

(11) Número de Publicação: **PT 2536545 E**

(51) Classificação Internacional:

**B29B 17/00** (2014.01) **B29K 105/06** (2014.01)  
**B29K 307/04** (2014.01) **C08J 3/12** (2014.01)  
**C08K 7/06** (2014.01) **B29B 9/04** (2014.01)  
**B29B 9/14** (2014.01)

**(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: **2011.02.03**

(30) Prioridade(s): **2010.02.17 DE**  
**102010008349**

(43) Data de publicação do pedido: **2012.12.26**

(45) Data e BPI da concessão: **2014.04.16**  
**136/2014**

(73) Titular(es):

**SGL AUTOMOTIVE CARBON FIBERS GMBH & CO. KG**  
**ANTON-DITT-BOGEN 5 80939 MÜNCHEN DE**

(72) Inventor(es):

**GERALD ORTLEPP DE**  
**RENATE LÜTKENDORF DE**  
**THOMAS REUSSMANN DE**

(74) Mandatário:

**LUÍS MANUEL DE ALMADA DA SILVA CARVALHO**  
**RUA VÍCTOR CORDON, 14 1249-103 LISBOA PT**

(54) Epígrafe: **MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE PÉLETES A PARTIR DE MATERIAIS COMPÓSITOS EM FIBRA**

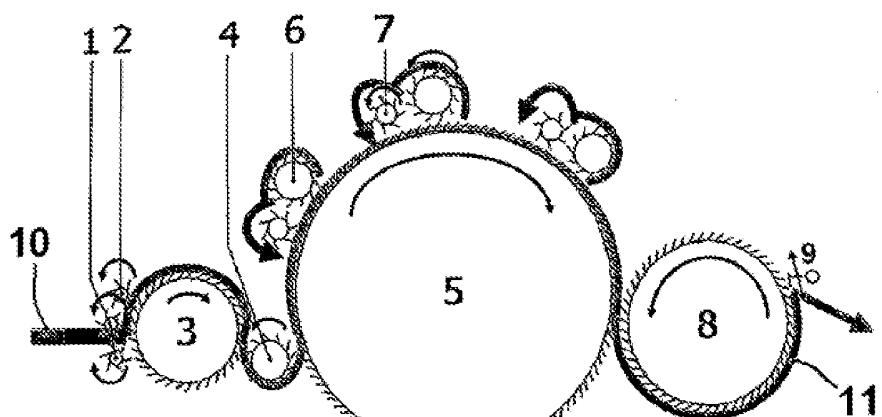
(57) Resumo:

A PRESENTE INVENÇÃO DIZ RESPEITO A UM MÉTODO PARA FABRICAÇÃO DE PÉLETES A PARTIR DE MATERIAIS COMPÓSITOS EM FIBRA, ADEQUADAS PARA O POSTERIOR PROCESSAMENTO NUM MÉTODO DE PRODUÇÃO DE ENGENHARIA DE PLÁSTICOS, EM QUE AS PÉLETES CONTÊM FIBRAS DE CARBONO E, PELO MENOS, UM MATERIAL DE MATRIZ TERMOPLÁSTICA, SENDO O MÉTODO CARACTERIZADO POR: (I) SEREM ISOLADAS FIBRAS DE CARBONO OBTIDAS A PARTIR DE DESPERDÍCIOS OU PEÇAS USADAS CONTENDO FIBRAS DE CARBONO; (II) ESTAS SEREM DEPOSITADAS DE FORMA PLANA CONJUNTAMENTE COM O MATERIAL DE MATRIZ TERMOPLÁSTICA; (III) SEREM PRESSIONADAS SOB A ACÇÃO DO CALOR PARA FORMAÇÃO DE UM MATERIAL EM PLACAS; E (IV) SEREM SUBSEQUENTEMENTE ARREFECIDAS E FRAGMENTADAS PARA OBTENÇÃO DE PÉLETES, PLAQUETAS OU CHIPS. O MÉTODO DE ACORDO COM A INVENÇÃO TORNA POSSÍVEL UTILIZAR, COMO FIBRAS DE REFORÇO, FIBRAS DE CARBONO - POR EXEMPLO, PROVENIENTES DE DESPERDÍCIOS DE PRODUÇÃO DE TÊXTEIS, DESPERDÍCIOS DE PRODUÇÃO COLADOS OU ENDURECIDOS, PROVENIENTES DE COMPONENTES DE CFK (PLÁSTICO REFORÇADO COM FIBRAS DE CARBONO) USADOS E RECICLADOS, OU OUTROS SEMELHANTES, FICANDO CONSEQUENTEMENTE DISPONÍVEL UM MATERIAL DE BASE MAIS BARATO, E AS FIBRAS DE CARBONO CONTIDAS NOS MENCIONADOS MATERIAIS USADOS SERÃO DE NOVO APLICADAS NUMA UTILIZAÇÃO VALORIZADA. AS FIBRAS DE CARBONO COM COMPRIMENTO FINITO SERÃO PARA TAL TRAZIDAS PARA UMA FORMA COM FLUIDEZ E DOSEÁVEL, PODENDO POR EXEMPLO SER UTILIZADAS COMO MATERIAL DE BASE PARA A EXTRUSÃO OU PARA A MOLDAGEM POR INJECÇÃO.

**RESUMO****"MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE PÉLETES A PARTIR DE MATERIAIS COMPÓSITOS EM FIBRA"**

A presente invenção diz respeito a um método para fabricação de péletes a partir de materiais compósitos em fibra, adequadas para o posterior processamento num método de produção de engenharia de plásticos, em que as péletes contêm fibras de carbono e, pelo menos, um material de matriz termoplástica, sendo o método caracterizado por: (i) serem isoladas fibras de carbono obtidas a partir de desperdícios ou peças usadas contendo fibras de carbono; (ii) estas serem depositadas de forma plana conjuntamente com o material de matriz termoplástica; (iii) serem pressionadas sob a acção do calor para formação de um material em placas; e (iv) serem subsequentemente arrefecidas e fragmentadas para obtenção de péletes, plaquetas ou chips. O método de acordo com a invenção torna possível utilizar, como fibras de reforço, fibras de carbono - por exemplo, provenientes de desperdícios de produção de têxteis, desperdícios de produção colados ou endurecidos, provenientes de componentes de CFK ('plástico reforçado com fibras de carbono') usados e reciclados, ou outros semelhantes -, ficando consequentemente disponível um material de base mais barato, e as fibras de carbono contidas nos mencionados materiais usados serão de novo

aplicadas numa utilização valorizada. As fibras de carbono com comprimento finito serão para tal trazidas para uma forma com fluidez e doseável, podendo por exemplo ser utilizadas como material de base para a extrusão ou para a moldagem por injeção.



**DESCRIÇÃO****"MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE PÉLETES A PARTIR DE MATERIAIS  
COMPÓSITOS EM FIBRA"**

A presente invenção diz respeito a um método para fabricação de péletes a partir de materiais compósitos em fibra, adequadas para o posterior processamento num método de produção de engenharia de plásticos, em que as péletes contêm fibras de carbono e, pelo menos, um material de matriz termoplástica.

As fibras de carbono são usadas como reforço de fibras de materiais compósitos em fibra ('Faserverbundwerkstoffen - FVW') ligados por termoplásticos ou material termoendurecido. De modo a alcançar o máximo efeito de reforço, tem-se até agora recorrido principalmente a fibras de carbono sob forma contínua, como por exemplo fios de filamentos individuais, fios de filamentos múltiplos, ou seja as chamadas mechas. Não se encontram pelo contrário disponíveis no mercado fibras de carbono sob a forma de fibras cortadas, com comprimentos de fibra finitos por exemplo situados no intervalo entre 20 mm e 80 mm, tais como são conhecidas no domínio do tradicional processamento têxtil, embora elas também sejam problemáticas de processar.

Desde há alguns anos que os materiais de fibras de carbono vêm sendo usados de forma crescente como reforço de material de fibra com alto desempenho. As principais aplicações situam-se por exemplo ao nível das aeronaves, construção naval, construção automóvel, e nas turbinas eólicas. Através da sua cada vez mais ampla utilização massiva, aumenta a quantidade de desperdícios de produção contendo fibras de carbono, bem como a acumulação de restos de peças usadas. As fibras de carbono são muito caras, devido ao seu complicado processo de fabricação. Os preços variam desde cerca de 15€/kg até cerca de 300€/kg para tipos especiais. Por questões económicas e de política ambiental, torna-se portanto conveniente proporcionar oportunidades para tratamento dos desperdícios e de peças usadas, e propor novas aplicações para os componentes de fibras de carbono neles contidos, podendo eles substituir, pelo menos parcialmente, as dispendiosas fibras de carbono primárias.

Apesar de já ter havido tentativas a nível industrial para reutilização de desperdícios de produção contendo fibras de carbono, em que os desperdícios são cortados e/ou triturados e, por exemplo, são usados como reforço em plásticos ou materiais de construção, até agora apenas uma pequena parte destes desperdícios foi ao todo recolhida e comercializada. Para grandes quantidades de desperdícios contendo fibras de carbono não tem, até agora, havido qualquer significativa reciclagem, tendo por isso eles de ser eliminados sob a forma de lixo.

Sendo os materiais compósitos em fibra utilizados nas tecnologias de extrusão ou de moldagem por injecção, as materiais de base têm que ser doseados segundo uma proporção mássica sempre constante entre fibras e polímero termoplástico. Um bom doseamento e mistura só podem ser alcançados quando os dois participantes na mistura são idênticos, ou pelo menos muito semelhantes, no que diz respeito às suas dimensões geométricas, superfície de partícula, e aos seus volumes aparentes. No entanto, as fibras curtas e o pó triturado apresentam diferenças muito grandes relativamente a estes parâmetros, comparativamente com os grânulos de plástico utilizados que têm geralmente um diâmetro situado entre cerca de 3 mm e 5 mm, uma superfície lisa e, consequentemente, uma boa fluidez. Em preenchimentos com fibras curtas, as fibras individuais entrelaçam-se umas com as outras segundo uma orientação aleatória, formando pontes de fibra e aglomerados de material que podem obstruir as aberturas das tremonhas nas máquinas de extrusão e máquinas de moldagem por injecção, somente permitindo uma esporádica e incontrolável entrada na máquina. Para além das interrupções de um fluxo contínuo de material para o carregamento da máquina daí resultantes, poderá ocorrer uma significativa variação na desejada proporção de mistura entre fibras de reforço e matriz de plástico no produto final, o que faz com que não possam ser asseguradas as propriedades mecânicas dos componentes.

Pelas razões atrás mencionadas, os materiais de base para a extrusão ou para a moldagem por injecção, os

quais contêm fibras de carbono primárias, têm até agora sido produzidos a partir de fios de fibra contínua. Para as tornar fáceis de processar, as fibras contínuas são agrupadas em feixes e, antes do corte em comprimentos de 3 mm a 12 mm, são coladas com uma camada de ligação fortemente adesiva, também cortada sob forma calibrada ("Sizing") ou de estrato ("Schlichte"), para obtenção de um espesso feixe de fibras contínuas. Também se podem agrupar fibras contínuas e, subsequentemente, envolvê-las ou impregná-las com uma massa fundida de polímero, consolidá-las por arrefecimento e cortá-las segundo o comprimento desejado. Neste método, apenas são utilizáveis, como material de base, fibras de carbono primárias contínuas. As fibras com comprimento finito, que sejam resultantes de métodos de tratamento de desperdícios ou da reciclagem de material em componentes de CFK usados, não podem ser directamente adicionadas, sob a forma de fibras, aos materiais de base para extrusão ou moldagem por injecção, pelas razões atrás invocadas. Só quando for possível trazê-las para uma forma com fluidez e facilmente doseável, estará o caminho aberto para lhes proporcionar uma reciclagem economicamente valorizável, a partir de desperdícios ou peças usadas que acumulem nos seus atributos quantidades sempre crescentes de fibras de carbono cada vez mais valorizáveis.

De acordo com a tecnologia antecedente, a fabricação de fibras de carbono primárias é geralmente realizada, quer a partir de adequadas fibras precursoras

orgânicas - tais como poliacrilonitrilo (PAN) ou fibras de viscose - através de pirólise controlada, quer a partir de pez, sendo neste caso produzida em primeiro lugar uma fibra de pez por intermédio de fiação por extrusão ("Schmelzspinnen"), a qual é depois oxidada e carbonizada. Um correspondente método é por exemplo já conhecido a partir do documento EP 1 696 057 A1. Neste caso, as fibras primárias produzidas a partir de pez são processadas para se obterem esteiras de fibras descontínuas, nas quais as fibras têm uma orientação segundo uma direcção preferencial. O método já conhecido integra, entre outros, um método de penteação ("Kämmprozess") para estabelecer o paralelismo das fibras. No entanto, neste caso é em última análise fabricado um fio a partir de uma teia de fibras de carbono, sendo portanto um produto final em forma linear.

Em princípio, é já conhecida, a partir da tecnologia antecedente, a possibilidade de produzir um produto semiacabado consolidado em forma de banda, a partir de uma banda híbrida, no qual estão contidas fibras de reforço com comprimento finito e fibras de matriz termoplástica. No documento DE 101 51 761 A1 encontra-se descrito um tal método, no qual começa por ser produzida uma banda cardada feita em fibras de matriz termoplástica e fibras naturais, havendo em seguida lugar à sua passagem através de um acumulador ("Speicher"), um guiamento e, por último, uma unidade de assentamento. Após aquecimento numa secção térmica e consolidação, é obtido um produto semiacabado em forma de banda. Neste documento, é também

mencionado que, em vez das fibras naturais, podem também ser utilizadas fibras de carbono como fibras de reforço.

No documento DE 10 2008 002 846 A1 é descrito um método para tratamento de desperdícios, no qual são recicladas fibras de reforço ou produtos semiacabados contendo fibras. Para esse efeito, as fibras ligadas num material de matriz são separadas do material de matriz, e as fibras livres daí resultantes são depois directamente recobertas com um meio aglutinante. A separação das fibras relativamente ao produto semiacabado realiza-se entretanto num forno, nomeadamente através de pirólise. Relativamente a este método, o produto final consiste em feixes de fibras constituídos por fibras recobertas, para cujo posterior processamento não se encontram quaisquer informações no documento.

Através do documento DE 197 39 486 A1 tornou-se conhecido um método para fabricação de um produto semiacabado em forma de placa a partir de material compósito em fibra, no qual um material termoplástico reciclado, nomeadamente desperdícios de fibras provenientes da fabricação de tapete, é misturado com um material de desperdícios provenientes da fabricação de revestimentos de tejadilho ("Himmelherstellung"), e é cardado por intermédio de um máquina de cardar. As fibras termoplásticas podem ser feitas a partir de polipropileno, polietileno, nylon ou PET. Estas fibras são retalhadas, antes do subsequente processamento, em tiras até cerca de 50 mm de comprimento.

O material de desperdícios provenientes da fabricação de revestimentos de tejadilho é contorcido de encontro a rolos, que possuem projecções em forma de agulha, e dividido em tiras. Ambos os materiais de fibras de desperdícios são misturados, e cardados por intermédio de uma máquina de cardar. O documento não contém quaisquer outras observações relativamente ao facto de serem tomadas medidas para um direcccionamento (orientação) específico das fibras. Para além disso, também não se encontram neste documento quaisquer sugestões para a utilização de fibras de carbono provenientes de desperdícios. Neste método já conhecido começa por ser fabricada uma esteira, que é em seguida convertida num componente de carroçaria de um veículo automóvel.

No documento DE 197 11 247 A1 encontra-se descrito um método para fabricação de granulado de fibras longas a partir de bandas híbridas. Neste método, aquecidas bandas híbridas são feitas de fibras de reforço e de fibras de matriz, são compactadas através de uma transmissão de torção, e são moldadas para obtenção de um filamento. É neste caso fabricado um produto final de forma linear, através da fusão do componente de fibra termoplástico e arrefecimento. É mantida a torção transmitida ao filamento de material, sendo seguidamente este filamento seccionado através de um corte na direcção transversal, com a ajuda de um dispositivo de peletização ("Granulator"), para obtenção de péletes.

No documento DE 44 19 579 A1 é descrito um método para fabricação de péletes a partir de um material compósito em fibra, no qual um granulado de plástico vai alimentar uma máquina de extrusão, este é fundido e depois encaminhado para fibras de vidro cortadas segundo comprimentos uniformes situadas a jusante. A massa é então descarregada, saindo por uma fieira de secção achatada, segmentada e dividida para obtenção de péletes. O teor de fibras nas péletes produzidas é relativamente baixo. Não são utilizadas quaisquer fibras de carbono e, no método já conhecido, não são processadas quaisquer fibras recicladas.

No resumo da Patente japonesa 2005089515 A é descrito um método para a fabricação de péletes a partir de materiais compósitos em fibra, no qual são processadas fibras de carbono e um material de matriz termoplástica compreendendo uma resina fenólica e uma resina de estireno com um componente de borracha, para obtenção de péletes, e no qual as fibras de carbono apresentam uma orientação segundo a direcção longitudinal das péletes. A proporção das fibras de carbono situa-se entre 5% e 30% em peso. Para esse efeito são usadas fibras de carbono, as quais são produzidas após um método primário convencional para fabricação industrial de péletes e representam portanto um material de base relativamente dispendioso. É para além disso assumido que se trata de fibras contínuas e, nessa conformidade, o comprimento das fibras de carbono corresponde respectivamente ao comprimento das péletes.

É neste contexto que se situa a presente invenção. O objectivo da presente invenção consiste portanto em proporcionar um método para fabricação de péletes a partir de materiais compósitos em fibra do tipo anteriormente mencionado, no qual possam ser utilizadas fibras de carbono obteníveis de forma menos dispendiosa, como fibras de reforço.

A consecução deste objectivo conduz a um método da categoria atrás mencionada, com as especificidades caracterizadoras da reivindicação principal.

De acordo com a invenção, está previsto que sejam isoladas fibras de carbono a partir de desperdícios ou peças usadas contendo fibras de carbono, que estas sejam conjuntamente depositadas de forma plana com o material de matriz termoplástica, sejam pressionadas sob a acção de calor para formação de um material em placa, sejam subsequentemente arrefecidas e fragmentadas para obtenção de péletes, plaquetas ou chips. O documento DE 10038405C1 divulga um método semelhante, em que é utilizado material de fibras naturais, em vez de fibras de carbono. No entanto, e de acordo com a invenção, haverá inicialmente pelo menos uma camada de fibras de carbono com comprimento finito - feixes de fibras de carbono, ou a sua correspondente mistura - através da sua deposição plana num método pneumático de velo entrelaçado ("pneumatischen Wirrvliesprozess"), num método de cardação, num método de

velo por via húmida ("Nassvliesprozess"), num método de fabricação de papel, ou sob a forma de preenchimento solto.

O método de acordo com a invenção torna possível utilizar, como fibras de reforço, fibras de carbono com comprimento finito - feixes de fibras de carbono, ou a sua correspondente mistura - por exemplo provenientes de desperdícios de produção de têxteis, desperdícios de produção colados ou endurecidos, provenientes de componentes de CFK usados e reciclados, ou outros semelhantes, ficando consequentemente disponível um material de base mais barato, e as fibras de carbono contidas nos mencionados materiais usados serão de novo aplicadas numa utilização valorizada. As fibras de carbono com comprimento finito - feixes de fibras de carbono, ou a sua correspondente mistura - serão para tal trazidas para uma forma compacta, com fluidez e fácil de dosear, podendo por exemplo ser utilizadas como material de base para a extrusão ou para a moldagem por injecção.

Quando se tratar de desperdícios de carbono ou peças usadas que estejam impregnadas com resinas aglutinantes, ou tratando-se de componentes de CFK - ou restos de componentes - onde as fibras de carbono se encontram incorporadas numa composição em estado sólido, as fibras de carbono deverão inicialmente ser libertadas das substâncias matriciais com elas interferentes. Para esse efeito, podem por exemplo ser usadas técnicas de pirólise, ou ser os desperdícios tratados com meios solventes

supercríticos. Como produtos resultantes destes processos de separação obtém-se fibras de carbono com comprimento finito.

De acordo com um desenvolvimento construtivo da invenção, não se começa por produzir uma banda de fibras de forma linear, como na tecnologia antecedente, antes sendo processadas fibras de carbono introduzidas directamente num dispositivo de formação de velo, para obter uma superfície de fibra fina e com distribuição uniforme de massa e assim construir camadas planas e com massa uniforme contendo fibras de carbono, com espessura e peso por unidade de área variavelmente ajustáveis.

As fibras de carbono - feixes de fibras de carbono, ou a sua correspondente mistura - que são utilizadas de acordo com a invenção apresentam um comprimento médio compreendido entre 3 mm e 150 mm, dependendo do método de formação de superfície utilizável. As fibras curtas até cerca de 10 mm podem ser processadas com o método de velo por via húmida, as fibras mais longas na gama dos 20 mm a 150 mm podem ser processadas com uma técnica de velo entrelaçado ou uma cardação, para obtenção de um produto plano.

No âmbito da presente invenção, existem diversas possibilidades preferenciais para misturar as fibras de carbono com o material de matriz termoplástica. A título de exemplo, podem-se encaminhar as fibras de carbono e fibras

termoplásticas para a entrada de uma unidade de cardação sob a forma de uma mistura de flocos de fibras, ou respectivamente sob a forma de camadas separadas sendo estas conjuntamente misturadas de forma homogénea na carda.

Quando se utiliza o método de velo por via húmida, podem ser previamente misturadas, de forma íntima entre si, fibras curtas de carbono com partículas termoplásticas - por exemplo fibras curtas - no líquido em suspensão ("Aufschwemmflüssigkeit") do dispositivo de velo por via húmida.

Também é por exemplo possível estabelecer contacto através de estratificação entre pelo menos uma camada termoplástica com massa uniforme - constituída por pelo menos uma película termoplástica, camada de teia de fibras, ou camada de material não-tecido eventualmente sob a forma de uma massa fundida - e pelo menos uma camada plana com massa uniforme, constituída num método de formação de velo anteriormente indicado e feita em fibras de carbono com comprimento finito, feixes de fibras de carbono, ou a sua correspondente mistura.

Em alternativa, também se poderá aplicar um componente termoplástico sob a forma de um pó, ou sob a forma de partículas com um diâmetro menor do que aproximadamente 5 mm, sobre pelo menos uma camada de fibras de carbono com comprimento finito - feixes de fibras de

carbono, ou a sua correspondente mistura -, ou ser este componente integrado numa tal camada.

A título de exemplo, um componente termoplástico sob a forma de fibras com comprimento finito poderá ser conjuntamente misturado, de forma íntima e homogénea, com as fibras de carbono, antes ou durante a formação de uma camada.

Como resultado dos exemplos acima mencionados, são obtidos produtos intermédios planos, nos quais são disponibilizadas fibras de carbono com comprimento finito - feixes de fibras de carbono, ou respectivas misturas - interligadas de forma solta, numa proporção mássica definida e constante, com pelo menos um componente termoplástico. O objectivo da presente invenção reside em que, através dela, pelo menos um componente termoplástico é amolecido, ou respectivamente fundido, através de um processo térmico, e as fibras de carbono são de preferência submetidas a compressão de forma plana e arrefecimento, para obtenção de uma camada rígida, ou seja placa, de tal maneira consolidada que, após um posterior processo de fragmentação, dê origem a péletes doseáveis, com fluidez e adequadas para moldagem por injecção e processos de combinação ("Compoundierung"). Em contraste, por exemplo com o documento DE 44 19 579 A1 onde se trabalha com impregnação de massa fundida e tecnologia de extrusão, consegue-se que o ajustável conteúdo de fibras nas péletes resultantes seja estabelecido em valores até 95%,

substancialmente superiores ao limite de 35% do mencionado documento DE 44 19 579 A1, sendo assim proporcionados concentrados de fibras de carbono de baixo custo sob a forma de placas para os processos de combinação.

A temperatura e a pressão de compressão durante a consolidação térmica, em associação com a proporção percentual e o tipo de polímero do material termoplástico fundido, ou então em amolecimento adesivo, determinam a integridade mecânica de todos os componentes na pélete, e, consequentemente, a sua capacidade de utilização para a moldagem por injeção e os processos de combinação.

O objectivo da presente invenção consiste ainda na obtenção de uma pélete contendo fibras de carbono, a qual tenha sido fabricada segundo um método do tipo acima mencionado, e que apresente de preferência uma proporção de fibras de carbono situada no intervalo entre 5% e 95%, mais preferencialmente no intervalo entre 10% e 80%, e para a qual a distância máxima das arestas de pélete atinja de preferência um valor situado entre 3 mm e 25 mm, mais preferencialmente entre 5 mm e 10 mm. Será portanto preferível que as fibras de carbono - feixes de fibras de carbono, ou a sua respectiva mistura - contidas na pélete não apresentem um comprimento de fibra uniforme, e que partes das mesmas não atravessem todo o corpo da pélete sem interrupção.

Para além das fibras de carbono - feixes de fibras de carbono, ou da sua correspondente mistura - provenientes de desperdícios ou de peças usadas contendo fibras de carbono, uma pélete de acordo com a invenção também pode por exemplo conter uma certa proporção de fibras de carbono - feixes de fibras de carbono, ou da sua correspondente mistura - sob a forma de material primário (produto novo) com comprimento finito. Do mesmo modo, para além das fibras de carbono, esta pélete também pode por exemplo conter outros componentes de fibra sob a forma de comprimento finito que actuam como um reforço, em particular para-aramidas, fibras de vidro, fibras naturais, fibras químicas não fundidas, e/ou fibras com ponto de fusão mais elevado do que as fibras de matriz.

Como técnicas para fabricação de formações planas de acordo com a invenção, em particular contendo fibras de carbono com massa ou volume uniforme, podem ser usadas, dependendo do tipo das fibras de carbono com comprimento finito - feixes de fibras de carbono, ou a sua respectiva mistura - a serem usadas, e principalmente em função do existente comprimento de fibra e distribuição de comprimento de fibra, por exemplo as por si próprias conhecidas técnicas a seco, tais como a cardação de velo ("Vlies-Krempeln"), a formação de velo por via pneumática ("pneumatische Vlieslegung"), a constituição de um preenchimento solto - por intermédio do dispositivo de dispersão para aplicação de fibras curtas até cerca de 10 mm, ou por intermédio de tremonha para aplicação de

fibras com comprimentos médios > 10 mm -, bem como técnicas húmidas, tais como a produção de velo por via húmida ou a tecnologia de produção de papel. É também possível um espalhamento de pó para fibras extremamente curtas, até cerca de 5 mm, como etapa de processamento na formação de camada.

Os materiais de base de fibras de carbono para o método serão por exemplo:

- fibras primárias fragmentadas, e/ou fios de mecha fragmentados,
- restos de tecidos não-tecidos, restos de telas, ou restos de entrançados, que são fragmentados e/ou desfibrados,
- desperdícios de fios ou materiais residuais de bobinas, que são fragmentados e/ou desfibrados,
- desperdícios de têxteis pré-impregnados que são fragmentados, e/ou desfibrados, e/ou previamente tratados termicamente ou com um meio solvente, ou
- obtidos a partir de desperdícios contendo resina, de componentes de CFK endurecidos, e/ou de peças usadas, eventualmente de fibras de carbono com comprimento finito, e/ou de feixes de fibras de carbono com comprimento finito que são adicionalmente fragmentados e/ou desfibrados.

Em função dos comprimentos de fibras de carbono presentes, podem estas ser directamente incorporadas no método de formação de camada, ou então, para melhorar a sua capacidade de processamento, serem mais fragmentadas e/ou,

por exemplo através de um estrato, disporem ou serem misturadas com substâncias promotoras de adesão, ou outros meios adicionais - que venham a actuar no material plástico a ser posteriormente obtido - tais como retardadores de chama, agentes corantes, agentes promotores de desmoldagem, ou meios tribológicos auxiliares. É além disso possível misturar nas fibras de carbono materiais fibrosos externos funcionalmente activos, por exemplo para alteração da resistência ao impacto ou para reforço mecânico, tais como para-aramidas, fibras de vidro, fibras naturais, ou fibras químicas não fundidas, ou então fibras com ponto de fusão mais elevado do que as fibras de matriz. Os componentes de adição ("Zumischanteile") em forma de fibra, como os materiais de fibras termoplásticas posteriormente ligados, podem ser intimamente misturados e da forma mais homogénea possível - numa etapa de processamento individualizada, antes da formação de camada, por exemplo através de uma via de mistura de fibra têxtil ("textile Fasermischstraße"), ou directamente durante a formação da camada, por exemplo numa carda - com os restantes componentes da fibra. Utilizando as possibilidades de uma mistura de sistemas, os componentes de fibra individuais devidamente separados, por exemplo em diferentes camadas, serão dispostos uns por cima dos outros sob a forma de teias de fibras ou bandas de material não-tecido. Torna-se aqui importante que o componente de ligação termoplástica, após a consolidação térmica de todas as camadas, penetre de forma suficiente para assegurar uma interligação compacta de todas as camadas. Isto pode ser conseguido por intermédio de uma

mistura homogénea de todos os componentes uns com os outros, por exemplo com uma estrutura alternada de camadas finas de material termoplástico e de componentes de reforço, ou por exemplo por intermédio de uma intensa perfuração de fibras ligantes termoplásticas, através da camada de fibras de carbono, usando um método de perfuração com agulha. Para obtenção de camadas finas ou de uma boa capacidade de perfuração com fusão termoplástica, é suficiente uma sanduíche onde o componente não fundido se encontra disposto sob a forma de camada nuclear.

Como componentes de ligação termoplástica são normalmente consideradas as diversas matrizes plásticas de material termoplástico já conhecidas na tecnologia antecedente. Elas variam desde o polietileno de baixo ponto de fusão, passando pelo polipropileno e poliamidas, até chegar aos termoplásticos de alto ponto de fusão PEEK ou PEI. Os parâmetros de consolidação térmica - tais como a temperatura, tempo de permanência, pressão e, eventualmente, a utilização de uma atmosfera de gás inerte - devem estar adaptados às características específicas destes polímeros. As formas utilizáveis dos componentes de ligação termoplástica variam desde as partículas pequenas como o pó, passando pelas fibras curtas, fibras, têxteis longas, camadas de material fibroso ou camadas de tecido não-tecido, material não-tecido pelo método 'spun-bonded' ("Spinnvliesstoffen") e películas, até chegar ao polímero fundido.

Após a combinação entre as fibras de carbono com comprimento finito e o ligante termoplástico numa disposição em camadas planas, com uma proporção mássica o mais constante possível entre fibras de carbono e material termoplástico, esta estratificação é aquecida de modo a que o componente termoplástico amoleça ou se funda. Quando se utiliza um material de polímero fundido, esta etapa não será contudo necessária. Neste caso, a tarefa pode por exemplo ser efectuada através de injecção ampla sobre a camada de fibras de carbono, subsequentemente compactada sob pressão, e sendo consolidada por arrefecimento sob pressão ou sem adicional pressão de compressão mecânica externa.

A proporção do componente termoplástico determina a compacidade alcançável pelo material em camadas e a estabilidade mecânica das subsequentes péletes. O limite inferior para a proporção de material termoplástico situa-se de preferência em cerca de 5%, em que, para um efeito de consolidação detectável, as fibras de carbono e o componente termoplástico deverão ser misturados intimamente um como o outro e de forma tão homogénea quanto possível. Para um método em sanduíche, serão vantajosas proporções mínimas de ligante a partir de cerca de 15% a 25%, para conseguir uma boa coesão na subsequente pélete. No caso de as péletes resultantes serem usados no processo de combinação, e no sentido de conseguir uma boa eficiência económica, ir-se-á de preferência trabalhar com uma elevada proporção de fibras de carbono e a mais pequena possível

proporção de polímero ligante. Se as péletes forem directamente injectadas para obtenção de componentes, utilizam-se os polímeros termoplásticos de preferência numa proporção > 50%, normalmente situada entre 70% e 90%.

Através da proporção do componente termoplástico, poderá por exemplo a rigidez das péletes ser variada numa ampla gama. Esta varia desde um estado compacto sem poros, passando por crescentes porosidades, até um estado de velo de fibras termicamente consolidado e com baixa densidade. Adicionalmente às fibras de carbono utilizadas, podem ser usados outros materiais fibrosos sob a forma de comprimentos finitos. Estes poderão ser aplicados, analogamente aos componentes de fibras de carbono, através de métodos de mistura de fibras antes ou durante a formação de camada, ou como componentes de sistema separados aquando da estratificação do material.

O material em placas termicamente consolidado será subsequentemente fragmentado de forma definida. Isto pode por exemplo ser realizado por intermédio de um método de estampagem, utilizando a técnica de corte com faca de pente ("Kammmesserschneidtechnik"), ou por combinação de 2 máquinas de corte com lâmina inclinada ("Fallmesserschneidmaschinen"). O tamanho das partículas irá depender das condições da unidade para o processo de combinação, ou da unidade para a moldagem por injeção, e não irá de preferência exceder normalmente os 15 mm em termos da sua dimensão máxima. Boas péletes a serem

processadas irão por exemplo apresentar um comprimento de borda máximo situado entre 5 mm e 10 mm. As péletes não deverão apresentar nenhum formato regular ou uniforme. A espessura das péletes terá igualmente uma importância secundária. Tendo em vista uma boa coesão, as péletes massivas - muito grossas - deverão apresentar uma proporção mínima de material termoplástico mais elevada do que as péletes finas de formato plano, as quais, graças à sua menor massa, vencem de forma não-destrutiva as pequenas forças de inércia durante o mútuo contacto lado a lado, aquando do doseamento e mistura.

Os domínios de aplicação para as péletes de carbono deste tipo serão de preferência os processos de combinação e a moldagem por injecção, para fabricação de materiais compósitos em fibra ligados de forma termoplástica. Outros campos de aplicação com proporções particularmente baixas de ligante fundido serão, por exemplo, o reforço de elastómeros ou de borracha, ou a utilização sob a forma de pequenas péletes consolidadas em matrizes de material termoendurecido, que são novamente desfibradas em material termoendurecido, por exemplo através de métodos de agitação, libertando as fibras de carbono de modo a que possam ser em seguida bem distribuídas na matriz de material termoendurecido.

As características especificadas nas reivindicações dependentes referem-se a desenvolvimentos construtivos preferidos para a consecução do objectivo de

acordo com a invenção. Outras vantagens da invenção serão perceptíveis a partir da seguinte descrição detalhada.

O que se segue irá esclarecer com maior detalhe a presente invenção, fazendo referência a modelos de realização concretos. Deve-se esclarecer que estes modelos de realização têm um carácter meramente exemplificativo, não ficando a invenção de nenhuma forma limitada pelas medidas e parâmetros concretos neles mencionados.

#### Modelo de realização 1

Processamento de uma fibra/mistura de fibras, para obtenção de péletes destinadas a moldagem por injecção

Para a fabricação de péletes contendo fibras de carbono destinadas a moldagem por injecção, foram utilizadas, como material de base, fibras de carbono recicladas com um comprimento médio de fibra de 40 mm obtidas a partir de 100% de desperdícios de tecido de fibras de carbono, e uma fibra têxtil descontínua PA6 com 3,3 decitex a 60 mm comercialmente disponível. Ambos os materiais foram intimamente misturados um com o outro numa proporção mássica de 70% de PA6 e 30% de fibras de carbono recicladas ('Recyclingcarbonfasern - RCF') através de um leito de mistura convencional na indústria têxtil, e subsequente técnica de mistura aberta ("Mischöffnertechnik") sob a forma da chamada mistura de flocos. Esta mistura de fibras foi seguidamente submetida a uma unidade de cardação, tendo sido laminada, através de um

dispositivo de sobreposição cruzada ("Quertäfler"), a assim produzida teia de carda plana com massa superficial uniforme - com uma massa superficial de 35 g/m<sup>2</sup> e para uma mistura de fibras de 70/30 PA6/RCF - para obtenção de uma estratificação de teia múltipla com uma massa superficial de 260 g/m<sup>2</sup>, sendo em seguida tão amplamente consolidada - por intermédio de uma máquina de agulhas com 25 pontos/cm<sup>2</sup> - que o velo ficou por um lado seguramente manuseável para os processos subsequentes, não sendo por outro lado demasiado elevada a profundidade de ponto ("stichintensität") para obtenção de fibras de carbono no velo o mais compridas possíveis. 10 desses velos agulhados ("Nadelvlies") - tendo uma massa superficial com cerca de 250 g/m<sup>2</sup> a 260 g/m<sup>2</sup> - foram dispostos uns sobre os outros sob a forma de blocos com 30 cm x 30 cm e comprimidos a 50 bar durante 100 s a uma temperatura de 240 °C, utilizando uma prensa por andares, sendo subsequentemente arrefecidos. Relativamente às placas resultantes, foram separadas as bordas macias ainda não consolidadas, por intermédio de uma tesoura do tipo guilhotina. Subsequentemente, as placas foram fragmentadas sobre uma máquina de corte com lâmina inclinada da Firma Pierret, com um corte inicial em tiras de 6,3 mm de comprimento, sendo as tiras de novo submetidas a um corte transversal para obtenção de péletes do tipo chip com comprimentos de borda, dependentes da precisão de corte alcançada, situados num intervalo entre 4 mm e 10 mm. As péletes são constituídas com formato irregular; idealmente quadráticas, embora sendo na sua maior parte geralmente constituídas com formato irregular, sob a forma

de quadriláteros inscritos ou quadriláteros circunscritos, e até triângulos irregulares. Estes formatos resultam das técnicas de fragmentação aplicadas ao material em placas, não sendo de primordial importância para a utilização na moldagem por injecção. Muito mais importante é que não estejam presentes nas péletes nenhum pedaços sobredimensionados que conduzam ao bloqueio da tremonha de alimentação nos dispositivos seguintes. Subsequentemente, estas péletes assim fabricadas puderam ser processadas directamente numa máquina de moldagem por injecção, para obtenção de FVW.

#### Modelo de realização exemplificativo 2

Processamento de uma mistura de sistemas planos, para obtenção de péletes destinadas a processos de combinação

A partir de uma unidade de cardação foram fabricadas, mediante utilização de um dispositivo de sobreposição cruzada e uma subsequente máquina de perfuração por agulhas, 2 bandas de material não-tecido com uma massa superficial de  $180\text{ g/m}^2$ , a partir de 100% de uma fibra têxtil descontínua PA6 com 3,3 decitex a 60 mm comercialmente disponível. As duas bandas de material não-tecido foram apenas uma vez ligeiramente cosidas por cima com 12 pontos/ $\text{cm}^2$ . Numa subsequente etapa de trabalho, foram processadas fibras de carbono recicladas com um comprimento médio de fibra de 40 mm, obtidas 100% a partir de desperdícios de tecido, por intermédio de uma técnica de

cardação tecnicamente modificada especialmente concebida para o processamento de fibras de carbono, para obtenção de uma teia de carda plana com massa superficial uniforme de 30 g/m<sup>2</sup> de teia de carda, sendo esta teia continuamente retirada para fora da carda com um dispositivo de sobreposição cruzada segundo um ângulo de 90°, a fim de ser colocada perpendicularmente à correia transportadora que se desloca continuamente, e ser de tal maneira sobreposta que fique depositada uma massa superficial de 780 g/m<sup>2</sup>. Entre a correia transportadora e a estratificação de teia de fibras de carbono que a vai cobrir ("aufzutäfelnden"), foi depositada uma das bandas de velos agulhados anteriormente preparadas, de modo a que a estratificação de fibras de carbono ficou disposta sobre o velo agulhado PA6. Antes de entrar na subsequente máquina de agulhas, o segundo velo agulhado de PA6 com 180 g/m<sup>2</sup> enrolou por cima, sob a forma de uma camada de cobertura, de modo que ficou assim constituída uma sanduíche de velo agulhado de PA6 com 180 g/m<sup>2</sup> - estratificação de teia com 780 g/m<sup>2</sup> - velo agulhado de PA6 com 180 g/m<sup>2</sup>. Esta sanduíche foi cosida por baixo e por cima de forma consistente com 25 pontos/cm<sup>2</sup>. Através da operação de perfuração com agulhas ("Nadelvorgang") foram atravessadas por agulhas partes de camadas de cobertura de velo de PA6 através da camada de RCF, de modo que quase se obteve uma determinada mistura de PA6 com a camada de RCF, o que teve um efeito positivo para a estabilidade do grau de consolidação térmica que pode ser posteriormente alcançado. Os velos agulhados assim produzidos - com camada externa de PA6 e zona nuclear de

RCF - foram colocados uns sobre os outros, sob a forma de blocos com 30 cm x 30 cm, e comprimidos entre si a 50 bar durante 100 s a uma temperatura de 240 °C, utilizando uma prensa por andares, sendo subsequentemente arrefecidos. Relativamente às placas resultantes, foram separadas as bordas macias ainda não consolidadas, por intermédio de uma tesoura do tipo guilhotina. Subsequentemente, as placas foram fragmentadas sobre uma máquina de corte com lâmina inclinada da Firma Pierret, com um corte inicial em tiras de 9,8 mm de comprimento, sendo as tiras de novo submetidas a um corte transversal para obtenção de péletes do tipo chip com comprimentos de borda, dependentes da precisão de corte alcançada, situados num intervalo entre 7 mm e 14 mm. As péletes são constituídas com formato irregular; idealmente quadráticas, embora sendo na sua maior parte geralmente constituídas com formato irregular, sob a forma de quadriláteros inscritos ou quadriláteros circunscritos, e até triângulos irregulares. Estes formatos resultam das técnicas de fragmentação aplicadas ao material em placas, não sendo de primordial importância para a utilização nos processos de combinação. Muito mais importante é que não estejam presentes nas péletes nenhum pedaços sobredimensionados que conduzam ao bloqueio da tremilha de alimentação nos dispositivos seguintes. Subsequentemente, estas péletes assim fabricadas puderam ser processadas numa unidade de extrusão, para obtenção de granulado de moldagem por injeção contendo fibras de carbono com uma proporção de fibras apresentando 10% de RCF.

No que se segue, passa-se a descrever em mais pormenor o princípio de funcionamento de uma carda utilizável no âmbito da presente invenção, fazendo nomeadamente referência aos desenhos anexos.

Para tal, a Figura 1 mostra uma representação esquemática simplificada do princípio de uma unidade de cardação, a qual é por exemplo apropriada para fabricação de uma teia de fibras que compreende, entre outros componentes, fibras de carbono em conformidade com o método de acordo com a invenção.

A representação mostra pelo menos uma camada de fibras **10** (à esquerda no desenho) a entrar na unidade de cardação, passando inicialmente através de rolos de alimentação **1**, **2** e por cima de um cilindro tomador **3**, que roda num sentido de rotação contrário, comparativamente com os rolos de alimentação. Entre este cilindro tomador **3** e o cilindro principal (tambor) **5**, que roda no mesmo sentido de rotação que este cilindro tomador, está colocado um rolo de transferência **4** que roda em sentido contrário relativamente ao cilindro tomador **3** e ao cilindro principal **5**. Na periferia do cilindro principal **5** encontram-se dispostos diversos rolos trabalhadores **6** e rolos limpadores **7** em diferentes posições periféricas. O objectivo desta instalação consiste portanto em desfibrar a camada de fibra **10** que entra na unidade de cardação, para obtenção de fibras individuais, e voltar a formá-las para obtenção de uma fina teia de fibras de massa uniforme, com uma massa

superficial definida. Será para tal pretendida, de preferência, uma orientação longitudinal da fibra.

Por baixo do cilindro principal **5** encontra-se posicionado um cilindro de extracção **8** rodando em sentido de rotação contrário a este, situando-se no seu lado de jusante um pente vibratório de carda ("Hacker") **9**. A partir deste cilindro de extracção **8** é obtida uma teia de fibras **11** sob a forma de uma superfície contínua, a qual irá por exemplo apresentar um valor de massa superficial até um máximo de cerca de  $80\text{ g/m}^2$ , de preferência até um máximo de cerca de  $60\text{ g/m}^2$ , assim como uma orientação longitudinal de fibra de, por exemplo, cerca de  $15\text{ g/m}^2$  a  $30\text{ g/m}^2$ .

Lista de números de referência

- 1 Rolos de alimentação
- 2 Rolos de alimentação
- 3 Cilindro tomador
- 4 Rolo de transferência
- 5 Cilindro principal (tambor)
- 6 Rolo trabalhador
- 7 Rolo limpador
- 8 Cilindro de extracção
- 9 Pente vibratório de carda
- 10 Camada de fibras de entrada
- 11 Teia de fibras

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para fabricação de péletes a partir de materiais compósitos em fibra, adequadas para o posterior processamento num método de produção de engenharia de plásticos, em que as péletes contêm fibras de carbono e, pelo menos, um material de matriz termoplástica; neste método: (i) são isoladas fibras de carbono - feixes de fibras de carbono, ou a sua correspondente mistura - obtidas a partir de desperdícios ou peças usadas contendo fibras de carbono; (ii) estas são depositadas de forma plana em conjunto com o material de matriz termoplástica; (iii) são pressionadas sob a acção de calor para formação de um material em placas; e (iv) são subsequentemente arrefecidas e fragmentadas a fim de formar péletes, plaquetas ou chips; o método é **caracterizado por** ser inicialmente gerada pelo menos uma camada de fibras de carbono com comprimento finito, por intermédio da deposição plana de fibras de carbono com comprimento finito num método pneumático de velo entrelaçado, num método de cardação, num método de velo por via húmida, num método de fabricação de papel, ou sob a forma de preenchimento solto.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** as fibras de carbono - feixes de fibras de carbono, ou a sua correspondente mistura - que são utilizadas apresentarem um comprimento médio compreendido entre 3 mm e 150 mm.

**3.** Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado por** ser processada uma camada de fibras que entra directamente numa unidade de cardação, de modo a formar uma fina teia de fibras com distribuição uniforme de massa.

**4.** Método de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado por** serem aplicadas fibras de carbono com comprimento finito - feixes de fibras de carbono, ou a sua correspondente mistura - e fibras termoplásticas na entrada da unidade de cardação, respectivamente sob a forma de camadas separadas, e estas serem misturadas na carda.

**5.** Método de acordo com uma das reivindicações 1 ou 2, **caracterizado por** pelo menos uma camada termoplástica - compreendendo pelo menos uma película termoplástica, camada de teia de fibras, ou camada de material não-tecido eventualmente sob a forma de uma massa fundida - ser posta em contacto com pelo menos uma camada de fibras de carbono com comprimento finito, feixes de fibras de carbono, ou a sua correspondente mistura.

**6.** Método de acordo com uma das reivindicações 1 ou 2, **caracterizado por** um componente termoplástico sob a forma de um pó, ou sob a forma de partículas com um diâmetro menor do que aproximadamente 5 mm, ser aplicada sobre pelo menos uma camada de fibras de carbono com comprimento finito - feixes de fibras de carbono, ou a sua correspondente mistura - ou ser integrado numa tal camada,

sendo o conjunto aquecido; ou **caracterizado por** o mencionado componente termoplástico sob a forma de uma massa fundida ser posto em contacto com pelo menos uma camada de fibras de carbono com comprimento finito.

**7.** Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado por** um componente termoplástico sob a forma de fibras de comprimento finito ser conjuntamente misturado de forma íntima e homogénea com as fibras de carbono - feixes de fibras de carbono, ou a sua correspondente mistura -, antes ou durante a formação de uma camada.

**8.** Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado por** os componentes individuais - nomeadamente, fibras de carbono, feixes de fibras de carbono ou a sua correspondente mistura, fibras de matriz termoplástica e, se necessário, outras fibras - serem depositados de forma plana uns por cima dos outros e respectivamente separados em várias camadas, sob a forma de teias de fibras ou bandas de material não-tecido, e serem tomadas medidas para se obter uma penetração suficiente de todas as camadas pelo componente de matriz termoplástica, e uma ligação compacta das camadas entre si depois da consolidação térmica.

**9.** Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 8, **caracterizado por**, com o objectivo de isolar as fibras de carbono - feixes de fibras de carbono ou a sua

correspondente mistura - a partir de desperdícios ou de peças usadas, serem removidas as substâncias matriciais com elas interferentes, usando técnicas de pirólise ou por intermédio de tratamento com meios solventes supercríticos.

**10.** Pélete contendo fibras de carbono, fabricada de acordo com uma das reivindicações 1 a 9, **caracterizada por** esta apresentar uma proporção de fibras de carbono - feixes de fibras de carbono, ou a sua correspondente mistura - situada no intervalo entre 5% e 95%, de preferência no intervalo entre 10% e 80%, e **caracterizada por** a distância máxima das arestas de pélete atingir um valor situado entre 3 mm e 25 mm, de preferência entre 5 mm e 10 mm.

**11.** Pélete contendo fibras de carbono de acordo com a reivindicação 10, **caracterizada por** as fibras de carbono - feixes de fibras de carbono, ou a sua correspondente mistura - contidas na pélete não apresentarem um comprimento de fibra uniforme, e **caracterizada por** partes das mesmas não atravessarem todo o corpo da pélete sem interrupção.

**12.** Pélete contendo fibras de carbono de acordo com uma das reivindicações 10 ou 11, **caracterizada por**, para além das fibras de carbono - feixes de fibras de carbono, ou da sua correspondente mistura - provenientes de desperdícios ou de peças usadas contendo fibras de carbono, a pélete também conter uma certa proporção de fibras de

carbono sob a forma de material primário (produto novo) com comprimento finito.

**13.** Pélete contendo fibras de carbono de acordo com uma das reivindicações 10 a 12, **caracterizada por**, para além das fibras de carbono - feixes de fibras de carbono, ou da sua correspondente mistura -, a pélete conter ainda outros componentes de fibra sob a forma de comprimento finito que actuam como um reforço, em particular paraaramidas, fibras de vidro, fibras naturais, fibras químicas não fundidas, e/ou fibras com ponto de fusão mais elevado do que as fibras de matriz.

Lisboa, 11 de Julho de 2014

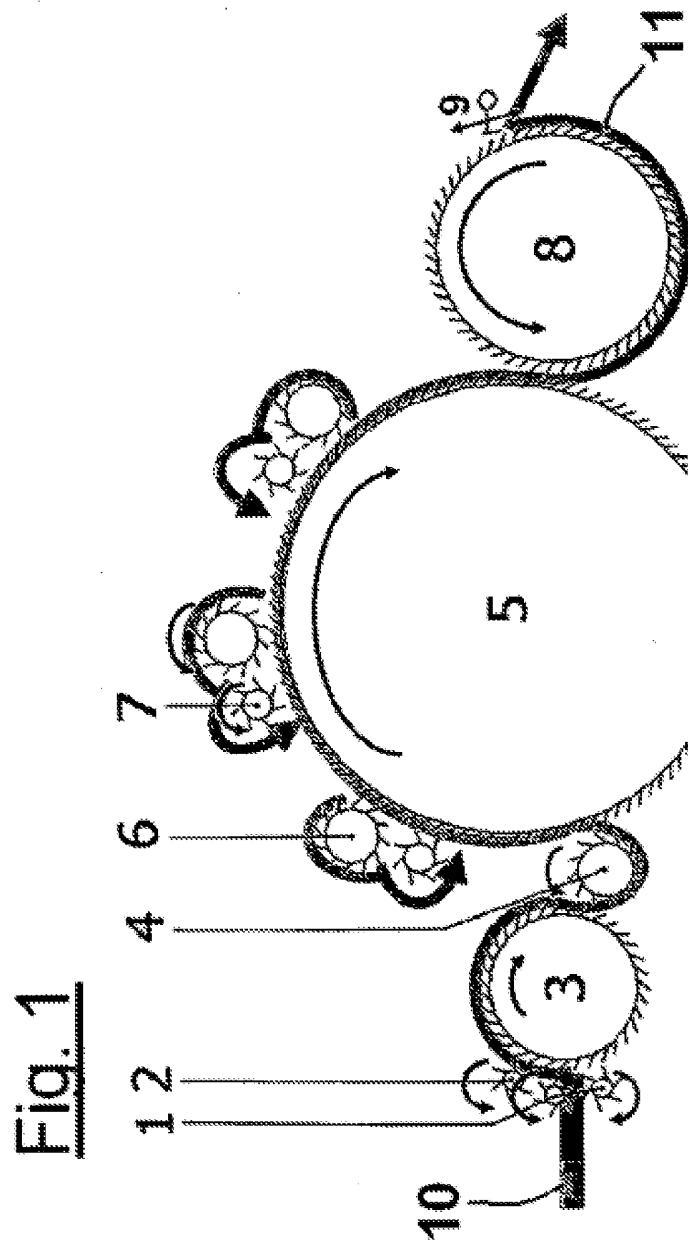


Fig. 1

**REFERÊNCIAS CITADAS NA DESCRIÇÃO**

Esta lista de referências citadas pelo requerente é apenas para conveniência do leitor. A mesma não faz parte do documento da patente Europeia. Ainda que tenha sido tomado o devido cuidado ao compilar as referências, podem não estar excluídos erros ou omissões e o IEP declina quaisquer responsabilidades a esse respeito.

**Documentos de patentes citadas na Descrição**

- |                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| * EP 1686057 A1      | * DE 19711247 A1  |
| * DE 10151761 A1     | * DE 4419579 A1   |
| * DE 102008002846 A1 | * JP 2005088615 A |
| * DE 19738486 A1     | * DE 10038405 C1  |