



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0618462-6 A2**

(22) Data de Depósito: 08/11/2006
(43) Data da Publicação: 30/08/2011
(RPI 2121)



(51) *Int.Cl.:*
D06M 10/00
C04B 16/06

(54) Título: **PROCESSO DE FUNCIONALIZAÇÃO CONTÍNUA DE SUPERFÍCIE DE UMA FIBRA ORGÂNICA, FIBRA DE QUE PELO MENOS UMA PORÇÃO DE SUPERFÍCIE É FUNCIONALIZADA E INSTALAÇÃO PERMITINDO A EXECUÇÃO DO PROCESSO DE FUNCIONALIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE**

(30) Prioridade Unionista: 10/11/2005 FR 0553433

(73) Titular(es): Saint-Gobain Materiaux de Construction SAS

(72) Inventor(es): Eric Dallies, Maxime Duran, Richard Morlat

(74) Procurador(es): MOMSEN LEONARDOS & CIA

(86) Pedido Internacional: PCT FR2006051150 de 08/11/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/057595 de 24/05/2007

(57) Resumo: PROCESSO DE FUNCIONALIZAÇÃO CONTÍNUA DE SUPERFÍCIE DE UMA FIBRA ORGÂNICA, FIBRA DE QUE PELO MENOS UMA PORÇÃO DE SUPERFÍCIE É FUNCIONALIZADA E INSTALAÇÃO PERMITINDO A EXECUÇÃO DO PROCESSO DE FUNCIONALIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE. Processo de funcionalização de superfície de uma fibra orgânica caracterizado pelo fato de que se modifica quimicamente uma porção de superfície das fibras com o auxílio de um tratamento de superfície homogêneo em pressão atmosférica, em uma atmosfera gasosa controlada e pelo fato de que se coloca em contato a dita porção de superfície com uma solução que compreende pelo menos um agente de encolamento que permite melhorar as funcionalidades da dita fibra.

“PROCESSO DE FUNCIONALIZAÇÃO CONTÍNUA DE SUPERFÍCIE DE UMA FIBRA ORGÂNICA, FIBRA DE QUE PELO MENOS UMA PORÇÃO DE SUPERFÍCIE É FUNCIONALIZADA E INSTALAÇÃO PERMITINDO A EXECUÇÃO DO PROCESSO DE FUNCIONALIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE”

A presente invenção é relativa a um processo de funcionalização de uma porção de superfície de uma fibra de reforço feita de matéria plástica, notadamente à base de polímero por exemplo escolhido entre as poliolefinas, as poliamidas, os poliésteres, a poliacrilonitrila e os álcoois polivinílicos e seus copolímeros.

De acordo com um outro aspecto da invenção, ela visa também a utilização de uma tal fibra com a superfície funcionalizada como elemento de reforço, notadamente por exemplo em uma matriz à base de cimento.

São conhecidas numerosas publicações a propósito da utilização de diversas fibras orgânicas e inorgânicas naturais ou sintéticas. As fibras feitas de celulose, de poliamida, de poliéster, de poliacrilonitrila, de polipropileno, de álcool polivinílico e de poliaramida, entre outras, já foram objeto de investigações para o reforço do cimento. Do mesmo modo, são conhecidos trabalhos sobre fibras feitas de vidro, de aço, e de carbono. Entre todas essas fibras, nenhuma tem até agora todas as propriedades exigidas, especialmente para o cimento.

Por exemplo, o vidro tem uma pequena estabilidade química, o aço manifesta corrosão e tem uma densidade muito grande, o carbono é muito quebradiço, adere mal e tem um preço elevado, a celulose tem uma durabilidade insuficiente em certas aplicações (notadamente para as coberturas), e o polietileno e o polipropileno comum têm uma resistência em tração insuficiente.

Por outro lado, as fibras à base de poliacrilonitrila (PAN) e de álcool polivinílico (PVA) podem ser utilizadas e permitem proporcionar um

produto preparado em fibra-cimento que tem uma resistência à tração elevada em combinação com uma ductilidade aceitável. Infelizmente, as fibras de PAN e de PVA são custosas e aumentam consideravelmente o preço de custo dos produtos feitos em fibras-cimento que as contêm.

5 É conhecido pelos documentos US 4 310 478 e US 5 330 827 um processo de fabricação de fibras de PP hidrófilas a partir de filmes finos que compreende uma operação de orientação mecânica unidirecional do filme de PP, seguida pela realização de um tratamento CORONA do filme orientado, ou/e colocação de um agente de umedecimento e depois finalmente
10 uma etapa de realização das fibras cortadas hidrófilas por recorte fibrilação.

Por outro lado, o documento WO 97/32825 descreve um processo plasma de pressão reduzida (0.1 a 10 torr) que permite aumentar a aderência entre a superfície das fibras de PP e matrizes de cimento sem utilização de encolamento das fibras depois do tratamento plasma.

15 Os documentos WO 03/095721 e WO 04/033770 visam um processo sobre a fabricação de fibras de PP que melhoram as propriedades mecânicas dos produtos feitos de fibras-cimento (notadamente a resistência à fissuração). As fibras PP compreendem uma alma e uma película que é enxertada com o auxílio de um derivado acrílico ou que contém uma porção
20 de elastômero termoplástico. Essa película pode também ser o objeto de um tratamento CORONA e de uma colocação de polímeros modificados por enxerto de funções polares (dispersão aquosa).

São conhecidos, notadamente pelo pedido de patente EP 1 044 939 A1, tratamentos de superfície de fibras de reforço com o auxílio de uma
25 descarga elétrica de tipo "CORONA".

Será lembrado que um tratamento de superfície com o auxílio de uma descarga elétrica é caracterizado pelas modificações físico-químicas na superfície do material induzidas pela ação das espécies ditas ativas, geradas pela descarga elétrica.

De um ponto de vista geral, uma descarga elétrica é iniciada (ruptura do gás) entre dois eletrodos quando eles são submetidos a uma diferença de potencial, em uma atmosfera controlada de uma mistura de gás que compreende pelo menos hélio, ou argônio ou nitrogênio. Depois da aplicação de um campo elétrico, o gás se ioniza (princípio de avalanches). Os elétrons e os íons criados adquirem velocidade e interagem com as partículas neutras do gás. Em função da energia cinética dos mesmos, disso resulta a criação de novas partículas carregadas e de espécies químicas excitadas. No equilíbrio termodinâmico local, as moléculas excitadas têm tendência a voltar para seu estado fundamental emitindo para isso um fóton cuja energia corresponde à diferença de energia entre os níveis excitado e fundamental. Quando a desexcitação é instantânea, as transições e os níveis emissores são ditos radiativos. Sua duração de vida é da ordem de 10^{-8} s. No entanto, em função das regras de transições quânticas, certas espécies possuem probabilidades de desexcitação muito pequenas. Trata-se de átomos ou de moléculas metastáveis. Sua duração de vida está compreendida entre 10^{-3} e 10^{-5} segundos. Eles possuem portanto uma grande probabilidade de colisões com as moléculas neutras do gás que pode acarretar a perda da energia dos mesmos. Quanto mais elevada for a pressão, mais eficazmente essas transferências de excitação se produzem. As interações no gás levam também à dissociação de moléculas que leva a um déficit de ligações químicas. Esses fragmentos ou radicais, tendem a preencher esses déficits e são portanto muito reagentes quimicamente. Finalmente, os neutros conservam também energia sob a forma de energia cinética ou vibracional.

Para resumir, as espécies ditas ativas provenientes de um gás ionizado que dispõe de energia são :

- os elétrons,
- os íons, positivos e negativos,
- os átomos e moléculas metastáveis,

- as espécies que dispõem de energia cinética ou vibracional,
- os radicais livres,
- os fótons.

Todas essas espécies são suscetíveis de interagir entre si e com a superfície dos materiais. O potencial das mesmas é portanto variável em função do tipo de descarga elétrica e das condições experimentais que determinarão seu número, sua distribuição e sua energia.

No caso do tratamento de superfície, a distribuição em energia dos elétrons é centrada em alguns elétrons volts. As espécies precedentemente citadas são destinadas a entrar em contato com uma superfície de um substrato a tratar. A influência de cada espécie gera modificações mais ou menos profundamente no material em função de sua energia e de seu livre percurso médio no sólido. Com exceção dos fótons, as espécies ativas do plasma não penetram além de cerca de 10 nm no material. De uma maneira geral, todas as espécies provenientes da descarga elétrica vão excitar e, se a energia das mesmas é suficiente, ionizar os átomos do substrato. Se a energia transmitida é superior à energia de ligação covalente entre os átomos do polímero, disso resulta a quebra das ligações químicas que gera radicais de tamanho variável em função do tipo de ligação, lateral ($D(C-H) = 4,3 \text{ eV}$) ou que pertence à cadeia propriamente dita ($D(C-O) = 3,6 \text{ eV}$).

Mais precisamente, os íons podem fragmentar cadeias e ejetar átomos ou moléculas. Esse mecanismo aumenta com a energia e a massa do íon.

Os metastáveis do gás, que só podem perder sua energia por colisões, dispõem suficientemente disso para também romper uma ligação do polímero e gerar a criação de radicais. Em contrapartida, os átomos e moléculas que possuem somente energia cinética ou vibracional vão transmitir-las sob a forma de calor. Os radicais vão no que lhes diz respeito provocar reações químicas de enxerto acompanhadas de trocas térmicas. É

preciso ter em mente que todas essas espécies bombardeiam a superfície simultaneamente e que um efeito de sinergia existe portanto. Não é possível realmente atribuir a uma espécie um efeito dado. Além disso, como no gás, os radicais criados, excitados e ionizados, assim como os elétrons secundários
5 vão interagir com os neutros e entre si, fótons também são emitidos por desexcitação. Todas essas transferências de energia ativam a superfície e induzem modificações estruturais que podem se traduzir por uma reticulação, uma degradação ou uma funcionalização (enxerto de novas funções químicas) do substrato, nesse caso uma fibra polimérica.

10 No entanto, quando o ou os gases plasmagênicos estão em pressão atmosférica, existem diferentes regimes de descarga elétrica. Assim será lembrado que um tratamento de superfície realizado com o auxílio de uma descarga elétrica de tipo “CORONA” é caracterizado por um regime de descarga elétrica do tipo filamentar em pressão atmosférica no ar. As
15 conseqüências do tratamento CORONA sobre a porção de superfície do substrato geralmente não são perenes no tempo.

De fato, na maioria dos gases de tipo industrial (argônio, ar, nitrogênio...), sua ruptura em pressão atmosférica (que é de fato uma transição para um regime condutor do gás) é iniciada por um grande numero de
20 filamentos independentes ou micro-descargas cujas características são notadamente uma duração de vida inferior a 10^{-9} s, um raio médio inferior a 100 μm , e uma densidade de corrente compreendida entre 100 a 1000 A/cm^2 . Essas descargas podem ser colocadas em evidência por um oscilograma tensão/corrente medida com o auxílio de um dispositivo experimental
25 apropriado, do qual uma ilustração é dada na figura 6.

Essas micro-descargas se acendem e se apagam aleatoriamente em toda a superfície dos eletrodos, das quais pelo menos uma pode ser recoberta por uma barreira dielétrica. Nesse regime filamentar, quando os materiais a tratar são diretamente colocados em contato com a descarga

elétrica, quer dizer entre os dois eletrodos, o tratamento de superfície dos materiais é feito mais ou menos de maneira homogênea. Em contrapartida, localmente é possível imaginar que as transformações induzidas por esse tipo de tratamento (descargas filamentosas) serão muito não homogêneas. Assim, uma porção de superfície do material que terá conhecido uma micro-descarga será muito mais degradada do que uma outra porção que não terá conhecido nenhuma, em especial no caso dos materiais orgânicos. A descarga elétrica de tipo “CORONA” devido a sua intensidade tem tendência a criar, ao nível das zonas de impacto micro filamentos com a superfície da fibra, zonas de fragilização (aquecimento local, início preferencial das fissuras) que diminuem suas propriedades mecânicas. Esse fenômeno é ainda mais crucial quando se trata de uma fibra de reforço de pequeno diâmetro constituída em um material à base de olefina, como por exemplo o polipropileno. Por outro lado, a não homogeneidade do tratamento da superfície pode acarretar uma não homogeneidade em termo de reatividade química com relação a um agente químico que deve ser enxertado nela.

As descargas elétricas filamentosas (ex: tratamento CORONA) ainda que permitindo tratar a superfície de uma fibra polimérica a fim de melhorar seu acoplamento em uma matriz de cimento mostram no entanto inconvenientes aos quais a presente invenção traz uma solução.

Assim, a utilização do tratamento CORONA (descarga filamentar no ar em pressão atmosférica) apresenta os seguintes inconvenientes:

- esse tratamento é com frequência limitado ao tratamento da estrutura 2D, a configuração plana – plana dos eletrodos é bem adaptada a uma geometria 2D, os filmes plástico passam na descarga e eles podem ser tratados nas faces,

- o tratamento filamentar não é homogêneo e dificilmente controlável sabendo-se que sua eficácia depende muito da porcentagem de

umidade relativa do ar, por exemplo,

- o tratamento filamentar pode degradar por um aquecimento local, um início de ruptura, a superfície tratada levando a uma perda das propriedades mecânicas da fibra,

5 - o tratamento filamentar coloca uma quantidade de cargas elétricas grande na superfície,

- a química do tratamento é limitada à oxidação das superfícies poliméricas,

10 - o tratamento filamentar não permite fazer facilmente de maneira controlada a colocação de uma fina camada orgânica, organo-mineral ou mineral na superfície do polímero (problema de pulverização por exemplo).

Alem disso os inventores puderam determinar que quando eram utilizadas diretamente fibras cortadas tratadas por descarga elétrica filamentar tipo CORONA em matrizes de cimento, sem realização de uma pós-encolamento, produzia-se uma acumulação grande de cargas eletrostáticas na superfície dos polímeros pois o substrato está diretamente em contato com a descarga onde ele é submetido ao bombardeamento das espécies carregadas (e-, íons, metastáveis), e isso apresenta com frequência problemas na manipulação e na obtenção de uma boa dispersão das fibras cortadas. Além disso, o envelhecimento das fibras tratadas por plasma (sem pós-encolamento) é mal controlado.

Os inventores descobriram de maneira absolutamente surpreendente e inesperada que era possível modificar as propriedades físico-químicas sem degradar os desempenhos mecânicos das fibras (tenacidade, módulo...) constituídas por mechas compostas por X fibras (por exemplo X várias centenas a vários milhares) de Y μm de diâmetro (por exemplo entre 5 e 30 μm preferencialmente de 8 a 15 μm) à base de polímero graças a uma funcionalização homogênea da superfície dessas últimas, a fim de conferir a

essas fibras de reforço características que elas não possuíam inicialmente.

Para isso, o processo de funcionalização de superfície, de modo contínuo, de uma fibra orgânica é caracterizado pelo fato de que se modifica quimicamente uma porção de superfície das fibras com o auxílio de um tratamento de superfície homogêneo em pressão atmosférica, em uma atmosfera gasosa controlada e pelo fato de que se coloca em contato a dita porção de superfície com uma solução que compreende pelo menos um agente de encolamento que permite melhorar as funcionalidades da dita fibra.

Graças a esse processo de tratamento de modo contínuo, é possível obter fibras funcionalizadas das quais as propriedades mecânicas não foram alteradas pelo tratamento de funcionalização de superfície.

Em modos de realização preferidos da invenção, é possível eventualmente recorrer por outro lado a uma e/ou outra das disposições seguintes:

- a funcionalização da porção de superfície da dita fibra é realizada em uma fibra que provém do estiramento de filetes de matéria fundida e de uma operação de estiramento a uma temperatura inferior à temperatura de fusão,

- a funcionalização da porção de superfície da dita fibra é realizada em uma porção de superfície de uma fibra que resulta da fibrilação de um filme estirado,

- a funcionalização da porção de superfície é realizada em um filme estirado de acordo com uma direção privilegiada até obter um rasgamento do filme em fibras fibriladas,

- a funcionalização da porção de superfície é realizada em um tecido, uma tela, um não tecido, uma grade ou similar,

- a colocação em contato entre a porção de fibra e o agente de encolamento é realizada com o auxílio de uma operação de imersão da dita porção de fibra dentro de uma solução que contém o dito agente de

encolamento,

- a colocação em contato entre a porção de fibra e o agente é realizada por pulverização de uma solução que contém o dito agente de encolamento ao nível da dita porção de fibra,

5 - a colocação em contato entre a porção de fibra e o agente de encolamento é realizada com o auxílio de uma operação de transferência com o auxílio de um órgão de transferência, notadamente um rolo encolador que está imerso dentro de uma solução que contém o dito agente de encolamento, ou um órgão de guia fixo que traz o agente de encolamento na linha de
10 contato com as fibras.

- corta-se a dita porção de fibra em uma pluralidade de segmentos,

- o tratamento de superfície é realizado no seio de uma atmosfera controlada que compreende pelo menos um gás ionizado escolhido
15 entre o hélio, o argônio, o nitrogênio, tomado sozinho ou em mistura,

- o tratamento de superfície é realizado com o auxílio de uma descarga elétrica homogênea que é produzida entre dois eletrodos submetidos a uma alimentação alternada e de acordo com uma frequência de alguns kHz a alguns MHz,

20 - o tratamento de superfície é realizado soprando-se as espécies ativas da descarga elétrica filamentar ou homogênea na direção do substrato, o transporte das espécies ativas podendo por exemplo ser feito por um túnel no qual caminha pelo menos a dita fibra.

De acordo com um outro aspecto da invenção, ela visa uma
25 fibra da qual pelo menos uma porção de superfície é tornada quimicamente ativa pelo processo de funcionalização precedentemente descrito, essa fibra é caracterizada pelo fato de que ela compreende cadeias poliméricas.

Em modos de realização preferidos da invenção, é possível eventualmente recorrer por outro lado a uma e/ou outra das disposições

seguintes:

- a fibra de reforço é uma fibra orgânica,
- a fibra de reforço é constituída por polímeros, escolhidos entre as poliolefinas, as poliamidas, os poliésteres, a poliacrilonitrila, os álcoois polivinílicos e seus copolímeros.

- a fibra de reforço é à base de polipropileno,
- o agente de encolamento compreende uma solução aquosa de álcool polivinílico,

- o agente compreende em solução aquosa um encolamento que compreende pelo menos um produto à base de compostos éster de polietileno glicol de ácido graxo e éster de ácido fosfórico em base de óleo natural do tipo daquele de marca “Synthesin 7292” de Dr Boehme, ou pelo menos um produto à base de uma mistura lubrificante e antiestática do tipo daquele de marca “KB 144/2” de Cognis, ou pelo menos um produto à base de um éster de polietileno glicol derivado de ácido graxo do tipo de marca “Stantex S6077” de Cognis, ou pelo menos um produto à base de tensoativos não iônicos e de esterquats do tipo daquele de marca “Stantex S6087/4” de Cognis.

De acordo ainda com um outro aspecto da invenção, ela visa um produto preparado em “fibrocimento” elaborado como auxílio de uma composição de pega hidráulica que compreende água, ligantes hidráulicos e fibras de reforço tais como precedentemente descritas.

De acordo ainda com um outro aspecto da invenção, ela visa uma instalação que permite a execução do processo de tratamento de superfície objeto da invenção que é caracterizada pelo fato de que ela compreende pelo menos uma zona de tratamento, a dita zona sendo ou (i) um túnel, cheio de espécies ativas sopradas, no qual caminha a dita fibra ou (ii) um recinto provido de pelo menos dois eletrodos respectivamente ligados a uma alimentação elétrica variável, os ditos eletrodos sendo posicionados

confrontantes e delimitando entre si um espaço adaptado para a passagem de uma porção de fibra, o conjunto da zona sendo submetido a uma atmosfera controlada em pressão atmosférica.

Outras características e vantagens da invenção aparecerão no decorrer da descrição seguinte, ilustrada com as figuras seguintes. São dadas abaixo:

- a figura 1 é uma vista esquemática de uma instalação para a execução do processo de tratamento de superfície destinado ao tratamento de um filme,

- a figura 2 ilustra a integração da instalação da figura 1 que permite a funcionalização de uma fibra fibrilada,

- a figura 3 ilustra a integração de uma variante de realização da instalação de plasma desviado que permite a funcionalização de uma fibra ou de um filme, de um tecido, de uma tela, ou similar,

- a figuras 4 e 5 são curvas de tração para diversos corpos de prova de matriz de cimento que incorporam fibras funcionalizadas de acordo com as modalidades da invenção,

- a figura 6 é um oscilograma de um regime filamentar,

- a figura 7 é um oscilograma de uma descarga em regime homogêneo.

De acordo com um modo de realização da invenção, esse último consiste em preparar um produto feito de “fibra-cimento” elaborado com o auxílio de uma composição de pega hidráulica que compreende notadamente água, ligantes hidráulicos e fibras de reforço.

Por razões de simplicidade, é feito referência ao cimento como ligante na presente descrição. No entanto, todos os outros ligantes de pega hidráulica podem ser utilizados no lugar do cimento. Os ligantes de pega hidráulica apropriados devem ser entendidos como sendo materiais que contêm um cimento inorgânico e/ou um ligante ou adesivo inorgânico que

enderece por hidratação. Ligantes especialmente apropriados que endurecem por hidratação são notadamente, por exemplo, o cimento Portland, o cimento com alto teor de alumina, o cimento Portland de ferro, o cimento pozolânico, o cimento de escória, o gesso, os silicatos de cálcio formados por tratamento na autoclave e as combinações de ligantes especiais.

No sentido da invenção, é designada pr fibra tanto uma fibra não estirada (em fase sólida) quanto uma fibra estirada (em uma ou várias vezes). E a fibra designa tanto um fio, um filamento, quanto um conjunto de filamentos (de tipo fio têxtil) idênticos ou diferentes uns dos outros. A fibra pode ser contínua ou cortada, curta ou longa. Pode se tratar também de uma fibra dita “fibrilada” que resulta do estiramento de um filme de acordo com uma direção privilegiada, até obter o rasgamento do dito filme em fibras fibriladas iniciado e controlado por um dispositivo mecânico.

De acordo com um modo de realização da invenção, é utilizada uma fibra não carregada de alta tenacidade e de pequeno diâmetro ($1 \text{ dtex} = 12 \mu\text{m}$) obtida sem aditivos minerais a partir de resina de polipropileno HF445FB da empresa Boréalís que tem um índice de escoamento no estado fundido dito MFI (para melt flow index em inglês) de 18 g/10 min medido a 230°C e 2,16 kg.

Na saída da fieira que compreende uma pluralidade de furos de diâmetro compreendido entre 0,25 e 0,55 mm, preferencialmente igual a cerca de 0,35 mm o conjunto dos filamentos se solidifica depois de um resfriamento rápido graças a um fluxo de ar de resfriamento controlado em temperatura, em velocidade e em direção.

A fibra é então estirada por meios mecânicos compostos por rolos que giram em velocidade crescente, os rolos sendo regulados em temperatura.

Pelo menos uma porção de superfície dessa fibra no sentido da invenção (no caso presente a fibra é estirada) é então funcionalizada, de modo

contínuo, com o auxílio de um plasma atmosférico de acordo com modalidades que serão explicitadas abaixo.

Depois de ter sido submetida a esse tratamento de funcionalização de superfície, de modo contínuo, a fibra é revestida quase imediatamente depois desse tratamento por plasma, por pulverização ou por passagem em um líquido, ou por rolos encoladores, por uma encolamento que compreende pelo menos um produto à base de compostos éster de polietileno glicol de ácido graxo e éster de ácido fosfórico em base de óleo natural do tipo daquele de marca “Synthesin 7292” de Dr Boehme, ou pelo menos um produto à base de uma mistura lubrificante e antiestática do tipo daquele de marca “KB 144/2” de Cognis, ou pelo menos um produto à base de um éster de polietileno glicol derivado de ácido graxo do tipo de marca “Stantex S6077” de Cognis, ou pelo menos um produto à base de tensoativos não iônicos e de esterquats o tipo daquele de marca “Stantex S6087/4” de Cognis ou uma solução aquosa de álcool polivinílico, à razão de 0,30 % em peso de extrato seco de fibra de polipropileno.

A título de exemplo não limitativo, essa fibra cortada assim funcionalizada constitui um reforço em uma matriz de cimento.

A fibra é em seguida cortada em segmento de 10 mm para realizar os testes (incorporação em folhas de ensaio de cimento).

No sentido da invenção, define-se uma forminha como um produto fabricado por um método de laboratório que reproduz bastante fielmente as características principais dos produtos obtidos por métodos industriais tais como a técnica Hatschek.

Prepara-se uma composição de cimento com base na matriz de cimento seguinte, colocada em suspensão com um amplo excesso de água:

Componentes	Massa (em g)
Cimento CPA (95 % clínquer)	79,2
Carbonato de cálcio	15,5
Celulose refinada Pinus Radiada	3,5
Fibras de polipropileno	1,8
Floculante BASF AE70	400 ppm

total	100
-------	-----

Filtra-se a mesma através de uma grade metálica para formar uma camada unitária de cerca de 1 mm de espessura. Seis camadas unitárias são superpostas e submetidas a um ciclo de prensagem para obter um material que contém antes de pega cerca de 50 % de água em peso em relação ao peso de cimento, e uma espessura de cerca de 6 mm.

Esse material de laboratório é submetido a uma cura de 6 dias a 40°C em um saco estanque, antes de ser cortado em corpos de prova de 20 mm de largura e de comprimento superior a 200 mm, corpos de prova esses que são colocados na água fria durante 24 horas para ser solicitados mecanicamente em tração.

Com essa finalidade, é necessário dispor fibras de reforço que possam trazer ao produto as propriedades desejadas de resistência mecânica, e que essas propriedades de resistência mecânica sejam perenes no tempo. Isso subentende que as fibras de reforço inicialmente introduzidas na mistura à base de ligante hidráulico e de cimento não sejam atacadas quimicamente ou resistam quimicamente aos álcalis presentes na mistura, ao mesmo tempo em que melhoram a adesão entre a fibra e sua matriz.

Nesse contexto, um modo de execução do processo objeto da invenção consiste justamente em um tratamento de superfície, de modo contínuo, de uma porção de superfície de um filme, de uma tela, de uma esteira, de um tecido ou similar (chamado na sequência de substrato) orgânico que responde a esse triplo objetivo.

Uma porção de superfície do substrato de reforço de base orgânica é dirigida para dentro de uma zona de tratamento, conformada por exemplo em uma instalação adaptada para a execução do processo. Essa instalação compreende esquematicamente como aparece na figura 1 primeiramente um recinto.

Esse recinto representado pela referência 1 nessa figura 1 dispõe de pelo menos dois eletrodos 2 e 3, respectivamente ligados aos bornes

de um gerador 4 de tensão de frequência variável. Os eletrodos posicionados em frente um ao outro delimitam entre si um volume de tratamento 5 adaptado para a passagem de pelo menos uma porção 8 de superfície do substrato.

5 De acordo com uma outras característica da instalação, cada um dos eletrodos é revestido por um acamada de dielétrico 6, 7 dirigida para o volume de tratamento 5. No exemplo de realização representado na figura 1, cada camada de dielétrico 6, 7 é à base de alumina e é separada por uma espessura compreendida entre 0,1 a 20 mm, preferencialmente compreendida
10 entre 1 e 6 mm.

O recinto 1 é estanque em relação ao ambiente exterior e pode ser o centro de uma atmosfera controlada em composição e em pressão. Ele dispõe para isso de uma pluralidade de condutos 9, 10 destinados aos aportes e às evacuações da dita atmosfera.

15 No presente exemplo não limitativo, a atmosfera controlada de gás está em pressão atmosférica e é constituída majoritariamente de nitrogênio, de hélio, de argônio, utilizado sozinho ou em mistura com outras espécies oxidantes (O_2 , CO_2 , $H_2O...$) ou redutoras (NH_3 , $H_2...$).

20 Graças a essa atmosfera controlada, é possível estabelecer condições apropriadas para o estabelecimento de uma descarga homogênea. Aplicando-se uma tensão adequada nos bornes dos eletrodos 2, 3 nesse caso nesse exemplo uma tensão alternada da ordem de alguns kV e de acordo com uma frequência que varia do kHz a algumas dezenas de MHz, na presença da dita atmosfera controlada, uma descarga elétrica homogênea é iniciada.

25 É lembrado que no sentido da invenção, e mais geralmente, uma descarga é dita homogênea por oposição a uma descarga CORONA quando não é possível, na escala macroscópica e microscópica, perceber entre os eletrodos a presença de arco ou de filamentos, de micro-descargas, entre dois eletrodos submetidos a uma diferença de potencial, em uma atmosfera

controlada de uma mistura de gás tal como precedentemente definida, e em pressão atmosférica. É possível colocar em evidência a natureza do regime por um oscilograma tensão/corrente (cf. figura 7). A presença de uma descarga homogênea confinada entre os eletrodos 6, 7, ao nível da zona de tratamento 5, permite funcionalizar, modificar quimicamente ou ativar quimicamente uma porção de superfície.

De acordo com um exemplo de realização (cf. figura 2), o processo de tratamento de superfície, de modo contínuo, objeto da invenção, é utilizado para modificar pelo menos uma porção de superfície do substrato orgânico, constituída por monômeros olefinicos, e mais especialmente à base de polipropileno (PP). A figura 2 ilustra um modo de realização industrial da figura 1. O controle da atmosfera do gás plasmagênico será feito então por exemplo por barreiras de gás.

De acordo com um outro modo de realização preferido que permite a execução do processo objeto da invenção (representado na figura 3), é utilizada uma descarga elétrica filamentar ou homogênea desviada ou soprada (também anotada plasma), essa última é injetada por exemplo em um tubo 5 no seio do qual a fibra (ou um filme, uma tela, um não tecido, um tecido, ou uma fibra estirada, ou de maneira mais geral um substrato orgânico) caminha e sofre o tratamento de funcionalização de sua superfície antes de ser revestida por passagem em um líquido ou por pulverização, ou qualquer outro sistema equivalente, de um agente de pós-encolamento (por exemplo em uma fibra de PP por uma composição à base de PVA ou de SYNTHESIN 7292). Depois dessa etapa de pós-encolamento, no exemplo de realização que visa uma fibra PP, a fibra é cortada. Essa pós-encolamento é ilustrada pela referência E nas figuras 2 e 3 com o auxílio de pelo menos um rolo encolador, um revestidor por spray (suporte fendido notadamente feito de cerâmica através do qual a encolamento é injetada) ou similar, que permite colocar a solução de encolamento.

A título de exemplo, as fibras PP serão descritas mais em detalhe. Essas fibras resultam geralmente do estiramento de um fio ou de uma fita à base de polipropileno. O PP não precisa ser modificado por aditivos orgânicos ou minerais tendo em vista torná-lo compatível com a matriz de pega hidráulica, essa função sendo assegurada pela encolamento. No entanto, para aplicações especiais, pode ser considerado incorporar aditivos ou cargas modificadoras, notadamente aditivos hidrófilos, na matriz. Por outro lado, todos os aditivos ou cargas utilizados correntemente para a formação de fibras da poliolefina, em especial aqueles destinados a facilitar a fiação, podem estar contidos.

A seção das fibras não é necessariamente circular e pode tomar uma forma irregular, notadamente multilobada.

Nesse exemplo, a fibra de PP tem uma tenacidade elevada, de pelo menos 4 cN/dtex, de preferência de pelo menos 5 cN/dtex, muito preferencialmente de pelo menos 7 cN/dtex, e em especial de 8 a 10 cN/dtex. Essa gama de tenacidade pode ser atingida regulando-se o processo de fiação e de estiramento da fibra de PP de maneira apropriada. Uma matéria à base de fibra de PP pode ser especificamente escolhida com uma distribuição das massas moleculares adaptada.

As fibras se apresentam geralmente sob a forma de fios cortados com um comprimento da ordem de 2 a 50 mm, em especial de 6 a 20 mm com o auxílio de um cortador referenciado C nas figuras 2 e 3.

A quantidade total de agente(s) de encolamento presente(s) na fibra é geralmente da ordem de 0,05 a 5 % em peso de matéria seca em relação ao peso de poliolefina, notadamente da ordem de 0,1 a 3 % em peso.

A operação de estiramento permite não somente levar a seção transversal da fibra para a dimensão desejada mas também se considerando os esforços impressos por ocasião do estiramento da fibra induzir nessa última tensões de tração que acarretam uma reorganização das cadeias

macromoleculares que se encontram melhor orientadas.

As fibras de acordo com a invenção podem também ser obtidas por fibrilação de um filme de polímero extrudado (por exemplo à base de polipropileno). As fibras podem então apresentar uma forma de fita.

5 As fibras de reforço podem ser obtidas a partir de vários graus de polipropileno correntemente utilizados.

As fibras de polipropileno ou uma parte das fibras de polipropileno, podem eventualmente compreender cargas.

10 As porções de superfície dessas fibras cuja superfície foi quimicamente ativada pelo tratamento de funcionalização objeto da invenção são em seguida colocadas em contato com uma solução que compreende pelo menos um agente dito de pós-encolamento que permite melhorar a resistência química ou a adesão da dita porção de superfície ao cimento, de acordo com um primeiro exemplo de realização. Essa colocação em contato pode ser
15 realizada de maneira clássica por um processo de imersão, de pulverização, de amarrotamento, um rolo encolador, um revestidor por spray ou qualquer outro processo equivalente.

De acordo com um primeiro modo de realização, o agente em solução adaptado para trazer a adesão entre a fibra e a matriz é uma solução
20 aquosa diluída entre 0,5 e 10 % de álcool polivinílico PVA, e mais preferencialmente próxima de 2 %.

De acordo com um segundo modo de realização, o agente em solução é uma composição de encolamento de tipo industrial. É dada abaixo uma encolamento de tipo industrial que contém uma mistura de produtos de
25 marca SYNTHESIN 7292, entre 0.5 e 10 %, e preferencialmente próxima de 3,5 %.

A fim de demonstrar o aporte do processo objeto da invenção, são dados abaixo exemplos comparativos que ilustram a resistência mecânica de forminhas (uma forminha é um corpo de prova que tem uma matriz de

cimento que incorpora fibras poliméricas, funcionalizadas por plasma e revestidas com uma pós-encolamento (ou PVA, ou SYNTHESIN 7292)).

Os testes de tração foram efetuados instalando-se as forminhas entre as garras de uma máquina de tração com uma distância entre garras de 200 mm. O teste de tração é realizado com uma velocidade de afastamento de 1,2 mm/min.

Traça-se a curva força (F) – deslocamento que tem um aspecto típico dos resultados observados em tração com produtos obtidos pela técnica de Hatschek (se dirigir às figuras 4 e 5).

No início do deslocamento a força aumenta rapidamente, e depois se observa uma curva onde a força evolui lentamente que corresponde à multi-fissuração do corpo de prova até o aparecimento de uma macro-fissura, depois do que a força cai por efeito de deslizamento durante a abertura da macro-fissura.

O comprimento da curva (L) de multi-fissuração reflete o efeito de reforço da placa pelo conjunto das fibras. A energia dissipada (E) no decorrer do ensaio de tração corresponde à área sob a curva Força – deslocamento.

1º) As referências sem tratamento de superfície por plasma:

Natureza reforço	Força (N/mm)		L (mm)		E (J)	
Referência Synthesin 7292	21.5 +/- 1.5	-	10 +/- 2	-	4.1 +/- 0.6	-
Referência PVA	20.2 +/- 0.3	- 6%	8 +/- 2	-20%	3.3 +/- 1.0	- 20%

São dadas abaixo as propriedades mecânicas da fibra de referência:

Diâmetro: 12 μm = 1 dTex

Tenacidade: 9.5 cN/dTex ou 860 MPa

Módulo a 5 % de deformação = 6 GPa

2º) Influência do tratamento com o auxílio de uma descarga elétrica soprada (plasma) sobre o Synthesin 7292:

Os tratamentos de superfície foram realizados com o auxílio de uma fonte comercial da empresa ACXYS tecnologias.

As condições de operação utilizadas estão relatadas na tabela abaixo:

Plasma	Vazão N ₂ (slpm)	Vazão O ₂ (sccm)	Potência (W)
N ₂	200	0	2000
N ₂ /O ₂	200	558	2000

Os resultados no teste mecânico de tração estão relatados na tabela abaixo:

Natureza reforço	Força (N/mm)		L (mm)		E (J)	
Referência synthesin 7292	21.5 +/- 1.5	-	10 +/- 2	-	4.1 +/- 0.6	-
Ensaio 1 Plasma N ₂ com Vfibra 18 m/min	24.6	+14%	12	+20%	4.8	+17%
Ensaio 2 Plasma N ₂ /O ₂ com Vfibra 6 m/min	25.1	+17%	12	+20%	5.1	+23%

Em conclusão desses ensaios em uma fibra PP, com o “Synthesin 7292”, com um plasma à base de nitrogênio e para uma velocidade de estiramento de fibra de 18 m/min, tem-se um ganho notável, da ordem de 20 % por exemplo para a energia dissipada notadamente. Essa

3º) Influência do tratamento com o auxílio de uma descarga elétrica soprada (plasma) sobre o PVA:

os tratamentos de superfície foram realizados com o auxílio de uma fonte comercial da empresa ACXYS tecnologias.

As condições de operação utilizadas estão relatadas na tabela abaixo:

Plasma	Vazão N ₂ (slpm)	Vazão O ₂ (sccm)	Potência (W)
N ₂	200	0	2000
N ₂ /O ₂	200	558	2000

Os resultados no teste mecânico de tração estão relatados na tabela abaixo:

Natureza reforço	Força (N/mm)		L (mm)		E (J)	
Referência PVA	20.2 +/- 0.3	-	8 +/- 2	-	3.3 +/- 1.0	-
Ensaio 3 Plasma N ₂ com Vfibra 18	27.7 +/- 0.4	+37%	12 +/-	+50%	5.2 +/-	+58%

m/min			4		1.6	
Ensaio 4 Plasma N ₂ /O ₂ com Vfibra 6 m/min	25.6 +/- 3.4	+27%	9 +/- 2	+13%	4.5 +/- 1.3	+36%
Ensaio 5 Plasma N ₂ /O ₂ com Vfibra 6 m/min	24.1 +/- 1.6	+19%	12 +/- 5	+50%	4.8 +/- 2.0	+45%
Ensaio 6 Plasma N ₂ /O ₂ com Vfibra 18 m/min	24.9 +/- 3.4	+23%	11 +/- 3	+38%	4.6 +/- 1.5	+39%

Em conclusão desses ensaios sobre o PVA, é notado um ganho de mais de 40 % na energia dissipada graças a uma funcionalização das fibras com o auxílio de um plasma N₂/O₂.

A fim de ilustrar esses valores médios, foram escolhidas algumas curvas de tração das quais o valor de força (F) e de alongamento (L) na ruptura do compósito durante o ensaio era próximo do valor médio obtido acima. Essas curvas são dadas nas figuras 4 e 5.

É verificado que as propriedades mecânicas das fibras funcionalizadas não foram alteradas.

São dados abaixo outros exemplos que permitem quantificar a melhoria da adesão entre a fibra funcionalizada em uma matriz de cimento. A adesão dessa fibra a uma matriz de cimento foi qualificada por um ensaio de laboratório no qual uma fibra é revestida com uma argamassa deixando-se as extremidades da fibra livres, a argamassa é submetida a uma cura e depois se puxa as extremidades da fibra medindo-se a força de tração e o deslocamento dos pontos de tração. A força máxima antes de desnudamento da fibra permite determinar a tensão de adesão, que é característica da adesão entre as fibras e a matriz.

Os detalhes de preparação são os seguintes:

Prepara-se uma argamassa que contém 500 g de cimento CPA 52.5, 500 g de areia fina (D50 = 254 µm de acordo com ASTM E.11/70), 98 g de carbonato de cálcio e 250 g de água.

Coloca-se uma fibra estendida em um molde paralelepípedo, centrando-se bem a fibra, e molda-se a argamassa em torno da fibra sem

quebrar a fibra. Coloca-se o molde dentro de um saco estanque.

A cura é conduzida durante 48 h a 20°C e 95 % de umidade relativa dentro de um recinto de maturação para a pega da argamassa. Desmolda-se em seguida o conteúdo dos moldes e coloca-se os mesmos com um pouco de água dentro de um saco termo-selado mantido a 40°C durante 5 dias. Procede-se às medições no 7º dia depois da usinagem dos corpos de prova.

Natureza	Tensão de adesão
Referência com Synthesin 7292 sem tratamento plasma	-
Plasma N ₂ + Synthesin 7292 (ensaio 1)	+ 7%
Plasma N ₂ + PVA (ensaio 4)	+ 11 %

Em conclusão, os tratamentos plasma permitem melhorar significativamente a adesão da fibra funcionalizada no seio da matriz de cimento.

Por outro lado, se no plasma de N₂/O₂ é incorporado um precursor silano de tipo TEOS que se decompõe em uma camada de silício na superfície das fibras funcionalizadas, as medições de adesão da fibra no seio de sua matriz de cimento são ainda mais melhoradas (aqui de um fator 3).

Natureza	Tensão de adesão
Plasma N ₂ /O ₂ + TEOS (ensaio 7)	+ 30 %

A invenção precedentemente descrita oferece vantagens múltiplas quando a fibra é assim funcionalizada por um tratamento plasma atmosférico e seguido por um pós-encolamento e por uma operação de corte, ela pode ser utilizada como reforço em uma matriz de cimento. Tais vantagens da invenção podem ser obtidas quando a fibra é utilizada como:

- fibras para o reforço do papel:

° interesse: trazer resistência dimensional e mecânica ao papel (resistência à tração, rasgamento, ...) graças à alta tenacidade das fibras. O plasma permite modificar a superfície para tornar as fibras hidrófilas e contabilizá-las com o processo de fabricação de papel.

- fibras para filtração seletiva:

° interesse: beneficiar de um reforço funcionalizado sob plasma por radicais que permitem reter espécies transportadas pelo meio a filtrar de alta tenacidade para a resistência dimensional.

- fibras para grades geotêxteis:

5 ° interesse: ainda o interesse da alta tenacidade, o plasma permite funcionalizar a superfície para tornar compatível as fibras com o revestimento indispensável para a manipulação das grades no canteiro.

- Fibras para reforço de compósitos de matriz elastomérica.

10 De acordo com uma característica vantajosa da invenção, as fibras assim tratadas dispõem de desempenhos mecânicos em tração que são melhorados de pelo menos 10 %.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de funcionalização contínua de superfície de uma fibra orgânica caracterizado pelo fato de que se modifica quimicamente uma porção de superfície das fibras com o auxílio de um tratamento de superfície homogêneo em pressão atmosférica, em uma atmosfera gasosa controlada e pelo fato de que se coloca em contato a dita porção de superfície com uma solução que compreende pelo menos um agente de encolamento que permite melhorar as funcionalidades da dita fibra.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a funcionalização da porção de superfície da dita fibra é realizada em uma fibra que provém do estiramento de filetes de matéria fundida e de uma operação de estiramento a uma temperatura inferior à temperatura de fusão.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a funcionalização da porção de superfície da dita fibra é realizada em uma porção de superfície de uma fibra que resulta da fibrilação de um filme estirado.

4. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a funcionalização da porção de superfície é realizada em um filme estirado de acordo com uma direção privilegiada até obter um rasgamento do filme em fibras fibriladas.

5. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a funcionalização da porção de superfície é realizada em um tecido, uma tela, um não tecido, uma grade ou similar.

6. Processo de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a colocação em contato entre a porção de fibra e o agente de encolamento é realizada com o auxílio de uma operação de imersão da dita porção de fibra dentro de uma solução que contém o dito agente de encolamento.

7. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que a colocação em contato entre a porção de fibra e o agente é realizada por pulverização de uma solução que contém o dito agente de encolamento ao nível da dita porção de fibra.

5 8. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que a colocação em contato entre a porção de fibra e o agente de encolamento é realizada com o auxílio de uma operação de transferência com o auxílio de um órgão de transferência, notadamente um rolo encolador que está imerso dentro de uma solução que contém o dito
10 agente de encolamento, ou um órgão de guia fixo que traz o agente de encolamento na linha de contato com as fibras.

9. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que se corta a dita porção de fibra em uma pluralidade de segmentos.

15 10. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que o tratamento de superfície é realizado no seio de uma atmosfera controlada que compreende pelo menos um gás ionizado escolhido entre o hélio, o argônio, o nitrogênio, tomado sozinho ou em mistura.

20 11. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que a descarga elétrica é produzida entre dois eletrodos submetidos a uma alimentação alternada e de acordo com uma frequência de alguns kHz a alguns MHz.

25 12. Processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de que o tratamento de superfície é realizado soprando-se as espécies ativas da descarga elétrica filamentar ou homogênea na direção da fibra, o transporte das espécies ativas podendo por exemplo ser feito por um túnel no qual caminha pelo menos a dita fibra.

13. Fibra de que pelo menos uma porção de superfície é

funcionalizada pelo processo de acordo com uma das reivindicações 1 a 12, caracterizada pelo fato de que ela compreende cadeias poliméricas.

14. Fibra de acordo com a reivindicação 13, caracterizada pelo fato de que a fibra de reforço é constituída por polímeros, escolhidos entre as poliolefinas, as poliamidas, os poliésteres, a poliacrilonitrila e os álcoois polivinílicos e seus copolímeros.

15. Fibra de acordo com uma das reivindicações 13 ou 14, caracterizada pelo fato de que a fibra de reforço é à base de polipropileno.

16. Fibra de acordo com uma das reivindicações 13 a 15, caracterizada pelo fato de que a fibra é revestida com um agente de encolamento que compreende em solução aquosa álcool polivinílico.

17. Fibra de acordo com uma das reivindicações 13 a 15, caracterizada pelo fato de que a fibra é revestida com um agente de encolamento que compreende em solução aquosa um encolamento que compreende pelo menos um produto à base de compostos éster de polietileno glicol de ácido graxo e éster de ácido fosfórico em base de óleo natural do tipo daquele de marca "Synthesin 7292" de Dr Boehme, ou pelo menos um produto à base de uma mistura lubrificante e antiestática do tipo daquele de marca "KB 144/2" de Cognis, ou pelo menos um produto à base de um éster de polietileno glicol derivado de ácido graxo do tipo de marca "Stantex S6077" de Cognis, ou pelo menos um produto à base de tensoativos não iônicos e de esterquats do tipo daquele de marca "Stantex S6087/4" de Cognis.

18. Fibra de acordo com uma qualquer das reivindicações 13 a 15, caracterizada pelo fato de que ela é revestida com uma sílica que provém da decomposição com o auxílio de um plasma N_2/O_2 de um precursor à base de silano.

19. Fibra de acordo com uma qualquer das reivindicações 13 a 18, caracterizada pelo fato de que os desempenhos mecânicos em tacão são

melhorados de pelo menos 10 %.

20. Instalação permitindo a execução do processo de funcionalização de superfície de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 12, caracterizada pelo fato de que ela compreende pelo menos uma zona de tratamento, a dita zona sendo ou (i) um túnel, cheio de espécies ativas sopradas, no qual caminha a dita fibra ou (ii) um recinto provido de pelo menos dois eletrodos respectivamente ligados a uma alimentação elétrica variável, os ditos eletrodos sendo posicionados confrontantes e delimitando entre si um espaço adaptado para a passagem de uma porção de fibra, o conjunto da zona sendo submetido a uma atmosfera controlada em pressão atmosférica.

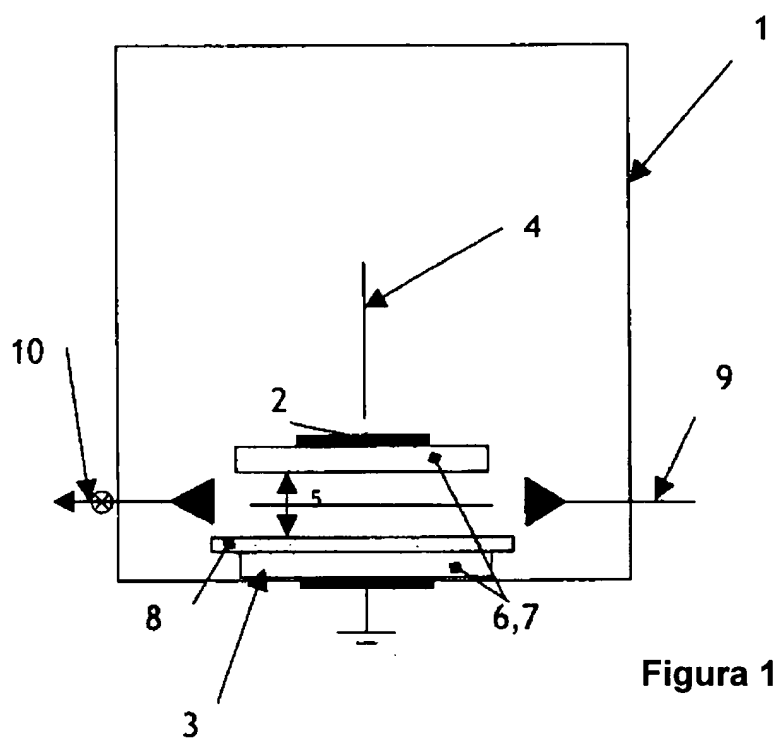


Figura 2

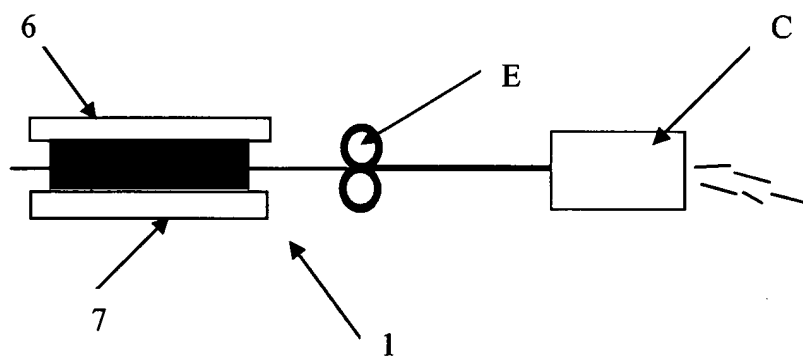


Figura 3

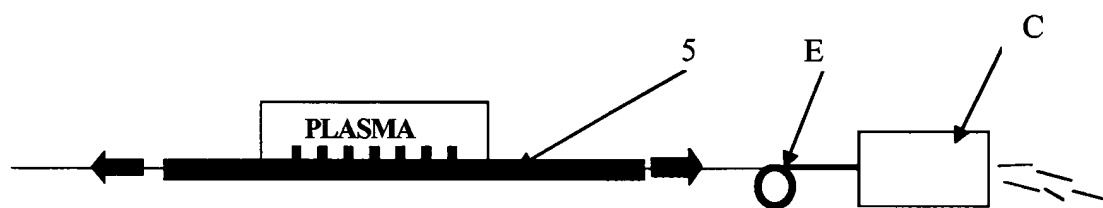


Figura 4

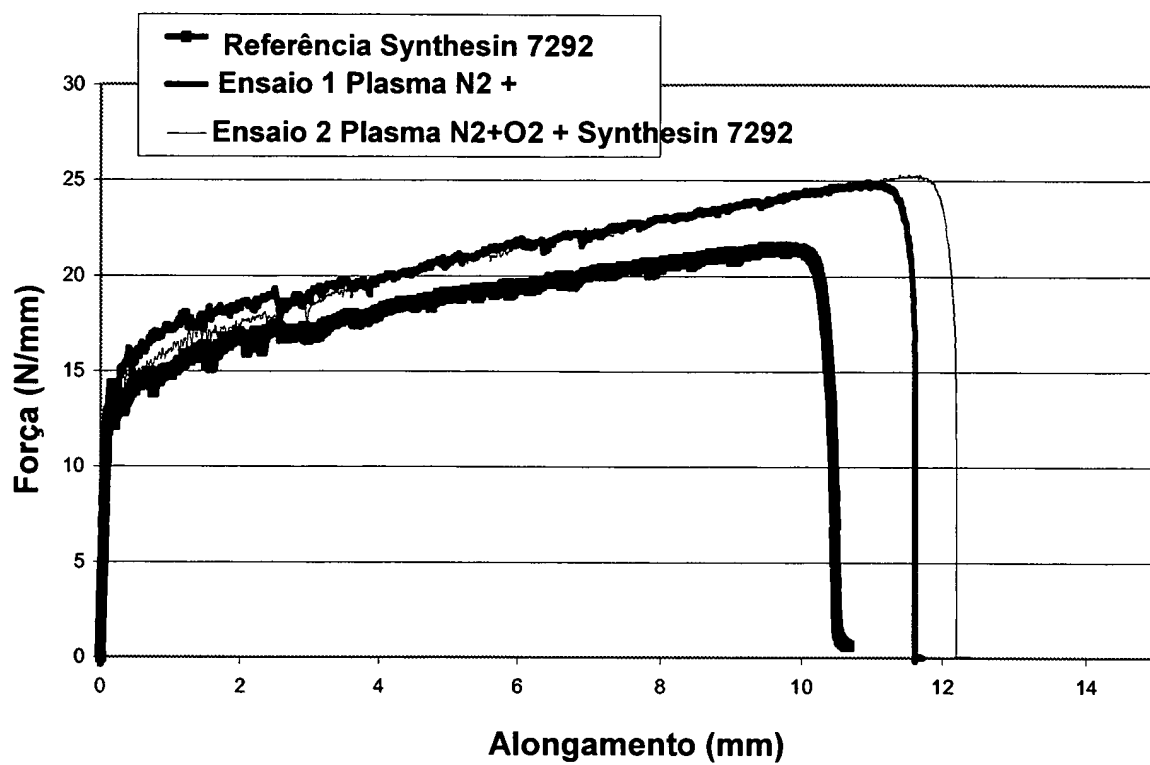


Figura 5

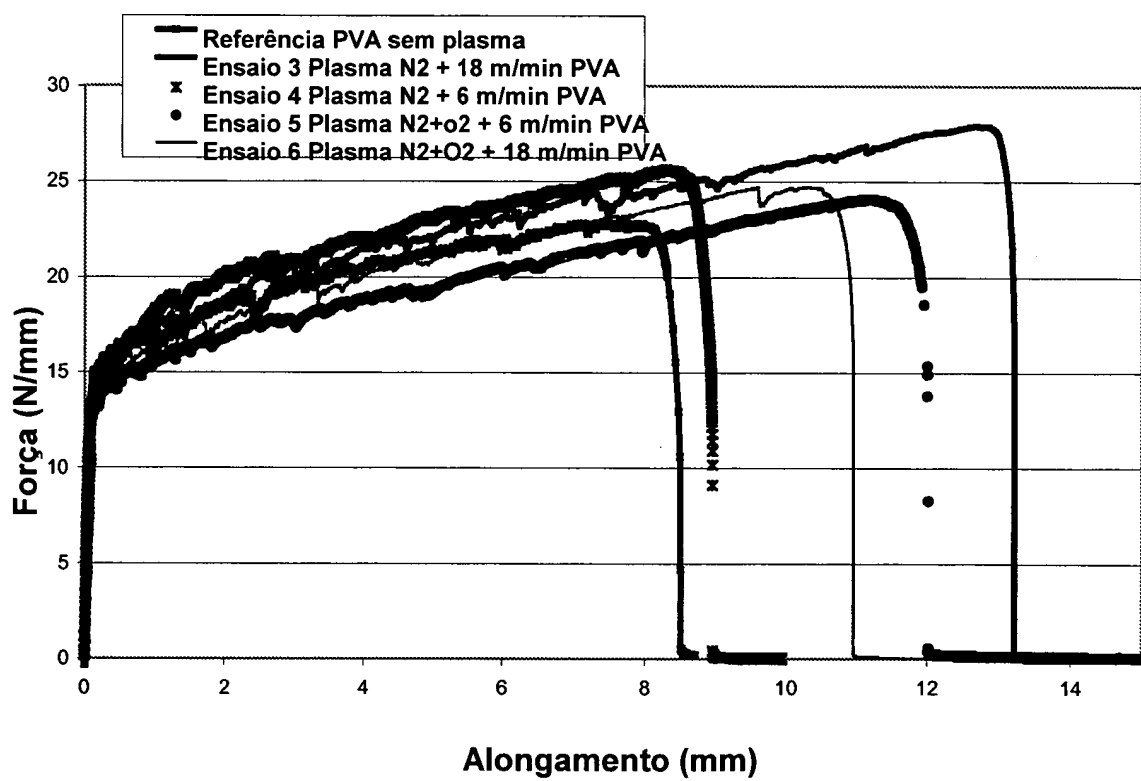


Figura 6

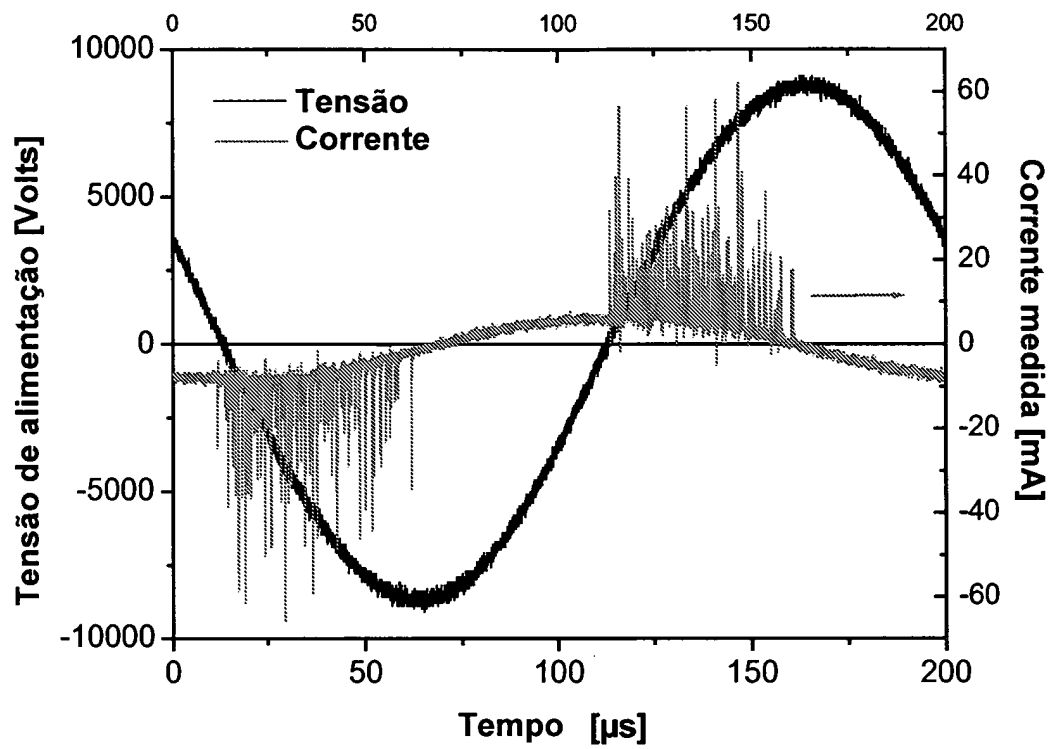
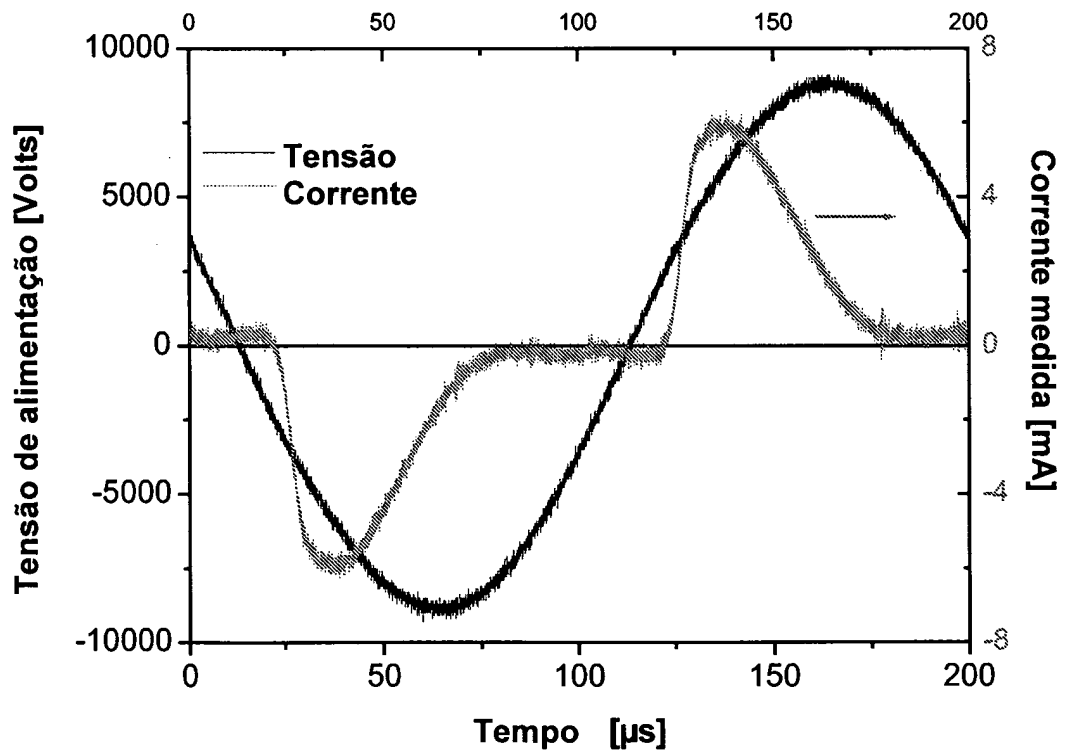


Figura 7



RESUMO

“PROCESSO DE FUNCIONALIZAÇÃO CONTÍNUA DE SUPERFÍCIE DE UMA FIBRA ORGÂNICA, FIBRA DE QUE PELO MENOS UMA PORÇÃO DE SUPERFÍCIE É FUNCIONALIZADA E INSTALAÇÃO PERMITINDO A EXECUÇÃO DO PROCESSO DE FUNCIONALIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE”

Processo de funcionalização de superfície de uma fibra orgânica caracterizado pelo fato de que se modifica quimicamente uma porção de superfície das fibras com o auxílio de um tratamento de superfície homogêneo em pressão atmosférica, em uma atmosfera gasosa controlada e pelo fato de que se coloca em contato a dita porção de superfície com uma solução que compreende pelo menos um agente de encolamento que permite melhorar as funcionalidades da dita fibra.