

(11) Número de Publicação: **PT 1534898 E**

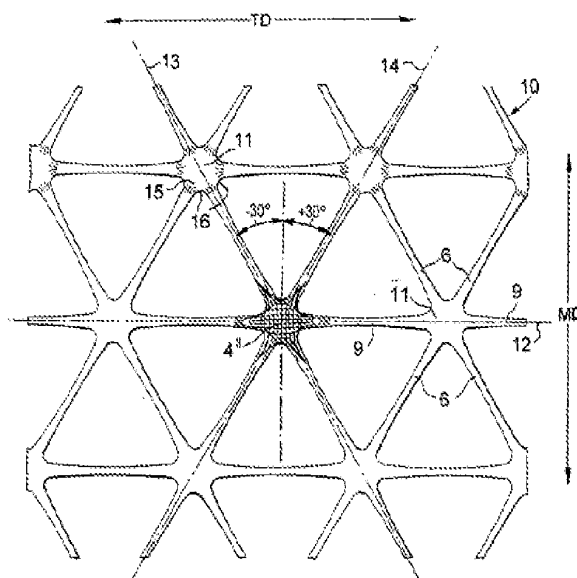
(51) Classificação Internacional:  
**E02D 29/02** (2006.01) **B29C 55/14** (2006.01)  
**B29D 28/00** (2006.01)

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

(22) Data de pedido: <b>2003.06.27</b>	(73) Titular(es): <b>TENSAR TECHNOLOGIES LIMITED</b> <b>SETT END ROAD SHADSWORTH BUSINESS</b> <b>PARK SHADSWORTH BLACKBURN BB1 2PU</b> <b>GB</b>
(30) Prioridade(s): <b>2002.06.27 GB 0214931</b>	
(43) Data de publicação do pedido: <b>2005.06.01</b>	
(45) Data e BPI da concessão: <b>2007.05.23</b> <b>072/2007</b>	(72) Inventor(es): <b>ANTHONY THOMAS ALSH</b> <b>GB</b>
	(74) Mandatário: <b>ALBERTO HERMÍNIO MANIQUE CANELAS</b> <b>RUA VÍCTOR CORDON, 14 1249-103 LISBOA</b> <b>PT</b>

(54) Epígrafe: **GEOGRELHA OU ESTRUTURA DE MALHA**

(57) Resumo:

RESUMO**"GEOGRELHA OU ESTRUTURA DE MALHA"**

Para se fabricar uma geogrelha de material plástico orientado (10) em que filamentos orientados (6, 9) formam malhas triangulares com uma junção (11) em cada canto e em que seis dos filamentos (6, 9) se encontram em cada junção (11), um material de partida de folha de material plástico apresenta furos numa disposição de hexágonos, os furos opostos de cada hexágono estando alinhados na direção da máquina e o material de partida é estirado em primeiro lugar na direção da máquina e em segundo lugar na direção transversal. Na eventual geogrelha (10), as partes centrais dos hexágonos no material de partida formam as junções (11). Os centros das junções (11) estão ligeiramente orientados biaxialmente mas nos bordos das junções (11)

a orientação do bordo de substancialmente cada filamento (6) ou (9) contorna o bordo da respectiva junção (11) e penetra no bordo do filamento (6) ou (9) seguinte. Durante o segundo estiramento pode ser aplicado um constrangimento na primeira direcção de estiramento e interrompido antes que seja permitido ao material relaxar-se na segunda direcção de estiramento. Se desejado, o processo pode ser terminado após o primeiro estiramento, o que produz uma geogrelha de orientação uniaxial. Pela utilização de um material de partida apresentando furos trespassantes e zonas enfraquecidas, é possível formar a geogrelha do invento a partir de um material de partida tendo uma disposição rectangular de furos trespassantes.

**DESCRIÇÃO****"GEOGRELHA OU ESTRUTURA DE MALHA"**

O presente invento diz geralmente respeito a geogrelhas embora tenha alguma aplicabilidade para estruturas de malha em geral. Uma geogrelha é uma malha cuja finalidade principal consiste em reforçar o solo e tem redes abertas no interior das quais podem ficar bloqueadas partículas do solo. Se for executada através da orientação de um material de partida plástico, o material de partida terá normalmente uma espessura maior do que cerca de 1, 1,5 ou 2 mm. Uma geogrelha é, com efeito, feita com filamentos (também chamados nervuras) que são interligados em barras que passam através da geogrelha na TD ou estão interligados em junções (também chamadas nós ou intersecções) quer os filamentos sejam ou não contínuos através da geogrelha, como será no caso de, digamos, uma geogrelha tecida. A espessura de uma geogrelha, tal como medida na junção, será maior do que 0,5 mm ou 0,75 mm e pode ser maior do que 1,00 mm ou 1,5 mm ou 2,0 mm. A dimensão da malha (também chamada dimensão da abertura da malha ou dimensão da abertura) deve, se possível, ser capaz de permitir que partículas de solo ou partículas de betão possam interagir entre si e fornecer uma ancoragem ou interligação óptimas.

O presente invento diz respeito a geogrelhas que

são formadas orientando uniaxialmente ou biaxialmente um material de partida de folha de plástico o qual foi dotado com furos. Os furos formam redes no produto. Numa grelha uniaxial deste tipo, barras transversais são interligadas por meio de filamentos. As grelhas axiais deste tipo compreendem filamentos orientados e junções nas quais os filamentos se encontram, substancialmente cada filamento tendo cada extremidade ligada a essa junção, pelo que conjuntos de elementos tensores paralelos passam através da geogrelha, cada elemento tensor sendo formado por uma sucessão de filamentos substancialmente alinhados e pelas respectivas referidas junções interligando os filamentos.

O presente invento também diz respeito a métodos para execução de geogrelhas. Nos métodos que usam um material de partida em material plástico que foi dotado com furos, é aplicado um estiramento para alongar zonas de formação de filamentos entre furos adjacentes e formar filamentos orientados a partir dessas zonas, fornecendo por isso uma grelha uniaxial. Pode ser aplicado um estiramento numa direcção que forma um ângulo recto com o primeiro estiramento para alongar outras zonas de formação de filamentos entre outros furos adjacentes e formar filamentos orientados a partir das últimas zonas, pelo que as zonas entre grupos de furos formam junções que interligam filamentos orientados e é formada uma grelha biaxial.

Os documentos US 4 374 798 e US 5 053 264 divulgam estruturas de rede uniaxiais e biaxiais do tipo geral

às quais o presente invento diz respeito, mas agora constatou-se que essas estruturas de rede não têm grande estabilidade na direcção diagonal porque as estruturas de rede podem ser alongadas na direcção diagonal sem grande aplicação de força devido à distorção do paralelogramo da estrutura de rede.

As geogrelhas uniaxiais são bastante usadas onde o estiramento é primariamente numa direcção, por exemplo no caso de aterros de reforço. Nessas estruturas, os esforços são transferidos do solo ao longo dos filamentos e para as barras transversais (TD) as quais podem ser mais espessas do que os filamentos e estão ancoradas ao solo. As geogrelhas biaxiais são bastante usadas no reforço de camadas granulares em estradas, áreas de estacionamento, áreas de armazenagem de contentores, e outras zonas difíceis. Os estiramentos estendem-se na MD e na TD. Como consequência, as propriedades físicas das estruturas de malha são óptimas nestas duas direcções. Todavia, constatou-se que há enfraquecimentos na estrutura quando ensaiada nestas duas direcções. Assim, enquanto as geogrelhas anteriores têm alta resistência e rigidez nas direcções longitudinal e transversal, constatou-se que o carregamento de, por exemplo, um veículo de rodas pesado impõe esforços radiais na geogrelha, isto é, esforços que irradiam em todas as direcções a partir da zona de carregamento.

É desejável proporcionar mais robustez noutras direcções que não a MD e a TD sem reduzir grandemente a

robustez da estrutura de malha em pelo menos uma das MD e TD.

O documento US-A-3 386 876 representa a técnica anterior tal como é referido nos respectivos preâmbulos das reivindicações. A estrutura de malha é particularmente adequada como uma estrutura de protecção ligeira.

É um objectivo do presente invento ultrapassar ou melhorar pelo menos uma das desvantagens da técnica anterior, ou fornecer uma alternativa útil.

Qualquer análise da técnica anterior ao longo de toda a presente descrição não significa admitir que essa técnica anterior é amplamente conhecida ou que faz parte do conhecimento geral comum no âmbito da técnica.

#### O Invento

O invento fornece estruturas de rede ou geogrelhas tal como foi dado a conhecer nas Reivindicações 1 a 6 e métodos tal como foram dados a conhecer nas Reivindicações 15, 17, 27, 33, 34 ou 35. O invento estende-se a produtos dos métodos e também se estende a um método para reforço de um material particulado, compreendendo a operação que consiste em encastrar no material particulado uma geogrelha do invento, e ainda se estende a um material particulado assim reforçado e a uma construção geotécnica compreendendo uma massa de material particulado reforçada por nela se encastrar uma geogrelha do invento.

A geogrelha das Reivindicações 1 a 6 e as geogrelhas feitas por meio do método das Reivindicações 15, 17, 27, 33, 34 ou 35 fornecem pares de filamentos inclinados entre barras transversais ou outros filamentos orientados e reduzem qualquer tendência para o movimento relativo entre os filamentos e o solo, criando uma ancoragem de reforço mais firme e mais eficaz. Com efeito, foi descoberto que, por meio de uma escolha cuidadosa do número e geometria dos furos no material de partida, podem ser produzidos filamentos inclinados como uma característica integral do design da geogrelha.

As possíveis vantagens dessas geogrelhas podem ser aumentadas na inflexibilidade torsional ou rigidez no plano (importante para a interligação), módulo de flexão aumentado, melhor desempenho das propriedades multidirecionais, propriedades de interligação de solos diversos ou de agregados, maior resistência às forças de corte e elevada capacidade de transporte e/ou distribuição de cargas maiores em geral e de cargas radiais em particular. Se uma peça de uma geogrelha for ensaiada com uma periferia completamente restringida, para uma determinada carga perpendicular ao plano da geogrelha, a deflexão é menor do que para geogrelhas biaxiais convencionais comparáveis (módulo de flexão aumentado), e a deflexão é menos localizada em torno do ponto de aplicação da carga, isto é, mais uniformemente distribuída através da amostra. Isto indica que a carga na geogrelha convencional é suportada por um número

relativamente pequeno de filamentos na área de carregamento imediata (uma junção de quatro filamentos) ao passo que a geogrelha do invento tem mais trajectos para transportar a carga para fora da área de carregamento (pelo menos uma junção de seis filamentos). Foram realizados ensaios só com uma carga relativamente pequena, mas crê-se que existe uma boa correlação entre a carga aplicada e a deflexão correspondente da geogrelha e que serão válidas extrapolações para cargas mais elevadas. Em comparação com uma geogrelha biaxial convencional comparável, a geogrelha do invento tem uma combinação de propriedades de resistência à tracção e de rigidez que melhora a provisão de desempenho multiaxial através da permissão da dispersão de uma carga aplicada ao longo de 360°. Todas estas propriedades são importantes quando se considera a interligação da geogrelha com o solo ou com o agregado.

Na geogrelha da Reivindicação 8, as malhas triangulares da geogrelha proporcionam uma estrutura robusta tendo elevadas resistências à tracção ao longo dos referidos elementos tensesis. Uma série de elementos tensesis pode estender-se na MD ou na TD, e descobriu-se que, na direcção em ângulos rectos, a geogrelha tem uma boa robustez porque a extensão requererá empenamento de filamentos orientados que fazem ângulos rectos com a força aplicada e esse empenamento é impedido pelo solo no qual a geogrelha está enterrada. A malha triangular produz uma estrutura com propriedades quase isotrópicas no plano da geogrelha, o que permite à geogrelha distribuir a carga local mais uniforme-

mente nas aplicações geotécnicas; se a robustez da geogrelha é medida num ângulo de 360°, haverá pelo menos seis picos mas as depressões são menores do que com estruturas rectangulares. Assim, a geogrelha é mais capaz de suportar esforços radiais, com menos deformação, conduzindo a uma ancoragem mais firme e mais eficaz nas aplicações para reforço do solo e conduzindo também a uma distribuição de cargas mais efectiva quando usada para suportar, por exemplo, cargas de veículos com rodas ou cargas pontuais tais como as que são impostas por equipamento de construção pesado. Os polímeros orientados são particularmente bem adequados para aplicações geotécnicas visto que os esforços típicos são altamente direccionais ao longo dos elementos tensesis, a alta direccionalidade dos polímeros permitindo que a firmeza e robustez sejam dirigidas ao longo do comprimento. Usando o invento, grosseiramente 50% em peso do material está nos filamentos, estando o restante nas junções, tal como é também o caso para geogrelhas biaxiais convencionais comparáveis. Todavia, a espessura do material de partida pode ser significativamente reduzida, embora se produza uma geogrelha com propriedades de reforço de solo similares. Por exemplo, a espessura de material de partida equivalente para uma geogrelha do invento pode ser 4,7 mm embora uma geogrelha biaxial convencional comparável tenha uma espessura de material de partida de 6,8 mm. Uma razão é o facto dos filamentos nas geogrelhas do invento poderem ser mais largos (devido a terem zonas de formação de filamentos mais largas no material de partida); assim, se requerido, a geometria do material de partida permite aos

filamentos serem mais finos e mais largos, o que aumenta a resistência à torção no plano da geogrelha.

Os elementos tênses que são formados fornecem a robustez à geogrelha, e não são exactamente filamentos altamente orientados, finos, formados pela rotura de uma membrana.

Os métodos das Reivindicações 27 e 33 fornecem técnicas para formar, de maneira relativamente pouco dispendiosa, uma disposição de furos mais complexa, por exemplo a partir de um material de partida que foi perfurado com uma simples disposição "quadrada", e a disposição final pode, por exemplo, ser tal como nos documentos GB 2 034 240 A, GB 2 096 531 A ou GB 2 108 896 A, ou tal como na Reivindicação 16.

O método da Reivindicação 34 fornece uma maneira de evitar o empenamento dos filamentos TD quando é feita uma geogrelha orientada biaxialmente tendo filamentos inclinados.

#### Definições

O termo "orientado" significa orientado molecularmente. Em geral, quando um filamento orientado é assim referido, a direcção de orientação preferida é a direcção longitudinal do filamento.

"Uniaxial" e "biaxial" significam orientado uniaxialmente e orientado biaxialmente, respectivamente.

Em relação a uma estrutura de malha, orientado biaxialmente significa que a estrutura de malha foi estirada em duas direcções geralmente perpendiculares uma à outra.

Os furos no material de partida podem ser furos trespassantes ou furos cegos. Se os furos forem cegos, o filme ou membrana no furo irá romper no estiramento ou pode manter-se como uma membrana fina. Os furos podem ser formados por punçoamento com retirada de material do material de partida, tal como é divulgado no documento US 4 374 798, ou podem ser formados por extrusão tal como é divulgado no documento US 5 053 264, ou podem ser formados por gravação em relevo adequada, ou por qualquer outra maneira apropriada.

"Estritamente uniplanar" significa que o material ou estrutura é simétrico em relação a um plano médio paralelo às suas faces. Em geral, um material de partida uniplanar dará uma estrutura uniplanar quando estirado.

"Substancialmente uniplanar" significa que o material ou estrutura não se desvia tanto da uniplanaridade restrita que essa orientação não seja comparável em cada face do produto biaxial.

"Efectivamente rectilíneo" significa que é permitido algum desvio da rectilinearidade desde que os elementos tênsis não aumentem de comprimento (se estendam) excessivamente no sentido longitudinal para além do elemento tênsil quando eles se alinham. Em geral, é preferível que não haja mais do que 5%, 4% ou 3% de extensão geométrica ou mesmo não mais de 1,0% ou 0,5%, antes de absorver a força. Em alternativa, os eixos dos filamentos individuais em qualquer elemento tênsil devem ser substancialmente paralelos mas é aceitável algum deslocamento lateral desde que não seja muito grande, por exemplo não maior que cerca de 25% ou 20% do ponto central da junção: distância ao ponto central da junção ("deslocamento lateral relativo") em casos extremos, mas preferivelmente não mais do que cerca de 12%, 10%, 7% ou mesmo 4%. É inevitável algum deslocamento lateral na produção industrial assim como a totalidade da formação pode não ser precisamente exacta.

A "extensão geométrica" é a extensão ao longo do elemento tênsil que será causada pela acção de alinhar estritamente os filamentos do elemento tênsil, ignorando qualquer extensão do próprio material; isto pode ser considerado como rodar imaginariamente as junções em torno do seu ponto central e rodar os filamentos em relação às junções em torno de pontos em que as linhas de centro dos filamentos encontram as junções.

"Material de partida" é o material imediatamente antes do início do primeiro estiramento.

As razões de estiramento são medidas a frio após o afrouxamento da força de estiramento ou após recozimento se o recozimento tiver lugar, e medidas na superfície da estrutura.

"MD" é a direcção da máquina ou, em trabalho experimental, a direcção antecipada da máquina, normalmente a direcção maior da geogrelha.

"TD" é a direcção transversal ou, em trabalho experimental, a direcção transversal antecipada, substancialmente perpendicular à MD.

"Hexágonos" são formas teóricas definidas pelos centros dos furos.

"Linhas de centragem" são linhas paralelas aplicadas (normalmente por impressão ou desenho) ao material de partida, normalmente mas não necessariamente em duas direcções paralelas à MD e à TD, respectivamente. As linhas de centragem são usadas apenas para trabalho experimental e não são normalmente usadas em produção corrente.

"Passo" é a distância do centro de um furo ao centro do furo seguinte na direcção indicada.

Quando são considerados os furos no material de partida numa disposição de hexágonos cujos vértices estão

alinhados na direcção do estiramento, o "passo de vértice" do hexágono é a distância desde o centro de um furo ao centro do furo oposto na direcção do estiramento (nas Figuras 7 e 8, referidas mais adiante, esta distância é de 18,5 mm e 20,38 mm, respectivamente), o "passo diagonal" é a distância correspondente entre os respectivos pares de outros furos diagonalmente opostos, o "passo maior" é a distância na direcção de estiramento entre os centros de dois furos adjacentes que estão alinhados na direcção de estiramento (nas Figuras 7 e 8, referidas mais adiante, esta distância é de 10,5 mm e 11,52 mm, respectivamente), o "passo menor" é a distância na direcção de estiramento entre o centro do furo terminal do hexágono e os centros dos dois furos seguintes do hexágono considerada na direcção de estiramento (nas Figuras 7 e 8, referidas mais adiante, esta distância é de 4 mm e 4,43 mm, respectivamente).

O termo "material particulado" inclui rochas, pedras, cascalho miúdo, areia, terra, barro, agregado suportado por uma camada de ligação tal como asfalto ou cimento, betão ou qualquer outro material coesivo ou particulado usado em construção ou engenharia geotécnica. O termo "solo" ou agregado tal como são aqui usados têm o mesmo significado que "material particulado".

Uma "geogrelha biaxial convencional comparável" é uma geogrelha biaxial convencional feita por estiramento de um material de partida de folha de plástico estirando-o biaxialmente, o material de partida sendo o mesmo material

plástico e a geogrelha tendo o mesmo peso por unidade de área e a mesma dimensão de malha quando medida pela passagem de uma esfera através das malhas. Todavia, a experiência do uso de solo ou partículas de agregado que são encontradas na prática sugere que, para certos materiais particulados, para estrita comparabilidade com malhas quadradas ou rectangulares, a dimensão das malhas triangulares deve ser um pouco menor do que a indicada por essa esfera.

#### Características preferidas

As reivindicações dependentes dão a conhecer características preferidas e/ou opcionais do invento. Nas geogrelhas uniaxiais, os filamentos inclinados estendem-se fazendo um ângulo substancial com a direcção MD, o qual pode ser mais de 3°, 4° ou 5° e é preferivelmente menor que cerca de 7,5°. De preferência, as geogrelhas devem ser substancialmente simétricas em torno dos eixos MD e TD e em torno de outros eixos. De preferência, todos os filamentos orientados são de comprimento substancialmente igual e têm, de preferência, razões de estiramento nos pontos centrais dos filamentos mesmo que as razões de estiramento global (ponto central da junção a ponto central da junção) possam não ser substancialmente iguais. Na geogrelha preferida há três conjuntos de elementos tensesis contínuos, formando malhas triangulares. No método da reivindicação 22, num sentido geral, se cada hexágono no material de partida é posicionado de modo que dois furos opostos delineando o hexágono estão substancialmente alinhados na MD, a geogre-

lha terá filamentos TD mas não filamentos MD - haverá dois conjuntos de filamentos (isto é, de elementos tensesis) a aproximadamente  $30^\circ$  com a MD, formando malhas triangulares com a referida junção em cada canto.

O método da reivindicação 35 fornece uma maneira de obter, numa grelha orientada biaxialmente, filamentos orientados que definem formas de hexágono regular. Quando é usado o método da reivindicação 17, no estiramento descobriu-se que se os hexágonos forem hexágonos regulares, há uma tendência para os filamentos orientados inclinados entrando em lados opostos de uma junção estarem ligeiramente desviados, isto é, não estarem perfeitamente alinhados. Isto deu uma ligeira redução da resistência. Descobriu-se que este desalinhamento pode ser reduzido ou eliminado se no material de partida os ângulos de qualquer hexágono não forem iguais se bem que todos os lados do hexágono possam ser substancialmente iguais. Num arranjo, os hexágonos estão ligeiramente encurtados na MD, de maneira que o passo de vértice MD é menor do que o passo diagonal. A razão mínima entre o passo de vértice MD e o passo diagonal é preferivelmente cerca de 0,75:1 ou 0,8:1 e a razão máxima é preferivelmente cerca de 0,95:1 ou cerca de 0,9:1, sendo uma razão adequada a razão de cerca de 0,85:1. Posto de outro modo e dando valores ligeiramente diferentes, a razão mínima pode ser cerca de 1:1,1 ou 1:1,14 e a razão máxima pode ser cerca de 1:1,3 ou 1:1,23, sendo um valor preferido 1:1,17. Outra maneira de determinar a diferença entre o hexágono preferido e o hexágono regular é considerar a

razão entre o passo MD maior e o passo MD menor. Um hexágono regular dá uma razão de 2:1. Num processo experimental, a razão entre o passo MD maior e o passo MD menor foi variada e o passo TD foi variado com o fim de conservar as mesmas larguras da zona de formação. Descobriu-se que uma razão dentro da gama de cerca de 2,1:1 a cerca de 3,2:1 fornecia uma geogrelha razoavelmente regular com filamentos mais ou menos alinhados, se bem que a produção dessa geogrelha fosse possível nos extremos da gama; foi obtido um alinhamento substancial numa geogrelha numa gama de razão de cerca de 2,5:1 a cerca de 2,7:1. A razão preferida foi de 2,6:1. No extremo superior da gama (perto de 3,2:1), ocorreu um desvio das nervuras inclinadas devido ao alargamento da junção, isto é, a junção tem uma dimensão maior na TD do que na MD. A extensão geométrica foi 0,4% num exemplo em que a razão era 3,3:1 (mesmo acima da gama preferida). No extremo inferior da gama (perto de 2,1:1), ocorreu um desvio das nervuras inclinadas devido ao estreitamento da junção, isto é, a junção tem uma dimensão maior na MD que na TD. A extensão geométrica foi 0,3% num exemplo em que a razão era 2:1 (imediatamente abaixo da gama preferida).

Quando é usado o método da reivindicação 27 ou 33, é preferido que durante o estiramento as zonas enfraquecidas tenham uma percentagem de redução nos seus pontos centrais que seja pelo menos duas, três ou quatro vezes a redução nas zonas não enfraquecidas.

Quando feitas pela orientação de material de par-

tida de folha de plástico, qualquer material plástico adequado pode ser usado, tal como polipropileno ou polietileno de alta densidade, se bem que materiais plásticos diferentes tenham comportamentos de estiramento diferentes. De preferência, o material de partida é estritamente uniplanar, o que pode ser alcançado mediante a extrusão do material de partida e punçoamento. Todavia, podem ser obtidos resultados satisfatórios com qualquer material de partida substancialmente uniplanar.

Para geogrelhas biaxiais, a prática normal é levar a cabo os estiramentos sequencialmente e realizar o primeiro estiramento na MD porque se verificou vir a originar um produto mais uniforme e susceptível de controlar. Em produção, o estiramento MD pode ser realizado usando rolos de estiramento e o segundo, estiramento TD usando um esticador. Todavia, é possível realizar o primeiro estiramento na TD mas o produto é menos regular porque alguns filamentos MD começam a alongar-se e todas as zonas de formação de filamentos são afectadas durante o primeiro estiramento. Se puder ser concebido um esticador adequado, será possível realizar simultaneamente ambos os estiramentos.

Na geogrelha biaxial executada pela acção de orientar biaxialmente um material de partida de folha de plástico o qual é dotado com furos, é preferido que em substancialmente cada junção, a bifurcação entre filamentos adjacentes seja orientada na direcção que passa próximo da bifurcação, pelo que há uma orientação contínua a partir do

bordo de um filamento, próximo da bifurcação e até ao bordo do filamento adjacente. É preferido que o centro de substancialmente cada junção seja orientado mas substancialmente menos orientado que os pontos centrais dos filamentos, e seja preferencialmente orientado biaxialmente. O centro de substancialmente cada junção é preferivelmente reduzido em espessura em pelo menos cerca de 20%.

Na prática, é impossível ter um controlo preciso da uniformidade da estrutura final. Todavia, para geogrelhas biaxiais é desejável, não só por razões estéticas, mas também para uma resistência multidireccional melhorada, produzir uma estrutura em que os triângulos das malhas sejam substancialmente equiláteros, isto é, em que os ângulos entre os elementos tênséis de três séries sejam substancialmente  $60^\circ$ . Todavia, podem ser escolhidos ângulos que não de  $60^\circ$  para certas aplicações, por exemplo quando se exerce um esforço unidireccional. Essas estruturas não uniformes podem ser proporcionadas por meio de um padrão de punçoamento modificado ou por um estiramento TD reduzido, ou mesmo pela aplicação de um estiramento TD maior para dar mais cobertura em TD.

Os furos podem ser de qualquer forma adequada, tal como circular, rectangular ou hexagonal, e na Figura 31 do documento GB 2 256 164 A são especificamente divulgadas formas adequadas. Quando há zonas enfraquecidas tal como nas reivindicações 27 ou 33, os furos ou zonas podem ser igualmente de qualquer forma adequada, incluindo a forma

alongada das ranhuras do documento GB 2 128 132 A. A razão entre a distância de separação dos centros de furos adjacentes e a largura dos furos medida ao longo da linha que liga os centros é preferivelmente não menos que cerca de 1,15:1 ou 1,4:1 ou 1,5:1 e não maior que cerca de 3:1, se bem que isto dependa da escolha do material plástico.

As estruturas não precisam de ser totalmente uniformes, e podem ser usados arranjos especiais mostrados, por exemplo, nos documentos GB 2 108 896 A ou GB 2 034 240 A ou, por exemplo, podem ser consolidadas junções tal como é mostrado nas Figuras 7b e 7d do documento GB 2 295 353 A. Todavia, a estrutura estender-se-á substancialmente de bordo a bordo e de extremo a extremo da geogrelha, e haverá uma multiplicidade dos referidos elementos tensesis em cada conjunto referido. Em geral, nas geogrelhas uniaxiais é preferido que as barras transversais estejam interligadas apenas por filamentos inclinados e nas geogrelhas biaxiais é preferido que substancialmente todas as uniões (excepto por exemplo nos lados e nos extremos da geogrelha) liguem o mesmo número de filamentos, de preferência seis. Na geogrelha biaxial, é preferido que os elementos tensesis de cada conjunto se encontrem substancialmente em cada junção.

Os hexágonos referidos não têm de preferência quaisquer furos no interior do hexágono sem ser as partes dos furos que delineiam a forma do hexágono. Todavia, é possível colocar pequenos furos nos centros dos hexágonos, de modo que estarão presentes pequenos furos nos centros

das junções das geogrelhas biaxiais. Não obstante, se os furos forem demasiado grandes, as geogrelhas do invento não serão produzidas de modo que os furos pequenos devam ser substancialmente menores que os furos na disposição hexagonal.

#### Modos de Realização Preferidos

O invento irá ser descrito de uma maneira mais pormenorizada, a título de exemplo, com referência aos desenhos anexos, em que:

a Figura 1 é uma vista em planta de uma parte de um primeiro material de partida;

a Figura 2 é uma vista em planta de uma geogrelha feita do material de partida da Figura 1;

a Figura 3 corresponde à Figura 2 mas mostra um exemplo da espessura da geogrelha uniaxial;

a Figura 4 é uma vista em planta de uma geogrelha biaxial feita a partir do material de partida da Figura 1;

a Figura 5 é a mesma que a Figura 4 mas mostra um exemplo da espessura da geogrelha biaxial;

a Figura 6 é uma vista em perspectiva isométrica que ilustra o uso de barras de restrição;

a Figura 7 mostra as dimensões do material de partida num primeiro exemplo;

a Figura 8 mostra as dimensões do material de partida num segundo exemplo;

a Figura 9 é uma vista em planta de uma parte de um outro material de partida;

a Figura 10 é uma vista em planta de uma geogrelha uniaxial feita a partir do material de partida da Figura 9;

a Figura 11 é uma vista em planta de uma geogrelha biaxial feita a partir do material de partida da Figura 9;

a Figura 12 é a mesma que a Figura 11 mas mostra um exemplo da espessura da geogrelha;

a Figura 13 é um gráfico da deflexão angular ( $^{\circ}$ ) contra o binário de torção (Nm) num ensaio de rigidez torsional num plano, para a grelha biaxial do Exemplo 2 (ponteados circulares) e para uma geogrelha convencional comparável (ponteados quadrados);

a Figura 14 é um diagrama polar da resistência à rotura quando ensaiada a vários ângulos, o círculo exterior

representando uma força de 36 kN/m, a linha grossa representando a geogrelha biaxial e a linha fina representando uma geogrelha biaxial convencional, comparável;

a Figura 15 é um diagrama polar correspondente ao da Figura 14, mas mostrando o módulo secante (rigidez) à carga máxima, o círculo exterior representando 6 kN/m;

a Figura 16 corresponde à Figura 14, mas mostrando a resistência da grelha a uma deformação de 2%, o círculo exterior representando uma carga de 18 kN/m; e

a Figura 17 é um gráfico da deflexão contra a força da geogrelha do Exemplo 2 (ponteados circulares) e para uma geogrelha convencional comparável (ponteados quadrados) quando é aplicada uma carga a uma junção central de uma amostra que é fixada com grampos ao longo de toda a sua periferia.

#### Figuras 1 a 6 - Primeiro Modo de Realização

Num processo, o material de partida 1 mostrado na Figura 1 é estritamente uma folha de material plástico uniplanar, obtida por extrusão, tendo faces planas paralelas planas. Os furos 2 foram punçoados numa disposição de hexágonos 3 de forma e dimensões substancialmente idênticas de modo que substancialmente cada furo 2 esteja num canto de cada um dos três hexágonos 3. Para fins experimentais, as linhas de centragem 4 são mostradas impressas na área central da parte do material de partida 1 representada.

O material de partida 1 foi aquecido e foi aplicado um primeiro estiramento na MD teórica, isto é, numa direcção substancialmente paralela aos lados MD dos hexágonos 3 indicados na Figura 1, usando grampos paralelos que engatam nas zonas de bordo do material de partida 1 e que depois são puxados linearmente no sentido de se afastarem uns dos outros. Embora sejam usados grampos simples, os termos MD e TD são usados por conveniência. Devido à configuração resistente do material de partida 1, o primeiro estiramento estirou as zonas de formação de filamentos 5 entre furos adjacentes nos lados MD dos hexágonos 3 para formar filamentos orientados 6 a partir destas zonas 5 (ver Figura 2 que mostra o material uniaxial 7), os filamentos 6 interligando barras 6' orientadas na TD. Uma comparação das linhas de centragem 4' mostrada na Figura 2 com as linhas de centragem 4 mostradas na Figura 1 mostra que os centros de junção no material uniaxial 7 da Figura 2 foram ligeiramente estirados e orientados na MD. Tal como é mostrado pelas linhas sombreadas na Figura 2 (mostradas apenas na parte de cima da figura), as extremidades dos filamentos 6 inclinam-se para cima nas junções, formando reentrâncias em torno do ponto 15 e deixando uma zona espessa 16 na bifurcação entre filamentos adjacentes 6. Os filamentos 6 interligam-se com as barras TD 6', os filamentos 6 estendendo-se num ângulo substancial em relação à MD (cerca de  $5,5^\circ$ ) e alternam filamentos 6 através da largura da geogrelha uniaxial 7 sendo inclinados em relação à direcção MD mediante ângulos iguais e opostos, não havendo substancialmente

filamentos MD. Entre as localizações 6" onde os filamentos 6 encontram a barra 6', a barra 6' é não orientada e, nas localizações 6", a barra 6 é ligeiramente orientada na MD de maneira que a orientação dos filamentos 6 se estende através da barra 6' até aos filamentos 6 do outro lado da barra 6'. O primeiro estiramento (MD) ditou a distância que eventualmente se converterá na dimensão "através das partes planas" do hexágono definido pelos filamentos orientados na geogrelha final, isto é, a distância desde o ponto central de um filamento orientado até ao ponto central do filamento orientado no lado oposto do respectivo hexágono formado pelos filamentos orientados na geogrelha.

A geogrelha uniaxial 3 foi então libertada dos grampos, a posição dos grampos foi ajustada e a geogrelha 7 foi rodada de 90° e as outras duas zonas de bordo agarradas pelos grampos. Foi então aplicado um estiramento teórico "TD" ao material uniaxial aquecido 7 para alongar as zonas de formação de filamentos 8 nos restantes lados dos hexágonos 3, entre os furos adjacentes 2 que estão nos lados dos hexágonos 3 paralelos à MD. As zonas 8 formaram os filamentos orientados 9 (ver Figura 4 que mostra o produto biaxial ou geogrelha 10) enquanto os filamentos 6 foram rodados para a sua posição final inclinada e foram depois estendidos. Como pode ver-se na Figura 4, as partes centrais dos hexágonos originais 3 formaram junções 11 cada uma delas interligando seis filamentos orientados 6, 9 numa estrutura em que substancialmente cada filamento 6, 9 (cada filamento 6, 9 excepto nos lados e nas extremidades da geogrelha) tem

cada extremidade ligada a uma junção 11 e grupos de três filamentos 6, 9 formam malhas triangulares com uma junção 11 em cada canto. Tal como foi considerado na TD, filamentos inclinados alternados 6 estão inclinados em relação à TD mediante ângulos iguais e opostos. Na geogrelha 10 há três conjuntos ou séries de elementos tênséis substancialmente paralelos que passam através da geogrelha 10, tal como está indicado pelas linhas a traço-ponto 12, 13 e 14, respectivamente na TD, a  $-30^\circ$  com a MD e a  $+30^\circ$  com a MD. Cada elemento tênsil 12, 13 e 14 é formado por uma sucessão de filamentos substancialmente alinhados 6 ou 9 e pelas respectivas junções 11 ligando os filamentos 6 ou 9.

Tal como é mostrado pelas linhas a sombreado na Figura 4 (mostradas só na parte de cima da Figura), cada filamento 6 ou 9 forma uma reentrância 15 onde ela entra na junção 11 e a bifurcação 16 entre filamentos adjacentes 6 ou 9 foi estirada de maneira que há uma orientação contínua desde o bordo de um filamento 6 ou 9, em torno da bifurcação 16 e até ao bordo do filamento adjacente 6 ou 9. A razão de estiramento no meio dos filamentos 6 ou 9 pode ser cerca de 9:1 mas, com o fim de obter ângulos próximos de ângulos perfeitos de  $60^\circ$  entre os filamentos 6 ou 9, deve ser aplicada uma razão de estiramento ligeiramente menor aos filamentos em TD do que aos filamentos inclinados 6. A redução em espessura dos centros dos filamentos 6, 9 é de aproximadamente 75%, mas com folhas iniciais mais grossas deve ser aplicado mais estiramento para obter a mesma percentagem de redução de espessura.

Uma comparação das linhas de centragem 4" do produto biaxial ou geogrelha 10 da Figura 4 com as linhas de centragem 4' do produto biaxial ou geogrelha 7 da Figura 2 mostra que os centros das junções 11 foram estirados muito ligeiramente ou orientados na TD e foram adelgaçados muito ligeiramente. Assim, os centros de junção têm uma orientação ligeiramente biaxial. Em geral, é preferível alguma redução dos centros de junções 11, digamos até um máximo de 20% de redução de espessura, mas o estiramento não deve de modo algum erodir através da junção 11. O sobrestiramento na MD faz com que dois filamentos MD 9 actuem como um único e empurrem um só filamento para fora da junção 11 de maneira que a junção 11 é desgastada e é produzida uma estrutura de filamentos desviados. O sobrestiramento na TD desgasta a junção 11 e produz um hexágono irregular na geogrelha biaxial.

Descobriu-se que o estiramento extra dos filamentos inclinados 6 durante o estiramento TD pode provocar distorção indesejada na geogrelha biaxial 10 quando os grampos são soltos. Na libertação dos grampos, os filamentos inclinados 6 relaxam-se (a geogrelha 10 encolhe-se um pouco na MD) e o encolhimento resultante TD dos filamentos inclinados 6 é maior do que o encolhimento dos filamentos TD 9, de maneira que os filamentos TD 9 deformam-se. Isto pode ser evitado permitindo que a geogrelha 10 se relaxe na MD antes dos grampos serem removidos. Para o estiramento TD, foram juntas barras de restrição rígidas 17 a cada par-

te terminal MD do material uniaxial 7, de maneira que o material uniaxial 7 é estirado na TD mas fica restringido na MD.

A Figura 6 mostra uma parte terminal de MD do material uniaxial 7. Devido ao posicionamento dos grampos para o estiramento MD, as duas últimas filas de furos 2 são num material que não é estirado. Tal como é mostrado, são efectuadas fendas 18 na parte mais extrema do material 7 até à segunda fila de furos 2. As barras de restrição 17 têm colares deslizantes 19 que podem ser imobilizados em posição e que são portadores de cavilhas 20 que se projectam de forma saliente. A barra de restrição 17 mais próxima é mostrada antes da fixação com o fim de revelar a disposição do colar 19 e da cavilha 20. Na outra extremidade, as barras de restrição 17 têm colares 19 e cavilhas 20 semelhantes que contactam da mesma maneira com a parte terminal do material 7. As barras de restrição 17 podem estar alternadamente acima do material 7 e as outras barras de restrição 17 abaixo do material 7, como mostrado, ou todas as barras de restrição 17 podem estar acima do material 7 se houver espaço suficiente. Quando é aplicado o estiramento TD, as barras de restrição 17 movem-se em separado mas mantêm-se substancialmente paralelas, e impedem o encolhimento MD do material 7 quando ele se transforma numa geogrelha biaxial 10.

Imediatamente após o estiramento TD, enquanto a geogrelha 10 ainda estava quente, as partes terminais MD da geogrelha biaxial 10 foram cortadas para as libertar das

barras de restrição 17, e a parte central arqueou-se enquanto a parte central se encurtou na MD. Os grampos foram então soltos embora a geogrelha 10 ainda estivesse quente. Não houve empenamento dos filamentos TD 9.

Se houver uma grande distância entre os grampos, a uniformidade do estiramento do filamento 9 em TD pode ser melhorada "ranhurando" as respectivas zonas de formação de filamentos 8 tal como descrito no documento GB 2 128 132 A com as ranhuras estendendo-se na MD entre os dois furos que definem os lados da zona de formação de filamentos 8.

#### Figura 7 e Exemplo 1

A Figura 7 é uma vista ampliada da parte do material de partida 1 da Figura 1 e indica os passos (as distâncias entre centros) dos furos 2. A folha de partida 1 era nominalmente de polipropileno de 4,7 mm de espessura com 2% de aditivo de negro de fumo e a dimensão do punção para os furos foi de 5 mm de diâmetro. Ver-se-á que os hexágonos 3 não têm lados de igual comprimento mas estão ligeiramente encurtados na MD e, em cada hexágono 3 a razão da distância entre os centros de dois furos opostos 2 no eixo MD do hexágono 3 (18,5 mm) e a distância entre os outros pares restantes de furos opostos 2 (21,7 mm) é 0,85:1 (ou 1:1,17). A razão maior passo MD: menor passo MD é 2,625:1. A razão entre o afastamento dos centros de dois furos adjacentes e o diâmetro dos furos é 2,1:1 e 2,06:1, respectivamente.

O material de partida 1 foi submetido a um primeiro estiramento (MD teórica) até uma razão de estiramento global de 3,86:1, e foi-lhe permitido relaxar-se até atingir uma razão de estiramento de 3,79:1. Este produziu o produto uniaxial 7 geralmente ilustrado na Figura 2 e do qual uma parte está especificamente ilustrada na Figura 3 com espessuras em mm sendo indicadas em vários pontos. O produto uniaxial 7 ilustrado da Figura 2 foi submetido a um segundo estiramento (TD teórica) (com restrição em MD usando as barras de restrição 17 anteriormente referidas) até uma razão de estiramento global de 3,4:1, e foi-lhe permitido relaxar-se até atingir uma razão de estiramento final de 3,34:1. Isto produziu a geogrelha biaxial geralmente ilustrada na Figura 4 e da qual uma parte está especificamente ilustrada na Figura 5 com espessuras em vários pontos e outras duas dimensões sendo indicadas em mm. A distância final centro de junção-centro de junção na Figura 5 é cerca de 63,5 mm e as razões de estiramento globais finais são 3,79:1 e 3,34:1, na MD e TD, respectivamente. Os pontos médios das junções 11 adelgaçaram-se aproximadamente 10% durante os dois estiramentos. 85 a 90% do estiramento total dos filamentos inclinados foi aplicado durante o estiramento MD, sendo o restante aplicado durante o estiramento TD. A extensão geométrica e o deslocamento lateral relativo foram quase zero.

Em cada estiramento, a temperatura de estiramento foi de 120 °C, e a velocidade de estiramento foi até 300 mm/min no laboratório (na produção deverão ser usadas velocidades muito mais altas).

Figura 8 e Exemplo 2

A Figura 8 corresponde à Figura 7, mas as dimensões são diferentes, como se indica na Figura 8. Os hexágonos 3' têm lados de igual comprimento. A dimensão de punçoamento para os furos 2' foi outra vez 5 mm de diâmetro. A razão entre a distância de afastamento entre os centros de dois furos adjacentes 2 e a largura dos furos 2, quando medida ao longo da linha que liga os centros, é 2,30:1. Outros parâmetros foram:

Espessura da folha de partida - 4,7 mm;

Maior passo MD: menor passo MD - 2,6:1;

Distância MD entre linhas de centros de barras adjacentes 6' após o primeiro estiramento - 60 mm.

Distância centro de junção/centro de junção em TD após o primeiro estiramento (após relaxamento) - 21,3 mm;

Distância centro de junção/centro de junção em TD após o segundo estiramento (após relaxamento) - 69,3 mm;

Razão de estiramento MD intermédio (antes do relaxamento) - 3,82:1;

Razão de estiramento TD intermédio (antes do

relaxamento) - 3,31:1 (incluindo tolerância de relaxamento);

Razão de estiramento MD final (após relaxamento)  
- 3,76:1;

Razão de estiramento TD final (após relaxamento)  
- 3,26:1;

Peso da geogrelha biaxial final - 332 gm<sup>2</sup>;

Tamanho da abertura na geogrelha biaxial final - apenas o suficiente para permitir que passe através dela uma esfera com 37 mm de diâmetro.

Extensão geométrica e deslocamento lateral relativo - quase zero.

Em ambas as operações de estiramento em MD e TD realizou-se um ligeiro sobrestiramento para permitir algum relaxamento na geogrelha antes que ela atingisse as dimensões finais correctas.

Amostras de dimensões aproximadas 350 mm x 350 mm com uma intersecção no centro foram fixadas por meio de grampo em redor das suas periferias usando um grampo quadrado. Os quatro (geogrelha biaxial convencional comparável) ou seis (o invento) filamentos que irradiam a partir do centro de intersecção foram fixados por meio de grampo tão perto quanto possível da junção 11. O grampo central

foi rodado em relação ao grampo perimétrico com o fim de determinar a rigidez torsional no plano. A Figura 12 apresenta os resultados. O módulo torsional pode ser obtido como  $0,65 \text{ Nm/}^\circ$ . O resultado é aproximadamente 65% mais alto que o resultado para uma geogrelha biaxial convencional comparável ensaiada nas mesmas condições.

As Figuras 14 a 16 são diagramas polares que representam a carga de rotura, o módulo secante à carga máxima e a resistência a 2% de deformação da geogrelha do Exemplo 2. Nos diagramas polares, o eixo  $0^\circ$  é a MD teórica.

Nas Figuras 14 a 16, a resposta da geogrelha biaxial convencional comparável é caracterizada por quatro picos distintos, a  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  e  $270^\circ$ , correspondendo às MD e TD teóricas. A Figura 14 mostra que nas direcções MD e TD, a carga de rotura da geogrelha biaxial do Exemplo 2 é menor do que o da geogrelha biaxial convencional comparável, mas a carga de rotura da geogrelha biaxial do Exemplo 2 a ângulos intermédios é muito maior do que o da geogrelha biaxial convencional comparável. Pensa-se que o facto da carga de rotura da geogrelha biaxial do Exemplo 2 ser maior na MD do que na TD é devido à razão de estiramento mais alta na MD comparada com a razão de estiramento na TD, de maneira que os filamentos inclinados são mais fortes que os filamentos TD (em todas as direcções de ensaio, está envolvido pelo menos um filamento inclinado e na MD estão envolvidos dois filamentos inclinados). Na Figura 15 há picos do módulo secante da geogrelha biaxial do Exemplo 2 nas direcções alinhadas com os filamentos. A Figura 16 indica a

menor resistência da geogrelha biaxial do Exemplo 2 em todas as direcções alinhadas com os filamentos. Nas direcções  $0^\circ$  e  $180^\circ$ , a resistência é a mesma que para a geogrelha biaxial convencional comparável, e é apenas ligeiramente menor nas direcções  $90^\circ$  e  $270^\circ$ .

Aparte as características de propriedade multidireccional da geogrelha biaxial do Exemplo 2 ilustradas nas Figuras 14 a 16, o potencial de adequação total pode ser comparado considerando as áreas no interior das respectivas curvas. Para a Figura 13, a área no interior da curva para a geogrelha biaxial do Exemplo 2 é aproximadamente 70% maior do que a área no interior da curva para a geogrelha biaxial convencional comparável. Os valores correspondentes para as Figuras 15 e 16 são cerca de 400%.

A Figura 17 mostra a deflexão da geogrelha biaxial do Exemplo 2 comparada com a de uma geogrelha biaxial convencional comparável. A dimensão da amostra foi  $350 \text{ mm} \times 350 \text{ mm}$  e a periferia da amostra foi fixada por meio de grampo tal como anteriormente. Contudo, uma carga normal ao plano da amostra foi aplicada ao centro de intersecção e a deflexão medida. A geogrelha biaxial do Exemplo 2 é mais rígida do que a geogrelha biaxial convencional.

#### Figuras 9 a 11 - Segundo Modo de Realização

Num ensaio de laboratório, o material de partida 21 mostrado na Figura 9 era uma folha de material plástico extrudido uniplanar tendo faces planas paralelas. Foram

realizados furos 22 numa grelha rectangular cujos eixos se estenderam na MD teórica e na TD teórica. Utilizando um ranhuramento (formação de depressões sem remoção de material quando o material plástico está a uma temperatura abaixo do limite inferior da sua gama de fusão - há uma descrição de ranhuramento no documento GB 2 128 132 A) foram formadas zonas enfraquecidas 23 entre pares alternados de furos adjacentes em cada linha MD, as zonas enfraquecidas 23 sendo desfasadas entre linhas MD adjacentes de modo que uma zona enfraquecida 23 numa linha MD estava adjacente a uma zona não enfraquecida 24 nas linhas MD adjacentes em cada um dos lados. O ranhuramento foi aplicado usando uma ferramenta tendo faces inclinadas e uma extremidade arredondada, como uma ponta de cinzel, e estendendo-se desde um furo 22 até ao furo adjacente, sendo o ranhuramento aplicado quando o material de partida 21 estava frio.

Foi aplicado um primeiro estiramento na MD, e alongadas as zonas 25 entre furos adjacentes em cada linha TD para formar filamentos orientados 26 a partir dessas zonas 25, os filamentos 26 interligando barras TD 27 (ver Figura 10 que mostra o material uniaxial 28). Nas barras TD, entre as localizações 29 onde os filamentos 26 encontram a barra 27, a barra 27 estava não orientada e, nas localizações 29, a barra 27 estava ligeiramente orientada na MD de forma tal que a orientação dos filamentos 26 se estendeu através da barra 27 até aos filamentos 26 do outro lado da barra.

Foi então aplicado um estiramento TD ao material uniaxial 28, para alongar as zonas enfraquecidas 23 para formar filamentos orientados 30 sem alongar as zonas não enfraquecidas 24 na mesma extensão em que as zonas enfraquecidas 23 foram estiradas. Desta maneira, as zonas não enfraquecidas 24 formaram junções 31, cada uma das quais interliga seis dos filamentos orientados 26, 30 e formando uma estrutura geralmente como a da Figura 4, se bem que os filamentos diagonais 26 estão desviados nas junções 31 porque as junções 31 estão estendidas na TD. Os eixos dos filamentos inclinados 26 estão aproximadamente a  $14^\circ$  com a MD. Cada junção 31 tem duas zonas mais espessas interligadas por uma zona mais fina (ver o exemplo da Figura 12). Nos pontos centrais dos filamentos 30, as zonas enfraquecidas 23 têm uma redução de espessura de cerca de 78% enquanto que nos pontos centrais das junções 31 as zonas não enfraquecidas têm uma redução de espessura de cerca de 17%, a primeira redução sendo cerca 4, 6 ou 4,65 vezes a última. Na prática, os elementos tensesis formados pelo filamento diagonal 26, junção 31, filamento diagonal 26 e assim por diante em sequência, são efectivamente rectilíneos porque na aplicação do esforço têsnil ao longo de todo o comprimento, a "cedência" na estrutura é desprezável. Há alguma rotação das junções 31 mas elas estão restringidas pelo resto da estrutura.

#### Figura 12 e Exemplo 3

A espessura da folha de partida, material e dimensão do punção foram os do Exemplo 1. O passo MD teóri-

co foi 10,5 mm e o passo TD teórico 9,5 mm. O punção para formar as ranhuras 23 tinha um ângulo inscrito de 116° com uma ponta arredondada, e foi aplicado a cada face do material 21 a uma profundidade de 16% da espessura da folha, dando um ranhuramento total de 32% da espessura da folha. As razões de estiramento MD e TD foram respectivamente 4,00:1 e 2,21:1. A Figura 12 indica, em mm, as espessuras dos vários pontos no produto. A extensão geométrica foi 2,3%. O deslocamento lateral relativo foi 11,8%.

#### Geral

Com exceção dos casos em que o contexto indique claramente o contrário, ao longo da descrição e das reivindicações, as palavras "compreender" e semelhantes são usadas num sentido inclusivo em oposição a um sentido exclusivo ou exaustivo, quer dizer, no sentido de "incluindo, mas não limitado a".

O presente invento foi aqui anteriormente descrito puramente a título de exemplo, e podem ser feitas modificações sem se sair do âmbito das reivindicações anexas.

Lisboa, 22 de Agosto de 2007

## REIVINDICAÇÕES

1. Estrutura de malha (7) realizada por estiramento e orientação de um material de partida em material plástico (1) que está dotado com uma rede de furos (2), a estrutura de malha compreendendo elementos transversais (6') interligados por meio de filamentos orientados de maneira substancialmente rectilínea (6), pelo menos certos filamentos estendendo-se desde um elemento transversal (6') até ao próximo segundo um ângulo substancial relativamente à direcção (MD), em ângulos rectos relativamente aos elementos transversais (6') e dispondo alternadamente esses filamentos inclinados (6) ao longo da largura da estrutura de malha sendo inclinados em relação à referida direcção (MD) segundo ângulos iguais e opostos, **caracterizada por** a estrutura de malha ser uma geogrelha (7), **por** a geogrelha (7) ter sido orientada uniaxialmente e os elementos transversais serem barras (6') e **por** a orientação de cada filamento inclinado (6) se estender geralmente na direcção de estiramento (MD) ao longo da respectiva barra (6') até ao respectivo filamento inclinado (6) no outro lado da barra (6').

2. Estrutura de malha (7) de acordo com a reivindicação 1, em que as barras (6') estão interligadas somente por filamentos orientados (6) os quais não se estendem numa direcção em ângulos rectos relativamente às barras (6').

3. Estrutura de malha (7) de acordo com a reivindicação 2, em que os filamentos (6) de cada par de filamentos inclinados adjacentes (6) se encontram numa posição imediatamente adjacente à respectiva barra (6').

4. Estrutura de malha (7) de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, em que entre as localizações (6") onde os filamentos (6) encontram a barra (6'), a barra (6') é não orientada e, nas localizações onde os filamentos encontram a barra, a barra (6') é ligeiramente orientada numa direcção que forma ângulos rectos relativamente à barra (6').

5. Estrutura de malha (7) de acordo com a reivindicação 4, em que, entre as localizações (6") onde os filamentos encontram a barra, as barras (6') apresentam uma estrutura que é similar através da geogrelha.

6. Estrutura de malha (10) realizada estirando e orientando biaxialmente um material de partida em material plástico (1, 21) que está dotado com uma rede de orifícios (2, 22), a estrutura de malha (10) compreendendo um primeiro conjunto de filamentos orientados de maneira substancialmente rectilínea (6, 26) estendendo-se segundo um ângulo agudo relativamente à primeira direcção (MD), um segundo conjunto de filamentos orientados de maneira substancialmente rectilínea (6, 26) estendendo-se segundo um ângulo agudo relativamente à primeira direcção (MD) e, numa

segunda direcção (MD) que forma um ângulo recto relativamente à primeira direcção (MD), filamentos inclinados (6, 26) dos dois conjuntos dispostos alternadamente sendo inclinados relativamente à primeira direcção (MD) segundo ângulos substancialmente iguais e opostos, outros filamentos orientados de maneira substancialmente rectilínea (9, 30) estendendo-se segundo a referida segunda direcção (TD), e junções (11, 31) interligando, cada uma delas, quatro dos filamentos orientados inclinados (6, 26) e dois dos filamentos suplementares orientados (9, 30), **caracterizada por** a estrutura de malha ser uma geogrelha (7), e **por**, substancialmente ao nível de cada junção (11,31), a bifurcação entre cada par de filamentos adjacentes estar orientada na direcção que passa na vizinhança da bifurcação e assim ela ter uma orientação contínua desde o bordo do filamento da bifurcação, em redor da bifurcação e até ao bordo do filamento adjacente.

7. Estrutura de malha (10) de acordo com a reivindicação 6, em que não há filamentos orientados que se estendam substancialmente na primeira direcção (MD).

8. Estrutura de malha (10) de acordo com a reivindicação 6, em que há somente dois dos referidos conjuntos, pelo que as aberturas das malhas triangulares são formadas pelos filamentos inclinados (6, 26) e pelos filamentos suplementares (9, 30).

9. Estrutura de malha de acordo com qualquer

uma das reivindicações 6 a 8, em que as junções (31) compreendem duas zonas mais espessas cada uma delas ligando dois filamentos inclinados (26) e um filamento suplementar (30), e uma zona mais fina que interliga as duas zonas mais espessas.

10. Estrutura de malha de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 9, em que o ângulo entre o eixo de cada filamento inclinado (26) e a primeira direcção (MD) está entre cerca de  $10^\circ$  e cerca de  $20^\circ$ .

11. Estrutura de malha (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 9, em que o ângulo entre o eixo de cada filamento inclinado (6) e a primeira direcção (MD) é de cerca de  $30^\circ$ .

12. Estrutura de malha (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 11, em que a primeira direcção (MD) é a direcção da máquina.

13. Estrutura de malha (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 12, em que os filamentos inclinados (6, 26) e os filamentos suplementares (9, 30) fornecem três conjuntos de elementos tensores contínuos, substancialmente rectilíneos, paralelos e espaçados que se estendem através da geogrelha (7) e cada um dos quais compreende um filamento orientado (6, ou 9/26 ou 30), uma junção (11/31), um filamento orientado, uma junção, e assim por diante, cada junção (11/31) interligando respectivos

filamentos (6, 6 ou 9, 9/26, 26 ou 30, 30) do elemento de tensão e os filamentos do elemento tensor estando substancialmente alinhados uns com os outros, cada junção funcionando como uma junção para o elemento tensor de cada um dos conjuntos, um elemento tensor de cada um dos conjuntos realizando uma intersecção ao nível de cada junção.

14. Estrutura de malha de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 13 e executada pelo método de acordo com qualquer uma das reivindicações 27 a 34.

15. Método para realização de uma geogrelha num material plástico orientado (7), de acordo com a reivindicação 1, compreendendo o fornecimento de um material de partida de folha de matéria plástica (1) que tem dois furos (2) segundo uma rede de hexágonos (3) de formas e dimensões substancialmente idênticas, de tal maneira que substancialmente cada furo (2) esteja num canto de cada um dos três hexágonos (3), não estando no interior do hexágono (3) quaisquer furos de dimensão superior ou igual à dos furos mencionados em primeiro lugar (2), e aplicação de um estiramento para alongar as zonas de formação de filamentos entre furos adjacentes (2) nos lados dos hexágonos (3) e para formar filamentos orientados (6) a partir destas zonas, em que é aplicado um estiramento numa única direcção (MD) ao material de partida (1), formando por isso uma estrutura de malha (7) tendo barras (6') fazendo ângulos rectos com a direcção de estiramento (MD), interligadas pelos filamentos orientados (6), e o estiramento é aplicado

num grau tal que a orientação de cada filamento (6) se estende, de maneira geral, na direcção de estiramento (MD) ao longo da respectiva barra (6') até ao respectivo filamento (6) no outro lado da barra (6').

16. Método de acordo com a reivindicação 15, em que o estiramento é aplicado num grau tal que, entre as localizações (6") onde os filamentos (6) encontram a barra (6'), a barra (6') é não orientada e, nas localizações onde os filamentos encontram a barra, a barra (6') é ligeiramente orientada numa direcção que forma ângulos rectos relativamente à barra (6').

17. Método para execução de uma geogrelha num material de material plástico orientado biaxialmente (10), de acordo com a reivindicação 6, compreendendo o fornecimento de um material de partida de folha de matéria plástica (1) que tem dois furos (2) segundo uma disposição de hexágonos (3) de formas e dimensões substancialmente idênticas de maneira que substancialmente cada furo (2) esteja no canto de cada um de três hexágonos (3), não estando no interior do hexágono (3) quaisquer furos de dimensão igual ou superior à dos furos mencionados em primeiro lugar (2), e aplicação de um estiramento numa primeira direcção (MD) para alongar as zonas de formação de filamentos entre furos adjacentes (2) sobre os lados dos hexágonos (3) e para formar filamentos orientados (6) a partir destas zonas (5), e a aplicação de um estiramento numa segunda direcção (TD) substancialmente fazendo ângulos rectos com a referida pri-

meira direcção (MD), para alongar as zonas de formação de filamentos entre furos adjacentes (2) nos lados dos hexágonos (3) e formar filamentos orientados (6) a partir das últimas zonas, pelo que partes centrais dos hexágonos (3) formam junções (11) interligando os filamentos orientados (6, 9), em que o estiramento é aplicado num grau tal que a orientação dos filamentos (6, 9) se estende substancialmente no interior de cada junção (11), de maneira que substancialmente em cada junção (11), a bifurcação entre cada par de filamentos adjacentes (6,6 ou 9, 9) seja orientada na direcção que passa na vizinhança da bifurcação, e por isso há uma orientação contínua desde o bordo de um filamento, em redor da bifurcação e até ao bordo do filamento adjacente.

18. Método de acordo com a reivindicação 17, em que o estiramento na primeira direcção (MD) é aplicado numa direcção substancialmente paralela a dois lados dos hexágonos (3) a fim de alongar zonas (5) entre furos adjacentes (2) sobre os quatro lados restantes dos hexágonos (3), e o estiramento na segunda direcção (TD) alarga as zonas entre furos adjacentes (2) nos lados paralelos à primeira direcção (MD).

19. Método de acordo com a reivindicação 17 ou 18, em que o estiramento na referida segunda direcção (TD) não é executado antes do referido estiramento na referida primeira direcção (MD) e, durante este estiramento na referida segunda direcção (TD), é aplicado um constrangimento

ao material na referida primeira direcção (MD) e após o segundo estiramento, antes que seja permitido ao material relaxar-se na referida segunda direcção, o referido estrangimento é interrompido.

20. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 17 a 19, em que existem filamentos (9) que se estendem na referida segunda direcção (TD) e que são estirados segundo uma razão de estiramento mais fraca que as dos outros filamentos (6).

21. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 20, em que cada hexágono (3) é substancialmente simétrico em torno de um eixo que se estende na referida direcção de estiramento (MD) ou na referida primeira direcção (MD).

22. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 21, em que cada hexágono (3) está disposto de tal maneira que dois furos opostos (2) que delineiam o hexágono estão substancialmente alinhados na referida direcção de estiramento (MD) ou na referida primeira direcção (MD), e o estiramento na referida direcção de estiramento (MD) ou na referida primeira direcção (MD) é aplicado numa direcção substancialmente paralela a dois lados dos hexágonos (3), a fim alongar as zonas (5) entre furos adjacentes (2) nos restantes quatro lados dos hexágonos (3).

23. Método de acordo com qualquer uma das rei-

vindicações 15 a 22, em que os lados dos hexágonos (3) são todos substancialmente iguais, quando medidos entre os centros dos respectivos furos (2).

24. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 23, em que os vértices dos hexágonos estão alinhados na direcção de estiramento (MD) ou primeira direcção de estiramento (MD), e o passo dos vértices de cada hexágono (3) é menor que o passo diagonal.

25. Método de acordo com a reivindicação 24, em que a razão entre o passo maior do hexágono (3) e o passo menor do hexágono (3) é de cerca de 2,1:1 a cerca de 3,2:1.

26. Método de acordo com a reivindicação 24, em que a razão entre o passo maior do hexágono (3) e o passo menor do hexágono (3) é cerca de 2,6:1.

27. Método para realização de uma geogrelha num material plástico de acordo com a reivindicação 6, compreendendo o fornecimento de um material de partida de folha plástica (21) que comporta dois furos (22) numa disposição regular, os quais furos (22) definem zonas de formação de filamentos potenciais (24) que se estendem entre os respectivos furos (22), e o estiramento do material de partida numa direcção (TD) a fim de alongar as zonas de formação de filamentos potenciais (24) para formar filamentos orientados (30), **caracterizado por** as depressões (23) serem formadas nalgumas mas não em todas as referidas zonas

de formação de filamentos potenciais (24) sem remoção de material quando o material plástico está a uma temperatura abaixo do limite inferior da sua gama de fusão, por isso enfraquecendo essas zonas de formação de filamentos potenciais, as referidas depressões (23) definindo uma disposição regular, e ser aplicado um estiramento na referida direcção (TD) de maneira que as zonas de formação de filamentos potenciais enfraquecidas (23) formem filamentos orientados (30), mas que as zonas de formação de filamentos potenciais não enfraquecidas (24) não formem filamentos orientados mesmo que algum estiramento possa ser aplicado e pelo que a estrutura de malha assim produzida não é a que seria produzida a partir do material de partida sem as referidas depressões (23).

28. Método de acordo com a reivindicação 27, em que na referida direcção (TD), as referidas depressões (23) são formadas em todas as outras zonas de formação de filamentos potenciais (24).

29. Método de acordo com a reivindicação 27 ou 28, em que o material de partida (21) é também estirado numa direcção (MD) que forma um ângulo recto com a referida direcção (TD), para formar filamentos orientados (26) a partir de zonas de formação de respectivos filamentos potenciais suplementares (25).

30. Método de acordo com a reivindicação 29, em que nenhuma das referidas depressões (23) são formadas nas

zonas de formação de respectivos filamentos potenciais (25) para a segunda direcção de estiramento mencionada (MD), pelo que essas zonas de formação de filamentos potenciais (24) reportadas a um estiramento na referida uma direcção (TD) e que não foram formadas com depressões (23), formam junções alargadas (31) entre os referidos filamentos orientados (26, 30).

31. Método de acordo com a reivindicação 29 ou 30, em que o estiramento na referida direcção (TD) é o segundo estiramento, seguindo o estiramento na direcção mencionada em segundo lugar (MD).

32. Método de acordo com a reivindicação 31, em que, após estiramento na referida direcção mencionada em segundo lugar (MD), é formada uma estrutura uniaxialmente orientada (28) tendo barras (27) interligadas por meio de filamentos orientados (26) entre as localizações (29) em que os filamentos (26) encontram a barra (27), as barras (27) sendo alternadamente enfraquecidas devido ao facto de terem as referidas depressões (23) nelas formadas, e não enfraquecidas, as zonas enfraquecidas (23) nas barras (27) adjacentes às barras mencionadas em primeiro lugar (27) estando escalonadas de tal maneira que a zona enfraquecida (23) numa barra (27) está alinhada com uma zona não enfraquecida (24) nas barras adjacentes (27).

33. Método para execução de uma geogrelha num material plástico orientado de acordo com a reivindicação

6, compreendendo o fornecimento de um material de partida de folha de matéria plástica (21) que tem furos (22) segundo uma rede rectangular cujos eixos se estendem numa primeira direcção (MD) e numa segunda direcção (TD), substancialmente fazendo ângulos rectos com a referida primeira direcção (MD), fornecendo, por isso, primeiras filas de furos (22) que se estendem numa primeira direcção (MD) e segundas filas de furos (22) que se estendem numa segunda direcção (TD), aplicando um estiramento na primeira direcção para alongar as zonas de formação de filamentos (25) entre furos adjacentes (22) em cada segunda fila a fim de formar filamentos orientados (26) a partir destas zonas (25) e aplicando um estiramento na segunda direcção (TD) a fim de alongar as zonas (23) para formar filamentos orientados (30), em que o material de partida (21) tem zonas enfraquecidas (23) entre pares alternados de furos adjacentes (22) em cada primeira fila, as zonas enfraquecidas (23) estando escalonadas como entre as primeiras filas adjacentes de maneira que a zona enfraquecida (23) numa primeira fila está adjacente a uma zona não enfraquecida (24) em cada uma das primeiras filas adjacentes, e o estiramento na segunda direcção (TD), alonga as zonas enfraquecidas (23) para formar filamentos orientados (30) a partir das zonas enfraquecidas (23) sem estiramento das zonas não enfraquecidas (24) entre furos adjacentes (22) das primeiras filas até ao mesmo grau em que as zonas enfraquecidas (23) são estiradas, pelo que as zonas não enfraquecidas (24) formam junções (31) cada uma das quais interliga seis dos filamentos orientados (26, 30).

34. Método para execução de uma geogrelha num material plástico orientado biaxialmente (10) de acordo com a reivindicação 6, que comporta filamentos orientados (6, 26) que se estendem segundo um ângulo diferente de 90° relativamente à primeira e à segunda direcções de estiramento (MD, TD), compreendendo o fornecimento de um material de partida de folha de matéria plástica (1, 21) que tem furos (2, 22) segundo uma disposição rectangular, a aplicação de um estiramento numa primeira direcção (MD) para alongar as zonas de formação de respectivos filamentos (5, 25) entre furos adjacentes (2, 22) a fim de formar filamentos orientados (6, 26) a partir destas zonas de formação de filamentos (5, 25), e a aplicação de um estiramento na segunda direcção (TD) fazendo substancialmente ângulos rectos relativamente à primeira direcção (MD) para alongar as zonas de formação de respectivos filamentos (23) entre furos adjacentes (2, 22) e para formar filamentos orientados suplementares (9, 30) a partir das últimas zonas de formação de filamentos (23), em que é aplicado um constrangimento ao material na primeira direcção (MD) enquanto é realizado um estiramento na segunda direcção (TD), o constrangimento sendo em seguida interrompido e o material é em seguida autorizado a se relaxar na segunda direcção (TD).

35. Método para execução de uma geogrelha num material plástico orientado biaxialmente (10) de acordo com a reivindicação 6, compreendendo o fornecimento de um material de partida de folha de matéria plástica (1) que tem

furos (2) segundo uma disposição de hexágonos (3) de formas e dimensões substancialmente idênticas de tal maneira que substancialmente cada furo (2) está num canto cada um dos três hexágonos (3), não estando no interior do hexágono (3) quaisquer furos de dimensão igual ou superior à dos furos mencionados em primeiro lugar (2), os vértices dos hexágonos (3) estando alinhados numa primeira direcção (MD), a aplicação de um estiramento numa primeira direcção (MD) para alongar as zonas de formação de filamentos (5) entre furos adjacentes (2) nos lados dos hexágonos (3) e formar primeiros e segundos filamentos orientados (6) a partir dessas zonas (5), os primeiros e segundos filamentos orientados (6) estendendo-se em direcções diferentes uns relativamente aos outros, e a aplicação de um estiramento numa segunda direcção (TD) substancialmente fazendo ângulos rectos com a referida primeira direcção (MD), para alongar as zonas de formação de filamentos (8) entre furos adjacentes (2) nos lados dos hexágonos (3) e para formar terceiros filamentos orientados (9) a partir das zonas mencionadas em último lugar (8), pelo que partes centrais dos hexágonos (3) formam junções (11) que interligam os filamentos orientados (6, 9), e são formadas redes triangulares cada uma formada por um primeiro filamento orientado (6), por um segundo filamento orientado (6) e por um terceiro filamento orientado (9), em que o passo dos vértices de cada hexágono (3) é inferior ao passo diagonal de tal maneira que os primeiros filamentos orientados (6) que entram numa junção (11) estejam substancialmente alinhados e que os segundos filamentos orientados (6) que entram numa junção (11) estejam substancialmente alinhados.

36. Método de acordo com a reivindicação 35, em que a razão entre o passo maior do hexágono (3) e o passo menor do hexágono (3) é de cerca de 2,1:1 a cerca de 3,2:1.

37. Método de acordo com a reivindicação 35, em que a razão entre o passo maior do hexágono (3) e o passo menor do hexágono (3) é cerca de 2,6:1.

38. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 35 a 37, em que o referido estiramento na referida segunda direcção (TD), não está antes do referido estiramento na referida primeira direcção (MD), e durante o referido estiramento na referida segunda direcção (TD) é aplicado um constrangimento ao material na referida primeira direcção (MD) e após o segundo estiramento, antes que o material seja autorizado a relaxar-se na referida segunda direcção (TD), o referido constrangimento é interrompido.

39. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 29 a 38, em que um estiramento é aplicado num grau tal que a orientação dos filamentos (6, 9 ou 26, 30) se estende substancialmente no interior de cada junção (11 ou 31) de tal maneira que, substancialmente em cada junção (11 ou 31), a bifurcação entre cada par de filamentos adjacentes seja orientada na direcção que passa na vizinhança da bifurcação, pelo que há uma orientação contínua depois do bordo do filamento em redor da bifurcação e até ao bordo do filamento adjacente.

40. Método de reforço de um material particulado, compreendendo a operação que consiste em encastrar no material particulado a geogrelha de qualquer uma das reivindicações 1 a 14 ou uma geogrelha executada pelo método de qualquer uma das reivindicações 15 a 39.

41. Construção de geoengenharia compreendendo uma massa de material particulado reforçada através do processo que consiste em encastrar na referida massa de material particulado uma geogrelha de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14 ou uma geogrelha feita pelo método de qualquer uma das reivindicações 15 a 39.

Lisboa, 22 de Agosto de 2007

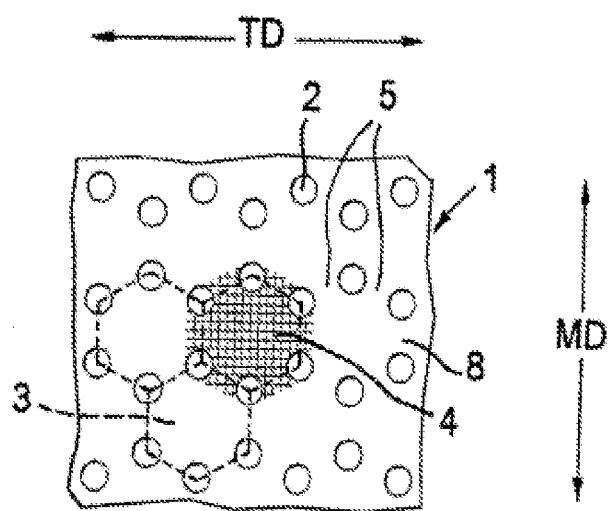


Fig.1

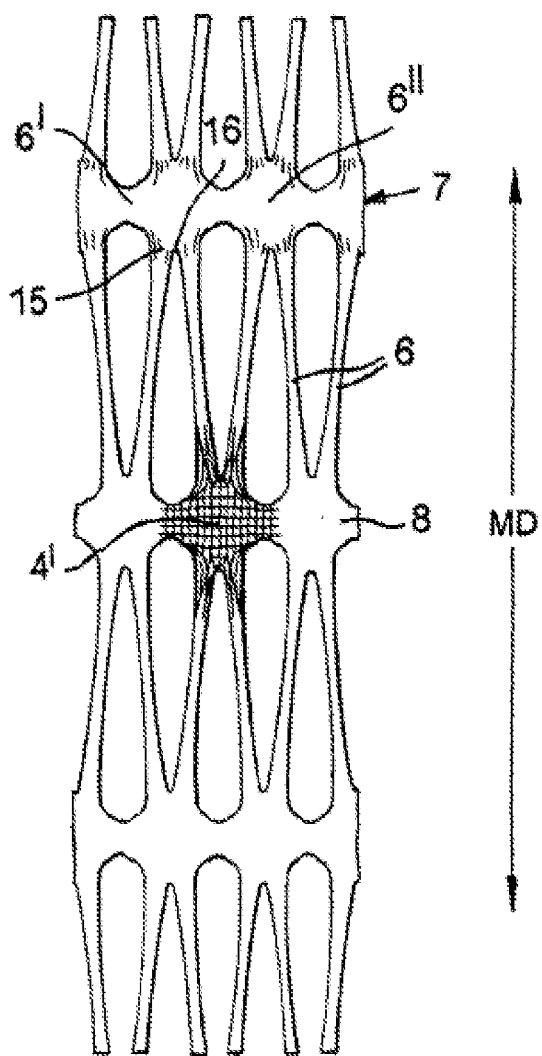


Fig.2

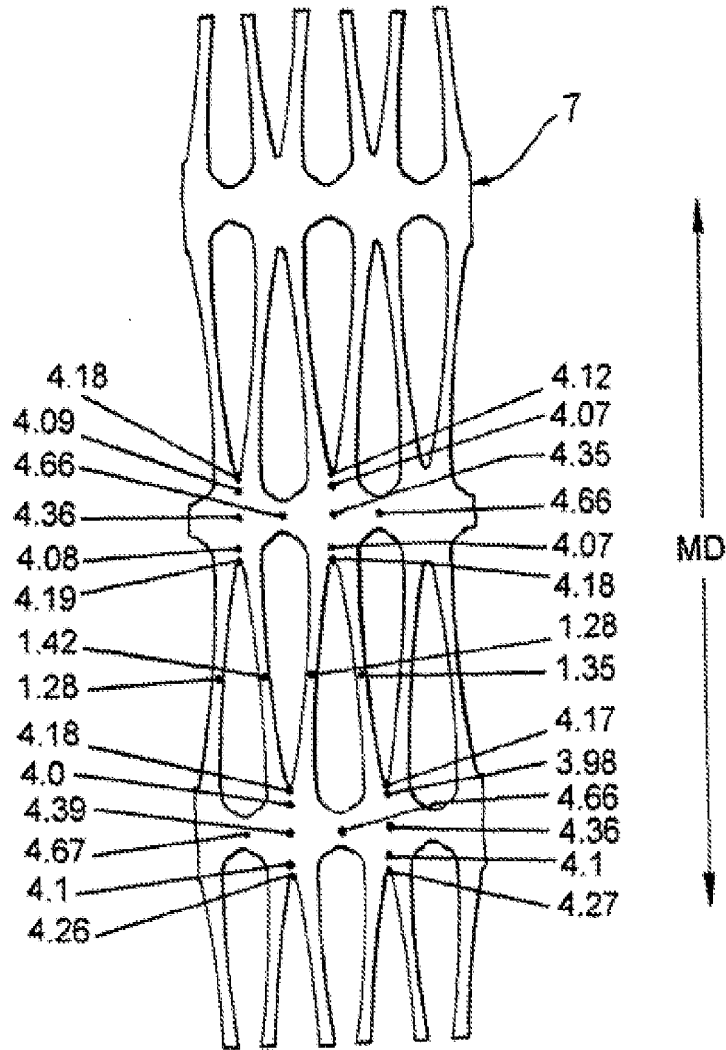


Fig.3

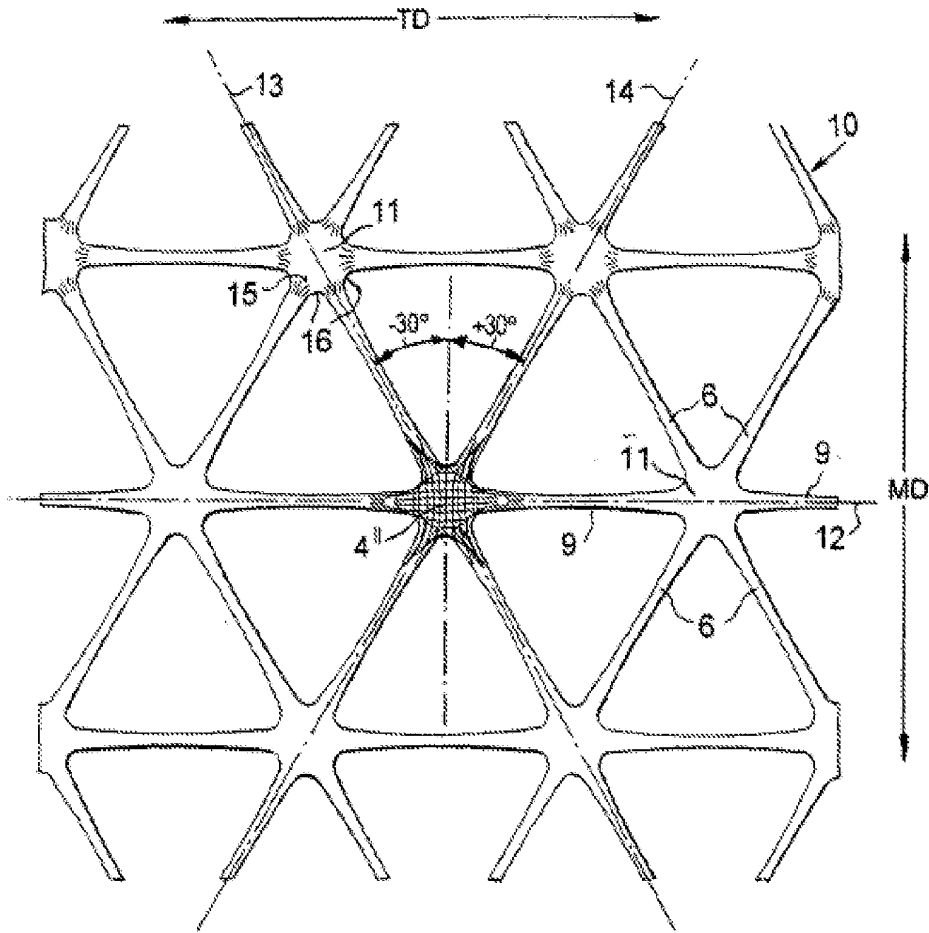


Fig.4

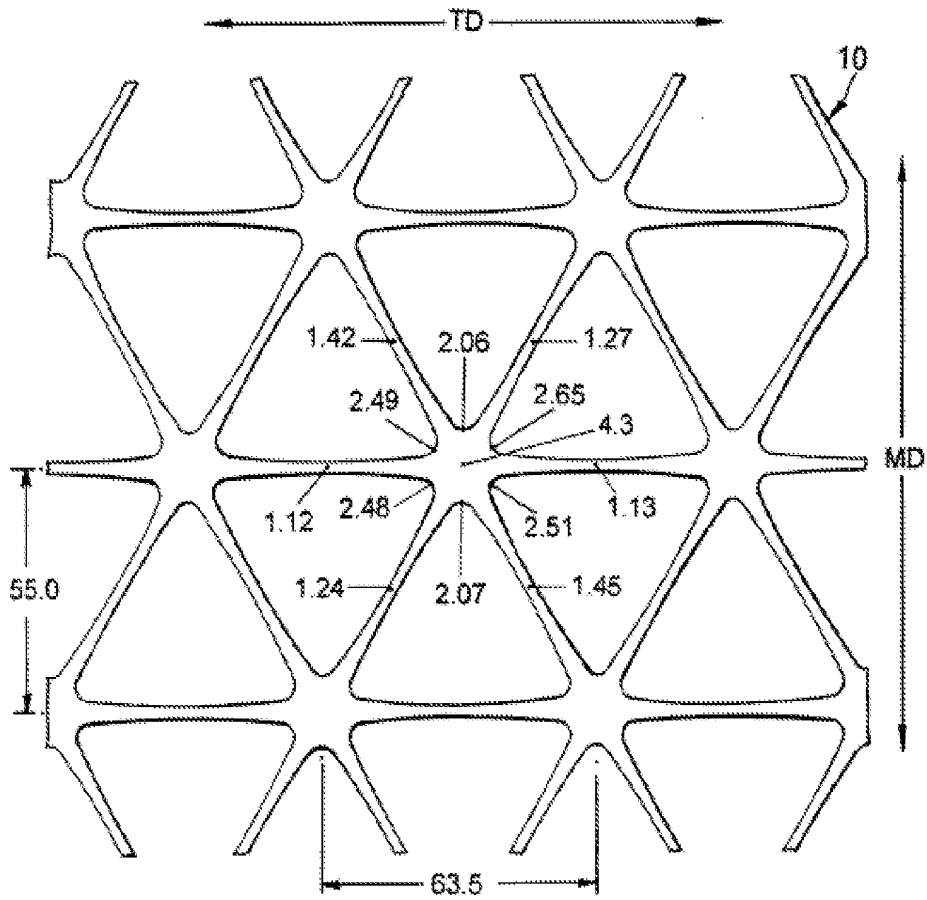


Fig.5

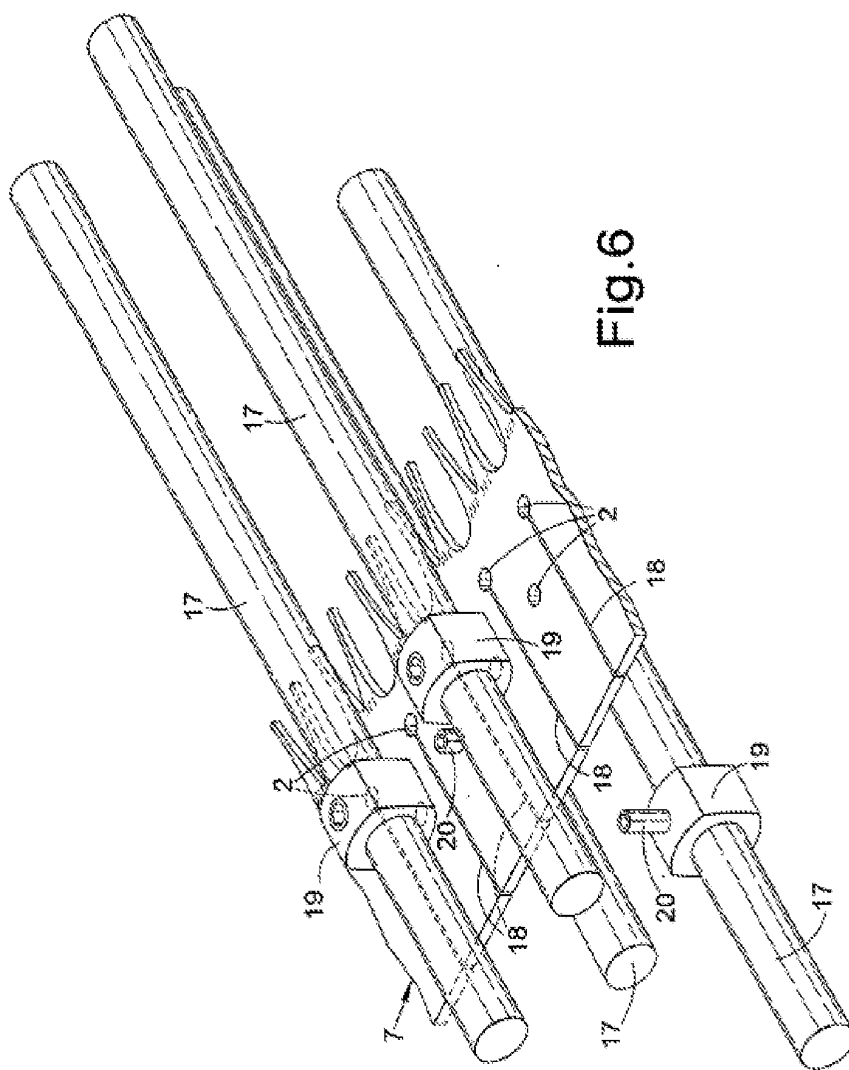


Fig.6

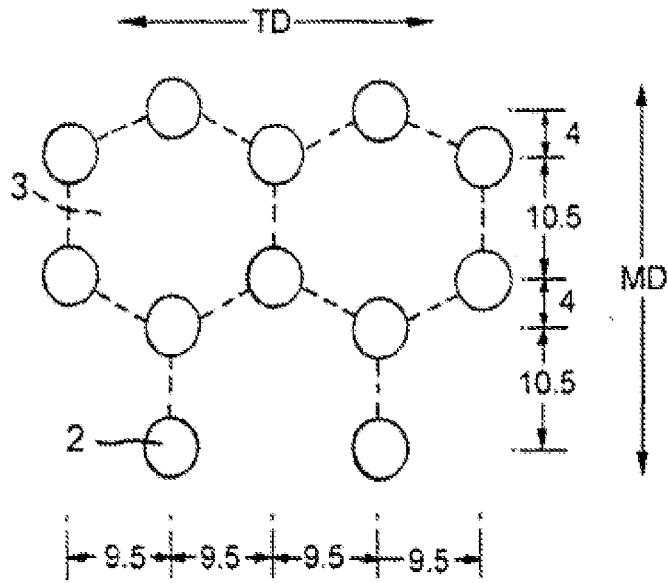


Fig.7

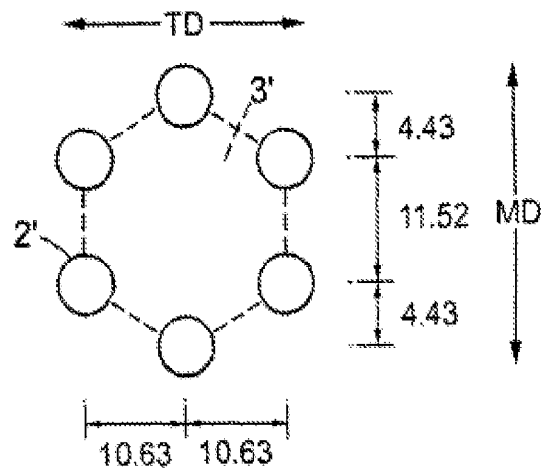


Fig.8

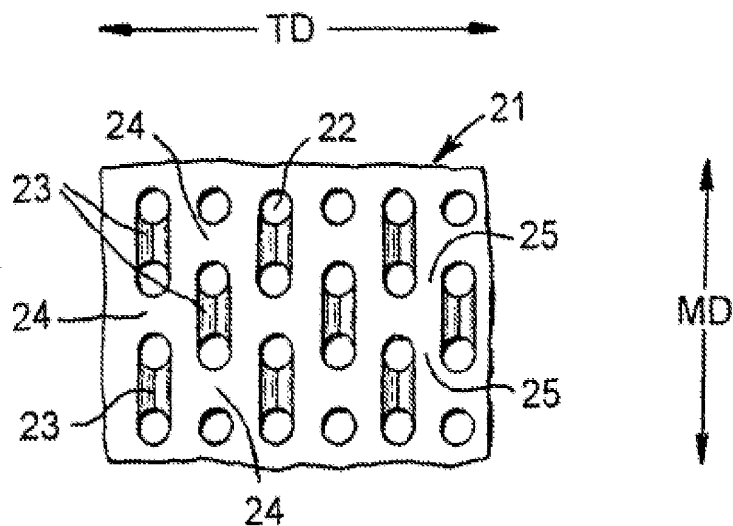


Fig. 9

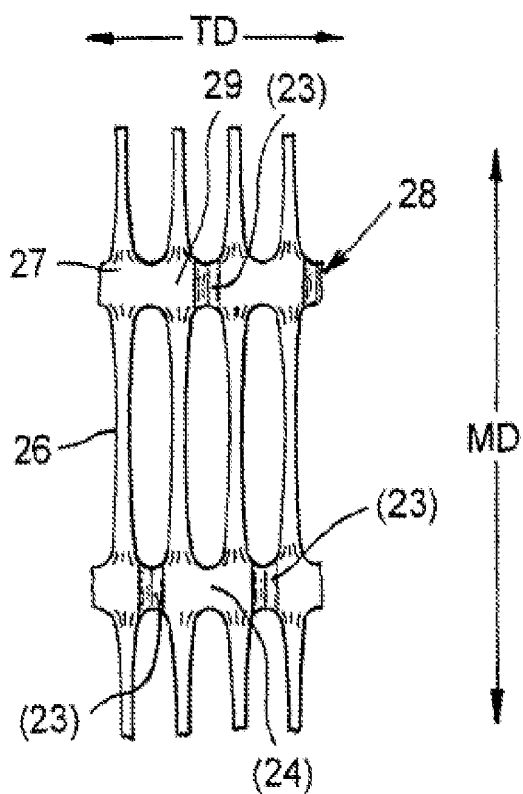


Fig. 10

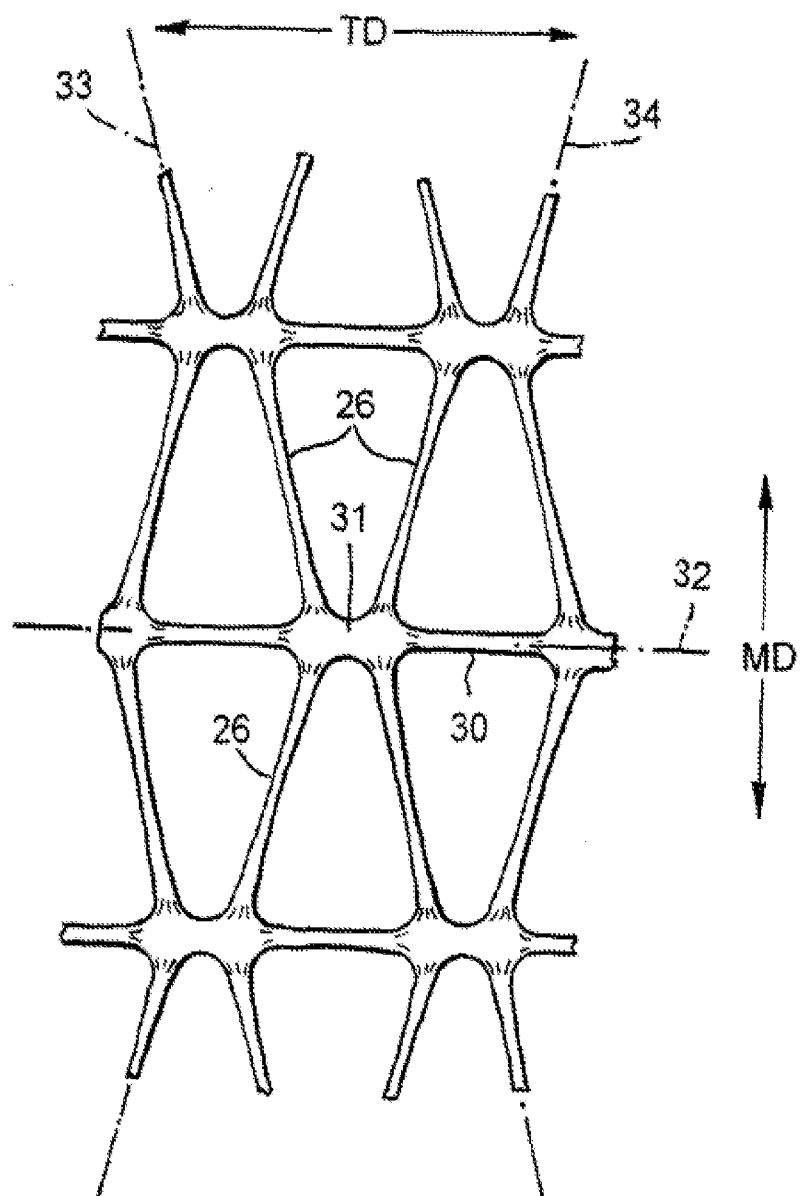


Fig.11

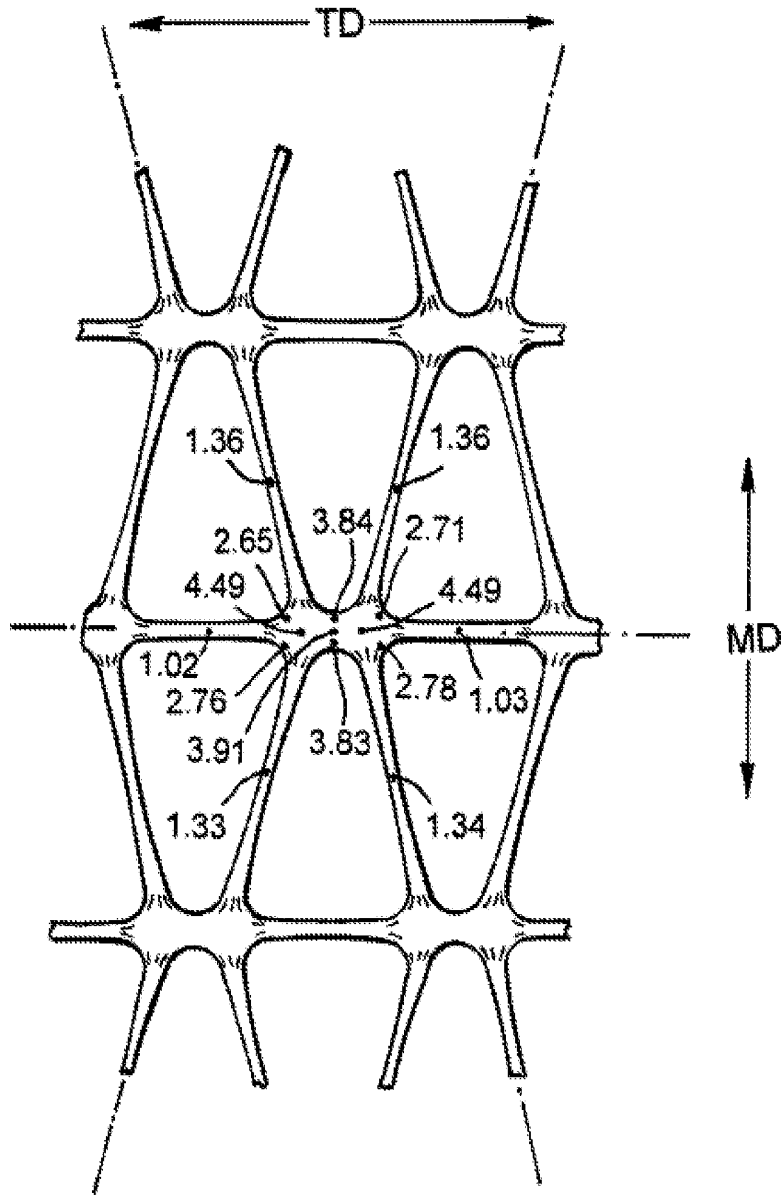


Fig. 12

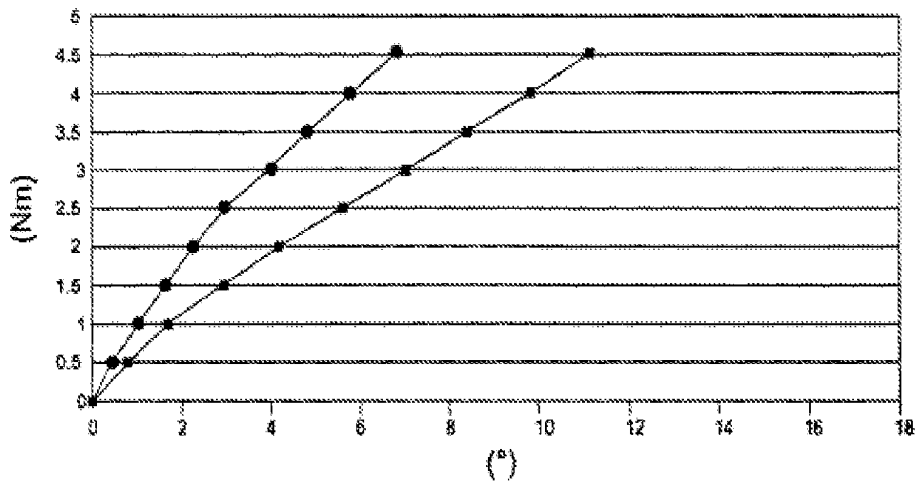


Fig.13

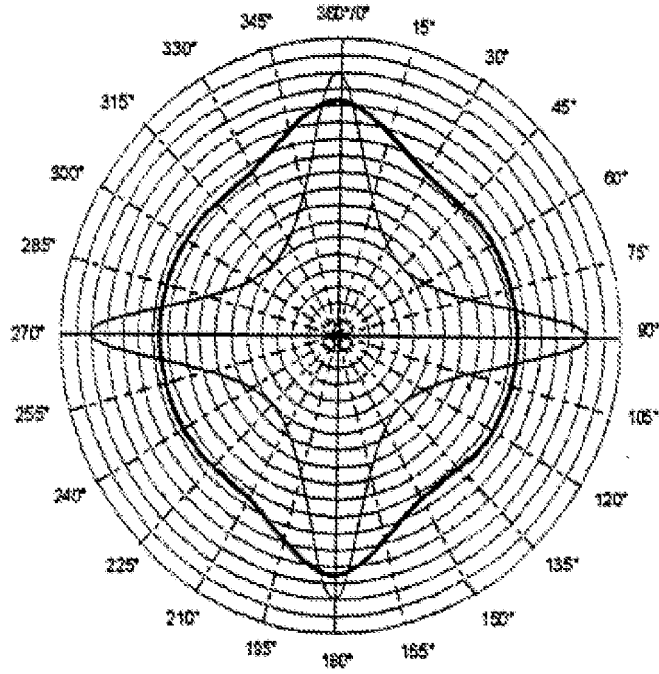


Fig.14

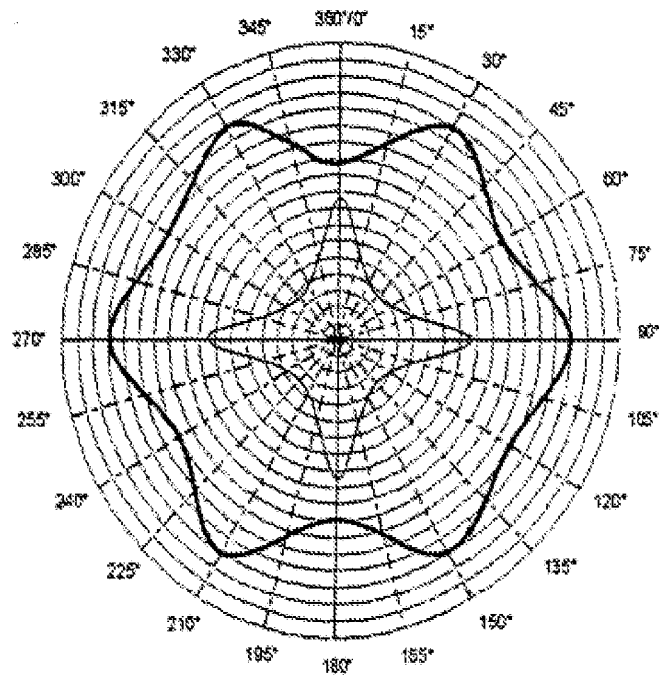


Fig.15

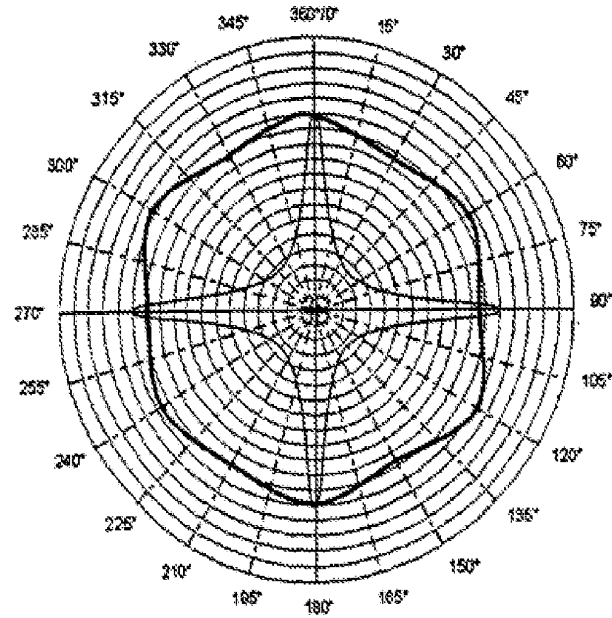


Fig.16

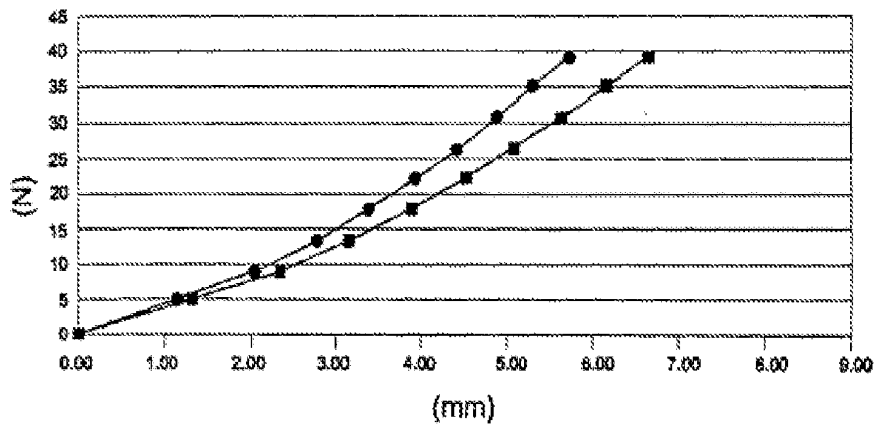


Fig.17