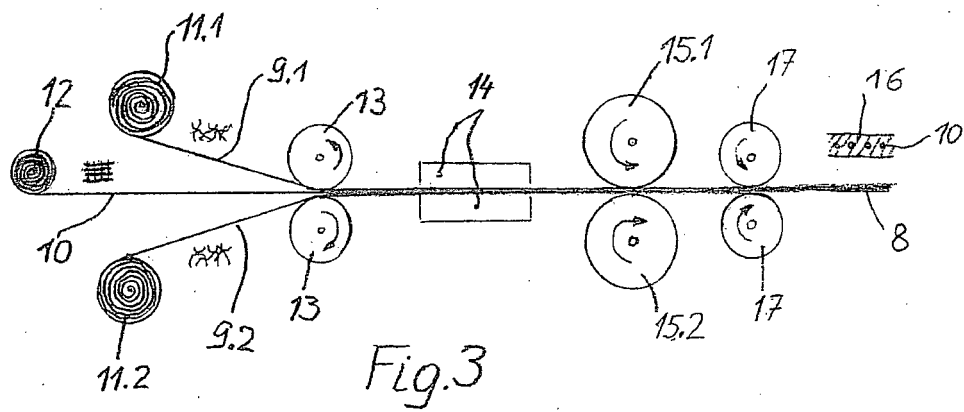
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'
 on effectue la pré-compression de la nappe de fibres métalliques (1, 9) avant la transformation thixotropique. 40

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, 45
caractérisé en ce que
 le composant principal de la nappe de fibres métalliques (1, 9) est l'aluminium.

50

55





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

- DE 102009015418 A1 [0002]