



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) BR 112016003987-4 B1**



**(22) Data do Depósito: 04/09/2013**

**(45) Data de Concessão: 05/10/2021**

---

**(54) Título:** ARTIGO DE TECIDO TRIDIMENSIONAL, MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE UM ARTIGO DE TECIDO TRIDIMENSIONAL E APARELHO PARA PRODUZIR UM ARTIGO DE TECIDO TRIDIMENSIONAL

**(51) Int.CI.:** D03C 9/02; D03C 13/00; D03D 1/00; D03D 3/06; D03D 3/08; (...).

**(73) Titular(es):** BITEAM AB.

**(72) Inventor(es):** NANDAN KHOKAR.

**(86) Pedido PCT:** PCT EP2013068264 de 04/09/2013

**(87) Publicação PCT:** WO 2015/032426 de 12/03/2015

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 24/02/2016

**(57) Resumo:** MÉTODO E MEIOS PARA TECER UM TECIDO 3D, ITENS DE TECIDO 3D DO MESMO E SUA UTILIZAÇÃO. Um novo método de tecelagem de adição, um dispositivo com base neste método, itens de tecido 3D que podem ser produzidos por este método e dispositivo, e materiais compósitos reforçados com esses itens de tecido 3D são divulgados. Os itens de tecido 3D são produzidos diretamente pelo processo de tecelagem de adição usando um tecido complementar (CF), fios de urdidura (P) e fios de trama (G). O tecido trançado de interação produzido pelo entrelaçamento do fio de urdidura (P) e fios de trama (G) é, simultaneamente, integrado com o tecido complementar (CF) utilizado. O tecido complementar (CF) e tecido trançado de interação integram em direções através de espessura mútuas em seus planos de interseção e criam diretamente itens de tecido 3D, que são úteis para a fabricação de materiais compósitos resistentes à delaminação e de alto desempenho.

**ARTIGO DE TECIDO TRIDIMENSIONAL, MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE UM  
ARTIGO DE TECIDO TRIDIMENSIONAL E APARELHO PARA PRODUZIR UM  
ARTIGO DE TECIDO TRIDIMENSIONAL**

CAMPO TÉCNICO

[001] A presente invenção, em geral, pertence ao domínio dos têxteis. Em particular, diz respeito a um método e meios para tecelagem, itens de tecido 3D dos mesmos, e materiais compósitos reforçados com tais itens de tecido 3D.

FUNDAMENTOS

[002] Um número de métodos de formação de tecido foram desenvolvidos ao longo dos anos para produzir feixes de seção transversal perfilados, tais como T, L, Pi, H, I e U, quer diretamente ou indiretamente, para a fabricação de materiais compósitos reforçados de tecido 3D (tridimensional). Tais reforços de tecido 3D, chamados de pré-formas tipo feixe perfiladas, destinam-se a aplicações estruturais de suporte de carga primárias. Estas pré-formas, e outros novos tipos a serem descritos aqui, são juntas de agora em diante chamadas de itens de tecido 3D. Os itens de tecido 3D que são tipo feixes perfilados são, essencialmente, compostos por duas partes: (i) a seção/ões "vertical/is", de agora em diante chamada teia/s, e (ii) a seção/ões "horizontal/is", de agora em diante chamada flange/s. Os itens de tecido 3D tipo feixe perfilados mais simples são exemplificados pelas seções transversais "T" ou "L" ou "+" à medida que cada um deles tem uma teia e um flange. Outros itens de tecido 3D, que são diferentes de feixes perfilados, podem ser mais complexos em termos de estrutura e forma, além de não necessariamente compreender

apenas teias e/ou flanges, ou mesmo teias e flanges planares/lineares.

[003] No contexto das invenções sendo divulgadas aqui, algumas das artes anteriores que são consideradas relevantes para citar para estabelecer o fundamento incluem, por exemplo, US 5429853, US 4331495, US 6103337, US 4786541 e US 4379798, que se relacionam com produção indireta de artigos de tecido 3D tipo feixe perfilados por ou costurar/juntar diferentes tecidos ou dobrar/flexionar determinada seção/porção de tecido adequadamente criado, e US 5021281, US 5783279, US 5121530, US 4779429, US 4686134, US 6019138 e WO91/06421, relativos à produção de itens de tecido 3D tipo feixe perfilados por processos especialmente desenvolvidos. Todos estes métodos conhecidos representam os esforços passados ao longo dos anos para resolver um conjunto interessante, mas sério de problemas, que são descritos a seguir através de um exemplo para colocar as deficiências de itens de tecido 3D existentes na perspectiva adequada.

[004] Não tem sido até agora possível fabricar, por exemplo, uma item de tecido 3D tipo feixe de seção transversal "T" de única parede/camada simples, compreendendo fios/estopas/fibras/filamentos/mechas/fitas fibrosas etc, que são doravante referidos como apenas fios, com, por exemplo as seguintes características relacionadas a desempenho e função de uma forma combinada:

- Uma teia de única parede/camada integrada estruturalmente compreendendo fios em +/- orientações de polarização de  $\theta^\circ$  em relação à direção de comprimento do tecido 3D tipo feixe para suportar forças de

torção/cisalhamento;

- Um flange de única parede/camada integrado estruturalmente compreendendo fios em orientações de  $0^{\circ}/90^{\circ}$  em relação à direção de comprimento do tecido 3D tipo feixe para suportar forças de tração/compressão;

- Uma conexão através de espessura mútua dos respectivos fios constituintes da teia e flange que intersectam e integram uns com os outros na sua junção para resistir à separação ou delaminação.

[005] Em outras palavras, não tem sido possível fabricar um item de tecido 3D tipo feixe perfilado em que a sua teia tem, por exemplo, uma estrutura entrançada, e o flange têm, por exemplo, uma estrutura trançada, e a teia e flange são interligados uns aos outros mutuamente em suas direções de espessura, ou seja, os planos de teia e flange intersectam cada outro na sua junção. Do mesmo modo, não foi possível fabricar um item de tecido 3D tipo feixe perfilado com sua teia tendo uma estrutura trançada, o flange tendo uma estrutura entrançada, e a teia-flange sendo interligados uns aos outros pelos seus respectivos fios constituintes que mutuamente passam através das direções de espessura de cada outro.

[006] Para ser capaz de produzir um material compósito resistente à delaminação com desempenho mecânico relativamente mais elevado e funcionalidade melhorada, e mais importante, um material praticamente utilizável em uma forma efetiva, do que é possível atualmente, é imperativo combinar diferentes construções arquitetônicas de tecido, ou seja, o arranjo característico de fibras/fios criado por processos de formação de tecido individuais, tais como

entrelaçar (ou seja, trançado por tecelagem) e intercruzar (ou seja, entrançado por entrançamento) porque estes tecidos têm construções estruturalmente integradas e sua utilização como teia/s e o flange/s torna-os estáveis e firmes, e, assim, o item de tecido 3D autossuportando para permitir processamento adicional satisfatoriamente e obter um componente de material compósito superior. Uma pré-forma têxtil sem/com pobre integridade estrutural desmorona facilmente fazendo sua manipulação e impregnação com matriz difícil, além de causar desalinhamentos de fibra, distribuições de fibra impróprias, quebras de fibra etc., que contribuem para prejudicar o desempenho.

[007] Ainda mais importante, é imperativo que a junção/s de interseção da teia/s e flange/s seja bem integrada por meio de conexão através de espessura mútua da teia/s e flange/s através de seus respectivos fios. Tal junção integrada através de espessura mútua de um item de tecido 3D seria naturalmente unificada e resistente à delaminação/separação, e assim melhora o desempenho mecânico e confiabilidade do material compósito final.

[008] Não parece haver qualquer método disponível atualmente para praticamente, eficazmente e economicamente produzir um item de tecido 3D com as construções estruturais ou arquitetônicas de tecido características acima mencionadas. As artes anteriores citadas acima foram concebidas principalmente para produção de uma estrutura alongada com arquitetura e forma mais ou menos regular/uniforme/homogênea. Estes métodos existentes não oferecem possibilidades para a produção de itens de tecido 3D que têm arquiteturas estruturais completamente

diferentes da teia/s e flange/s. Além disso, estes métodos não fornecem qualquer uma teia ou um flange ou tanto teia e flange compreendendo uma combinação de diferentes arquiteturas de tecido. Além disso, são limitadas em termos da sua capacidade para produzir apenas quer uma ou algumas variedades específicas de formas/formatos e dimensões. Como consequência, estes métodos existentes não oferecem muito espaço em engenharia de itens de tecido 3D complexos que exigem desempenho e características funcionais amplos e profundos. Que esses métodos são ineficazes é evidenciado pelo fato que eles continuam a ser industrialmente insatisfatórios e pouco atraentes.

[009] Os métodos indiretos ou de costura permitem dobrar e costurar diferentes folhas de tecidos 2D, e, assim, permitir a combinação de diferentes arquiteturas de tecido estruturalmente integradas na produção de produtos tipo feixe perfilados. No entanto, não há nenhuma conexão através de espessura mútua da teia e flange. Os processos de formação de tecido 3D diretos ou especiais fornecem conexão através de espessura de teia e flange, mas não produzem uma teia estruturalmente integrada (ou flange), e tanto a teia e o flange com relativamente diferentes arquiteturas de tecido. Estas duas abordagens são discutidas abaixo como nenhuma delas é capaz de projetar as características funcionais e de desempenho exigidas nos itens de tecido 3D. Além disso, como irá ser notado elas são praticamente complicadas e ineficientes. Uma nova solução adequada é necessária agora para resolver o problema mostrado e é tornada disponível através das invenções aqui divulgadas.

[010] Os métodos de costura/união/grampeamento de folhas de tecido planar diferentes (que foram fabricadas anteriormente, ou pré-produzidas, através do emprego de processos adequados) para produzir itens de tecido 3D tipo feixe perfilados são indiretos e exemplificados por US 5429853, US 4331495, US 6103337 e US 4786541. Por essa abordagem de "costura" os fios constituintes da teia/s e flange/s do feixe perfilado resultante não intersectam e passam em suas respectivas direções de espessura mútuas na junção teia-flange. Não há interseção da teia/s e o flange/s porque diferentes folhas de tecido são curvadas/dobradas/cruzadas/anguladas para permitir a montagem e costura por formação de forma da seção transversal. A ausência de interseção através de espessura mútua de fios na junção teia-flange, devido ao uso de folhas de tecido curvadas/cruzada, cria um espaço oco/vazio "triangular" na junção quando outra tira/s de tecido é aplicadas para colmatar a seção/s desunida da teia/s e flange/s. Devido à descontinuidade de fios entre as direções de espessura mútuas da teia/s e/flange, a junção/s é tornada fraca. Os materiais compósitos compreendendo tais itens de tecido 3D delaminam, ou seja, falham por rachaduras e divisão. Como consequência, os materiais unidos/costurados tendem a ser pouco confiáveis e, portanto, não são utilizáveis em aplicações de alto desempenho.

[011] Uma melhoria em relação à abordagem de costura é refletida em US 4379798 em que uma tela 3D é produzida com seção/s ou porção/s conectada e desconectada embutida seletivamente. A seção/s desconectada pode ser

posteriormente dobrada/cruzada em direções requeridas para a criação e obtenção da forma final. No entanto, como com os materiais costurados/unidos, este material também não cria a teia e flange que intersectam em uma forma através de espessura mútua. Como consequência, a seção/s dobrada/curvada requer conexão adicional e colmatar através do uso de outras matérias têxteis para resistir à falha estrutural sob forças/cargas. No entanto, tal conexão e colmatação de seções opostamente cruzadas falha por causa do oco/vazio triangular que é criado na junção da teia-flange, pelo que a estrutura se torna fraca, propensa à delaminação, e, portanto, pouco confiável.

[012] Algumas outras desvantagens associadas ao método de costura incluem: (a) incompatibilidade das propriedades das fibras entre aquelas usadas para a costura e as que constituem o tecido/s, (b) material de fibra utilizado para a costura sendo incompatível com a matriz utilizada para a produção do material compósito, (c) junções trêmulas e fracas, relativamente frouxas, tornam a estrutura não confiável e difícil de manusear e prever o comportamento de desempenho, (d) menor confiabilidade devido a rupturas de fibras resultantes do manuseamento e ação de costura, (e) deslocamentos de fibra e desalinhamentos de direção decorrentes do manuseamento e ação de costura, (f) sendo trabalhoso e demorado, (g) causando a geração de resíduos de fibra, que negativamente impactam o meio ambiente, (h) sendo caro sem fornecer vantagens reais, e (i) inadequado para a criação de itens de tecido 3D com formas complexas.

[013] Além disso, para permitir costura, a espessura da teia/s e o flange/s precisa ser mantida relativamente

baixa, o que por sua vez torna diretamente o material perfilado obtido relativamente mais baixo em desempenho mecânico (devido à quantidade relativamente baixa de fibras) e, portanto, inadequado para aplicações de trabalho pesado. Em qualquer caso, a costura/união de dois tecidos não supera o problema fundamental da delaminação resultante a partir da ausência de uma conexão através de espessura mútua entre teia/s e o flange/s na sua junção/s.

[014] Os métodos de produção diretos, exemplificados em US 5021281, US 5783279, US 5121530, US 4779429, US 4686134, US 6019138 e WO91/06421 também não fornecem reforços de tecido 3D satisfatórios e confiáveis. Isto porque estes processos têm uma ou mais das seguintes deficiências importantes:

- A teia não compreende uma ou mais paredes/camadas de fios estruturalmente integrados em orientações de  $\pm \theta^\circ$ .

- O flange não compreende uma ou mais camadas/paredes de fios estruturalmente integrados em orientações de  $0^\circ/90^\circ$ .

- Os fios de flange/s estruturalmente integrado e teia/s estruturalmente integrada não passam através de direções de espessura de cada outro.

- As paredes/camadas de flange são mais do que uma camada espessa.

- Os flanges não são compostos de várias paredes/camadas individuais/separadas.

- Os flanges não são feitos com fios em orientações de  $\pm \theta^\circ$ .

- A teia/s não é feita com fios em orientação de  $0^\circ/90^\circ$ .

- A teia/s e/ou o flange/s não são afunilados ao longo dos lados de borda longitudinais exteriores.

- Os cantos interiores longitudinais de junção teia-flange não são filetados/arredondados.

- A teia/s não é composta de uma combinação de diferentes arquiteturas ou orientação de fios.

- O flange/s não é composto de uma combinação de diferentes arquiteturas ou orientação de fios.

- A teia/s e/ou o flange/s não têm diferentes alturas e larguras, e construções não planares e não simétricas.

- Itens de tecido 3D sem teia e flange não podem ser produzidos.

- Itens de tecido 3D com forma curva não podem ser produzidos.

- Eles não podem processar um tecido pronto ou pré-produzido em conjunto com fios que são feitos em um tecido adequado e combinar os tecidos pré-produzidos e recém-produzidos para criar um item de tecido 3D.

[015] Como podem ser notados, estes processos diretos são, ao contrário dos processos indiretos ou de costura, descritos anteriormente em que não usam qualquer adequado tecido/s pronto ou pré-produzido que é estruturalmente integrado para produzir os itens de tecido 3D necessários. Estes processos não podem criar uma junção mutuamente intersectante de teia/s e o flange/s estruturalmente integrados usando um tecido/s pré-produzido de dada arquitetura/s e uma arquitetura de tecido relativamente diferente que é produzida pela integração dos fios utilizados no processo. Estes aspectos ficarão mais claros na apresentação abaixo das referidas artes anteriores.

[016] O documento US 5021281 divulga itens de tecido 3D tipo feixe perfilados em que fios de ligação de urdidura (C) são incorporados em duas orientações de ângulos de polarização (ou seja, ângulo de polarização de  $\pm \theta^\circ$ ) em relação à direção longitudinal da seção de teia do perfil de feixe I indicado. No entanto, esses fios (C) não são ligados de qualquer forma uns aos outros estruturalmente, por exemplo, inter cruzados, como acontece em um tecido entrançado, mas desenhados linearmente a partir de um urdidor e presos em uma inclinação desejada em um plano (coluna 4, linha 27-28) entre os flanges superior e inferior (A e B) (coluna 3, linha 15-17) utilizando liços (coluna 5, linhas 40-44 e na Figura 9). Além disso, os fios nas seções de flange, que são orientados em  $0^\circ$  e  $90^\circ$  em relação à direção longitudinal do material perfilado, não são entrelaçados em qualquer forma (coluna 5, linha 18), como acontece na tecelagem, mas empilhados e ligados em direção de espessura dos flanges respectivos usando outros fios de ligação (C1 e C2) como aqui descrito (coluna 5, linhas 20-22).

[017] Os fios de polarização  $\pm \theta^\circ$  (C) na seção de teia ocorrem sem ser mutuamente estruturalmente ligados de alguma forma, ou seja, os fios (C) nem entrelaçam (ou seja, não tecem), nem inter cruzam (ou seja, não entrançam), nem realizam inter circuitos (ou seja, não tricotam), porque não há nenhum arranjo no método concebido para integrar mutuamente estes fios (C). Por causa da falta de qualquer conectividade/integridade estrutural mútua entre estes fios (C), a seção de teia permanece como duas folhas separadas e, portanto, instável e propensa a ficar facilmente

perturbada e danificada. Além disso, a seção de teia produzida é uma estrutura aberta como uma treliça. Não está suficientemente preenchida com fios para criar um plano de tecido sólido/indivisível. A deficiência de fios faz com que a teia se assemelhe a uma estrutura de treliça, como pode ser observado nas Figuras 8 e 9 aqui. Como consequência, uma teia tendo uma quantidade relativamente baixa de fios e sem qualquer integridade estrutural não pode nem desempenhar acordo nem ser resistente à distorção durante o manuseamento/processamento adicional, tal como impregnação de matriz, e consequentes danos associados. Na verdade, tal teia flexível tenderá a colapsar sob o seu próprio peso, bem como o peso do flange superior. Por conseguinte, compreendendo que tal uma estrutura têxtil é insatisfatória em termos de estabilidade dimensional e resistência/rigidez, inclusão de fibras de fusão a quente (isto é, termoplásticas) foi sugerida (coluna 4, linhas 4-12) para juntar/ligar as fibras para estabilização.

[018] Estas deficiências do processo e materiais descritos tornam-se abundantemente claras por si só quando seção transversal do material de perfilado é considerada ser T, em vez de I ilustrado. As curvas superiores nos fios de direção de ângulo de polarização  $\pm \theta^\circ$  (C) da teia (de acordo com as Figuras 8 e 9) não podem ser realizadas e suportadas de qualquer maneira, porque não haverá flange, e, portanto, não há suporte para segurar os fios de polarização  $\pm \theta^\circ$  pelo que os fios de teia vão entrar em colapso imediatamente. Claramente, este método tem um alcance extremamente limitado de aplicabilidade e utilidade.

[019] Como mencionado no documento US 5021281, os flanges do perfil em forma de I não são entrelaçados (coluna 5, linha 18). Como uma consequência e é representado nas Figuras relevantes aqui, cada um dos flanges é composto por três conjuntos de fios (11a-14a, 15a-18a, C1 e 11b-14b, 15b-18b, C2) cada um dos quais está em execução linearmente nas respectivas direções (comprimento, largura e espessura). Tal arquitetura não entrelaçada é tecnicamente diferente da de um material tecido convencional, que é composto por dois conjuntos de fios de entrelaçamento (os fios de urdidura e de tramas). Com os fios (11a-14a e 15a-18a), como também (11b-14b e 15b-18b), não sendo bloqueada em posição pela força de entrelaçamento, a estrutura dos flanges tende a ser instável/não rígida porque seus fios constituintes são facilmente deslocáveis. Tal estrutura, assim, não fornece a necessária estabilidade estrutural/rigidez aos flanges.

[020] Além das limitações acima referidas do método de acordo com US 5021281, outra desvantagem importante deste processo é que não produz um item de tecido 3D tipo feixe perfilado com suas superfícies nas bordas longitudinais tanto da teia/s ou flange/s ou ambos destes (dependendo da seção transversal do perfil) com uma inclinação para evitar a concentração de tensões nas bordas. Da mesma forma, não produz um item de tecido 3D tipo feixe perfilado com cantos arredondados ou filetados, em que as superfícies da teia/s e o flange/s se encontram, para evitar concentração de tensões nos cantos.

[021] Além disso, o método anterior não produz um item de tecido 3D tipo feixe perfilado em que a seção de teia

tem seus fios constituintes em orientações de  $0^\circ/90^\circ$  e a seção de flange tem seus fios constituintes em orientações de polarização de  $\pm \theta^\circ$ . Além disso, não produz uma teia com uma combinação de fios orientados de  $0^\circ/90^\circ$  e  $\pm \theta^\circ$ , nem um flange com uma combinação de fios orientados de  $0^\circ/90^\circ$  e  $\pm \theta^\circ$ . Além disso, este método não produz a teia/s e/ou o flange/s de várias camadas individuais/separadas, mas integradas. Além disso, este método não pode processar qualquer tecido pronto ou pré-produzidos, quer na sua teia/s ou flange/s.

[022] Documento W091/06421 propõe um pré-forma tipo feixe perfilada tendo uma porção de teia e uma porção de flange. Com referência à Figura 1 aqui, na porção de flange (1) pelo menos duas camadas sobrepostas compreendendo fibras contínuas paralelas, ou filamentos, (4A/4B e 10) encontram-se relativamente em orientação angular mutuamente reta, com as fibras (4a) da camada exterior orientadas a  $90^\circ$  em relação ao eixo longitudinal (3) da pré-forma. Na porção de teia (2) pelo menos duas camadas de fibras paralelas contínuas, ou filamentos, (5a e 5b) encontram-se relativamente na orientação angular mutuamente oposta inclinada ("diagonalmente"), entre  $30^\circ$  e  $80^\circ$ , em relação ao eixo longitudinal da pré-forma. Estes fios inclinados não são inter cruzados e integrados em qualquer modo pelo que as duas camadas de teia permanecem separadas. As fibras inclinadas ou orientadas anguladas (5A e 5B) que constituem a teia (2) curvam/realizam um "circuito" apenas em torno das fibras orientadas a  $90^\circ$  (4A) da camada exterior da porção de flange (1).

[023] Claramente, nenhuma das camadas (4A/4B e 10) das

fibras que constituem o flange (1) são integradas individualmente em qualquer forma. De igual modo, nenhuma das camadas (5A e 5B) que constituem a teia (2) são integradas individualmente em qualquer forma. A única ligação estrutural entre o flange (1) e a teia (2) é a das fibras (5A e 5B) dobras ou realizando "circuito" em torno das fibras exteriores (4A). Por conseguinte, na pré-forma proposta todas as fibras constituintes em uma camada individual correm linearmente na respectiva direção de orientação. Não há integridade estrutural dentro de qualquer camada constituinte por qualquer entrelaçamento ou intercircuito ou intercruzamento das fibras envolvidas. Na verdade, os correspondentes processos associados, ou seja, tricô, tecelagem e entrançamento são aqui previstos para degradar a força axial e rigidez das fibras e, assim, inadequados. No entanto, de forma interessante, a pré-forma produzida é chamada uma pré-forma "trançada" (página 7)! Como a própria pré-forma não tem integridade estrutural, as fibras constituintes são propensas a delaminação, desorientação e perder distribuição de fibra e linearidade. Tal pré-forma seria naturalmente facilmente de desintegrar e entrar em colapso, por exemplo, durante o processo de pultrusão, mesmo antes de ser feita em um material compósito.

[024] Como pode ser compreendido agora, a pré-forma de acordo com WO91/06421 também tem as deficiências discutidas no que diz respeito do item de tecido 3D de US 5021281. Em todo o caso, este método também não pode processar qualquer tipo de tecido pré-produzido, quer na sua teia/s ou flange/s.

[025] O documento US 5783279 também especifica um material de tecido 3D tipo feixe perfilado, que é produzido por interbloquear os fios (202 e 203) que constituem a teia (200) com os dos flanges superiores e inferiores (101 e 102), como mostrado nas Figuras 4 e 5 nele (coluna 6, linhas 50-53). A produção deste item de tecido 3D envolve engatar os fios de teia (202 e 203) entre flanges superiores e inferiores, por (a) ou retirar os fios de teia (202 e 203) por força através do uso de um formador tipo cunha (30), que expande ou separa os dois flanges além da distância necessária, como mostrado na Figura 16a (coluna 9, linhas 11-25), ou (b) por extrair um comprimento específico dos fios de teia (202 e 203) e enganchá-los em uma série de circuitos levantados acima da pele do flange superior em intervalos espaçados longitudinalmente e mantê-los na altura desejada (Figura 16b), o que acabará por ajudar a produzir a altura necessária da teia. Posteriormente, como a produção de tecido prossegue, os dois flanges (101 e 102) são deslizados em separado sobre os fios de teia enganchados (202 e 203) (coluna 9, linhas 35-59). Uma maneira alternativa de produzir o mesmo diretamente (isto é, sem ter de separar os flanges) também é indicada (coluna 9, linha 63 a coluna 10, linha 3), em que rearranjo de alguns componentes é proposto.

[026] Em qualquer caso, o item de tecido 3D produzido de acordo com o método acima descrito tem os fios (202 e 203) que constituem o meandro de teia (200) entre flanges superiores e inferiores. Eles são interligados com os fios do flange/s. Estes fios que constituem a teia são eles próprios não mutuamente integrados em uma estrutura

entrelaçada, como a de um entrançamento, e, portanto, este item de tecido 3D também é instável e não pode se sustentar. Ele tenderá a entrar em colapso e, portanto, ficar distorcido e facilmente danificado. Os flanges deste item de tecido 3D tecnicamente não são entrelaçados/trançados porque, como pode ser observado nas Figuras 4 a 8 aqui, os fios longitudinais (103 e 104) e fios transversais (105 e 106) correm linearmente em suas respectivas direções sem o entrelaçamento característico de fios associados com a definição de tecelagem. (Esta estrutura é idêntica a de US 5021281). Se o flange é realmente trançado neste caso, em seguida, tecnicamente seu padrão de tecelagem é ao contrário daquele de tecelagem simples ou qualquer outra tecelagem. A teia que pode ser produzida por este método é novamente uma construção aberta relativamente tipo treliça semelhante a uma estrutura de treliça pelo que falta de fios suficientes à torna diretamente inferior em desempenho. Além disso, deslizar os flanges (101 e 102) sobre os fios de teia (202 e 203) para separá-los, a distância necessária irá, naturalmente, causar abrasão mútua dos fios envolvidos que por sua vez irá causar danos aos fios envolvidos e, portanto, resultar novamente em desempenho inferior. Tal ação também irá provocar uma distorção da estrutura e, assim, causar correspondente redução no desempenho e confiabilidade.

[027] Além disso, as outras limitações discutidas em ligação com o item de tecido 3D de US 5021281 aplicam-se igualmente bem ao item de tecido 3D de acordo com US 5783279. Mais uma vez, este método também não pode processar qualquer tecido pré-produzido ou pronto, quer na

sua teia/s ou flange/s.

[028] O documento US 5121530 também descreve um método para a produção de item de tecido 3D tipo feixe perfilado (3). Este método também não é tecnicamente tecelagem, porque a operação anterior de processo de tecelagem, ou seja, colocar linha divisória, simplesmente não existe. Neste método, os fios envolvidos (Y) são continuamente e linearmente colocados repetidamente em diferentes orientações desejadas, em um modo laminado ou dobrado/empilhado (isto é, camada por camada) sem ser entrelaçado/trançado, em qualquer padrão de tecelagem tecnicamente estabelecido, para alcançar espessura desejada de parede. Os fios em causa são colocados entre pinos de guia tubulares pré-dispostos (G) os quais são finalmente removidos e em seu lugar fios selecionados (Y), em uma forma de circuito, são incorporados para conseguir ligação dos fios lineares estabelecidos para obter o produto final requerido. (Estes passos de produção não tecnicamente em conformidade com o princípio da tecelagem.) Embora a estrutura produzida seja uma melhoria sobre as tentativas anteriores, ela ainda sofre por ser uma estrutura homogênea tanto na teia/s e flange/s além de ter outras deficiências apresentadas anteriormente. Em qualquer caso, a teia não compreende fios orientados em  $\pm \theta^\circ$ . Mais uma vez, este método também não pode processar qualquer tecido pronto ou pré-produzido, quer na sua teia/s ou flange/s.

[029] O documento US 4779429 também fornece um método para produzir itens de tecido 3D tipo feixe perfilados, cuja estrutura é mais ou menos semelhante à que se mostra em US 5121530 acima, mas considerada tricotada simplesmente

porque agulhas de tricô são utilizadas na produção. Dois conjuntos mutuamente perpendiculares de agulhas de tricô, dispostos paralelamente um ao outro nos seus respectivos conjuntos alternadamente tira e coloca fios nas respectivas direções através de um conjunto predisposto de fios (14) em seções necessárias para criar a forma de seção transversal dos itens de tecido 3D tipo feixe perfilados. A estrutura criada ainda sofre de ser homogênea tanto na teia/s e flange/s além de ter outras deficiências apresentadas anteriormente. Em qualquer caso, a teia não compreende fios orientados em  $\pm \theta^\circ$ . Mais uma vez, este método também não pode processar qualquer tecido pronto ou pré-produzido, quer na sua teia/s ou flange/s.

[030] O documento US 4686134 fornece também um material tipo feixe perfilado (1) produzido através da impregnação ou revestimento de um tecido de núcleo (2) com um agente adequado, tal como resina ou similar (3), e solidificando-o, o que ajuda a retenção da dada forma. A teia e o flange do tecido de núcleo (2) são integrados e são formados por entrançar uma pluralidade de grupos de fios (4-6), conforme indicado (coluna 5, linhas 15-21). Considerando que os fios (6) estendem longitudinalmente, os fios (4 e 5) estendem obliquamente para atravessar o outro em  $60^\circ$  (coluna 5, linhas 22-30; Figura 2). Este arranjo de fios (4-6) é conseguido através de uma máquina de tricô de laço "torchon" tendo duas faixas para mover bobinas de fios de entrançamento (coluna 6, linhas 45-51; Figuras 7 e 8). Como os fios de entrançamento (4 e 5) curvam ou dobram nas bordas do feixe perfilado sendo produzido, não há nenhuma possibilidade disto desfilar antes da impregnação. A teia e

flange produzidos têm a mesma arquitetura homogênea, além de falta de muitos dos outros requisitos estabelecidos anteriormente. Este método também não pode processar qualquer tecido pronto ou pré-produzido, quer na sua teia/s ou flange/s e conectá-los em suas direções de espessura mútuas.

[031] O método de acordo com o documento US 6019138 é concebido para produzir parede/s que estendem para fora a partir de uma porção de base para criar um painel endurecido. Este método também não está tecnicamente em conformidade com o princípio de tecelagem, porque o seu funcionamento requer o uso de três conjuntos mutuamente perpendiculares de fios (10, 12 e 14), conforme indicado (coluna 1, linha 60 até coluna 2, linha 2 e a coluna 2, linha 62 à coluna 3, linha 4). Além disso, para que este processo funcione, é imprescindível o uso de pelo menos duas camadas de fios (10) como apontado aqui (coluna 3, linhas 15-17). Tecnicamente este processo funciona ao contrário do processo de tecelagem, onde são necessários apenas dois conjuntos de fios (os fios de urdidura e trama) e os fios de urdidura podem ser de qualquer tipo de camada única ou múltipla. Além disso, porque este processo não é tecnicamente tecelagem, a arquitetura do tecido produzido não corresponde a qualquer padrão de tecelagem conhecido (normal, sarja, etc.). Como podem ser observados nas Figuras 3-5, os fios (12) indicados são incorporados linearmente, isto é, sem qualquer entrelaçamento (mesmo que o indicado no documento US 5021281). Em qualquer caso, a teia não é composta por fios de ângulo de polarização de  $\pm \theta^\circ$  e as respectivas estruturas da teia e flange

permanecem estruturalmente homogêneas e idênticas. Este método também não tem criação de outros requisitos de desempenho declarados anteriormente. Tal como acontece com vários métodos discutidos anteriormente, este método também não pode processar qualquer tipo de tecido pronto ou pré-produzido, quer na sua teia/s ou flange/s para produzir os painéis endurecidos.

[032] Como pode ser observada agora, outra limitação prática importante, destes métodos conhecidos, é que eles não podem produzir feixes de tecido 3D tais como feixes perfilados com relativamente grandes áreas de seção transversal e o conteúdo de fibra que é normalmente necessário para a maioria das aplicações. Além disso, estes métodos discutidos não podem incorporar fios/estopas em uma combinação de diferentes orientações em flange/s e teia/s de um item de tecido 3D. Além disso, estes métodos não podem produzir um item de tecido 3D, tal como um feixe de seção transversal I, em que os dois flanges têm orientação de ângulo de polarização  $\pm \theta^\circ$  de fios e a teia tem seus fios orientados na direção longitudinal ( $90^\circ$ ) e lateral ( $0^\circ$ ). Além disso, não podem produzir um item de tecido 3D, como um feixe I, em que tanto o flange/s e a teia/s compreendem fios em polarização  $\pm \theta^\circ$ , bem como direção longitudinal ( $90^\circ$ ) e lateral ( $0^\circ$ ) em diferentes arranjos de armazenamento sequenciais necessários. Além disso, não podem produzir um item de tecido 3D, tal como um feixe I, em que os fios em um flange são dispostos relativamente de modo diferente em arquitetura em comparação com o arranjo de fios no outro flange.

[033] Além disso, nenhum destes métodos conhecidos, ou

suas combinações, pode produzir itens de tecido 3D complexos compreendendo teia/s e o flange/s, tais como os que combinaram seções retas-curvas, dobras formas convergentes/divergentes, objetos circulares, dimensões variando em uma ou mais direções, seções transversais relativamente invertidas, formas curvas de seno etc. Claramente, itens de tecido 3D que são ao contrário feixes perfilados, e, portanto, não necessariamente compreendem teias e flanges planares/lineares, não podem ser produzidos por estes processos existentes.

[034] Além disso, todos estes processos conhecidos não são capazes de manusear e integrar um tecido pronto ou previamente produzido com os fios utilizados para a produção de um tecido no processo. Em outras palavras, não podem produzir um item de tecido 3D utilizando um tecido pré-produzido adequado de uma dada arquitetura e adicioná-lo, ou combiná-lo, em um modo integrado com o tecido sendo produzido usando fios. Com estes processos conhecidos, não é possível obter integração de um tecido pré-produzido adicionado com um tecido trançado de interação recém-produzido nas suas direções através de espessura mútuas para criar teia/s e flange/s que mutuamente intersectam na sua junção/s e diretamente resultam em um item de tecido 3D tipo feixe perfilado totalmente integrado.

[035] Uma pessoa perita na arte pode inferir agora a partir da apresentação anterior que os métodos presentemente disponíveis são insuficientes, ineficientes e incapazes de produzir itens verdadeiramente avançados e complexos de tecido 3D, para satisfazer o aumento de exigências de desempenho e confiabilidade mecânicas dos

materiais compósitos de alto desempenho emergentes, praticamente e de forma rentável.

[036] Assim, ainda há uma necessidade de melhorias em relação a métodos e aparelhos para a produção de itens de tecido 3D, e em relação a tais itens de tecido 3D produzidos.

#### SUMÁRIO DAS INVENÇÕES

[037] Por conseguinte, é um objetivo da presente invenção, fornecer um item de tecido tridimensional, e um método e aparelho para a produção de tais itens, os quais pelo menos atenuam os problemas acima discutidos encontrados na técnica anterior.

[038] Este objetivo é obtido por meio do item de tecido tridimensional, o método de produção e o aparelho de produção, tal como definido nas reivindicações anexas.

[039] De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção é fornecido um item de tecido tridimensional compreendendo pelo menos um tecido complementar e pelo menos um tecido trançado de interação, em que o tecido complementar é um tecido pré-produzido, por si só estruturalmente estável, e em que o tecido trançado de interação compreende fios de urdidura e de trama entrelaçados, em que pelo menos alguns dos fios de urdidura e/ou fios de trama do tecido trançado de interação penetram através do tecido complementar na direção de espessura, em que o tecido complementar e tecido trançado de interação são conectados um ao outro na sua junção de interseção formando um item de tecido tridimensional.

[040] O item é, de preferência, sob a forma de um feixe de seção transversal perfilado em que seu tecido

complementar constituinte é ou sua teia ou flange e seu tecido trançado de interação constituinte é correspondentemente ou seu flange ou teia. No entanto, o item também pode estar sob uma forma diferente do que a de um feixe transversal perfilado, em que o seu tecido complementar constituinte é um dos membros ou seções ou componentes ou peças, e seu tecido trançado constituinte é o outro membro ou seção ou componente ou parte do objeto de tecido tridimensional.

[041] O item de tecido tridimensional compreende de preferência pelo menos um tecido complementar e pelo menos um tecido trançado de interação com diferentes arquiteturas relativamente estruturais.

[042] O item pode ainda compreender pelo menos uma combinação de dois tecidos complementares. Estes dois ou mais tecidos complementares podem ter arquiteturas semelhantes ou diferentes. Além disso, estes dois ou mais tecidos complementares podem ser incorporados em conjunto ou separados em referido item de tecido tridimensional. No caso de serem incorporados em conjunto, eles são de preferência dispostos em contato direto um com o outro. No caso em que são incorporados separados, o espaço formando a distância de separação pode ser ligado em locais necessários. Pelo menos dois tecidos complementares podem ainda ser incorporados em uma disposição paralela ou não paralela para cada outro em referido item de tecido. Em uma modalidade preferida, pelo menos dois tecidos complementares ambos são penetrados por fios de urdidura e/ou fios de trama de um tecido trançado de interação comum.

[043] O item pode ainda compreender uma combinação de pelo menos dois tecidos trançados de interação. Estes tecidos podem ser de arquiteturas semelhantes ou diferentes. Além disso, estes tecidos podem ser utilizados e incorporados em conjunto ou separados. No caso de serem incorporados em conjunto, são de preferência dispostos em contato direto um com o outro. No caso que são incorporados separados, o espaço formando a distância de separação pode ser ligado em locais necessários. Além disso, pelo menos dois tecidos trançados de interação podem ser incorporados em arranjos paralelos ou não paralelos para cada outro.

[044] Pelo menos um tecido trançado de interação pode estender a partir de ambos os lados de face de um tecido complementar. Adicionalmente ou alternativamente, pelo menos um tecido trançado de interação tanto pode estender entre duas paredes de tecidos complementarmente separados individuais ou duas paredes de um único tecido complementarmente curvo.

[045] A arquitetura estrutural do tecido complementar é, de preferência, pelo menos um: tecido, tricotado, entrançado, qualquer tipo de tecido não trançado, laçado, bordado, não cravado (NCF), unidirecional, tipo malha e pilha.

[046] O tecido complementar é de preferência pelo menos um tecido 2D, 2,5D e 3D.

[047] Pelo menos um do(s) tecido(s) complementar(es) é, de preferência, pelo menos um do tipo uniaxial, biaxial, triaxial, quadriaxial, multiaxial.

[048] Pelo menos um do(s) tecido(s) complementar(es) é, de preferência, em pelo menos um de configuração formada

planar ou em forma não planar ou lisa, ou em uma combinação destas configurações.

[049] Pelo menos um do(s) tecido(s) complementar(es) pode formar, pelo menos um de um sólido, uma casca, um oco, e um sólido com aberturas, ou uma combinação destes tipos.

[050] Além disso, dois ou mais tecidos complementarmente ocorrendo adjacientemente e/ou os tecidos trançados podem ser ligados a cada outro por fixação adicional, referida fixação adicional sendo, de preferência, pelo menos um de costura, pontos, grampeamento, colagem, fusão e pinagem.

[051] De acordo com outro aspecto da presente invenção é fornecido um método para a produção de um item de tecido tridimensional compreendendo pelo menos um tecido complementar e um tecido trançado de interação interagindo em uma maneira através de espessura mútua, referido método compreendendo os passos:

fornecer pelo menos um tecido complementar pré-fabricado por si só estruturalmente estável; e

tecer pelo menos um tecido trançado de interação por entrelaçar fios de urdidura e de trama, em que pelo menos alguns dos fios de urdidura e/ou de trama penetram através do tecido complementar, em que o tecido trançado de interação e tecido complementar são conectados uns aos outros na sua junção de interseção formando um item de tecido tridimensional.

[052] De um modo preferido, um conjunto de dois ou mais tecidos complementares individuais semelhantes ou diferentes arquitetonicamente são fornecidos.

[053] Pelo menos um tecido complementar fornecido é de

preferência mantido com pelo menos um dos seus lados de face voltada para a direção dos fios de urdidura de referido tecido trançado de interação.

[054] O tecido complementar fornecido é de preferência mantido com os seus lados de face perpendiculares ou em um ângulo em relação às direções de inserção de fio de trama de referido tecido(s) trançado de interação.

[055] O tecido complementar fornecido pode ser mantido estacionário sobre um eixo ou mantido intermitentemente estacionário e intermitentemente virado em torno de um eixo durante tecelagem.

[056] O passo de tecelagem compreende preferivelmente os passos de:

formar linhas divisórias por deslocar os fios de urdidura trama em uma direção que não a direção de espessura do tecido trançado de interação sendo produzido;

inserir fios de trama em referidas linhas divisórias e penetrar através de referido tecido complementar; e

embalar os fios de trama inseridos em posição de feltro de tecido, de preferência usando pelo menos alguns dos fios de urdidura deslocados para linha divisória.

[057] A tecelagem do tecido trançado de interação compreende de preferência formar a linha divisória de frente em uma direção do tecido complementar para dirigir a inserção de fio de trama para penetrar através do tecido complementar perpendicular ou em um ângulo em relação à superfície do tecido complementar.

[058] Os passos de linha divisória e inserção de fio de trama podem ser preferencialmente realizados em uma relação de posicionamento mutuamente constante.

[059] A tecelagem de tecido trançado de interação compreende de preferência formar linhas divisórias simultaneamente em dois lados de face do tecido complementar para formar tecido trançado de interação que estende em ambos referidos lados de face de referido tecido complementar.

[060] O passo de tecelagem compreende ainda, de preferência, o passo de manutenção de uma largura constante do tecido trançado de interação produzido.

[061] O passo de tecelagem pode compreender ainda o passo de fornecimento dos fios de urdidura e os fios de trama.

[062] De acordo com ainda outro aspecto da presente invenção, é fornecido um aparelho para produzir um item de tecido tridimensional compreendendo pelo menos um tecido complementar e pelo menos um tecido trançado de interação, referido aparelho compreendendo:

um arranjo de suporte ou fixação para manter um tecido complementar pré-produzido, em si, estruturalmente estável;

um sistema de tecelagem para tecer um tecido trançado de interação pelo entrelaçamento de fios de urdidura e de trama, em que pelo menos alguns dos fios de urdidura e/ou de trama penetram através do tecido complementar retido na direção de espessura, em que o tecido complementar e tecido trançado de interação são conectados um ao outro na sua junção de interseção formando um item de tecido tridimensional.

[063] O arranjo de suporte ou fixação compreende, de preferência, fixadores para reter o tecido complementar durante a tecelagem. O arranjo de suporte ou fixação pode

ainda ser disposto de modo a reter o tecido complementar estacionário em torno de um eixo ou reter o tecido complementar intermitentemente estacionário e intermitentemente rodado em torno de um eixo durante a tecelagem.

[064] O sistema de tecelagem pode compreender:

um arranjo de formação de linha divisória para a formação de linhas divisórias por deslocar os fios de urdidura fornecidos em uma direção além da direção de espessura do tecido trançado de interação sendo produzido;

um arranjo de inserção de fio de trama para inserir fios de trama em referidas linhas divisórias e penetrar através do tecido complementar;

um arranjo de avanço para permitir a formação de linha divisória sucessiva e inserção de fio de trama sucessiva.

[065] O arranjo de formação de linha divisória compreende de preferência uma pluralidade de unidades de formação de linha divisória, cada unidade de formação de linha divisória sendo capaz de produzir uma camada de tecido trançado de interação individual para integrar com o tecido complementar.

[066] Pelo menos uma unidade de formação de linha divisória no arranjo de formação de linha divisória pode ser móvel em um ou mais planos para permitir a produção de um número correspondente de tecidos trançados de interação individuais que são relativamente paralelos ou não paralelos um ao outro e relativamente paralelos ou não paralelos a uma borda do tecido complementar.

[067] Duas ou mais unidades de formação de linha divisória do arranjo de formação de linha divisória podem

enfrentar na mesma direção ou em um ângulo em relação uma à outra ou opostamente.

[068] A orientação da linha divisória formada pelo arranjo de formação de linha divisória é perpendicular ou em um ângulo em relação à face do tecido complementar para correspondentemente dirigir a inserção de fio de trama através do tecido complementar.

[069] Uma unidade de formação de linha divisória pode compreender pelo menos um liço para deslocar um fio de urdidura individual para permitir tecelagem entre referidos fios de urdidura e o tecido complementar.

[070] O arranjo de formação de linha divisória permite de preferência o tecido complementar passar entre seus liços.

[071] O arranjo de inserção de fio de trama insere, de preferência, os fios de trama como simples ou duplos/dobrados através da linha divisória e penetra através do tecido complementar perpendicular ou em um ângulo em relação à superfície do tecido complementar.

[072] O arranjo de formação de linha divisória e o arranjo de inserção de fio de trama podem ser móveis com um relacionamento posicional constante.

[073] O arranjo de avanço suporta de preferência as unidades de inserção de linha divisória e de fio de trama para atravessar e orientá-las em combinação adequada ou linear ou angular ou curva ou circular destes caminhos para facilitar formação de linhas divisórias sucessivas e inserção de fios de trama sucessivos para permitir produção uniforme/consistente do item de tecido 3D necessário.

[074] Um dispositivo de fixação pode ainda ser incluído

no sistema de tecelagem para a manutenção de uma largura constante do tecido trançado de interação produzido.

[075] Além disso, arranjos para fornecimento de fio de urdidura e fornecimento de fio de trama podem ser incluídos no sistema de tecelagem.

[076] De acordo com ainda outro aspecto da presente invenção, é fornecido um material compósito reforçado com um item de tecido tridimensional do tipo discutido acima.

[077] Como é bem conhecido e uma prática estabelecida, tecelagem é realizada utilizando os fios de urdidura e de trama nas formas de fios, filamentos, estopas, mechas, fibras, fitas etc. Novamente, estes diferentes conjuntos de filamentos/fibras são doravante referidos como apenas fios. Os fios de urdidura e fios de trama são mutuamente entrelaçados (em um determinado padrão de tecelagem, tais como tafetá, sarja etc), resultando em um tecido trançado.

[078] A presente invenção de tecelagem difere caracteristicamente de métodos de tecelagem existentes em que pelo menos um tecido pronto ou pré-fabricado adequado, de agora em diante referido como tecido complementar, ou na sua forma abreviada como CF, é adicionado no processo de tecelagem, além dos fios de urdidura e fios de trama que entrelaçam uns com os outros, e os fios de urdidura e/ou fios de trama penetram através da direção de espessura de CF, produzindo um tecido trançado de interação que integra simultaneamente com o CF utilizado, e, assim, leva a criação de novos itens de tecido 3D.

[079] O "tecido trançado de interação", vai em seguida muitas vezes simplesmente ser referido como o "tecido trançado".

[080] Como pode ser compreendido agora, por este novo método de tecelagem de adição o CF empregue e o material sendo trançado usando fios de trama e de urdidura são integrados uns com os outros em uma conexão através de espessura mútua pelo qual os itens de tecido 3D tipo feixe perfilados inovadores e outros tipos de itens de tecido 3D são obtidos diretamente. Os itens de tecido 3D reproduzíveis por este novo método de tecelagem de adição não parecem ser capazes de serem produzidos por qualquer método conhecido.

[081] O tecido complementar (CF) é um tecido pré-produzido, por si só estruturalmente estável. No contexto da presente aplicação, isto significa que o CF por si só tem uma integridade estrutural tal que será um tecido estruturalmente estável antes da tecelagem do tecido trançado de interação. Também significa que o CF, continuará a ser um tecido estruturalmente estável, mesmo se o tecido trançado de interação fosse subsequentemente removido. Tal CF estruturalmente integrado pode, assim, ser extraído ou liberado a partir do item de tecido 3D produzido, por exemplo, cortando e removendo os fios relevantes do tecido trançado de interação que penetram através ou conectam com o CF.

[082] Por "direção de espessura" e "penetração através da direção de espessura", no contexto do presente pedido de patente, devem ser entendidos como uma direção que pode ser totalmente na direção de espessura, ou seja, completamente perpendicular a uma superfície do tecido complementar (CF), ou em parte na direção de espessura e, em parte em outra direção, ou seja, em uma direção angular - não

perpendicular e não paralela - em relação a uma superfície do tecido complementar (CF).

[083] O método de tecelagem de adição de acordo com a presente invenção é capaz de manusear todas as diferentes variedades ou tipos de CFs. Por exemplo, o CF usado pode ser tecido ou tricotado ou entrançado ou qualquer tipo de não trançado ou laço ou NCF (tecido não cravado) ou bordado ou unidirecional ou malha ou pilha etc. O CF pode ser um tecido individual ou uma combinação de quaisquer dois ou mais destes tipos de tecido e de dimensões iguais ou relativamente diferentes. Além disso, o CF usado pode ser planar/tipo folha de qualquer tipo uniaxial (ou seja, tendo a maioria dos fios orientados em uma direção) ou biaxial (ou seja, com fios orientados em duas direções) ou triaxial (ou seja, tendo fios orientados em três direções) ou quadriaxial (isto é, tendo fios orientados em quatro direções) ou multiaxial (isto é, tendo fios orientados em quatro ou mais direções) ou uma combinação apropriada de pelo menos quaisquer dois destes tipos. O CF também pode ser um ou qualquer combinação de tipos de tecido 2D (ou seja, estrutura tipo folha não planar/formado ou tipo folha planar de única camada integrada, em que fios constituintes devem ser dispostos em um plano), 2,5D (ou seja, estrutura tipo circuitos de projeção integrados de fios a partir de um tecido de base, em que fios constituintes devem ser dispostos em dois planos mutuamente perpendiculares), e 3D (ou seja estrutura tipo folha de múltiplas camadas integrada em configurações formada ou planar, em que fios constituintes devem ser dispostos em três planos perpendiculares entre si) também. O CF pode ser também de

tipo de tecido sanduíche, espaçador etc. Além disso, o CF pode ser seco ou pré-impregnado ou combinação adequada de ambos os tipos. Além disso, o CF pode ser um único tipo de tecido, ou um conjunto de combinação de mais do que um de ou tipos de tecido individuais semelhantes ou diferentes. Um conjunto de CF também poderia ser composto de tecidos semelhantes ou não semelhantes de dimensões relativamente diferentes. Tais tecidos de diferentes dimensões que constituem um conjunto de CF podem ser dispostos de qualquer maneira necessária. Por exemplo, alguns CF relativamente menores podem ser dispostos individualmente em um CF maior em quaisquer posições desejadas ou alguns CF de uma dimensão poderia ser dobrado e disposto em outro CF de outra dimensão. Além disso, em um conjunto de CFs combinados, os tecidos utilizados podem ser organizados em conjunto em qualquer sequência de empilhamento, tais como regular, irregular, aleatória, espelhada sobre um plano, etc, ou separada. Quando se utiliza dois ou mais CFs, eles podem ser em quaisquer arranjos paralelos ou não paralelos. Além disso, quando se utiliza dois ou mais CFs, eles podem ser quer adjacientemente junto ou separados uns dos outros. Os tecidos que constituem CF podem ser semelhantes ou diferentes em termos de material/is de fibra constituinte, arquitetura/s de construção, cor/es, peso/s areolar, espessura etc. Além disso, os tecidos utilizados como CF podem ser produzidos através de fibras curtas, fibras longas e fibras de filamentos contínuos ou uma combinação de pelo menos quaisquer duas delas. Além disso, os tecidos utilizados como CF podem ser produzidos através de fios, estopas, fios dobrados, fios de fantasia, linhas,

barbantes, cordas, fios lisos, fitas, materiais fibrosos unidirecionais etc. Se necessário, fios metálicos, fios termoplásticos, cabos etc. também podem ser usados. Além disso, o CF usado pode ser qualquer um dos tipos de folha lisa/planar ou circular/tubular ou modelada. Os tipos de tecidos formados podem ser planares ou tridimensionais, tal como os produzidos diretamente (por exemplo, uma forma de meia) ou indiretamente (por exemplo, formas de guarda-chuva ou chapéu por costura). Mesmo um item de tecido 3D de acordo com a presente invenção poderia ser utilizado como um CF, em um segundo passo, para produzir outro item de tecido 3D. O CF/s empregue neste método de tecelagem quando produzindo feixes perfilados, constitui qualquer teia/s ou o flange/s. Ao produzir itens de tecido 3D mais complexos, o CF empregado pode constituir um membro/seção/componente/parte etc., dependendo da complexidade da forma ou formato do objeto produzido. Um CF individual pode ser uma peça de tecido sem corte ou cortada ou parcialmente cortada. Mais uma vez, dependendo dos requisitos de desempenho e processamento do item de tecido 3D, materiais termoplásticos adequados em forma de folha ou outras formas podem ser utilizados em conjunto quer com CF ou de forma independente, para o funcionamento como, por exemplo, uma matriz fundível para obter diretamente um material compósito.

[084] Além disso, o CF usado pode ser em ou forma lineares ou curva ou ambas as formas, linear e curva, e não necessariamente em uma forma plana ou lisa. Além disso, a forma do CF não precisa necessariamente ser tipo retângulo; o CF pode ser de qualquer forma e dimensões para atingir o

objetivo desejado. Além disso, o tecido trançado sendo produzido pelos fios de urdidura e de trama de entrelaçamento pode ser ligado a CF quer perpendicularmente à superfície do CF empregue, ou em qualquer outro ângulo desejado. Além disso, os tipos de CF utilizados na criação de um item de tecido 3D podem ser sólidos ou com aberturas de formas desejadas tais como quadrado, retângulo, triângulo, poligonal, circular, oval, losango, trapezoidal, irregular etc. Assim, este processo de tecelagem de forma única permite a utilização de muitos tipos diferentes de CF, e em orientações diferentes, juntamente com fios de urdidura e fios de trama para produção de inúmeros tipos de pré-formas de tipo feixe perfiladas e outras pré-formas de tecido 3D complexas para funcionar como reforços personalizados e permitindo fabricação de materiais compósitos de alto desempenho e resistente à delaminação.

[085] Além disso, o material de fibra e tipo de fio de urdidura, de trama e CF compreendendo o item de tecido 3D que pode ser produzido por este método de tecelagem de adição podem ser tipo fios, estopas, filamentos, mechas, fitas, fitas de fibras espalhadas, barbantes, cadeias, cordas, cordões, fios metálicos, fios termoplásticos, cabos, etc. Os materiais fibrosos podem ser de qualquer tipo, semelhantes ou diferentes de uma variedade de fibras inorgânicas, sintetizadas e orgânicas, tais como carbono, cerâmica, basalto, boro, metal, vidro, termoplástico, (poliéster, poliamida, acrílico, aramida, PEEK etc.), algodão, juta, linho, seda, coco, cânhamo, lã, com base em algas marinhas etc. Além disso, tipo de fibras coinstalada, misturada, híbrida, portando formulação química, revestida,

feixes de fibras embainhados, conjugados, coaxiais, nano etc. podem ser também consideradas. Quando se utiliza um material termoplástico em formas de folha ou outras formas, pode ser de qualquer tipo apropriado, tais como sólido, perfurado, cortado, com orifícios, etc., para servir a finalidade pretendida.

[086] O dispositivo para a realização do novo processo de tecelagem de adição também é caracterizado unicamente em que processa pelo menos um CF adequado juntamente com fios de urdidura e fios de trama, e integra-os em direções de espessura mútuas para produzir diretamente um item de tecido 3D. O novo dispositivo de tecelagem de adição produz, portanto, um item de tecido 3D tipo feixe perfilado, e outros itens de tecido 3D complexos, integrando o CF empregado com o tecido sendo trançado usando fios de urdidura e fios de trama de acordo com o desempenho e outros requisitos da forma ou formato e dimensões finais.

[087] O novo dispositivo de tecelagem de adição concebido para a produção de itens de tecido 3D inovadores é fornecido com um novo sistema de linha divisória, para executar a operação de tecelagem mais importante, através da qual os fios de urdidura podem ser controlados/deslocados para criar a linha divisória/s enquanto permitindo o CF atravessar. Dependendo do perfil de seção transversal ou forma do item de tecido 3D que precisa ser produzido, linha divisória é realizada em pelo menos um lado de face do CF empregado.

[088] A unidade/sistema de linha divisória compreende liços especiais (a serem descritos mais tarde), que são de

preferência diferentes daqueles utilizados em sistemas de linha divisória existente. Um número destes liços é de preferência dispostos em um conjunto emparelhado em uma unidade. O menor número de liços emparelhados em uma unidade de tecelagem pode ser de um (isto é, dois liços). No entanto, em certas situações, apenas um liço também é utilizável por causa da presença exclusiva de CF neste processo de tecelagem de adição. Além disso, uma ou mais unidades de conjuntos emparelhados de liços podem ser utilizados em um sistema de linha divisória. Ao usar mais do que uma unidade de formação de linha divisória, são de preferência dispostas em série para criar múltiplas linhas divisórias (dependendo do que é necessário para ser produzido). As múltiplas linhas divisórias são criadas individualmente em certa sequência predefinida ou simultaneamente. Cada uma das múltiplas linhas divisórias são criadas para produzir camadas de tecido individuais que são integradas com o CF empregado. Como indicado, este sistema de linha divisória permite um único fio de urdidura ser manipulado e utilizado para gerar uma forma desejada em conjunto com CF.

[089] Além disso, as múltiplas linhas divisórias são produzidas em: (a) níveis tipo degraus relativamente diferentes uns dos outros, e (b) pontos relativamente mutuamente separados na direção de tecelagem do item de tecido 3D. Assim, o número de camadas de fio de urdidura e camadas de fio de trama pode ser ou um, ou mais do que um para criar número correspondente de camadas trançadas neste novo método de tecelagem de adição. Além disso, ou todas as camadas de fio de urdidura fornecidas podem ser paralelas

umas às outras, ou não paralelas umas às outras ou algumas podem ser paralelas umas às outras, enquanto outras são relativamente não paralelas pelo que tecidos trançados correspondentes são criados anexados ao CF. Dependendo do item de tecido 3D sendo produzido, alguns fios de urdidura podem ser removidos ou extra adicionados durante tecelagem.

[090] Além disso, para acelerar a produção de itens de tecido 3D com mais de um flange paralelo, correspondente número de séries de unidades de formação de linha divisória podem ser organizados em paralelo. Mais uma vez, dependendo do perfil de seção transversal a ser produzido, uma série de unidades de formação de linha divisória podem ser também organizados em orientação angular relativamente a uma outra série de unidades de formação de linha divisória. Em qualquer caso, cada unidade de formação de linha divisória é concebida para produzir uma camada de tecido trançado. Uma série de unidades de formação de linha divisória irá assim produzir número correspondente de camadas de tecido, de preferência simultaneamente para tornar o processo eficiente. Para exemplificar, várias nervuras podem ser simultaneamente produzidas e integradas com CF para obter diretamente uma folha/placa resistente rígida à delaminação.

[091] Além disso, neste novo sistema de linha divisória os fios de urdidura são de preferência fornecidos em um ângulo, de preferência cerca de 90°, em relação ao plano do tecido trançado sendo produzido, e não em paralelo/em linha ou reto com tecido plano como é feito convencionalmente. Assim, durante operação de formação de linha divisória os fios de urdidura não são deslocados na direção de espessura

do tecido sendo produzido, como acontece com os métodos de formação de linha divisória convencionais, mas são deslocados na direção do comprimento do tecido sendo produzido. Através do fornecimento de fios de urdidura em um ângulo em relação ao plano do tecido sendo produzido, seu deslocamento em direção de comprimento do tecido durante a formação de linha divisória exclusivamente auxilia a embalagem do fio/s de trama estabelecida na direção de posição de feltro de tecido e, assim, a operação de bater fios de trama usando junco é vantajosamente tornado redundante neste método de tecelagem de adição novo. O processo de tecelagem torna-se assim exclusivamente relativamente mais simples, mais suave, mais seguro, mais silencioso, mais rápido e econômico. No entanto, para a produção de alguns itens de tecido 3D, uma unidade de formação de linha divisória capaz de deslocar os fios de urdidura na direção de espessura de tecido pode ser também utilizada.

[092] Além disso, todas as unidades de formação de linha divisória necessárias são incorporadas em um subquadro de trabalho do quadro de trabalho principal do dispositivo de tecelagem. Este subquadro de trabalho é incluído no quadro de trabalho principal de uma forma em que sua posição pode ser alterada em relação ao quadro de trabalho principal. Assim, a posição da unidade/s de formação de linha divisória não é fixa em relação ao quadro de trabalho principal, mas é móvel e pode ser alterada em direção X, Y e Z desejada por meio de mecanismos adequados que podem ser controlados por programas adequados para permitir produção direta de itens de tecido 3D complexos e

tipo feixe perfilados.

[093] O dispositivo de tecelagem de adição inovador também incorpora uma unidade de inserção de fio de trama nova, para completar realização de entrelaçamento dos fios de trama com os fios de urdidura para realizar tecnicamente a característica definidora do processo de tecelagem. Em correspondência com o número de linhas divisórias (e, portanto, tecidos trançados) sendo criadas, ou seja, ou simples ou múltiplo, número correspondente de fios de trama é, portanto, inserido pelos meios de transporte de fio de trama das unidades de inserção. Assim, pode haver mais do que um número de unidades de inserção de fio de trama individuais do dispositivo de tecelagem de adição. Se uma linha divisória é criada em ou ambos os lados da face de CF, de preferência um conjunto emparelhado de unidades de inserção/condução de fio de trama para manipulação de um meio para transporte de fio de trama é usado. Cada unidade do par situa-se em ambos os lados de face de CF. Se múltiplas linhas divisórias são produzidas, em seguida, número correspondente de unidades emparelhadas de inserção de fio de trama são em conformidade utilizadas em níveis de correspondentemente diferentes linhas divisórias, e são posicionadas separadas entre si para inserir os fios de trama. Em outras palavras, como múltiplas linhas divisórias são mutuamente separadas na direção longitudinal dos fios de urdidura, o número correspondente de unidades emparelhadas de inserção de fio de trama são correspondentemente dispostas separadamente em diferentes níveis. Por este sistema de inserção de fio de trama novo, mais de um fio de trama são de preferência estabelecidos

simultaneamente em correspondentes linhas divisórias mutuamente separadas, que são criadas em níveis relativamente diferentes, para entrelaçar com os fios de trama e conectar com o CF usado para produzir diretamente itens de tecido 3D, incluindo feixes de seção transversal perfilados e outros objetos relativamente complexos. Neste método de tecelagem de adição, é também possível utilizar uma unidade de inserção de fio de trama único, que está posicionada em apenas um lado de face do CF quando um fio de trama tipo pino/dobrado/duplo deve ser incorporado em uma linha divisória, e, conseqüentemente, no tecido trançado que está sendo produzido e integrado com o CF utilizado para obter diretamente um item de tecido 3D.

[094] Além disso, como com as unidades de formação de linha divisória, as unidades de inserção de fio de trama são também incorporadas no mesmo subquadro de trabalho do quadro de trabalho principal do dispositivo de tecelagem. Por conseguinte, a relação posicional entre cada uma das unidades de formação de linha divisória e de inserção de fio de trama é constante ou fixa. Assim, se o subquadro de trabalho é deslocado em relação ao quadro de trabalho principal, as unidades de formação de linha divisória e de inserção de trama irão mover em conjunto em direção X, Y e Z desejada por meio de mecanismos adequados que podem ser controlados por programa adequado para permitir a produção direta de itens de tecido 3D complexos e tipo feixe perfilados.

[095] Para permitir progressão satisfatória de tecelagem, o dispositivo de tecelagem de adição também incorpora uma unidade de avanço apropriada de modo que

inserções de fio de trama sucessivas podem ser realizadas. Esta unidade de avanço é conectada ao quadro de trabalho principal e, de preferência carrega o subquadro de trabalho o qual aloja as unidades de formação de linha divisória e de inserção de trama.

[096] A teia/s e/ou flange/s, ou ambos destes, dos itens de tecido 3D novos podem ser ou um CF tipo parede simples ou tipo CF parede múltipla para atingir os requisitos de desempenho e função desejados. Além disso, um item de tecido 3D produzido com CFs de parede múltipla para alcançar determinada espessura de parede requerida pode ter estes CFs em ou arranjo separado/disjunto, ou conectado/unido, ou parcialmente conectado e parcialmente disjunto. Além disso, o tecido trançado, constituindo pelo menos um dos CFs quer do flange ou teia, pode ser semelhante ou dessemelhante em arquitetura para o outro CF/s que constitui o mesmo flange ou outro flange/s e teia/s do item de tecido 3D. De um modo preferido pelo menos um dos CFs constituintes ou a teia/s ou flange/s são relativamente arquitetonicamente diferentes em construção para outro para conseguir um melhor desempenho mecânico do material perfilado.

[097] Além disso, quando se produz um item de tecido 3D tipo feixe perfilado, sua teia/s e flange/s pode ser ou a 90° entre si, ou em qualquer outro ângulo desejado/adequado entre si. Além disso, os itens de tecido 3D tipo feixe perfilados e outros podem ser tanto do tipo linear ou tipo curvo, ou parcialmente linear e parcialmente curvo, ou a combinação de ambos os tipos linear e curvo, como um feixe I com flange/s linear e teias curvas. Além disso, as

direções de curva ou dobra dos materiais perfilados podem ser tanto latitudinais ou longitudinais. Além disso, em tais feixes perfilados, ou a teia/s ou flange/s são lineares, ou um deles é linear e é outro curvo, ou ambos são curvos. Ao produzir complexos, itens de tecido 3D que não são tipo feixe, em seguida, novamente, tipos de construção virtualmente ilimitados podem ser criados.

[098] Além disso, a seção transversal dos itens de tecido 3D, tipo feixe perfilados e outros, pode ser ou tipo não tubular ou tipo tubular. Além disso, tais itens de tecido 3D podem ser ou sólidos, ou em casca, ou ocos ou com aberturas ou combinação de pelo menos quaisquer dois destes tipos. O item de tecido 3D tipo oco também pode ser preenchido com, por exemplo, fios/fibras adequados, se necessário. Além disso, o item de tecido 3D pode ter forma/formato simétrico ou assimétrico em torno de pelo menos um dos seus três eixos principais. Além disso, as dimensões de seção transversal ao longo da direção de comprimento do item de tecido 3D pode ser constante ou variável. Além disso, as respectivas dimensões ou a teia/s ou flange/s ou ambos podem ser constantes ou variáveis. Além disso, um item de tecido 3D pode ter diferentes dimensões de sua teia/s e flange/s, ou diferentes formas em seção transversal nas suas duas extremidades. Por exemplo, um feixe com seções transversais "T", relativamente invertidas em seus lados finais, pode ser criado diretamente no mesmo item de tecido 3D. Além disso, quando um item de tecido 3D é produzido usando mais do que um CF e/ou com mais do que uma camada trançada de um flange ou teia, tais diferentes camadas de tecidos individuais podem

ser ligadas para cada outra na sua respectiva direção de espessura, em locais onde e se necessários, por qualquer técnica conhecida como costura, pontos, grampeamento, colagem, fusão, pinagem etc.

[099] Como pode ser entendido agora, este novo método de tecelagem de adição é concebido para criar itens de tecido 3D novo de alto desempenho diretamente, de forma rápida e rentável usando e integrando um CF com o tecido que está sendo trançado usando os fios de urdidura e de trama, tais que o CF e o tecido trançado de interação/s produzido são integrados em suas direções através de espessura mútuas na junção/s onde a teia/s e flange/s intersectam.

[100] Este método de tecelagem de adição inovador cumpre tecnicamente plenamente com o princípio da tecelagem como os fios de urdidura e de trama podem ser entrelaçados nos padrões de tecelagem necessários, tais como tafetá, sarja e outros. A tecelagem é executada em qualquer um, ou ambos os lados de face, ou superfícies, do CF empregado. O novo método de tecelagem de adição é ainda unicamente capaz de entrelaçamento dos fios de trama ou em 90° para os fios de urdidura, ou em qualquer outro ângulo desejado em relação aos fios de urdidura, enquanto integrando com CF. Além disso, este método é igualmente capaz de tecer camada trançada individual única e várias camadas trançadas individuais que são conectadas ao CF. O plano da peça trançada de interação produzida é de preferência projetada em um ângulo de pelo menos uma das superfícies do CF empregue, enquanto sendo ligada ao CF, resultando diretamente em um novo item de tecido 3D mutuamente

totalmente integrado através de espessura.

[101] Os tipos de tecido 3D inovadores que podem ser produzidos pelo método novo de adição de tecelagem são geralmente direcionados para reforçar materiais compósitos, embora pudessem encontrar uso em outras áreas de têxteis técnicas, bem como médicos, militares, cobertura, transporte, mitigação de danos, proteção etc. Estes novos itens de tecido 3D, quando impregnados com matriz adequada, permitem realização de materiais compósitos de alto desempenho e confiáveis, não encontrados anteriormente para realmente realizar desempenho dos materiais compósitos e potencial funcional de forma relativamente rápida e com custos mais baixos. Estas e outras características das invenções serão evidentes a partir dos desenhos e descrição das modalidades preferidas que seguem.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[102] As presentes invenções relacionadas com o método de tecelagem de adição e dispositivo para produzir itens de tecido 3D usando CF, fios de urdidura e de trama, e os itens de tecido 3D dos mesmos, que são particularmente úteis para reforço e fabricação de materiais compósitos, são ilustrados nos seguintes desenhos por meio de exemplos em que:

A Figura 1 exemplifica o método de tecelagem de adição para a fabricação de itens de tecido 3D.

A Figura 2 exemplifica as três unidades/arranjos principais necessários para praticamente executar tecelagem de adição e sua disposição relativa no dispositivo de tecelagem de adição para a produção de itens de tecido 3D.

As Figuras 3a-3b exemplificam os principais componentes

e sua organização relativa na unidade/arranjo de formação de linha divisória.

As Figuras 4a-4b exemplificam uma disposição alternativa de certos componentes que constituem a unidade/arranjo de formação de linha divisória.

As Figuras 5a-5d exemplificam um ciclo de trabalho do arranjo de formação de linha divisória.

A Figura 6 exemplifica os principais componentes, bem como sua organização relativa, na unidade/arranjo de inserção de fio de trama.

As Figuras 7a-7d exemplificam os principais componentes, bem como a sua organização relativa, na unidade/arranjo de avanço que é apropriado para produção de itens de tecido 3D em uma de direção X, Y e Z.

As Figuras 8a-8d exemplificam um ciclo de produção do processo de tecelagem de adição.

As Figuras 9a-9F exemplificam diferentes organizações das unidades/arranjos de formação de linha divisória para produzir correspondentemente diferentes itens de tecido 3D.

As Figuras 10a-10b exemplificam organização relativa de unidades/arranjos formação de linha provisória no processo de tecelagem de adição para a produção de estruturas de polarização.

As Figuras 11a - 11d exemplificam alguns itens de tecido 3D que podem ser produzidos por diferentes organizações de unidades/arranjos de formação de linha divisória.

As Figuras 12a- 12b exemplificam construções filetadas e afuniladas de itens de tecido 3D que podem ser produzidos pelo processo de tecelagem de adição.

As Figuras 13a-13b exemplificam localização relativa da unidade de fixação necessária para prevenir estreitamento ou manter largura constante de tecido trançado.

As Figuras 14a-14z exemplificam diferentes itens de tecido 3D que podem ser produzidos pelo processo de tecelagem de adição.

As Figuras 15a-15g exemplificam ainda emprego de método de tecelagem de adição para criar outros tipos de itens de tecido 3D.

#### DESCRIÇÃO DE MODALIDADES PREFERENCIAIS

[103] O método de tecelagem de adição de acordo com a presente invenção produz itens de tecido 3D em que tecido/s complementar/es (CF), fios de urdidura e fios de trama são envolvidos. Dependendo da construção e forma desejada, um item de tecido 3D é produzido por tecelagem dos fios de urdidura e de trama para um tecido trançado de interação que integra simultaneamente com o CF em uma conexão através de espessura mútua. O novo método de tecelagem envolve as seguintes três operações básicas: formação de linha divisória; inserção de fio de trama, e avanço.

[104] Para facilidade de explicação do espírito da invenção, o princípio básico da produção de um item de tecido 3D tipo feixe perfilado de seção transversal "+" é considerado, uma vez que representa uma composição de uma teia e um flange intersectando em direções de espessura mútuas. O método está representado na Figura 1. Um tecido complementar (CF), de material, arquitetura, forma e dimensões adequadas, o que é necessário para ser a teia do perfil "+", é adequadamente suportado na orientação e posição desejadas, e de um modo preferido mantido

estacionário. Número necessário de fios de urdidura (P) de material adequado e contagem tex, para a produção do flange trançado (A) de largura e espessura necessárias, são fornecidos a partir de fonte/s apropriada e dispostos em ambos os lados de face de CF. Fios de urdidura (P) são preferivelmente fornecidos em uma orientação angular adequada em relação ao plano/superfície do tecido (A) sendo trançado como mostrado na Figura 1. Estes fios de urdidura (P) são submetidos à formação de linha divisória de uma maneira em que os fios de urdidura (P) são deslocados na direção de comprimento do tecido (A) sendo trançado e uma linha divisória é criada de um modo emparelhado em ambos os lados de face de CF.

[105] Um aspecto inovador do par criado de linhas divisórias (L e N) é que individualmente ocorrem em ambos os lados de face do CF e recebem o mesmo fio de trama. Outro aspecto novo das linhas divisórias emparelhadas (L e N) é que são não convencionalmente orientadas em um ângulo em relação ao plano do tecido (A) sendo trançado nos lados de face de CF. Como consequência, os fios de urdidura (P) se deslocam na direção de comprimento do tecido (A) sendo produzido, e não na direção de espessura do tecido (A), tal como acontece em processos de tecelagem convencionais. As linhas divisórias (L e N) são orientadas angularmente em relação ao plano do tecido trançado (A). Não estão em linha com o plano do tecido trançado (A). Tal orientação angular da linha divisória permite duas vantagens importantes. Em primeiro lugar, diretamente permite embalagem do fio de trama (G) inserido na linha divisória usando alguns fios de urdidura e sem envolver o uso de uma moldura de batida,

como está associado com a tecelagem convencional. Em segundo lugar, como se tornará claro mais tarde, uma produção paralela ou não paralela e simultânea de múltiplas camadas de tecido trançado é capaz de realizar diferentes construções e formas desejadas de itens de tecido 3D de forma eficiente. Estas são algumas vantagens notáveis deste novo método de formação de linha divisória. Assim, através do uso deste novo arranjo de formação de linha divisória a operação de batida torna-se desnecessária e, portanto, dispensada tornando este método de adição de tecelagem inovador eficiente.

[106] Os fios de urdidura (P) são submetidos à operação de formação de linha divisória, como indicado na Figura 1, pelo que linhas divisórias emparelhadas (L e N) são de preferência simultaneamente criadas em ambos os lados de face do CF suportado. Formação de linha divisória é realizada em uma posição predeterminada em referência à borda de topo (ou fundo) de CF suportado para integrar o tecido trançado de interação (A) sendo recém-produzido com o CF para obter diretamente o item de tecido 3D tipo feixe perfilado de seção transversal "+".

[107] Em seguida, um fio de trama (G) é inserido no par criado de linhas divisórias (L e N) durante a operação de inserção de fio de trama. No ciclo de tecelagem mostrado na Figura 1, fio de trama (G) entra primeiro na linha divisória (L) na direção de CF, em seguida, penetra/passa através de CF e entra na linha divisória adjacente (N) no outro lado de CF, e, finalmente, emerge a partir da linha divisória (N).

[108] O fio de trama (G) o qual é inserido nas linhas

divisórias emparelhadas (L e N) é retido entre os fios de urdidura (P) quando a seguinte nova linha divisória é criada após a realização da operação de avanço ou retirada, o que é feito através do avanço das posições das unidades de formação de linha divisória e de inserção de trama, de um modo preferido em conjunto, em relação ao CF estacionário suportado. Como resultado, o CF e o material recém-entrelaçado ou de interação (A) são diretamente integrados em uma forma através de espessura mútua e a produção de item de tecido 3D de tipo feixe perfilado de seção transversal "+" realizada. Para continuar a produção do item de tecido 3D adicionalmente, o plano relativo da linha divisória subsequente é alterado em relação ao fio de trama recém-estabelecido por fazer avançar as unidades de formação de linha divisória e de inserção de trama de preferência em conjunto em relação ao CF estacionário.

[109] A operação de avanço ou retirada neste método de tecelagem de adição é realizada tendo em conta a complexidade da forma do item de tecido 3D que está sendo produzido. Por conseguinte, pode ser linear ou angular/circular ou combinação de ambos os tipos. No sistema de avanço linear, ou os meios para realizar as operações de formação de linha divisória e de inserção de fio de trama são de preferência, em conjunto, avançados para longe, linearmente a partir do último fio de trama estabelecido por uma distância de retirada relativa necessária para o CF estacionário, ou, alternativamente, as unidades de formação de linha divisória e de inserção de fio de trama são preferencialmente mantidas conjuntamente estacionárias e o CF é avançado relativamente por uma

distância de retirada necessária. Além disso, o sistema de avanço linear pode ser realizado quer em um plano ou em, por exemplo, dois planos que não são paralelos uns aos outros. O antigo sistema de avanço linear é adequado quando a produção de itens de tecido 3D de seções transversais perfiladas tipo feixe geralmente lineares, tais como +, T, I, Pi, L etc. Este último sistema é adequado para a produção de itens de tecido 3D, que são, por exemplo, tipo degrau, tipo curva de seno e tipo quadro.

[110] A operação de avanço poderia ser também do tipo angular/circular pelo uso do CF que não está estendendo linearmente como é exigido quando produzindo itens de tecido 3D tipo feixe. O CF, neste caso, apresenta uma forma regular (como disco circular plano, tipo tubo, etc.) ou uma forma irregular. Tal CF é preferivelmente rodado em torno de um eixo fixo por um ângulo desejado após cada inserção de fio de trama para criar espaço para a formação de linha divisória subsequente e inserção de fio de trama. Neste caso, as unidades de formação de linha divisória e de inserção de fio de trama são de preferência mantidas estacionárias em conjunto nas suas posições relativas para transformar CF para manter o processo relativamente simples e conferir facilidade de operação. Este tipo de sistema de avanço angular/circular é adequado para a produção de itens de tecido 3D que são, por exemplo, tipo chapéu, seções transversais perfiladas tipo feixe curvo, discos com aros etc.

[111] Alternativamente, um tipo de combinação circular/linear-angular do sistema de avanço pode ser também empregado. Neste caso, um CF é rodado por um ângulo

desejado intermitentemente sobre um eixo fixo após cada inserção de fio de trama e as unidades de formação de linha divisória e de inserção de fio de trama são avançadas linearmente. Tal sistema de avanço é necessário para a produção de itens de tecido 3D, tal como um eixo tubular tendo aro helicoidal radial ligado à sua superfície. Alternativamente, o CF é mantido estacionário até um tecido trançado linear de comprimento requerido ter sido produzido e em seguida o CF é girado por um ângulo desejado. Um sistema deste tipo é necessário para produção de itens de tecido 3D tal como um eixo tubular tendo aletas lineares longitudinais ligadas à sua superfície.

[112] É desnecessário afirmar, uma pessoa perita na arte irá entender agora que uma variedade de itens de tecido 3D funcionais e de alto desempenho de dimensões que variam de relativamente muito pequenas até muito grandes, e de formas e configurações complexas, podem ser fabricados diretamente e de forma relativamente fácil, de forma rápida e com baixo custo por este novo método de tecelagem de adição.

[113] O novo método de tecelagem de adição é praticamente realizado através de um dispositivo de tecelagem de adição inovador (V) na Figura 2. O dispositivo é composto por três unidades/sistemas/arranjos/meios primários etc., abaixo indicados, para execução das operações primárias. Cada uma destas unidades é concebida de forma única e o seu funcionamento é descrito a seguir: unidade de formação de linha divisória (1); unidade de inserção de fio de trama (2); e unidade de avanço (3).

[114] O funcionamento preferido e posições relativas

das unidades principais, a saber, unidades de formação de linha divisória (1), inserção de fio de trama (2) e avanço (3), que constituem a máquina de tecelagem de adição (V) indicada na Figura 2, são especificamente concebidas e dispostas de modo a produzir itens de tecido 3D novos (K). O quadro de trabalho principal de máquina (não mostrada) suporta um subquadro de trabalho móvel (não mostrado) para que o número necessário de feixe/s de urdidura e/ou a bobina/s (não mostradas) para fornecer fios de urdidura (P), a unidade de formação de linha divisória (1) e a unidade de inserção de fio de trama emparelhadas preferíveis (2), são montadas e suportadas. Este subquadro de trabalho móvel, que suporta as unidades para formação de linha divisória (1) e inserção de fio de trama (2), é suportado e movido pela unidade de avanço (3), que está fixada ao quadro principal. Para suportar CF em orientação e posição desejadas de uma maneira estacionária, de preferência unidades de suporte/s ou de fixação adequadas (não mostradas) são utilizadas e montadas no quadro principal. Assim, o subquadro de trabalho é móvel em relação ao quadro de trabalho principal.

[115] Neste dispositivo de tecelagem de adição, é preferível que a formação de linha divisória (1) e, preferivelmente, as unidades de inserção de fio de trama emparelhadas (2) sejam mantidas em uma relação posicional mútua constante no subquadro de trabalho móvel, de modo que podem ser movidas em conjunto na direção cima-baixo e esquerda-direita desejadas como e quando necessário enquanto seu movimento coletivo em direções para frente e para trás a partir de uma dada posição é alterado pela

unidade de avanço (3) em relação ao item de tecido 3D sobprodução estacionário (K) que é mantido em seus suportes de fixação (não mostrados). Deste modo, as unidades de formação de linha divisória (1) e de inserção de fio de trama (2) emparelhadas são de preferência suportadas em um subquadro de trabalho móvel comum (não mostrado) que está ligado à unidade de avanço (3). Além disso, a montagem da unidade de formação de linha divisória (1) no subquadro de trabalho é de preferência tal que a unidade de formação de linha divisória (1) e unidade de inserção de trama (2) podem ser deslocadas de forma independente, reposicionadas e angularmente orientadas dentro do subquadro de trabalho, como e quando necessário, em relação ao CF estacionário.

[116] Detalhes relevantes das unidades de formação de linha divisória (1), inserção de fio de trama (2) e avanço (3) são descritos individualmente a seguir. Apenas os aspectos de trabalho mais fundamentais de cada uma destas unidades são aqui descritos, como os objetivos necessários, podem ser praticamente realizados de muitas maneiras diferentes.

#### UNIDADE DE FORMAÇÃO DE LINHA DIVISÓRIA:

[117] Como indicado anteriormente, os novos aspectos importantes da unidade de formação de linha divisória (1) indicada na Figura 2 são que ele pode criar uma linha divisória emparelhada (L e N), cada uma das quais ocorre em ambos os lados de face de CF, ou uma linha divisória não emparelhada/única que ocorre em apenas um lado de face do CF. Uma linha divisória não emparelhada é utilizável, por exemplo, quando se produz um perfil tipo feixe em forma de L que tem o flange em apenas um dos lados da teia.

[118] Para produção de itens de tecido 3D, os fios de urdidura (P) são fornecidos de um modo preferido a partir de cima do tecido sendo produzido, de tal modo que são orientados com um ângulo, de preferência cerca de 90°, para a superfície/plano do tecido (A), sendo trançado. Como consequência, durante a operação de formação de linha divisória, o deslocamento dos fios de urdidura acontece na direção de comprimento do tecido trançado sendo produzido. Esta forma de fornecimento e deslocamento de fios de urdidura para formação de linha divisória além de um CF é diferente da de processos de tecelagem conhecidos, em que os fios de urdidura são mais ou menos fornecidos em conformidade com o tecido produzido e o deslocamento dos fios de urdidura durante operação de formação de linha divisória é na direção de espessura do tecido sendo trançado. Uso de CF, juntamente com fios de urdidura e fios de trama, não é conhecido nos processos tradicionais de tecelagem.

[119] No novo método de tecelagem de adição aqui divulgado, a orientação indicada de e formação de linha divisória pela unidade de formação de linha divisória (1) permite exclusivamente: (i) CF passar através de entre seu arranjo especial de liços (a ser descrito em breve), (ii) criação de uma linha divisória emparelhada (L e N) em ambos os lados de face de CF, e (iii) seu funcionamento (a ser descrito em breve) para permitir vantajosamente realizar duas das três operações de tecelagem primárias simultaneamente, ou seja, formação de linha divisória e alinhamento dos fios de trama inseridos em feltro de tecido, ou seja, também executa a operação de "batida".

[120] Na Figura 3 é mostrado um exemplo de uma unidade de formação de linha divisória (1), essencialmente, para explicar o princípio de funcionamento de operação de formação de linha divisória de acordo com a presente invenção. A unidade de formação de linha divisória exemplificada (1) é composta principalmente por um par de eixos (11a e 11b) e cada um destes eixos (11) suporta um conjunto de liços (12). Este arranjo indicado é para a produção da tecelagem simples. O número de liços (12) em cada um dos eixos (11a e 11b) pode variar, de ser pelo menos um liço por eixo, embora com a finalidade de descrever o funcionamento da unidade de formação de linha divisória (1) apenas dois conjuntos de liços (12a, 12c e 12b, 12d) em cada um dos eixos (11a e 11b), respectivamente, são indicados na Figura 3a. No arranjo da construção alternativa da unidade de formação de linha divisória (1), o movimento de liços (12) pode ser controlado individualmente ou em grupos necessários, por exemplo, ou totalmente mecanicamente ou eletromecanicamente através do uso de meios adequados tais como cames, cilindros pneumáticos, eletroímãs etc. ligados a programas ou mecânicos ou digitais.

[121] Eixos (11) podem ser de preferência construídos usando ou outras hastes cilíndricas/outras hastes de forma adequada ou por unir um número de subpartes adequadas formadas funcionalmente. Para facilidade de explicar a construção da unidade de formação de linha divisória (1), os eixos (11) são representados aqui como hastes cilíndricas e os liços (12) como tubos circulares, embora estes componentes em muitas formas e construções diferentes

poderiam ser utilizados como será descrito mais tarde. Dependendo da especificação de largura da máquina de tecelagem, os eixos (11) são escolhidos para ter um comprimento adequado para acomodar o número necessário de tubos (12) para realizar a largura necessária do material trançado.

[122] Uma multiplicidade de furos espaçados, de preferência igualmente, ou qualquer outro arranjo adequado escolhido, são dispostos ao longo do comprimento de eixos (11a e 11b) para receber tubos (12). Dependendo do item de tecido 3D que precisa ser produzido, alguns dos furos no eixo (11) podem ser deixados em branco ou sem tubos de recepção (12). Para explicar o princípio, na Figura 3a eixos (11) são mostrados tubos de rolamento (12) em cada um dos furos. Os tubos (12) são seguramente mantidos mais ou menos paralelos entre si nos furos fornecidos, com a possibilidade do seu ajuste axial através de outra construção adequada dos eixos (11), que também permite a remoção de qualquer tubo/s desejado a partir dos furos, por exemplo, para torná-lo flexível para remover facilmente e rapidamente qualquer um dos tubos (12) sempre que precisa fazer espaço para acomodar CF entre eles em conformidade com a forma de seção transversal do item de tecido 3D a ser produzido.

[123] A montagem de cada um dos eixos (11) e tubos (12) é adequadamente suportada nos lados do final de eixo. Cada montagem de eixo-tubos está conectada a ligações adequadas (não mostradas) pelo que cada um dos conjuntos pode ser rodado em torno do eixo dos eixos respectivos (11a e 11b) em direção T1 e T2, e também movido para cima-para baixo em

direção U1 e U2 como indicado na Figura 3a.

[124] Os furos igualmente espaçados em eixos respectivos (11a e 11b) são, de preferência, suficientemente perto, para permitir tubos (12) dos conjuntos de eixo (11a e 11b) passarem mutuamente facilmente entre e perto uns dos outros e cruzar para criar a linha divisória quando pelo menos um dos eixos (por exemplo, 11a) está virado para o outro eixo (11b). Por conseguinte, os tubos (12a, 12b, 12c, 12d) ocorrem alternadamente nos eixos (11a e 11b) quando vistos na direção D na Figura 3a, e parecem ocupar as posições sequenciais ordenadas W, X, Y, Z, respectivamente como indicado na Figura 3a. O posicionamento alternativo indicado dos tubos (12a, 12b, 12c, 12d) na unidade de formação de linha divisória (1) é para criar o ponto de tafetá. Posições alternadas de tubos (12) podem ser conseguidas por ou localização axial relativa adequada dos eixos (11a e 11b), ou por utilizar eixos que são fornecidos com furos adequadamente pré-arranjados. A Figura 3b mostra tubos (12a-12c e 12b-12d), respectivamente, fixos aos dois eixos (11a e 11b) para sua ocorrência alternativa quando vistos na direção D indicada na Figura 3a. Os eixos (11a e 11b) são mostrados para serem relativamente deslocados na direção vertical (indicado U1-U2 na Figura 3a). Embora tubos (12a-12d) sejam mostrados para serem relativamente muito espaçados na Figura 3b por uma questão de clareza na representação, na prática serão próximos uns dos outros.

[125] Nas Figuras 3a e 3b os tubos (12a-12d) são mostrados para serem de mesmos comprimentos e em nível uns com os outros. No entanto, tubos de comprimentos desiguais

poderiam ser assim usados, ou, em alternativa, tubos de mesmo comprimento podem ser arrançados em diferentes comprimentos de trabalho, ou alturas, (isto é, o comprimento dos tubos estendendo a partir de eixos 11), como é mostrado nas Figuras 4a e 4b, para permitir produção de item de tecido 3D compreendendo um material trançado inclinado em relação à superfície de CF. Como pode ser observado na Figura 4b, que é uma vista na direção (D) indicada na Figura 4a, os comprimentos de trabalho relativos dos tubos (12a a 12d) reduzem de acordo com o ângulo a ser criado para criar diretamente um linha divisória que será inclinada para uma face de CF. Uma tal disposição de diferentes comprimentos de tubos permite produção de um material trançado que é necessário para ser diretamente inclinado em um ângulo necessário em relação a uma face de CF, que pode ser plana ou curva. Inclinando ou empinando toda a unidade de formação de linha divisória (1) compreendendo igual comprimento de trabalho de tubos não irá permitir a produção de material trançado inclinado satisfatoriamente. Tecer um material diretamente na inclinação necessária, através da utilização de diferentes comprimentos de tubos como descrito, em relação ao CF, ajuda a eliminar qualquer rearranjo subsequente do material trançado em relação ao CF, e assim, desorientação desnecessária das, e geração de estresse nas fibras. Como resultado, o desempenho e confiabilidade concedidos por tal item de tecido 3D aumentam.

[126] O trabalho fundamental da unidade de formação de linha divisória (1) está agora descrito em referência às Figuras 5a - 5d, que mostra a vista lateral do trabalho e

representa um ciclo de trabalho. Pode notar-se que o trabalho da unidade de formação de linha divisória (1) descrita aqui, refere-se a ponto de tafetá. Além disso, o conjunto de tubos de liço em cada um dos eixos (11a e 11b) é representado, mostrando apenas a frente visível dois tubos de liço (12a, 12b), para representação simples, como os tubos de liço restantes são por trás deles.

[127] Na Figura 5a é mostrada a unidade de formação de linha divisória (1) com ambos os eixos (11a e 11b) na posição de nível (H) e os conjuntos constituintes de tubos (12a e 12b) na orientação vertical. Em seguida, como mostrado na Figura 5b, eixos (11a e 11b) são deslocados verticalmente com eixo (11a) movendo para baixo e eixo (11b) movendo para cima para posição de nível (H) e os dois eixos (11a e 11b) são girados em sentido anti-horário e horário respectivamente. Como consequência, os dois conjuntos de tubos (12a e 12b) intersectam entre si. Os eixos (11a e 11b) são em seguida revertidos para sua posição de nível (H) e girados em direções opostas para reposicionar os conjuntos de tubos (12a e 12b) na sua orientação vertical, como mostrado na Figura 5c. Em seguida e por fim, como mostrado na Figura 5d, os eixos (11a e 11b) são deslocados verticalmente com o eixo (11a) movendo para cima e eixo (11b) movendo para baixo em relação à posição de nível (H). Os eixos (11a e 11b) não são girados e os conjuntos de tubos de liço (12a e 12b) continuam a permanecer na sua orientação vertical. O não giro de eixos (11a e 11b) nesta posição para causar cruzamento de fios de urdidura para criar linha divisória ficará claro mais tarde quando um ciclo de tecelagem completo é descrito.

[128] É pertinente considerar aqui certos aspectos práticos do novo sistema de linha divisória que constitui o coração do método de tecelagem de adição. Dependendo dos requisitos de tecelagem, por exemplo, os relacionados com a contagem de fios de urdidura a serem processados, o espaçamento entre os fios de urdidura, espaçamento entre as camadas de tecidos produzidos, e rigidez, fragilidade, compacidade e características de superfície dos fios de urdidura a serem processados, o ângulo de tecido trançado sendo produzido em relação à superfície de CF, ângulo de fio de trama a ser incorporado no tecido trançado em relação ao CF etc, a unidade de formação de linha divisória (1) e seus liços (12) podem ser adequadamente concebidos e construídos.

[129] Por exemplo, os liços podem ser de qualquer tipo, rígido e linear, ou tipo linear e dobrável através do uso de um arranjo de flexão tipo joelho. Eles poderiam ser tanto do tipo tubular ou fio ou tipo plano em sua construção, ou parcialmente em alguma combinação destes tipos de construção. Os liços tubulares podem ter preferencialmente seção transversal circular ou tipo oval, ou retangular, ou quadrada entre outras. Os liços tipo fio poderiam ser, de preferência, quer em linha reta ou curva, ou enrolando (como uma mola de compressão ou extensão), ou combinação de algumas dessas formas entre outras. Os liços tipo plano poderiam ter seu corpo preferencialmente ou em forma de retângulo ou trapezoidal ou convexa ou côncava ou combinação de parte de algumas dessas formas entre outras. Além disso, o corpo poderia ser sólido ou com aberturas em forma adequada para reduzir o peso.

[130] Dependendo dos requisitos de espaço de trabalho os liços poderiam ser operados individualmente ou em grupo/s ou coletivamente em qualquer vaivém linear ou angular, ou combinação adequada de ambas. Por conseguinte, os movimentos de vaivém de liços podem ser tanto ao longo de direção de seu eixo longitudinal, ou eixo transversal (como o balanço de um pêndulo), ou uma combinação de ambas estas direções de eixo, ou seja, vaivém de ou tipos de combinação linear, ou rotativa, ou linear-rotativa. Além disso, o movimento de vaivém dos liços pode ser de qualquer tipo positivo ou negativo. Além disso, seu movimento de vaivém poderia ser realizado mecanicamente ou eletromecanicamente através do emprego de programas adequados. Os liços podem ser movidos em vaivém a partir da unidade de condução programável quer direta ou indiretamente por meio de membros de conexão adequados.

[131] Além disso, os liços poderiam ser de construções do tipo duro/rígido ou flexível, ou semirrígidos/flexível. Cada liço pode ser fornecido com uma ou mais de uma das aberturas, cada uma dessas aberturas tendo bordas lisas/polidas, para passagem segura do fio de urdidura. Além disso, os liços podem ser fornecidos com cabos guias adequados ou barras, com ou sem revestimento resistente ao desgaste ou membros tais como ilhós de cerâmica.

#### UNIDADE DE INSERÇÃO DE FIO DE TRAMA:

[132] O processamento de um CF juntamente com fios de urdidura (P) e fios de trama (G), tal como indicado na Figura 2, para fabricação de um item de tecido 3D faz este novo processo de tecelagem de adição. Os fios de trama (G) são obrigados a passar através da linha divisória

emparelhada (L/N) e penetrar através do CF para alcançar conexão através de espessura mútua entre CF e material trançado de interação (A) que é produzido por entrelaçar os fios de trama (G) e os fios de urdidura (P). O item de tecido 3D produzido tem, assim, o CF e o tecido trançado (A) mutuamente integrados em suas respectivas direções de espessura na junção onde intersectam. A operação de inserção de fio de trama é realizada por uma unidade representativa (2) indicada na Figura 6. Pode-se mencionar aqui que determinados detalhes dos meios para a realização de inserção de fio de trama são considerados não relacionados com o âmbito das presentes invenções. Considera-se aqui com o propósito de demonstrar a viabilidade prática do novo processo de tecelagem de adição.

[133] Como indicado anteriormente, a unidade de inserção de fio de trama (2) tem uma relação posicional constante com a unidade de formação de linha divisória (1). Ambas estas unidades (1 e 2) são montadas em um subquadro de trabalho (não mostrado) que pode ser movido pela unidade de avanço (3) dependendo do tipo de item de tecido 3D sendo produzido (isto é tipo linear, angular/circular, combinação). O número de unidades de inserção de fio de trama (2), que são operacionalmente necessárias, corresponde com o número de unidades de formação de linha divisória (1) ativamente empregadas. Assim, para cada unidade de formação de linha divisória (1) é fornecida uma unidade de inserção de fio de trama (2). Como mostrado na Figura 6, compreende, essencialmente, um elemento de transporte de fio de trama (2a), um elemento de guia de fio

de trama (2b) para de um modo preferido linear transversal de elemento (2a), e um meio (2c) para a condução do elemento de transporte (2a). Elementos de guia (2b) em ambos os lados do CF são comumente suportados em uma plataforma (2d).

[134] Por conseguinte, o elemento de transporte de fio de trama (2a) é de preferência tanto uma agulha como a comumente utilizada para a costura/ponto a mão ou uma agulha enganchada como a que é geralmente usada em máquinas de tricô. Em algumas situações, por exemplo, quando fabricando itens de tecido 3D relativamente complexos, uso de pequenos tubos de diâmetro finos com extremidade afunilada ou fios adequados que são dobrados como pino-cabelo também podem ser considerados, de forma independente ou em conjunto, ou tandem, com quaisquer outros elementos de transporte mencionados. O tipo de escolha de elemento de transporte de fio de trama (2a) influencia a seleção do tipo de meio (2b) para guiar fio de trama e meios (2c) para condução de fio de trama. Eles poderiam ser qualquer tipo emparelhado ou simples.

[135] Na Figura 6, os meios para o transporte de fio de trama (2a) são representados por uma agulha de ponto comum de comprimento apropriado que possui um olho em um lado de extremidade para receber fio de trama (G) para ser colocado na linha divisória. O elemento de guia de fio de trama (2b) é essencialmente um suporte que assegura transversal linear do elemento de transporte (2a) entre linhas divisórias emparelhadas, uma vez que tem que atravessar a partir de um lado de CF para o outro e penetrar através de CF também. O elemento de guia (2b) também assegura que o elemento de

transporte de fio de trama (2a) atravessa na altura desejada na linha divisória criada de modo que possa passar claramente a partir de uma linha divisória para a outra, ao mesmo tempo que passa através de CF, que existe entre as linhas divisórias emparelhadas. Isto é conseguido, por exemplo, pela montagem dos elementos de guia emparelhados (2B) sobre uma plataforma comum (2d), que por sua vez faz parte do subquadro de trabalho (não mostrado). Elemento de transporte de fio de trama (2a) é acionado rotativamente por um meio (2c) que pode ser escolhido a partir de uma seleção de diferentes possibilidades dependendo não só na relativa complexidade do item de tecido 3D a ser produzido, mas também a quantidade a ser produzida. Por exemplo, para produzir um item relativamente complexo para um julgamento pode ser apropriado para acionar elemento (2a) com a mão (2c), como está indicado na Figura 6 para permitir inserção de fio de trama (G) na linha divisória e através de CF. Os elementos de condução emparelhados (2c) funcionam tanto como doador e tomador de elemento de transporte de fio de trama (2a). Para produção regular, possibilidades de elemento de condução (2c) como robô, cilindros pneumáticos, rodas de condução tangenciais, rodas de condução cravadas, discos magnéticos, acionamentos magnéticos, acionamentos de fixação, combinação de alguns destes, etc. poderiam ser considerados. Quando o elemento de transporte de fio de trama é do tipo agulha enganchada, pode ser também ligado ao seu elemento de condução, quer diretamente ou indiretamente, de modo que elemento de agulha enganchada pode realizar movimento de vaivém linearmente para dentro e fora das linhas divisórias simples ou emparelhadas e

penetrar através de CF a partir de um lado final da linha divisória. É claro que a agulha enganchada será também devidamente posicionada na altura exigida para entrar na linha divisória, e estabelece fios de trama duplos.

[136] De acordo com o tipo de elemento de inserção de fio de trama (2a) usado, fio de trama (G) pode ser estabelecido ou em simples ou duplo/dobrado. Como é bem conhecido no campo, com fio de trama simples, o comprimento que pode ser processada é limitado pela capacidade de manuseamento do sistema em causa, e com fio de trama duplo, o comprimento que pode ser processado é substancialmente relativamente grande. A seleção do tipo de elemento de inserção de fio de trama (2a) dependerá, entre outros, do comprimento de produção, complexidade, requisitos de desempenho e características de acabamento do item de tecido 3D, sob consideração.

[137] Com o uso do elemento (2a) na forma de agulhas de costura/ponto, o que pode ter uma extremidade pontiaguda, ou ambas as extremidades pontiagudas com o olho no meio, fios de trama serão estabelecidos individualmente. Tais agulhas podem ser de preferência de tipo cilíndrico e plano. Quando se utiliza agulhas de tipo plano, elas podem ser ou sólidas ou ter uma série de perfurações para serem conduzidas pelo elemento de condução adequado (2c). Com o uso de agulhas enganchadas ou de tricô, fios de trama serão estabelecidos duplos/dobrados. Além disso, quando fios de trama (G) são estabelecidos individualmente, como permitido pela configuração mostrada na Figura 6, então um par de elementos de guia de fio de trama (2b) e um par de elementos de condução (2c) vão ser localizados em quaisquer

extremidades de linha divisória (ou os lados de face de CF) e usados para realizar alternadamente inserção de fio de trama (G) a partir dos dois lados. Quando fios de trama duplos (G) devem ser estabelecidos, em seguida, um elemento de guia de fio de trama único (2b) e um elemento de condução único (2c) serão utilizados a partir de uma extremidade de linha divisória (ou o lado de face do CF). Pode-se mencionar aqui que, neste caso, o uso de elemento de guia de fio de trama (2b) pode não ser necessário se a posição do elemento de condução (2c), a que agulha de transporte de fio de trama (2a) está ligada, e permanece fixo e a largura do material trançado sendo produzido é relativamente pequena.

[138] Como mencionado anteriormente, a unidade de inserção de fio de trama (2) e a unidade de formação de linha divisória (1) são montadas em um subquadro de trabalho da máquina de tecelagem de adição. Isto é feito para manter um relacionamento posicional constante entre elas. Assim, se a unidade de formação de linha divisória (1) é levantada/baixada relativamente ao CF, à unidade de inserção de fio de trama (2) é também correspondentemente ajustada quer diretamente quer indiretamente, dependendo da construção empregada. Do mesmo modo, se o ângulo de orientação da unidade de formação de linha divisória (1) é alterado em relação à superfície de CF, o ângulo de orientação da unidade de inserção de fio de trama (1) é igualmente correspondentemente alterado. Como ficará claro mais tarde, a alteração em ângulo de orientação das unidades de formação de linha divisória e de inserção de fio de trama (1 e 2) são também necessárias para

incorporação de fios de trama (G) em uma orientação de polarização em relação à superfície de CF. Quando se quer produzir um item de tecido 3D compreendendo tecido trançado angulado relativamente à superfície de CF, em conjunto com a unidade de formação de linha divisória (1) em que os liços (12) são de diferentes comprimentos de trabalho, como mostrado na Figura 4b, os elementos de condução e de guia de fios de trama emparelhados (2b e 2c) serão correspondentemente levantado em um lado e baixados no outro, em adição a seu ângulo sendo virado para combinar com o ângulo de linha divisória formada por diferentes comprimentos de trabalho dos tubos de liço (12). Desta forma, o caminho de passagem do elemento de transporte de fio de trama (2a) é assegurado para permanecer linear nessa direção.

[139] O trabalho fundamental da unidade de inserção de fio de trama (2) pode ser descrito agora com referência à Figura 6. Depois da unidade de formação de linha divisória (1) e unidade de inserção de fio de trama (2) serem definidas em posições desejadas em relação ao CF e de acordo com o item de tecido 3D sendo produzido, sua relação de posição torna-se constante. O fio de trama (G) é enroscado através do olho de agulha (2a), que é o elemento de transporte (2a), e um comprimento adequado de trama (G) é cortado depois puxado a partir da sua fonte. Após a linha divisória ter sido formada pela unidade de formação de linha divisória (1), não mostrada na Figura 6, a agulha (2a) é colocada no elemento de guia (2b) situado em um dos lados (lado direito na Figura 6) de CF. A agulha (2a) é em seguida empurrada para frente, na direção de CF por

elemento de condução (2c). A agulha (2a) penetra ou perfura através de CF e emerge a partir do outro lado (lado esquerdo na Figura 6) de CF e entra no elemento de guia (2b) situado no lado correspondente do CF. Dependendo do comprimento de agulha (2a) utilizado, poderia estender entre os dois elementos de guia localizados opostamente (2b). É retirada do CF linearmente, enquanto ainda no elemento de guia (2b) situado no lado esquerdo. Agulha (2a) é então removida do seu elemento de guia (2b) situado no lado esquerdo e fio de trama (G) é puxado através da linha divisória emparelhada e CF, estabelecendo um comprimento de fio de trama na linha divisória emparelhada. Em seguida, após a subsequente linha divisória ser criada, agulha (2a) é atravessada, como descrito anteriormente, mas na direção oposta, isto é, da esquerda para a direita na Figura 6. O fio de trama inserido (G) é puxado para ligar com os fios de urdidura (não mostrados na Figura 6) e formar uma orela naturalmente ligada no lado oposto, completando um ciclo de inserção de fio de trama.

[140] Seguindo o trabalho acima descrito, uma pessoa perita na arte irá entender agora que o manuseamento e cruzamento da agulha de transporte de fio de trama (2a) podem ser realizados de maneira automatizada, utilizando técnicas adequadas tais como robôs, cilindros pneumáticos, rodas de conduções tangenciais, rodas de conduções cravadas, acionamentos magnéticos, acionamentos de fixação, etc. Uma combinação de alguns destes pode ser também considerada.

[141] Ao querer produzir itens de tecido 3D usando fios de trama duplos, duas alternativas poderiam ser

consideradas. Enquanto pela primeira possibilidade uma única agulha enganchada poderia ser usada e operada como é feito geralmente a partir de um lado face do CF, pela outra possibilidade duas agulhas enganchadas opostamente colocadas poderiam ser usadas e operadas alternadamente a partir de ambos os lados de face do CF. A escolha da abordagem a ser adotada será influenciada por fatores como o tipo de material de fio que está sendo processado, nível de acabamento necessário e efeito de curso em desempenho das ligações de intercircuito resultantes, criadas na borda/s longitudinal (ou seja, orela/s). Quando inserindo fio de trama a partir de um lado de CF as ligações em circuito vão existir em um lado, e "circuitos bloqueados" como de costume no outro lado, o que vai criar uma estrutura desequilibrada, comparada com quando fio de trama duplo é inserido alternadamente a partir de ambos os lados do CF.

#### UNIDADE DE AVANÇO:

[142] O processamento de um CF, juntamente com fios de urdidura e fios de trama, por este processo de tecelagem de adição inovador requer um sistema de avanço novo para permitir inserções sucessivas satisfatórias de fios de trama. Presença de um CF no processo de tecelagem é uma situação completamente nova não encontrada mais cedo. Dado que CF utilizado no processo pode ser de diferentes formatos e dimensões limitadas de acordo com o item de tecido 3D que precisam ser produzidos, tecelagem de adição não é realizado utilizando sistemas de avanço e retirada de tecido tipo laminagem convencionais. Como ficará claro, em breve, uma nova abordagem é necessária para ativar

tecelagem de adição.

[143] Para praticamente permitir inserções sucessivas de fios de trama satisfatoriamente quando processando um CF, fios de urdidura e fios de trama, é preferível ter um sistema que em algumas situações, enquanto permite CF permanecer estacionário ou em uma posição constante, faz as unidades de formação de linha divisória e de inserção de trama alterar conjuntamente posições relativas para CF. Em outras situações, pode ser desejável girar CF em torno de um eixo enquanto mantendo as unidades em uma posição, por exemplo, quando CF é de forma circular. Em alguma outra situação, CF pode ser obrigado a ser mantido estacionário em algumas posições e girar axialmente ou mover linearmente em outras posições, enquanto as unidades de formação de linha divisória e de inserção de trama são giradas/movidas em conjunto ou mantidas estacionárias. No entanto, em alguma outra situação, CF pode ser requerido para girar/mover, e as unidades de formação de linha divisória e de inserção de trama também precisam mover em conjunto, por exemplo, quando se quer produzir certos materiais trançados de interação em orientação diagonal em relação a uma borda do CF sendo utilizado.

[144] Uma unidade de avanço (3) descrita a seguir é nova na medida em que oferece as várias possibilidades mencionadas acima para criar diretamente tipos intermináveis de itens de tecido 3D por portar tanto o subquadro de trabalho que abriga as unidades de formação de linha divisória e de introdução de fio de trama ou apoia o CF de forma para permitir seu giro/rotação em torno de um eixo. Alguns exemplos dos itens de tecido 3D que podem ser

produzidos por meio do uso da presente unidade de avanço (3) serão indicados mais tarde com referência à Figura 14 depois de descrever seu trabalho fundamental.

[145] Na Figura 7a é exemplificada uma unidade de avanço (3) e a sua posição em relação à unidade de formação de linha divisória (1) e a unidade de inserção de fio de trama (2), ambas as quais são alojadas em um subquadro de trabalho (não mostrado). Unidade de avanço (3) é constituída essencialmente por um quadro (3a), um membro de condução (3b) e um suporte (3c). O quadro (3a) é de preferência uma parte do quadro de trabalho principal do dispositivo de tecelagem de adição, e, portanto, um membro fixo. Quadro (3a) pode ser ou do tipo linear, como mostrado na Figura 7a, ou tipo não linear/curvilíneo ou de uma forma particular (por exemplo, circular, tipo quadrado, de forma estranha, etc.) adequada para produzir o item de tecido 3D desejado. Membro de condução (3b) é de preferência suportado por quadro (3a) através de suportes e ligações adequados. Membro de condução (3b) pode ser de diferentes tipos, tais como uma haste roscada, correia dentada, engrenagens de cremalheira-pinhão, engrenagens helicoidais, cadeia de roda dentada, cabos, algumas dessas combinações etc. A escolha de membro de condução a ser utilizado dependerá do tipo de quadro (3a) utilizado na forma de item de tecido 3D que precisa ser produzido. Também dependerá de outros fatores de construção de máquinas como carga de subquadro de trabalho bem como as unidades de formação de linha divisória e de inserção de fio de trama a serem movidas, dimensões e forma de CF sendo utilizado, o modo em que CF deve ser suportado etc. Suporte (3c) é conectado ao

membro de condução (3b) bem como para o subquadro de trabalho (não mostrado) que carrega as unidades de formação de linha divisória (1) e de inserção de fio de trama (2). Assim, suporte (3c), acionado pelo membro de condução (3b), funciona para atravessar o subquadro de trabalho, e, assim, as unidades de formação de linha divisória e de inserção de fio de trama conjuntamente em relação ao CF. Além disso, o suporte (3c) é preferivelmente guiado e suportado em rolamentos adequados (não mostrados) fixos ao quadro de trabalho principal de modo que o movimento intermitente do subquadro de trabalho seja suave e seja posicionado com precisão durante a produção do item de tecido 3D. Este arranjo descrito é adequado para a produção de itens de tecido 3D de forma linear, circular, tubular, de forma diferente, algumas das suas combinações, etc. Na Figura 7a é mostrada a produção de um item de tecido 3D perfilado tipo linear com seção transversal "+" e composto de CF e tecido trançado (A). Os suportes para manter CF linearmente no quadro de trabalho principal não são necessários para indicar e, portanto, não são mostrados.

[146] Quando necessário produzir tipo circular, tubular, etc. de itens de tecido 3D, suporte (3c) pode ser adequadamente modificado para suportar adicionalmente CF por meios adequados de uma maneira que o tipo circular, tubular, etc. de CF pode ser girado ou rodado em torno de um eixo. O acionamento de girar/rodar o CF suportado poderia ser obtido quer a partir de membro de condução (3b) ou a partir de uma fonte independente como um motor. As Figuras 7b-7d exemplificam produção de itens de tecido 3D pelo método de tecelagem de adição usando CFs de tipo

circular, tubular, quadrado, respectivamente. Uma pessoa perita na arte irá entender agora como CFs podem ser localizados em relação a diferentes unidades de máquina de tecelagem de adição e as diferentes possibilidades de orientar seu eixo em ou em direção X ou Y ou Z. O item de tecido 3D na Figura 7b mostra um CF circular plano posicionado para rodar em torno do seu eixo X para o tecido trançado curvado produzido (A) para projetar a partir de uma superfície ou face-lado de CF. O item de tecido 3D na Figura 7c mostra um CF tubular posicionado para rodar em torno do seu eixo Y para produção de tecido trançado linear (A) que projeta a partir da superfície exterior do CF tubular. O item de tecido 3D na Figura 7d mostra um CF tubular quadrado posicionado para rodar em torno do seu eixo Z para o tecido trançado linear produzido (A) para projetar nos lados de base e na superfície exterior do CF tubular quadrado.

[147] Pode-se notar aqui que a localização espacial de CF, ou linear ou circular ou tubular, etc. permanece fixa, em relação ao quadro de trabalho principal, mas podem ser mantidos estacionários em uma posição ou movidos/virados/rodados em torno de um eixo em uma posição. Por exemplo, a localização relativa do CF na Figura 7a é fixada em uma posição. Os CF mostrados nas Figuras 7b-7d, enquanto mantendo no mesmo local em relação ao quadro de trabalho principal, são girados em torno de um eixo para permitir produção de itens de tecido 3D correspondentes usando ou fios de trama únicos ou duplos dependendo das exigências práticas da situação. As inserções de fio de trama sucessivas são ativadas por, ou avanço, do subquadro

de trabalho, que abriga as unidades de formação de linha divisória e unidades de inserção de trama (1 e 2), em relação ao CF, ou girar o CF em torno de um eixo em relação ao subquadro de trabalho ou por tanto avançar o subquadro de trabalho e girar CF, ou regularmente ou intermitentemente.

[148] Como mencionado anteriormente, a unidade de avanço descrita (3) não deve ser considerada como limitada às formas indicadas de peças (3a, 3b e 3c). Através de engenharia adequada, um quadro curvilíneo não linear, por exemplo, circular, oval e retangular com membro de condução e suporte de base, correspondentes para suportar subquadro de trabalho, poderia ser utilizado para produzir, por exemplo, um material tipo feixe perfilado de seção transversal "+" que não é linear, mas curvo. Dependendo da complexidade do item de tecido 3D a ser produzido, o subquadro de trabalho pode ser adequadamente suportado pela base de suporte no quadro curvilíneo, e, se necessário, adicionalmente suportado a partir do exterior. Por exemplo, o subquadro de trabalho pode ter um suporte extra a partir de um braço estendido que é conectado ou a um robô ou para uma coluna estacionária na sua direção radial de modo que o subquadro de trabalho pode ser movido livremente, apoiado sobre a estrutura curvilínea para mudar de posição em relação ao CF para permitir sucessivas inserções de fio de trama, satisfatoriamente para a produção de itens de tecido 3D. Para flexibilidade funcional adicional da unidade de avanço (3), um membro transversal fixado ao quadro principal pode ser usado para suportar quadro (3a) para permitir adicionalmente movimento de unidade de avanço (3)

em direções longitudinal e transversalmente também.

[149] Tendo descrito os aspectos necessários de unidades de formação de linha divisória (1), inserção de fio de trama (2) e avanço (3) do dispositivo de tecelagem, sua prática interfuncionando é considerada, a seguir, por exemplificar produção de itens de tecido 3D perfilados de seção transversal "+" e outra seção transversal relevante. Através da descrição seguinte do funcionamento fundamental das várias unidades de tecelagem, seria evidente para uma pessoa perita na arte que inúmeros tipos de itens de tecido 3D podem ser produzidos diretamente por este novo processo de tecelagem de adição.

#### TRABALHO DE VÁRIAS UNIDADES

[150] Um ciclo do processo de tecelagem de adição está descrito agora com referência às Figuras 8a-8d. De acordo com a forma de seção transversal e dimensões do item de tecido 3D tipo feixe perfilado sendo produzido, o trabalho preparatório envolve a remoção de tubos de seleção (12) na unidade de formação de linha divisória (1) a partir de seus respectivos eixos (11) para acomodar o tecido complementar/s (CF) entre eles. No presente caso, para produzir o item de tecido 3D tipo feixe perfilado "+", CF vai existir entre uma linha divisória emparelhada L/N (nas Figura 8a-8d a linha divisória (G) atrás de CF não é visível como apenas a vista lateral do processo é mostrada). No entanto, ao produzir formas de seção transversal que têm o flange/s, que ocorre em apenas um lado de face de CF que constitui a teia, por exemplo, seção transversal tipo "L", então, apenas tubos (12) na face lateral necessária de CF podem existir na unidade de

formação de linha divisória (1) e o restante deles podem ser preferencialmente removidos ou tornados não operacionais de diferentes maneiras. Em tal situação, CF não irá ficar acomodada entre quaisquer tubos (12), mas irá existir em um dos lados de extremidade dos tubos montados (12). Em seguida, a unidade de formação de linha divisória (1) e a unidade de inserção de fio de trama (2) são posicionadas em conjunto nas alturas especificadas dentro do subquadro de trabalho móvel que é suportado na unidade de avanço (3) para tecer e conectar a porção de flange trançada para CF na posição desejada. Atualmente, a porção trançada (A) deve estar em uma parte do meio de largura do CF para obter a seção transversal "+".

[151] Fios de urdidura (P), puxadas a partir de suas respectivas bobinas de fornecimento (não mostradas), e guiados por meio de respectivos dispositivos de tensão (não mostrados), são puxados individualmente por cada um dos tubos de liço requeridos (12). As partes dianteiras emergentes de fios de urdidura (P) são fixas em uma fixação (não mostrada) fixada ao quadro de trabalho principal. O CF desejado, de forma e dimensões de comprimento e largura requeridas, é acomodado entre os tubos de liço necessários (12) como também os fios de teia fixados (P), emanando a partir de tubos de liço (12). As extremidades dianteiras e traseiras do CF são devidamente suportadas e fixadas em uma forma plana no quadro de trabalho principal. Em alternativa, CF poderia ser primeiro fixado em posição e, em seguida, os fios de urdidura (P) enroscados através dos tubos de liço (12).

[152] Como mostrado na Figura 8a, o ciclo de tecelagem

começa com deslocamento dos eixos (11a e 11b) em direções ascendentes e descendentes, respectivamente, a partir da posição neutra (H-H), e girando eles sobre os seus respectivos eixos pelo qual os liços, tipo tubo emparelhados (12), criam a linha divisória (L/N) sem atravessar uns aos outros. A rotação e deslocamentos ascendentes de tubos de liço (12a), juntamente com os fios de urdidura tensionados (P), causam o fio de trama anteriormente definido, para ser empurrado em direção e alinhado com o feltro de tecido. Trama fresca (G) é inserida na linha divisória (L/N) criada, utilizando meios adequados para a inserção de fio de trama (não mostrados).

[153] Em seguida, como mostrado na Figura 8b, cada um dos eixos (11a e 11b), são trazidos para as posições neutras (H-H) em que os liços tipo tubo emparelhados (12a e 12b) também assumem posições de nível correspondentes. Deslocamento de liços (12a e 12b) para a posição neutra H-H é realizado preferencialmente para permitir liberação do comprimento necessário de fios de urdidura (P), que toma um percurso em forma de L entre o tecido trançado de interação (A) e os tubos de liço (12), através do avanço conjunto da unidade de formação de linha divisória (1) e a unidade de inserção de fio de trama (2) (como elas são alojadas em conjunto no subquadro de trabalho) na direção indicada pela seta (D) para a distância requerida. Ativação da unidade de avanço (3) causa o movimento conjunto do subquadro de trabalho, e, portanto, a unidade de formação de linha divisória (1) e unidade de inserção de fio de trama (2) em uma relação posicional constante, longe do fio de trama recém-inserido (G) pelo que linha divisória subsequente

(L/N) pode ser criada e fio de trama sucessivo pode ser inserido na linha divisória criada.

[154] Em seguida, como mostrado na Figura 8c, eixos (11a e 11b) são deslocados em direções descendentes e ascendentes, respectivamente, e virados sobre seus eixos em relação uns aos outros. Conseqüentemente, os liços tipo tubo emparelhados (12a e 12b) cruzam-se criando a nova linha divisória subsequente (L/N). Mais uma vez, a rotação e deslocamento ascendente de tubos de liço (12b), em conjunto com os fios de urdidura tensionados (P), faz o fio de trama previamente colocado ser empurrado em direção e alinhado com o feltro de tecido. Trama fresca (G) é inserida na nova linha divisória criada (L/N) utilizando meios adequados para inserção de fio de trama (não mostrado).

[155] Mais uma vez, os eixos (11a e 11b) são deslocados para a posição neutra (H-H), como mostrado na Figura 8d, em que os liços tipo tubo emparelhados (12a e 12b) também assumem posições de nível correspondentes. Tal como indicado acima, deslocamentos de liços (12a e 12b) para a posição neutra H-H é realizado preferencialmente para permitir liberação do comprimento necessário de fios de urdidura (P), que toma um percurso em forma de L entre o tecido trançado (A) e os liços (12), através do avanço conjunto da unidade de formação de linha divisória (1) e a unidade de inserção de fio de trama (2) na direção indicada pela seta (D) para a distância requerida. Isto é conseguido através da ativação da unidade de avanço (3) que faz a unidade de formação da linha divisória (1) e a unidade de inserção de fio de trama (2) se afastem em conjunto, a

partir da trama recém-inserida (G), pelo qual a linha divisória subsequente (L/N) pode ser criada, e fio de trama sucessivo pode ser inserido na linha divisória criada.

[156] Tal como indicado acima, e observável a partir das Figuras 8a-8d, os fios de urdidura (P) tomam um caminho em forma de L a partir de tubos de liço de formação de linha divisória (12a e 12b) para o material trançado de interação (A) compreendendo estes fios de urdidura (P). Além disso, os fios de urdidura (P) são deslocados na direção de tecelagem ou comprimento do material trançado sendo produzido. A linha divisória produzida (L/N) é, assim, orientada em um ângulo em relação ao plano do tecido trançado produzido (A), e não está em linha com o plano de tecido (A).

[157] O percurso em forma de L de fios de urdidura (P) exclusivamente elimina a necessidade de executar a operação de batida utilizando um junco. Isto acontece como os fios de urdidura tensionados que estão mais perto do fio de trama recém-estabelecido durante a formação de linha divisória que empurram e alinham o fio de trama recém-estabelecido para o feltro de tecido diretamente. Como consequência, o processo de tecelagem de adição fica significativamente simplificado e tornado eficiente.

[158] Tendo descrito o ciclo de trabalho do processo de tecelagem de adição, é pertinente aqui apresentar alguns outros aspectos relacionados a antecipar a flexibilidade e versatilidade deste novo processo de tecelagem de adição.

[159] Considerando que a descrição acima se refere ao emprego de unidade de formação de linha divisória (1) para produzir um flange que é de um tecido trançado de única

camada (A), na Figura 9a é mostrado um arranjo em que uma série de três unidades de formação de linha divisória (1a, 1b, 1c) são utilizadas para a produção de um item de tecido 3D tipo feixe perfilado de seção transversal "T" com um flange que é composto de, por exemplo, três camadas de tecidos trançados (A1, A2, A3). O número de camadas de tecido trançado necessários em um flange corresponde com os requisitos de desempenho do item de tecido 3D tipo feixe perfilado. Estas unidades de formação de linha divisória (1a, 1b, 1c) podem ser operadas de preferência simultaneamente para criar todas as linhas divisórias ao mesmo tempo e, assim, alcançar tecelagem relativamente mais rápida.

[160] Pode salientar-se aqui que as correspondentes três linhas divisórias são (a) separadas umas das outras ao longo do comprimento na direção de tecelagem, e (b) as três linhas divisórias são em diferentes níveis/planos tipo degraus verticais para permitir produção das três camadas de tecido trançado independentes do flange. A separação de direção de comprimento das unidades de formação de linha divisória (1a, 1b, 1c) pode ser tal que os picos e vales criados dos fios de cravamento das diferentes camadas trançadas (A1, A2, A3) ocorrem ou voltados um para o outro, como mostrado na Figura 9a, ou opostamente, isto é, picos em um tecido enfrentam os vales do tecido adjacente, como se mostra na Figura 9b. A última construção é preferível para um melhor assentamento de camadas de tecido para se obter uma melhor distribuição de fibra e um flange relativamente compacto ou mais denso. Em ambos os casos, mostrado nas Figuras 9a e 9b, pode-se notar que as três

unidades de formação de linha divisória (1a, 1b, 1c) são orientadas na mesma direção.

[161] A Figura 9c indica o emprego de dois conjuntos de unidades de formação de linha divisória (1a, 1b, 1c e 1d, 1e, 1f), por exemplo, ao produzir dois flanges de um item de tecido 3D tipo feixe perfilado como o tendo seção transversal "I". Os dois conjuntos de unidades de formação de linha divisória na Figura 9c são dispostos no mesmo lado de borda de CF (topo, na Figura 9c) para produzir camadas de tecido correspondentes (A1, A2, A3 e A4, A5, A6) como os flanges superior e inferior do tipo feixe perfilado "I". Mais uma vez todas as unidades de formação de linha divisória são orientadas na mesma direção. Este arranjo pode também ser modificado através do qual os dois conjuntos de unidades de formação de linha divisória (1a, 1b, 1c e 1d, 1e, 1f) podem existir opostamente de frente um ao outro como mostrado na Figura 9d, ou seja, localizados nos lados de borda de topo e fundo de CF e orientados em direções opostas (isto é, voltados para cada outro).

[162] Os dois conjuntos de unidades de formação de linha divisória (1a, 1b, 1c e 1d, 1e, 1f) indicados nas Figura 9c e 9d são mostrados para serem dispostos em paralelo. No entanto, poderiam também existir em uma configuração angular mutuamente como mostrado na Figura 9e, para produzir, por exemplo, um item de tecido 3D perfilado tipo feixe que estreita ou afunila a partir de uma extremidade para a oposta. Materiais trançados não paralelos podem também ser produzidos diretamente e ligados com CF, como mostrado na Figura 9F, por adequadamente deslocar uma unidade de formação de linha divisória em uma

maneira inclinando gradualmente enquanto mantendo-a paralela para outra unidade de formação de linha divisória durante o processo de tecelagem de adição. Como mostrado na Figura 9F, enquanto tecido trançado (A1) é produzido paralelamente à borda de CF, o tecido trançado (A2) é produzido em um ângulo para tecido (A1), ou inclinado em relação a uma borda de CF.

[163] Além disso, a construção e orientação da unidade de formação de linha divisória (1) acima apresentada, para explicar seu princípio de funcionamento básico, foram mostradas para serem arranjadas para criar uma linha divisória que está orientada  $90^\circ$  para a superfície de CF. No entanto, também é possível criar linhas divisórias que são orientadas segundo um ângulo diferente de  $90^\circ$  para a superfície de CF. Através da concepção e engenharia de construção apropriadas, a unidade de formação de linha divisória (1), e, assim, os liços (12), pode ser disposta de modo a criar uma linha divisória que está orientada em um ângulo de, por exemplo,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$ , etc. para a superfície de CF tal como mostrado na Figura 10a.

[164] Para facilidade de representar a ideia, Figura 10a mostra as vistas de topo de duas unidades de formação de linha divisória (1g e 1h) localizadas acima da borda de topo de CF. Estas unidades de formação de linha divisória (1g e 1h) são orientadas em ângulos mutuamente opostos  $+\theta^\circ$  e  $-\theta^\circ$  em referência à superfície de CF para criação de linhas divisórias que são orientadas em um ângulo diferente de  $90^\circ$  para a superfície de CF. As unidades de formação de linha divisória (1g e 1h) permitem produção de tecidos correspondentes (A1, A2) em níveis relativamente

diferentes. Tais orientações de unidades de formação de linha divisória (1g e 1h) são vantajosas para tecer itens de tecido 3D com flanges (ou teias) compreendendo fios de trama orientados em direções diagonais  $\pm \theta^\circ$  nos tecidos trançados (A1 e A2) em referência às faces de CF tal como indicado na Figura 10b. Se necessário, mais do que um par de unidades de formação de linha divisória mutuamente orientadas opostamente (1g e 1h), podem ser arranjadas e usadas para tecer correspondente número de camadas de tecido com orientação de polarização de fios de trama no flange de um item de tecido 3D. O flange/s de um item de tecido 3D, compreendendo fios orientados em direções de polarização mutuamente opostas  $\pm \theta^\circ$ , irá naturalmente oferecer relativamente maior resistência à deformação de cisalhamento.

[165] É pertinente indicar aqui que a unidade de formação de linha divisória (1) pode ser modificada de muitas maneiras diferentes no que se refere à sua construção e arranjo de montagem. Além disso, a construção e o arranjo de montagem da unidade de formação de linha divisória (1) poderiam também ser feitos de tal modo que uma unidade pode ser implantada em dois planos mutuamente angulares, tais como horizontal e vertical, para produzir materiais trançados diretamente correspondentes. Como mostrado na Figura 11a, tecido trançado tipo degrau (A1 e A2) é produzido e ligado ao CF. Tais materiais trançados tipo degraus horizontais e verticais (A1 e A2) podem ser produzidos em qualquer um dos lados de face de CF como é mostrado na Figura 11a ou em ambos os lados de face de um CF como é indicado na Figura 11b. Materiais trançados tipo

degrau (A) também podem ser produzidos entre faces opostas dos dois CFs como é indicado na Figura 11c.

[166] Construções trançadas de zigue-zague (A), que são tipo degrau, como se mostra na Figura 11d, podem também ser produzidas, alternativamente, por adequadamente mover gradualmente as unidades de formação de linha divisória (1) e de inserção de fio de trama (2) diagonalmente em uma forma conjunta em predeterminadas sequências ordenadas como progressão de tecelagem desde uma extremidade de CF para a oposta. Tais tecidos trançados de interação de zigue-zague (A1 e A2) podem ser produzidos em qualquer um ou ambos os lados de face de CF. Além disso, estes tecidos trançados de zigue-zague (A1 e A2) podem ser produzidos ou na mesma fase ou deslocados de um para outro por uma certa distância ou em fases opostas; a última construção mencionada sendo indicada na Figura 11d. Da mesma forma, e não é preciso enfatizar, uma pessoa perita na arte irá entender agora que o tecido trançado de zigue-zague também pode ser produzido como construções tipo curva de seno (A1 e A2) mostradas na Figura 11e. Estas construções de zigue-zague, curva de seno e tipo degraus integrados funcionam como nervuras de reforço para o CF. Pode-se notar que o tecido trançado de zigue-zague precisa, não necessariamente, abranger as bordas de topo e fundo de CF tal como mostrado na Figura 11d. Além disso, os picos de tecidos de zigue-zague e de curva de seno trançados podem ser em diferentes alturas em relação à borda de CF, e não necessariamente com a mesma altura como mostrado nas Figuras 11d e 11e.

[167] Enquanto os itens de tecido 3D portando zigue-zague, mostrados nas Figura 11d e 11e, poderiam ser

produzidos usando um par de unidades de formação de linha divisória, os itens de tecido 3D portando tipo degraus, mostrados nas Figuras 11a - 11c, poderiam ser produzidos usando dois conjuntos de unidades de formação de linha divisória que trabalham em planos mutuamente angulares. Estes diferentes aspectos de produção de itens de tecido 3D são destacados aqui para apresentar a versatilidade do novo método de tecelagem de adição.

[168] Uma pessoa perita na arte irá entender agora que utilizando selecionados liços em números aumentados (ou diminuído) gradualmente, em cada unidade de formação de linha divisória, uma variedade de itens de tecido 3D podem ser produzidos, em que materiais trançados de interação de largura relativamente aumentados (ou diminuídos, dependendo de como é visto) são criados. Tais larguras diferentes de tecidos trançados quando feitos no canto/s da teia e flange, criam um canto filetado ou "arredondado" (Af), como mostrado na Figura 12a. Inclusão de tais diferentes larguras de materiais trançados no canto/s de teia-flange não só fortalecem a junta de interseção de teia-flange, mas também impede a concentração de forças/cargas no canto/s pelo que o desempenho de tais itens de tecido 3D é melhorado. Da mesma forma, utilizando selecionados liços em números aumentados (ou diminuídos) gradualmente em cada unidade de formação de linha divisória, materiais trançados de diferentes larguras podem ser criados na borda/s longitudinal da teia e/ou flange para tornar a construção da borda/s longitudinal do flange afunilado (At), como mostrado na Figura 12b. Produzir superfície/s afunilada incluindo essas diferentes larguras de materiais trançados

na borda longitudinal/s, novamente ajuda na concentração de prevenção de forças/cargas na borda/s pelo que desempenho de tais itens de tecido 3D é melhorado.

#### ASPECTOS COMPLEMENTARES

[169] No acima referido, os aspectos importantes do método de tecelagem de adição novo já foram descritos. Para executar praticamente tecelagem de adição em uma maneira satisfatória, alguns aspectos adicionais são considerados abaixo. Por conseguinte, estes aspectos são importantes constituintes do processo de tecelagem de adição.

*(a) Arranjo para manutenção da largura do tecido trançado*

[170] O fornecimento angular de fios de urdidura (com respeito à superfície do tecido trançado de interação produzido) pode causar geração de tensões neles, durante operação de avanço e operação de tensão de fio de trama. Como consequência, o tecido sendo produzido pode tornar-se mais estreito ou desigual em largura. Para superar este problema, utilização de um sistema de fixação para manter a largura do tecido trançado produzido de forma consistente, semelhante à utilização de templos em tecelagem tradicional, é necessária. Um dispositivo de fixação para manter a largura do tecido trançado constitui, portanto, este processo de tecelagem de adição.

[171] Na Figura 13a mostra-se a unidade de fixação de tecido (4) e sua posição de trabalho relativa. Pelo menos uma das mandíbulas (4a e 4b) da unidade de fixação (4) é deslocável de modo que o tecido entre as mandíbulas (4a e 4b) pode ser mantido firmemente pressionando as duas mandíbulas contra cada outra. Do mesmo modo, o tecido pode

ser liberado movendo as mandíbulas (4a e 4b) afastando-as uma da outra. O tecido trançado é mantido pressionado entre as mandíbulas (4a e 4b) próximo à posição de feltro de tecido durante movimento de avanço ou à diante do subquadro de trabalho no sentido da seta (D) de modo a retirar correspondentemente os fios de urdidura sem fazer o tecido trançado produzido tornar-se estreito. Depois da operação de avanço ser concluída, as mandíbulas de fixação (4a e 4b) são, em seguida, movidas para longe uma da outra e o tecido liberado. Posteriormente, as mandíbulas de fixação são movidas novamente perto da posição de feltro de tecido para operação de fixação durante o próximo ciclo. As superfícies laterais das mandíbulas de fixação (4a e 4b), que enfrentam o lado, onde a linha divisória é formada, são, de preferência, próximas do feltro de tecido de cada um dos tecidos sendo trançado. Desnecessário dizer que, as mandíbulas de fixação (4a e 4b), de dimensões adequadas para servir o objetivo em questão, são suportadas no subquadro de trabalho e podem ser montadas de diferentes maneiras e operadas pneumaticamente, mecanicamente, magneticamente, eletromecanicamente etc. Uma pessoa perita na arte irá entender agora que, para cada camada de tecido trançado sendo produzida, uso de um número correspondente de unidades de fixação (4) seria desejável. As suas localizações relativas seriam como se mostra na Figura 13b, em que pares de fixações 4a-4aa, 4b-4bb e 4c-4cc são usados para fixar as camadas de tecido de forma independente e coletivamente.

*(b) Arranjo para retirada de fios de trama a partir da linha divisória*

[172] Outro aspecto diz respeito à retirada do fio/s de trama atrás da agulha que foi removida a partir da linha divisória. Em conjunto com o método de inserção de fio de trama escolhido (para inserir fios de trama únicos ou duplos), um arranjo de fixar e empurrar fio de trama é incorporado e é um constituinte do presente processo de tecelagem de adição. Este arranjo também pode ser operado por meio pneumático, mecânico, magnético, eletromecânico, etc.

[173] Um exemplo de arranjo de fixar e empurrar fio de trama (não mostrado), para uso com fio de trama único, essencialmente compreende um par de rolos apropriados que são trazidos para posição e pressionados um contra o outro de modo que o fio de trama é pressionado entre eles após a agulha emergir a partir da linha divisória. Estes rolos são, em seguida, acionados na direção desejada por meio de que o fio de trama fica acionado tangencialmente até adequadamente incorporado como fio de trama no tecido sendo produzido. Sensores adequados comandam os rolos para parar na posição correta (como o comprimento de fio para tramas fica mais curto depois de cada inserção de fio de trama) de modo que o comprimento de fio de trama incorporado no tecido é sempre correto e igual.

[174] Outro tipo de arranjo de fixar e empurrar fio de trama faz de preferência utilização de mandíbulas emparelhadas ou ímãs que fixam o fio de trama emergindo a partir da linha divisória. Estas mandíbulas ou ímãs são movidos de preferência linearmente, por exemplo, anexando-o a uma correia de temporização de comprimento adequado. A correia é executada sob controle de sensor para parar na

posição correta após cada inserção de fio de trama como o comprimento de fio, para manter reduzindo fios de trama depois de cada trama ser incorporada no tecido.

[175] Pode salientar-se aqui que quando usando agulhas enganchadas para inserir fios de trama duplos, em seguida, o fio de trama pode ser passado através de um arranjo de fixação que está ligado de preferência a um cilindro pneumático ou uma barra de vaivém controlada por came. Ambos os tipos de barras de trabalho constituem um comprimento de curso constante predefinido, para puxar o fio de trama duplo contínuo que corre entre o tecido trançado e sua fonte de fornecimento.

*(c) Rosca e corte de fio de trama*

[176] Trabalhar com comprimentos relativamente pequenos de fios de trama individuais exige que sua agulha de transporte seja enroscada com comprimento fresco de fio de trama após determinado número de inserções terem sido feitos com o mesmo fio de trama. Este pode ser o consumo de tempo. Para ultrapassar esta situação, as agulhas de transporte de fio de trama são de preferência do tipo de autorrosqueamento prontamente disponíveis. Um lado da extremidade de um comprimento de pré-corte do fio de trama está posicionado no trajeto da agulha tal que o fio exerce uma certa pressão sobre a agulha. À medida que o fio de trama passa sobre o olho da agulha, ele desliza para dentro do corte especial do olho e fica automaticamente enroscado no olho. O uso de tais agulhas de autorrosqueamento é um constituinte do processo de tecelagem de adição. Depois da trama ter sido enroscada no olho da agulha, um meio adequadamente posicionado para corte do fio de trama é

ativado para cortar o comprimento desejado de fio de trama. Esta situação não surge quando se trabalha com fios de trama duplos.

*(d) Inserção de fio de trama em linha divisória fechada*

[177] É relevante indicar aqui que em algumas situações para atingir largura constante de tecido trançado, produzido de forma consistente, e exerce um melhor controle sobre os fios de urdidura durante a operação de avanço, juntamente com a fixação do tecido trançado por unidade (4) descrito acima, é benéfico deixar a agulha permanecer na linha divisória, até a nova linha divisória subsequente ser formada. Tirar a agulha aprisionada pelos fios de urdidura faz o fio de trama ser colocado na linha divisória fechada e, assim, a estrutura adquire certa firmeza. Extrair fio de trama através de uma linha divisória fechada é toda uma nova abordagem, não encontrada anteriormente.

*(e) Meios para fixar e suportar CF para tecelagem*

[178] A retenção ou fixação de CF na posição desejada é alcançada, de preferência, por um ou mais dos meios mecânicos, magnéticos, pneumáticos. A parte em CF onde a tecelagem deve ser realizada é deixada livre de quaisquer obstáculos, como que possam surgir a partir dos membros de suporte, que são cuidadosamente pré-arranjados. O suporte de fixação é tal que permite ou CFs únicos ou múltiplos serem retidos em arranjo plano/liso, curvo, dobra, e tais arranjos combinados. Também permite fixação e suporte CFs que são quer de formas regulares ou irregulares, ou tubulares, com ou sem abertura/s etc. Além disso, pode conter vários CFs ou de dimensões iguais ou desiguais, ou formas semelhantes ou diferentes, e, em ambos arranjos

relativamente paralelos ou não paralelos ou combinação de arranjos. Além disso, tal meio pode fixar e suportar CF ou em movimento estacionário ou linear ou maneira de virada ou rotação angular. A utilização de suportes adicionais, tais como barras espaçadoras e anéis, por exemplo, quando processando vários CFs, poderia ser considerada para manter os diferentes CFs em distâncias e configurações requeridas. Os meios para reter ou fixar, e suportar CF são constituintes do processo de tecelagem de adição.

*(f) Arranjo para fornecer CF*

[179] Em algumas situações, quando comprimentos substancialmente mais longos de itens de tecido 3D tipo linear precisam ser produzidos do que a máquina pode produzir diretamente dentro das suas dimensões, em seguida, de preferência um ou mais rolos (5) de CF de especificações requeridas podem ser utilizados tal como mostrado na Figura 13c, que mostra uma vista de topo do processo de tecelagem de adição e arranjo relativo de algumas unidades diferentes. Tais rolos (5) de CF podem ser montados em uma haste/suporte adequado ou semelhante, para obter um fornecimento de CF relativamente mais longo em comprimento contínuo tal como indicado na Figura 13c. Para produção contínua a extremidade de frente de CF é puxada a partir da sua fonte de fornecimento e fixada no seu suporte sobre o quadro de trabalho principal enquanto CF no lado de extremidade de rolo também é guiado e fixado. Tecelagem é então realizada utilizando os fios de urdidura e de trama para produzir tecido trançado de interação (A), que é integrado com CF para obter o item de tecido 3D. Depois de um primeiro comprimento de item de tecido 3D ter sido

produzido, CF é liberado a partir de suas fixações e um comprimento de CF fresco, retirado a partir dos rolos de fornecimento (5) sem cortá-lo. O primeiro comprimento produzido de item de tecido 3D é correspondentemente retirado a partir do subquadro de trabalho e colocado dentro de um receptáculo/suporte adequado (não mostrado na Figura 13c) que é ligado ao quadro de trabalho principal. O comprimento recém-liberado do CF é então fixo em suas fixações de suporte e o subquadro de trabalho que abriga as unidades de formação de linha divisória e de inserção de fio de trama, juntamente com outros sistemas, é movido para a posição de partida e tecelagem recomeçada a partir do ponto em que foi interrompida no item de tecido 3D recém-produzido. O arranjo para fornecer CF para permitir a tecelagem de adição contínua é um componente do processo de tecelagem de adição.

*(g) Arranjo de fornecimento de fios de urdidura*

[180] O fornecimento de fios/estopas de urdidura é de preferência obtido a partir de fontes individuais, tais como bobinas e carretéis. São, de preferência, apoiados pelo subquadro de trabalho de modo que sempre têm um ponto de fornecimento direto e constante para os liços de formação de linha divisória. Alternativamente, o fornecimento dos fios de urdidura poderia ser apoiado a partir do lado de fora do subquadro de trabalho. Os fios de urdidura para cada conjunto de liços podem ser tensionados individualmente ou coletivamente por meio de dispositivos de tensão vulgarmente disponíveis. Uma fixação pode ser fornecida na orientação desejada para reter as extremidades abertas dos fios/estopas de urdidura se e quando eles são

cortados, por exemplo, quando diferentes seções transversais precisam ser produzidas e os fios restantes nas bobinas podem ser ainda utilizados para minimizar desperdício de fio. O arranjo para fornecer fios de urdidura suportados sobre o subquadro de trabalho é um constituinte do processo de tecelagem de adição.

*(h) Meios para proteger CF*

[181] Para evitar CF de ficar danificado pelo liço/s que toca sua superfície/s durante a operação de formação de linha divisória em certas situações, proteções tais como folhas finas adequadas de metal, plástico, tecido, papel, etc., podem ser usadas ou em forma de dobra, curva ou lisa. Tal material de folha pode ser adequadamente colocado e mantido entre a superfície do CF e o liço adjacente a ela. Além disso, tal material de folha de proteção poderia existir quer em forma fixa ou móvel. O meio para proteger CF é um componente do processo de tecelagem de adição.

*(i) Programa para operar o processo de tecelagem de adição*

[182] Os vários arranjos e meios indicados para a realização do processo de tecelagem de adição são adequadamente ligados uns aos outros para operação em passos sequenciais exigidos por um programa adequado. Tal programa também leva em consideração a exigência de tempo para um desempenho satisfatório das diferentes fases operacionais de acordo com as necessidades do item de tecido 3D em produção. O programa poderia ser de qualquer tipo eletrônico/digital ou mecânico ou combinação de ambos os tipos. Tal programa operacional é um componente do processo de tecelagem de adição.

## PRODUTOS DE PROCESSO DE TECELAGEM DE ADIÇÃO

[183] Tendo descrito suficientemente os aspectos necessários do processo de tecelagem de adição, é pertinente apresentar sua versatilidade. Por conseguinte, nas Figuras 14a-14z são apresentados alguns exemplos de itens de tecido 3D que este novo processo de tecelagem de adição pode produzir usando CF, fios de urdidura e trama. Estes exemplos também complementam os já indicados anteriormente em referência às Figuras 11a-11e. Através de todos estes exemplos de itens de tecido 3D, uma pessoa especialista na técnica imediatamente vai notar que uma máquina de tecelagem de adição pode ser muito versátil como essencialmente suas unidades de formação de linha divisória, inserção de fio de trama e de avanço podem ser variadamente empregadas através de orientações, manipulações e configurações adequadas para produzir diretamente inúmeros itens de tecido 3D compreendendo um ou mais CFs e um ou mais materiais trançados de interação (A), que são trançados usando fios de urdidura e de trama e, simultaneamente, integrados ao CF/s em qualquer lugar desejado em uma forma através da espessura mutuamente e intersectante. Os aspectos/características importantes de exemplos de itens de tecido 3D ilustrados na Figura 14 são destacados aqui. Além disso, será evidente para um perito na arte, que impregnação de tais itens de reforço de tecido 3D com material de matriz necessário, se sintetizado, ou natural ou combinação dos mesmos, tais como resina, epoxi, termoplástico, metal, cerâmica, carbono, cimento, concreto, âmbar, argila, lama etc., irá criar exclusivamente um material compósito de alto desempenho e resistente à

delaminação de peça única, não realizado anteriormente.

[184] A Figura 14a exemplifica um item de tecido 3D perfilado de seção transversal "duplo mais" composto por duas teias CF1 e CF2, e dois flanges trançados (A1, A2). A Figura 14b mostra um item de tecido 3D perfilado de seção transversal "Pi" em que a teia compreende dois CFs (CF1, CF2) separados uns dos outros e o flange (A) é tecido. Pode notar-se que a parte de flange entre as duas teias CF também é trançada. Na Figura 14c é mostrado um perfil curvo de seção transversal "Z" (ou "S") em que o CF de teia é curvo e o flange superior (A1) é trançado em uma forma curva para o lado esquerdo de CF de teia e o flange inferior (A2) é trançado em uma forma curva no lado direito de CF de teia.

[185] Na Figura 14d é mostrado um item de tecido 3D oco de seção transversal trapezoidal, em que teia esquerda e direita são compostas de CF1 e CF2, que não são paralelos uns aos outros, e flanges de topo e fundo (A1, A2) são trançados paralelos uns aos outros. A Figura 14e mostra um CF de curvatura única ou curvatura/dobra para a criação de flanges superiores e inferiores de uma maneira contínua e sendo ligados uns aos outros pela teia trançada linear intermediária (A). Da mesma forma na Figura 14f é mostrado o CF, o qual tem dupla curvatura, para a criação de teia esquerda e direita de uma maneira contínua e sendo ligadas pelo flange trançado curvo intermediário (A).

[186] A Figura 14g mostra um CF de teia que é circular e plano, com uma abertura circular no seu centro e um flange circular trançado (A) projetando no lado direito da teia circular e na periferia de sua abertura circular. Na

Figura 14h é mostrado um item de tecido 3D compreendendo duas teias circulares planas distanciadas e paralelas CF1, CF2 que são ligadas por flange trançado (A) em uma distância radial desejada. Em ambos estes exemplos, o material trançado terá uma junta de início de acabamento. No entanto, se necessário, o flange trançado (A) pode ser produzido de um modo pelo qual tecelagem é contínua, um pouco mais, em um plano mais elevado do que o anterior, depois de alcançar a posição de partida para alcançar sobreposição com o flange trançado, produzido anteriormente (A), que se encontra em plano relativamente mais baixo. Desta forma, um reforço melhorado do flange, e junta flange-teia, é alcançado.

[187] Nos itens de tecido 3D mostrados nas Figuras 14i e 14j, a "teia" CF é tubular ou do tipo sem costura ou com costura. "Flanges" na forma de aletas (A) são trançados e ligados à teia tubular CF. Considerando que aletas trançadas (A) em Figura 14i estendem em sentido radial a partir da parede interior do CF tubular, na Figura 14j as aletas (A) estendem na direção radial a partir da parede exterior do CF tubular.

[188] A Figura 14k mostra um item de tecido 3D perfilado dobrado, que tem seção transversal "T" em uma extremidade e seção transversal "Pi" na outra extremidade. Sua teia é composta por dois CFs de dobra, que são unidos em um lado de extremidade para criar seção transversal "T" e separados no outro lado de extremidade para criar seção transversal "Pi". Flange (A) é trançado em um modo correspondentemente curvo pelo que incorporação de fios de urdidura em uma orientação curva correspondente elimina

acúmulo de tensão. Na Figura 14m é mostrado um item de tecido 3D perfilado de seção transversal I com sua teia composta de CF. Considerando que a borda de topo da teia é linear, a sua borda de fundo é uma combinação de borda linear e curva. Os flanges de topo e fundo (A1 e A2) são correspondentemente trançados lineares no topo e curvados lineares no fundo.

[189] Na Figura 14n é mostrado um item de tecido 3D perfilado de seção transversal "+" de dobra. Seu flange é composto por CF e a teia trançada (A) é produzida na frente e atrás do CF. Em comparação, o item de tecido 3D perfilado de seção transversal "+" de dobra, mostrado na Figura 14p, tem sua teia composta de CF e o flange trançado (A) é produzido nos lados esquerdo e direito do CF.

[190] A Figura 14q mostra um item de tecido 3D composto por um flange de CF formado e teias múltiplas (A) que projetam a partir da superfície de topo do flange de CF. Teias trançadas (A) são de diferentes comprimentos adequados. Além disso, as formas das duas teias trançadas mais exteriores (A) são afiladas e diferentes daquelas entre elas. Na Figura 14r é mostrado um item de tecido 3D compreendendo um flange de CF e duas bandas paralelas tecidas (A1 e A2), que têm comprimentos maiores do que a de CF.

[191] Na Figura 14s é mostrado um item de tecido 3D que tem seções transversais "T" relativamente invertidas nos dois lados de extremidade. A teia é composta de CF e o flange trançado (A) continua a partir do lado de borda de fundo de CF para o seu lado de borda de topo. O segmento de flange trançado (A) conectando os flanges de fundo e de

topo poderiam existir ou em modo inclinado/em declive, como mostrado, ou vertical. A Figura 14t mostra um item de tecido 3D compreendendo um flange de CF de forma quadrada e bandas múltiplas que são projeções tipo quadradas a partir da superfície de topo de CF. O item de tecido 3D mostrado na Figura 14u compreende um CF de flange e teia em espiral trançada (A) que se projeta para fora a partir da superfície superior do CF de flange.

[192] A Figura 14v mostra um item de tecido 3D compreendendo CF de teia e vários flanges trançados (A1, A2 e A3) que projetam para fora a partir de uma superfície de CF. Estes flanges são de larguras e comprimentos desiguais. Na Figura 14w é mostrada uma teia de CF tipo pirâmide invertida e um flange trançado (A) nos lados exteriores de suas bordas de topo. Do mesmo modo, na Figura 14x é mostrado uma teia de CF tipo cone e um flange trançado (A) no lado interior de sua borda. As extremidades de início e terminação de cada um dos flanges de tecido mostrados nas Figuras 14w e 14x podem ou podem não sobrepor umas com as outras em um local adequado.

[193] Na Figura 14y é mostrado um CF tubular, com ou sem costura, tendo um flange (A) trançado na sua superfície exterior a uma distância necessária a partir de um dos seus lados de extremidade. A Figura 14z mostra um CF tubular, com ou sem costura, tendo flange trançado tipo hélice (A), de comprimento e passo requeridos, na sua superfície exterior.

[194] Será agora óbvio para um perito na arte que um item de tecido 3D pode também ser obtido através da transformação ou modificação de um tecido 3D produzido pelo

processo de tecelagem de adição. Por exemplo, como mostrado na Figura 14-1, as partes de teia inferiores do perfil de seção transversal H, compostas por dois CFs, poderiam ser curvas para fora para transformar a seção transversal H para uma seção transversal Pi que tem a parte trançada (A), enquanto sua base, ainda conectando os dois CFs que continuamente, curvam a partir do plano vertical para horizontal em direções respectivas. Do mesmo modo, como mostrado na Figura 14-o, o flange de topo de um perfil de seção transversal I, composto de material trançado (A), pode ser rodado para cima em um ângulo em relação ao CF de teia para transformá-lo em uma seção transversal de forma "Y" com uma base horizontal. Transformação de uma forma de seção transversal para outra poderia também ser conseguida por cortar uma determinada parte de um item de tecido 3D. Por exemplo, a teia de um item de tecido 3D tipo feixe perfilado de seção transversal "I" pode ser cortada longitudinalmente no meio para obter dois itens de tecido 3D perfilados de seção transversal "T". Da mesma forma o segmento da teia de um item de tecido 3D tipo feixe perfilado de seção transversal "+", que projeta sobre a superfície do flange, pode ser cortado para se obter um item de tecido 3D perfilado de seção transversal "T". Tal corte seletivo ou de flange ou de teia ou ambos destes de um item de tecido 3D produzido pelo processo de tecelagem de adição não irá prejudicar a estrutura, e conseqüentemente, o desempenho, do item de tecido 3D recém-criado porque a integridade através de espessura da teia e flange de interseção ainda será mantida.

[195] De igual modo, dependendo dos requisitos de

aplicação um material compósito compreendendo item de tecido 3D produzido pelo novo processo de tecelagem de adição descrito poderia ser cortado por máquina para converter uma forma de produto em um produto de uma outra forma. A resistência à delaminação devido à integridade através de espessura de interseção teia-flange vai tornar o produto de material compósito mais confiável do que seria possível pela utilização de reforços têxteis existentes.

#### POSSIBILIDADES DE MODIFICAÇÃO

[196] O processo de tecelagem de adição descrito concebido para produção de itens de tecido 3D usando CF, fios de urdidura e fios de trama, pode ser modificado de muitas maneiras diferentes, sem se desviar do seu espírito. Por exemplo, em situações em que apenas uma camada de tecido trançado de interação precisa ser produzida, liços tradicionais podem ser empregues em uma ou ambos os lados de face de CF para deslocar os fios de urdidura para formação de linha divisória. Neste caso, a linha divisória vai ser criada em conformidade com o plano do tecido sendo trançado. Além disso, juntamente com o uso de liços tradicionais, o junto de batida poderia ser adequadamente modificado e utilizado.

[197] Algumas das fases operacionais descritas anteriormente podem ser alteradas, tais como as sequências para a formação de diferentes linhas divisórias, uso de diferentes tipos de agulhas para inserir fios de trama, e inserir fios de trama no espaçamento relativamente desigual entre diferentes camadas trançadas por meio de avanço variável de qualquer tecido ou as unidades de formação de linha divisória e de inserção de fio de trama conjuntas no

subquadro de trabalho. Também é possível utilizar apenas uma unidade de formação de linha divisória e de inserção de fio de trama conjunta para construir um item de tecido 3D camada por camada, embora isto vá ser ineficiente, demorado e antieconômico. No entanto, quando se produz uma construção trançada tipo espiral, uso de uma unidade de formação de linha divisória e unidade de inserção de fio de trama conjunta seria vantajosamente necessário.

[198] Os liços na unidade de formação de linha divisória podem ser montados em um eixo que é expansível-contrátil dentro dos limites para espalhar e aproximar dos fios de urdidura durante tecelagem para criar um tecido trançado no qual os fios de urdidura não são incorporados linearmente, mas, por exemplo, na forma de curva de seno. É também possível que diferentes camadas de tecidos trançados sejam criadas com padrões de tecelagem relativamente diferentes, fibras diferentes, e diferentes orientações de fibras.

[199] O processo de tecelagem de adição descrito não deve ser considerado limitado à sua capacidade para ligar o material trançado de interação sendo produzido para CF apenas por fios de trama. Fios de urdidura (P) de comprimento específico podem ser enroscados, primeiro através de CF adequadamente fixado, de preferência, em forma de um circuito para ligação confiável e, em seguida, passados através dos liços tipo tubos descritos (12) como mostrado na Figura 15-A. As extremidades destes fios de trama, que emergem a partir do topo de liços tipo tubo (12), poderiam ser retidas por um arranjo adequado de modo que os fios de urdidura são liberados ou alimentados para

tecer o progresso. Através de tal configuração de fio de urdidura, em que uma extremidade dos fios de urdidura é ligada ao CF, itens de tecido 3D novos podem ser produzidos por tecelagem destes fios de urdidura (P) com fio de trama (G) para produzir tecido trançado (A) como mostrado na Figura 15b. Pode-se mencionar aqui que um ou mais folhas de fios de urdidura podem ser utilizadas. Ao usar mais do que uma folha de fios de urdidura, tais folhas podem ser ou paralelas ou perpendiculares ou em um ângulo adequado para cada uma. Os fios de trama podem tecer com os fios de urdidura de cada uma das folhas. A Figura 15c mostra dois tecidos trançados paralelos (A1 e A2) ligados ao CF.

[200] Os fios de trama podem ser ligados quer ao mesmo CF, que é dobrado a 90°, como mostrado na Figura 15d, ou ligados a um CF separado, tal como mostrado na Figura 15e. Ao produzir um item de tecido 3D de forma irregular tipo invólucro, como exemplificado na Figura 15f, os fios de urdidura (P) conectados com CF em uma extremidade poderiam ser trazidos seletivamente em jogo/ação e tirados/desabilitados/cortados nos passos/sequências adequados para criar um item de tecido 3D formado em que ambos os fios de urdidura (P) e fio de trama (G) entrelaçam para criar tecido trançado de interação (A) e estes fios também são ligados ao mesmo CF que é dobrado em um ângulo, ou curvando, de acordo com a forma exigida durante a tecelagem. Pode-se notar que, neste caso, os fios de urdidura não passarão diretamente através do segmento de CF que é dobrado/curvado em relação ao segmento de CF deformado, através do qual, fios de urdidura são primeiro ligados por enroscamento em uma forma de circuito.

Dependendo da forma do item de tecido 3D a ser produzido e de outras necessidades, os fios de urdidura, em questão, teriam de ser retirados sequencialmente para fora a partir dos liços tipo tubo, enroscados através do segmento de dobra/curva de CF em posições desejadas, reenroscado através dos liços tipo tubo, e ainda recomeçado/continuado de tecelagem.

[201] O modo descrito de ligar de fios de urdidura e fios de trama para um CF pode ser estendido para produzir um item de tecido 3D utilizando um item de tecido 3D pré-produzido de acordo com a presente invenção como um CF em um segundo passo. Por exemplo, como mostrado na Figura 15g, o item de tecido 3D pré-produzido (K) na forma de um feixe de seção transversal I pode ser assim utilizado como um novo CF. Ao passar fios de urdidura através da sua teia e entrelaçá-los com fios de trama que passam através dos flanges como descrito anteriormente, um novo tecido trançado de interação (A) será produzido, ligado com a teia e flanges do feixe I, como mostrado para resultar em um novo item de tecido 3D. Essa estrutura vai melhorar ainda mais o desempenho e a confiabilidade do material compósito de feixe I.

[202] Além disso, em virtude do suporte do subquadro de trabalho em uma coluna estacionária ou robô, torna-se possível realizar a tecelagem em diferentes orientações, como as unidades de formação de linha divisória e de inserção de trama, são parte do subquadro de trabalho. Torna-se também possível realizar a tecelagem utilizando mais do que um subquadro de trabalho cada um dos quais é adequadamente suportado ou por colunas comuns ou

individuais e disposto de uma maneira não interferente. Desta forma, qualquer um ou mais números de unidades de formação de linha divisória de projeto, configurações e construções de engenharia adequados, podem ser utilizados em diferentes combinações e orientações relativas para CF e acelerar a produção.

[203] Além de empregar mais do que uma unidade de formação de linha divisória na configuração mutuamente paralela e disposta em série, elas podem ser também empregues em configurações mutuamente perpendiculares pelo qual diferentes linhas divisórias em orientações correspondentes podem ser criadas. As inserções de fios de trama nestas linhas divisórias irão resultar na produção de tecidos trançados independentes, que também são mutuamente perpendiculares entre si. Por exemplo, tecer nervuras para enrijecimento de ambas as paredes de um CF em forma de L. Não é preciso mencionar, mais do que uma unidade de formação de linha divisória poderiam também ser dispostas em qualquer ângulo mútuo desejado para produzir correspondentes itens de tecido 3D. Uma pessoa perita na arte irá entender agora que mais do que um subquadro de trabalho, cada um compreendendo independentemente suas respectivas unidades de formação de linha divisória e de inserção de fio de trama, pode ser ou geralmente suportado por um suporte, ou individualmente suportado por suportes diferentes, e movido em uma configuração giratória por meio de acionamentos adequados pelos quais complexos itens de tecido 3D com contornos poderiam também ser produzidos.

[204] A partir da descrição detalhada, divulgada dos aspectos essenciais e de modalidades das invenções

relativas a novos método de tecelagem de adição e o dispositivo, itens de tecido 3D dos mesmos e materiais compósitos que incorporam itens de tecido 3D produzíveis por processo de tecelagem de adição, será óbvio agora para um perito na arte que estes podem ser modificados ou adaptados de muitas maneiras diferentes. Tais mudanças não irão alterar e limitar o espírito e alcance dessas invenções que são listadas nas reivindicações abaixo.

### **REIVINDICAÇÕES**

1. Artigo de tecido tridimensional que compreende pelo menos um tecido complementar (CF; CF1, CF2) e pelo menos um tecido trançado de interação (A; A1, A2), em que o tecido complementar é um tecido pré-produzido, por si só estruturalmente estável, e em que o tecido trançado de interação (A; A1, A2) compreende fios de urdidura e fios de tramas entrelaçados, em que pelo menos alguns dos fios de urdidura e/ou fios de trama do tecido trançado de interação (A; A1, A2) penetram através do tecido complementar (CF; CF1, CF2) na direção de espessura, em que o tecido complementar e tecido trançado de interação (A; A1, A2) são conectados um ao outro na sua junção de interseção formando um artigo de tecido tridimensional, **caracterizado** pelo fato de que pelo menos um tecido complementar e pelo menos um tecido trançado de interação (A; A1, A2) têm arquiteturas estruturais relativamente diferentes, a arquitetura estrutural do referido pelo menos um tecido trançado de interação (A; A1, A2) sendo camada(s) trançada(s) individual(is) única(s) e a arquitetura estrutural do referido pelo menos um tecido complementar (CF; CF1, CF2) compreendendo pelo menos um de: tecido 2,5D trançado, tecido 3D trançado, tricotados, entrançados, qualquer tipo de tecido não trançado, laçado, bordado, não cravado (NCF), tecido unidirecional, tipo malha e pilha.

2. Artigo de tecido tridimensional, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que referido item tem a forma de um feixe de seção transversal perfilado em que seu tecido complementar constituinte (CF; CF1, CF2) é ou sua teia ou flange e seu tecido trançado de interação

(A; A1, A2) constituinte é correspondentemente ou seu flange ou teia.

3. Artigo de tecido tridimensional, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que referido artigo está em uma forma que não seja a de um feixe de seção transversal perfilado, em que ser tecido complementar constituinte (CF; CF1, CF2) é um dos membros ou seções ou componentes ou partes, e seu tecido trançado de interação constituinte (A; A1, A2) é o outro membro ou seção ou componente ou parte do objeto de tecido tridimensional.

4. Artigo de tecido tridimensional, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende pelo menos uma combinação de dois tecidos complementares.

5. Artigo de tecido tridimensional, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que referidos pelo menos dois tecidos complementares são ambos penetrados por fios de urdidura e/ou fios de trama de um tecido trançado de interação comum.

6. Artigo de tecido tridimensional, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende uma combinação de pelo menos dois tecidos trançados de interação.

7. Artigo de tecido tridimensional, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que pelo menos um tecido trançado de interação (A; A1, A2) estende a partir de ambos os lados de um tecido de face de um tecido complementar.

8. Artigo de tecido tridimensional, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que pelo menos um tecido trançado de interação (A; A1, A2) ou estende

entre duas paredes de tecidos individuais separados complementarmente ou duas paredes de um único tecido complementarmente curvado.

9. Artigo de tecido tridimensional, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que pelo menos um do tecido complementar(es) é pelo menos um do tipo uniaxial, biaxial, triaxial, quadriaxial, e multiaxial.

10. Artigo de tecido tridimensional, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que pelo menos um do tecido complementar(es) é pelo menos um de configuração plana e configuração formada, ou em uma combinação destas configurações.

11. Artigo de tecido tridimensional, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que pelo menos um do tecido complementar(es) forma pelo menos um de um sólido, uma casca, um oco, e um sólido com aberturas, ou uma combinação destes tipos.

12. Artigo de tecido tridimensional, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que dois ou mais tecidos ocorrendo adjacientemente complementares e/ou tecidos trançados de interação, são conectados um ao outro por fixação adicional, referida fixação adicional sendo de preferência pelo menos um de costura, pontos, grampeamento, colagem, fusão e pinagem.

13. Método para produção de um artigo de tecido tridimensional, conforme definido em qualquer um das reivindicações 1 a 12, que compreende pelo menos um tecido complementar e pelo menos um tecido trançado de interação interagindo em uma forma através de espessura mútua, referido método compreende os passos:

fornecer pelo menos um tecido complementar pré-fabricado, por si só estruturalmente estável; e

tecer pelo menos um tecido trançado de interação (A; A1, A2) por entrelaçar fios de urdidura e de trama, em que pelo menos alguns dos fios de urdidura e/ou de trama penetram através do tecido complementar, em que o tecido trançado de interação e tecido complementar são conectados um ao outro na sua junção de interseção formando um artigo de tecido trançado tridimensional, **caracterizado** pelo fato de que pelo menos um tecido complementar e pelo menos um tecido trançado de interação (A; A1, A2) têm arquiteturas estruturais relativamente diferentes, a arquitetura estrutural do referido pelo menos um tecido trançado de interação (A; A1, A2) sendo camada(s) trançada(s) individual(is) única(s) e a arquitetura estrutural do referido pelo menos um tecido complementar compreendendo pelo menos um de: tecido 2,5D trançado, tecido 3D trançado, tricotados, entrançados, qualquer tipo de tecido não trançado, laçado, bordado, não cravado (NCF), tecido unidirecional, tipo malha e pilha.

14. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que um conjunto de dois ou mais tecidos individuais complementares de arquitetura semelhante ou diferente são fornecidos.

15. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que pelo menos um tecido complementar fornecido é retido com pelo menos um dos seus lados de face voltado para a direção dos fios de urdidura do referido tecido trançado de interação (A; A1, A2).

16. Método, de acordo com a reivindicação 13,

**caracterizado** pelo fato de que o tecido complementar fornecido é retido com os seus lados de face perpendiculares ou em um ângulo, em relação às direções de inserção de fio de trama do referido tecido(s) trançado de interação.

17. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que o passo de tecelagem compreende os passos de:

formar linhas divisórias deslocando os fios de trama em uma direção diferente da direção de espessura do tecido trançado de interação (A; A1, A2) sendo produzido;

inserir fios de trama em referidas linhas divisórias e penetrar através de referido tecido complementar; e

embalar os fios de trama inseridos na posição de feltro de tecido utilizando pelo menos alguns dos fios de urdidura deslocados para formação de linha divisória.

18. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que a tecelagem do tecido trançado de interação (A; A1, A2) compreende formação da linha divisória voltada para a direção do tecido complementar para dirigir a inserção de fio de trama para penetrar, através do tecido complementar, perpendicularmente ou em um ângulo em relação à superfície do tecido complementar.

19. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que os passos de formar linha divisória e inserir fio de trama são realizados em uma relação de posicionamento mutuamente constante.

20. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que a tecelagem de tecidos

trançados compreende formar linhas divisórias simultaneamente em dois lados de face do tecido complementar, para formar tecido trançado de interação (A; A1, A2) que estende em ambos referidos lados de face do referido tecido complementar.

21. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que o tecido complementar fornecido é retido estacionário sobre um eixo ou retido intermitentemente estacionário e intermitentemente rodado em torno de um eixo durante tecelagem.

22. Método, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que o passo de tecelagem compreende ainda o passo de manter uma largura constante do tecido trançado de interação (A; A1, A2) produzido.

23. Aparelho para produzir um artigo de tecido tridimensional, conforme definido em qualquer um das reivindicações 1 a 12, que compreende pelo menos um tecido complementar e pelo menos um tecido trançado de interação, referido aparelho **caracterizado** por compreender:

um arranjo de suporte ou fixação para reter um tecido complementar pré-produzido, em si, estruturalmente estável;

um sistema de tecelagem para tecer um tecido trançado de interação (A; A1, A2) pelo entrelaçamento de fios de urdidura e de trama, em que pelo menos alguns dos fios de urdidura e/ou de trama penetram através do tecido complementar retido na direção de espessura, em que o tecido complementar (CF; CF1, CF2) e tecido trançado de interação são conectados um ao outro na sua junção de interseção formando um artigo de tecido trançado tridimensional

em que pelo menos um tecido complementar (CF; CF1, CF2) e pelo menos um tecido trançado de interação (A; A1, A2) têm arquiteturas estruturais relativamente diferentes, a arquitetura estrutural do referido pelo menos um tecido trançado de interação (A; A1, A2) sendo camada(s) trançada(s) individual(is) única(s) e a arquitetura estrutural do referido pelo menos um tecido complementar (CF; CF1, CF2) compreendendo pelo menos um de: tecido 2,5D trançado, tecido 3D trançado, tricotados, entrançados, qualquer tipo de tecido não trançado, laçado, bordado, não cravado (NCF), tecido unidirecional, tipo malha e pilha.

24. Aparelho, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado** pelo fato de que o arranjo de suporte ou fixação compreende fixações para reter o tecido complementar (CF; CF1, CF2) durante tecelagem.

25. Aparelho, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado** pelo fato de que o arranjo de suporte ou fixação é disposto de modo a reter o tecido complementar (CF; CF1, CF2) estacionário em torno de um eixo ou reter o tecido complementar intermitentemente estacionário e intermitentemente rodado em torno de um eixo durante tecelagem.

26. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 23, **caracterizado** pelo fato de que o sistema de tecelagem compreende:

um arranjo de formação de linha divisória para a formação de linhas divisórias por deslocar os fios de urdidura fornecidos em uma direção outra que a direção de espessura do tecido trançado de interação (A; A1, A2) sendo produzido;

um arranjo de inserção de fio de trama para inserir fios de trama em referidas linhas divisórias e penetrar através do tecido complementar (CF; CF1, CF2);

um arranjo de avanço para permitir a formação de linha divisória sucessiva e inserção de fio de trama sucessiva.

27. Aparelho, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado** pelo fato de que o arranjo de formação de linha divisória compreende uma pluralidade de unidades de formação de linha divisória, cada unidade de formação de linha divisória sendo capaz de produzir uma camada de tecido trançado de interação (A; A1, A2) individual para integrar com o tecido complementar (CF; CF1, CF2).

28. Aparelho, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado** pelo fato de que pelo menos uma unidade de formação de linha divisória no arranjo de formação de linha divisória é móvel em um ou mais planos para permitir produção de um número correspondente de tecidos trançados de interação individuais que são relativamente paralelos ou não paralelos um ao outro e relativamente paralelos ou não paralelos a uma borda do tecido complementar (CF; CF1, CF2).

29. Aparelho, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado** pelo fato de que duas ou mais unidades de formação de linha divisória no arranjo de formação de linha divisória são voltadas para a mesma direção ou em um ângulo em relação uma a outra ou opostamente.

30. Aparelho, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado** pelo fato de que a orientação da linha divisória formada pelo arranjo de formação de linha divisória é perpendicular ou em um ângulo em relação à face

do tecido complementar (CF; CF1, CF2) para correspondentemente dirigir a inserção de fio de trama através do tecido complementar (CF; CF1, CF2).

31. Aparelho, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado** pelo fato de que uma unidade de formação de linha divisória compreende pelo menos um liço para deslocar um fio de urdidura individual para permitir tecelagem entre referidos fios de urdidura e o tecido complementar (CF; CF1, CF2).

32. Aparelho, de acordo com a reivindicação 31, **caracterizado** pelo fato de que o arranjo de formação de linha divisória permite o tecido complementar (CF; CF1, CF2) passar entre os liços (12; 12a-d).

33. Aparelho, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado** pelo fato de que o dispositivo de inserção de fio de trama insere os fios de trama únicos ou duplos/dobrados através da linha divisória e penetra através do tecido complementar (CF; CF1, CF2) perpendicularmente ou em um ângulo em relação à superfície do tecido complementar (CF; CF1, CF2).

34. Aparelho, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado** pelo fato de que o arranjo de formação de linha divisória e o arranjo de inserção de fio de trama são móveis e têm uma relação de posição constante.

35. Aparelho, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado** pelo fato de que o arranjo de avanço é disposto para suportar as unidades de formação de linha divisória e de inserção de trama para atravessar e guiá-las em combinação linear ou angular ou curva ou circular ou combinação apropriada destes caminhos para facilitar

formação de linhas divisórias sucessivas e inserção de fios de trama sucessivos para permitir produção uniforme/consistente do artigo de tecido 3D requerido.

36. Aparelho, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado** pelo fato de que um arranjo de fixação é ainda incluído no sistema de tecelagem para manter uma largura constante do tecido trançado de interação (A; A1, A2) produzido.

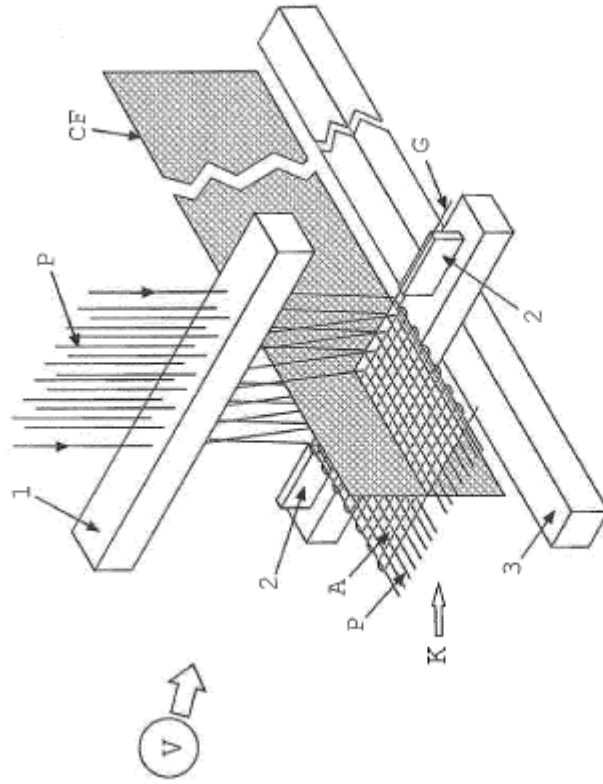


Fig. 1

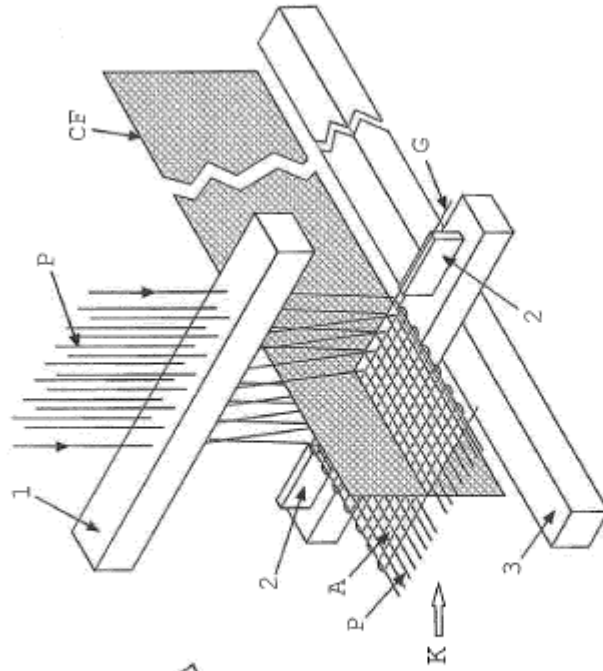


Fig. 2

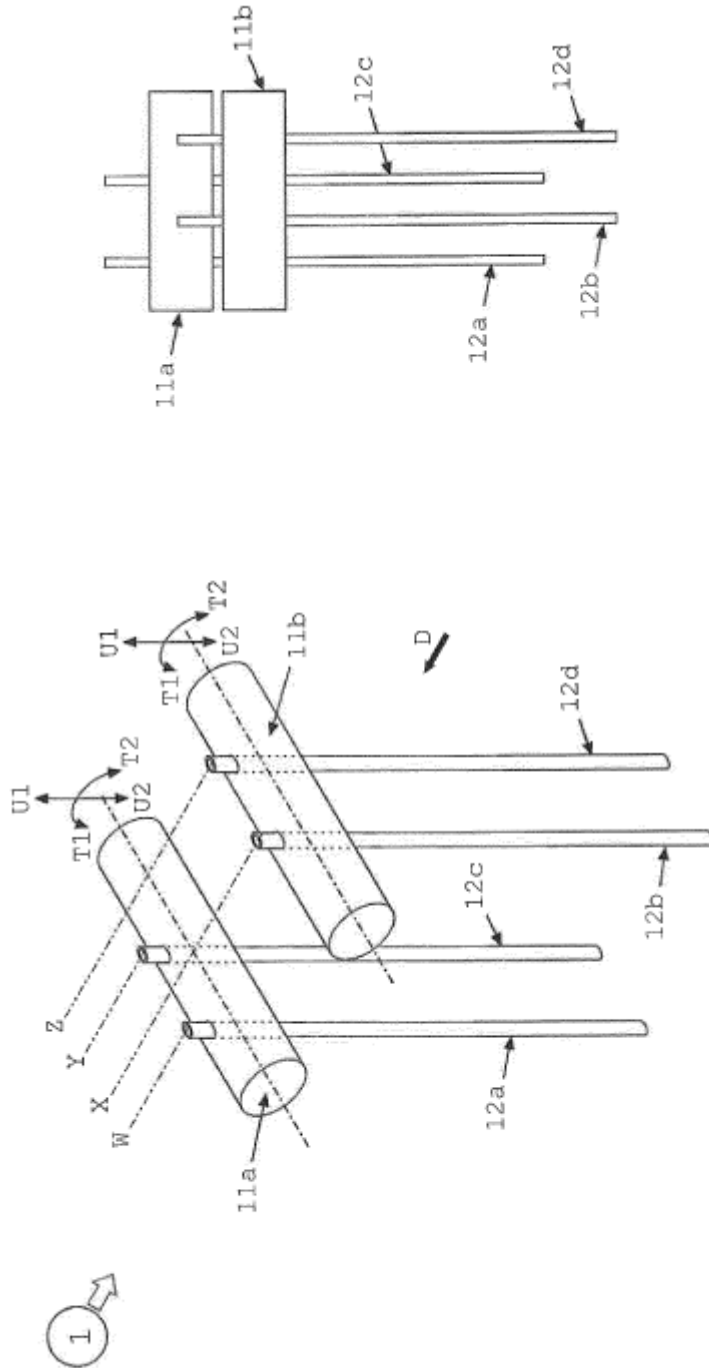


Fig. 3b

Fig. 3a

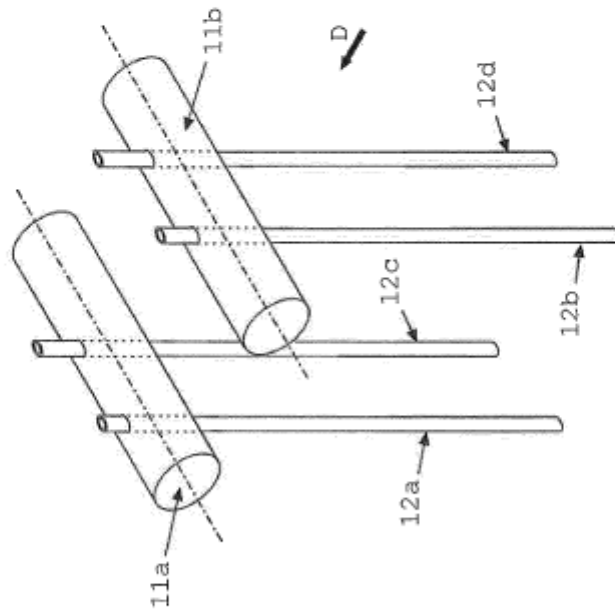


Fig. 4a

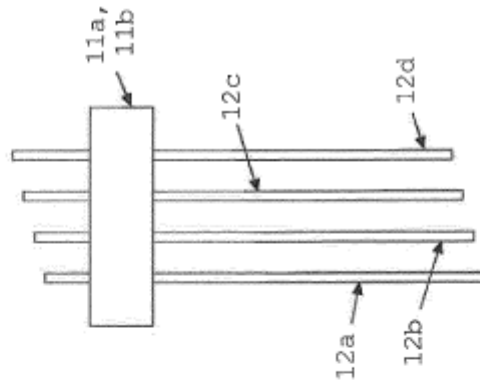
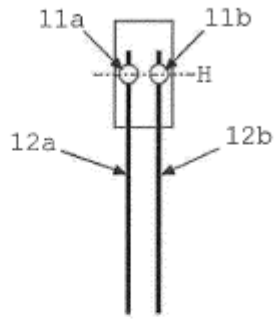
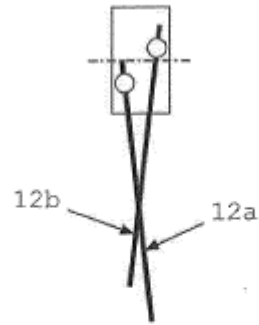


Fig. 4b

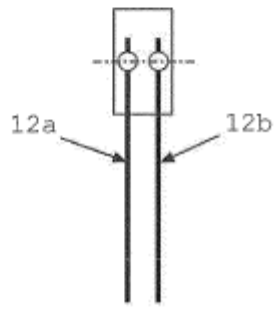
①



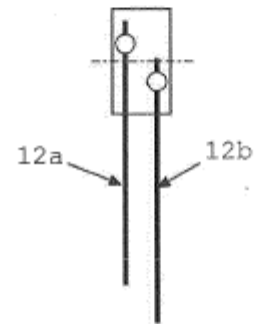
**Fig. 5a**



**Fig. 5b**

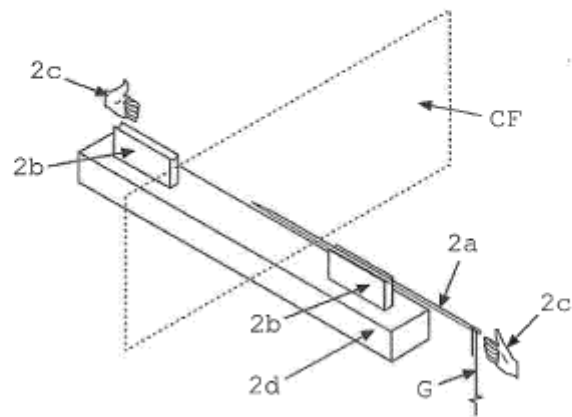


**Fig. 5c**

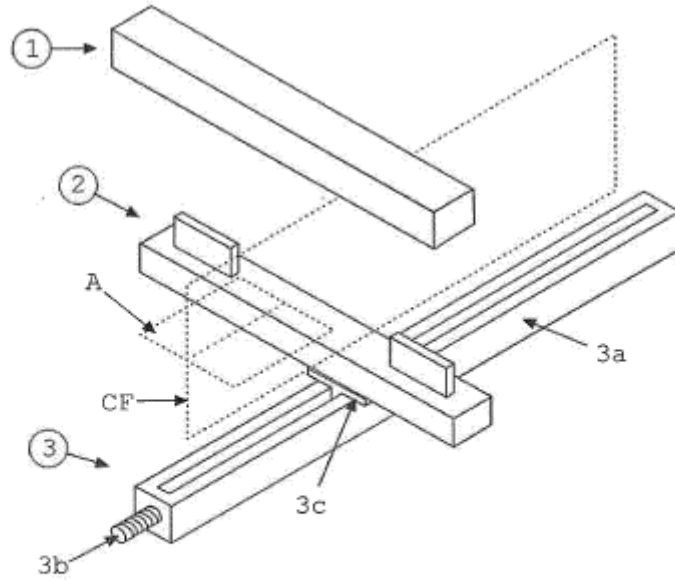


**Fig. 5d**

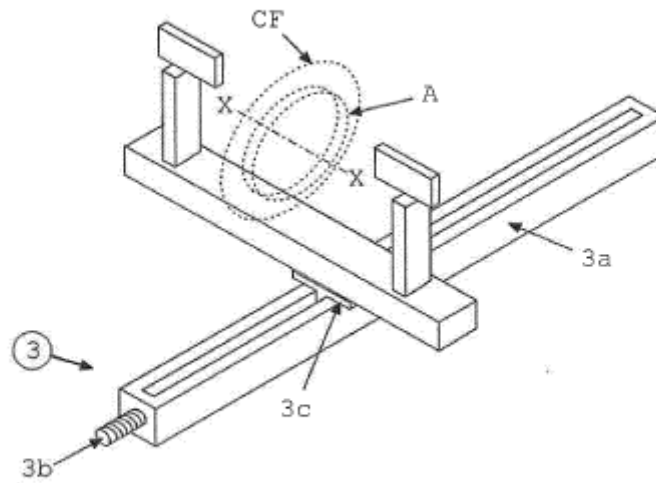
②



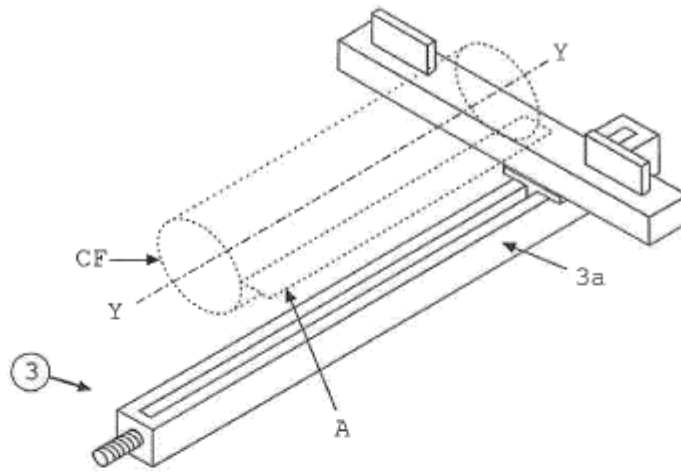
**Fig. 6**



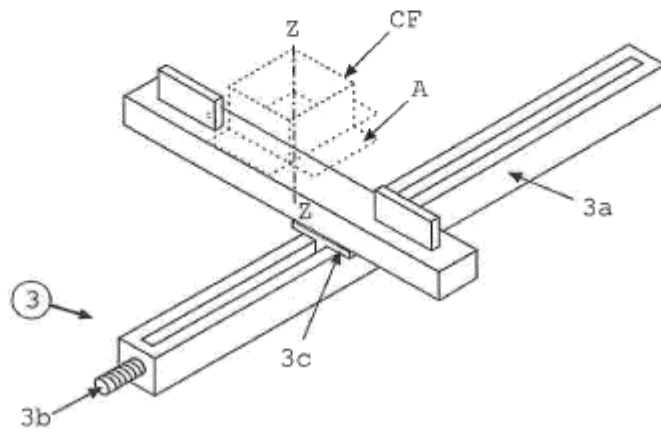
**Fig. 7a**



**Fig. 7b**



**Fig. 7c**



**Fig. 7d**

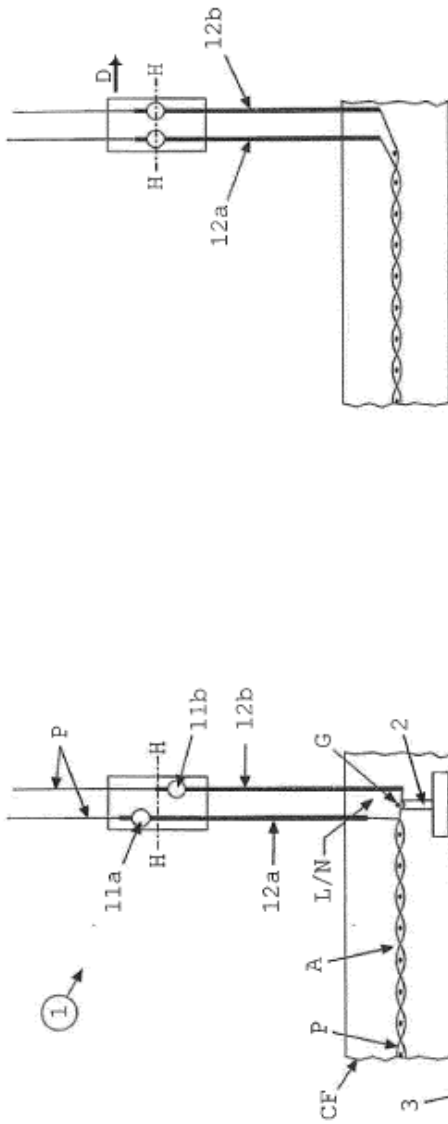


Fig. 8b

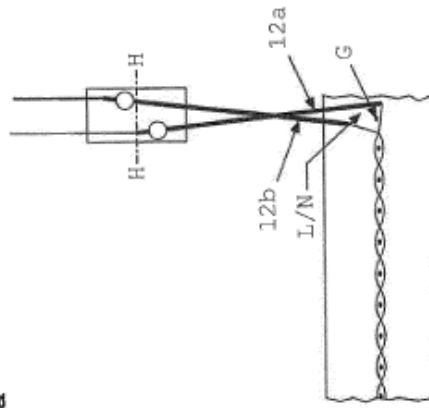
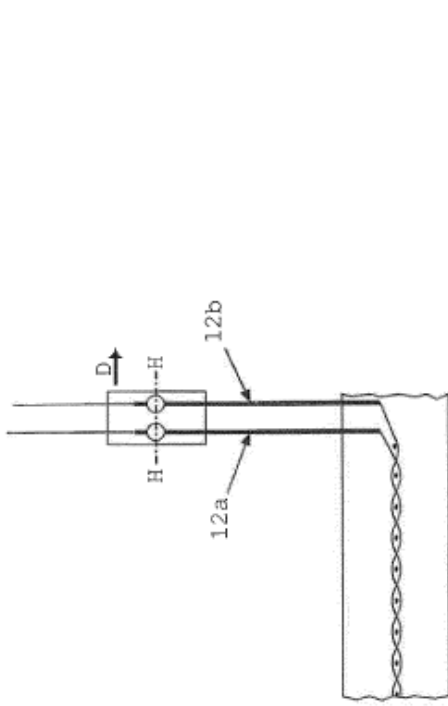
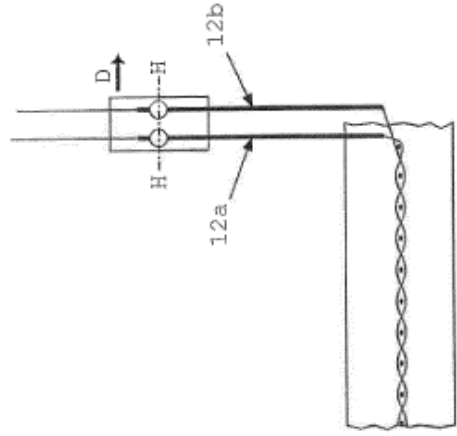


Fig. 8d



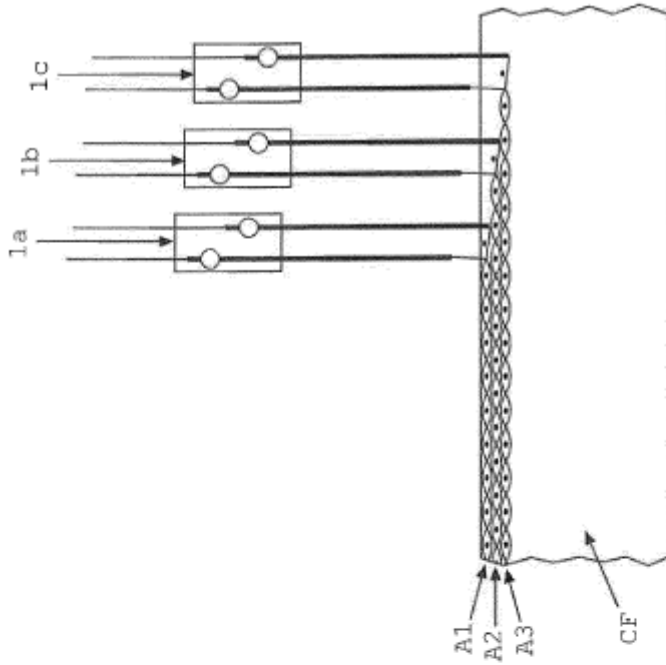


Fig. 9b

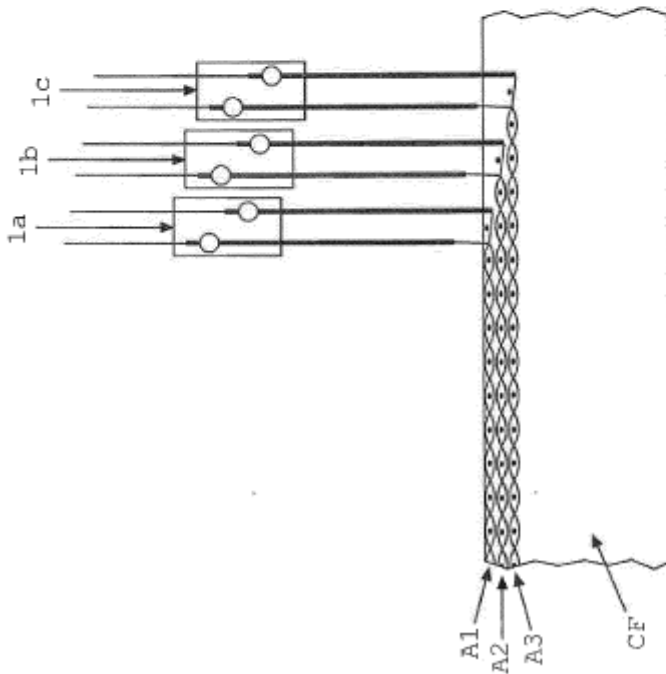


Fig. 9a

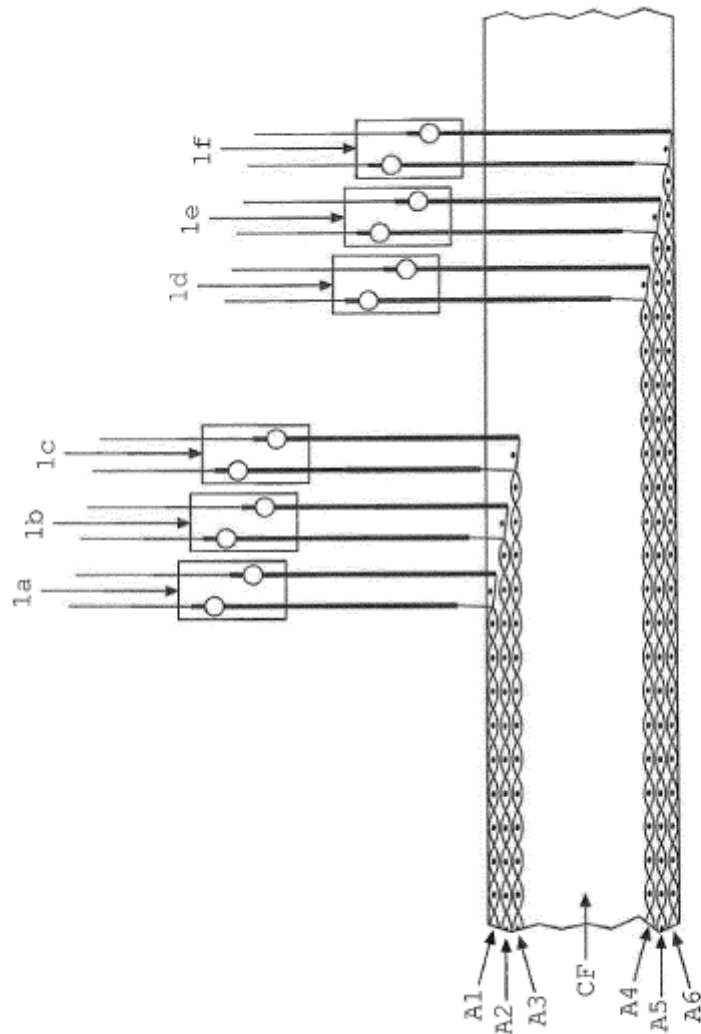


Fig. 9c

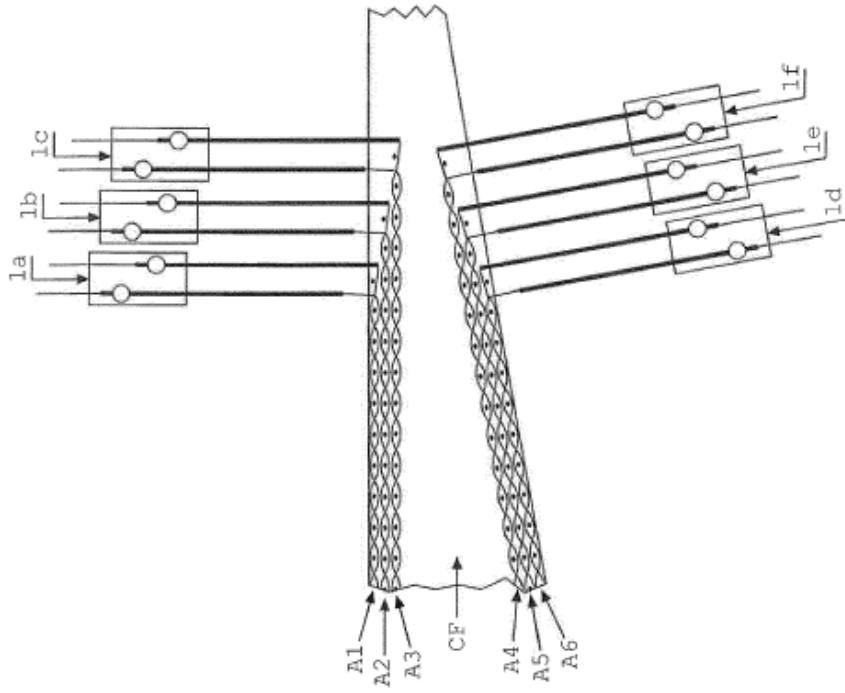


Fig. 9e

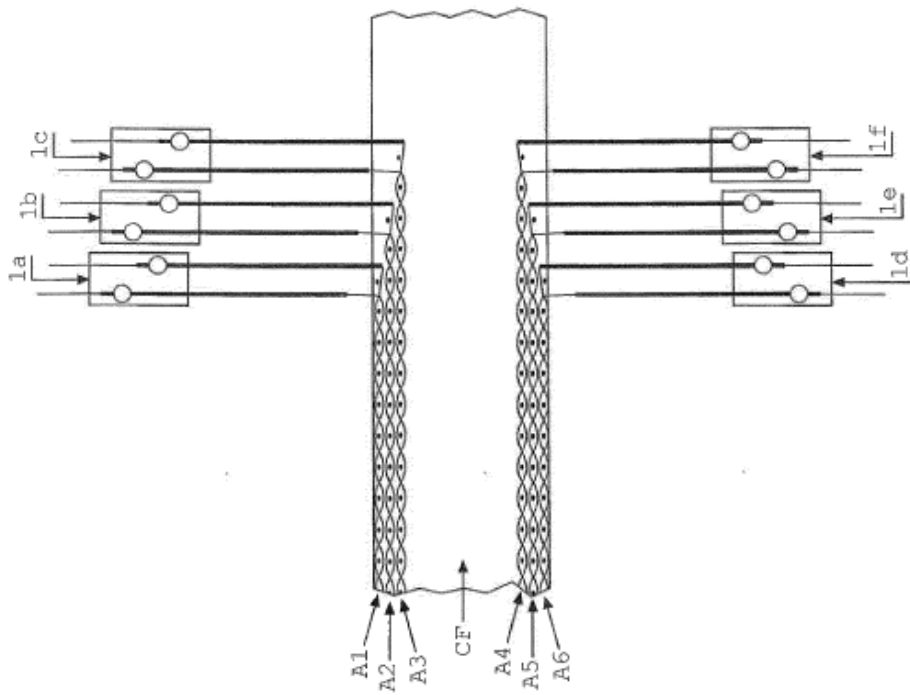


Fig. 9d

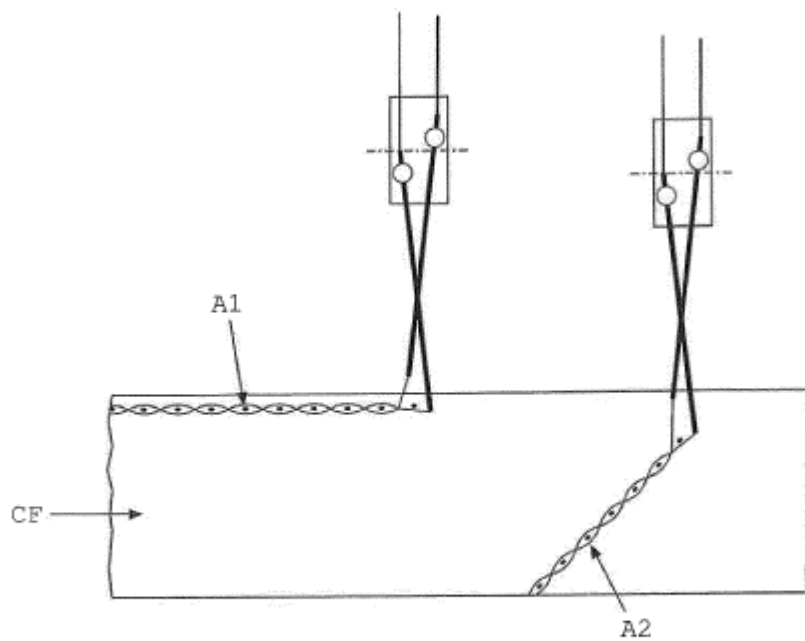
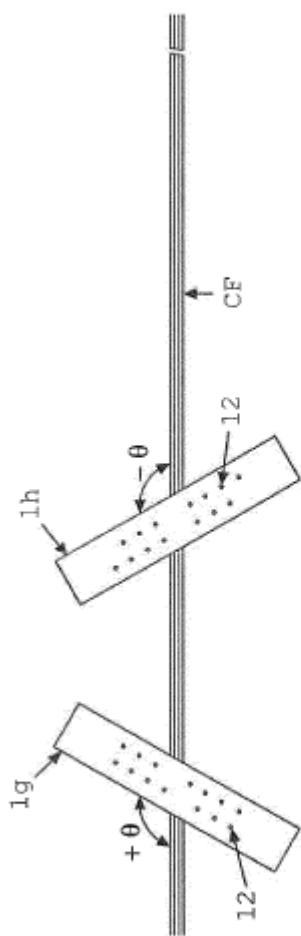
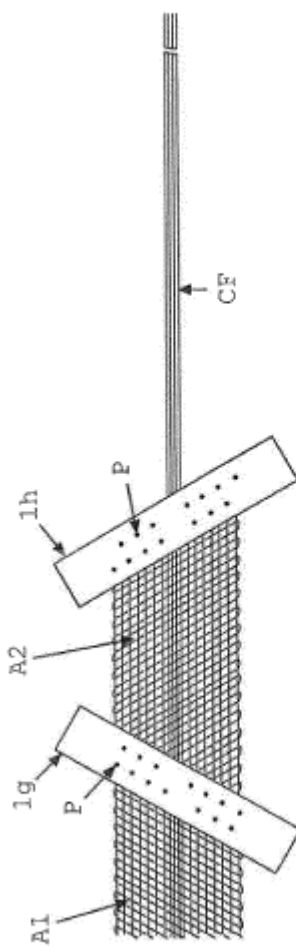


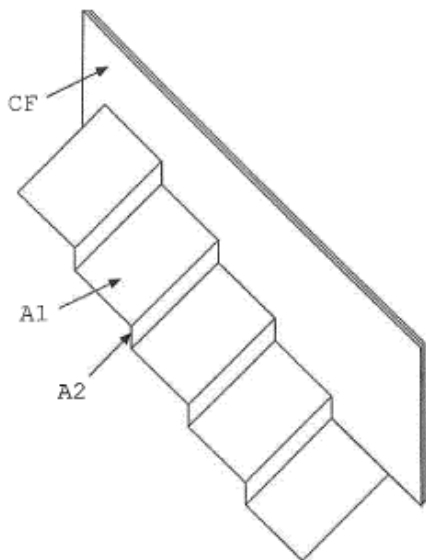
Fig. 9f



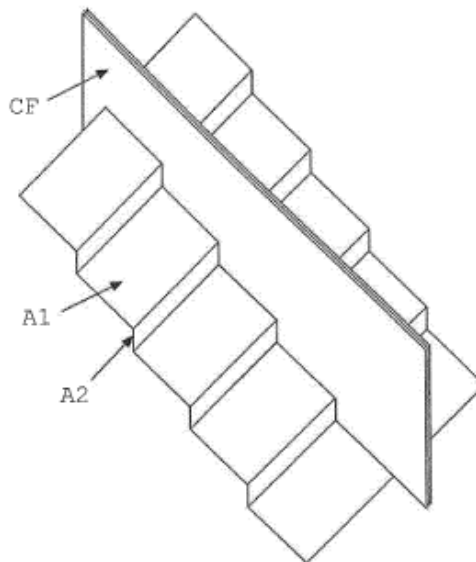
**Fig. 10a**



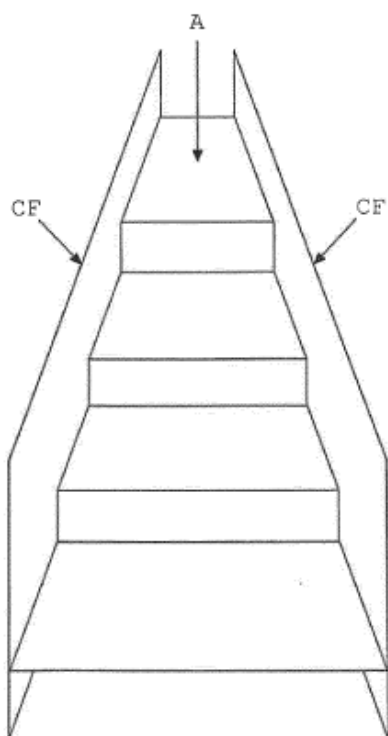
**Fig. 10b**



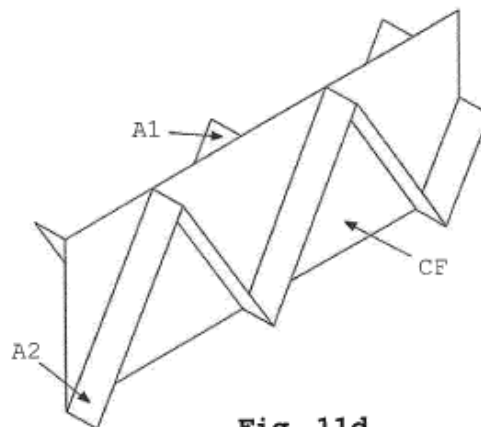
**Fig. 11a**



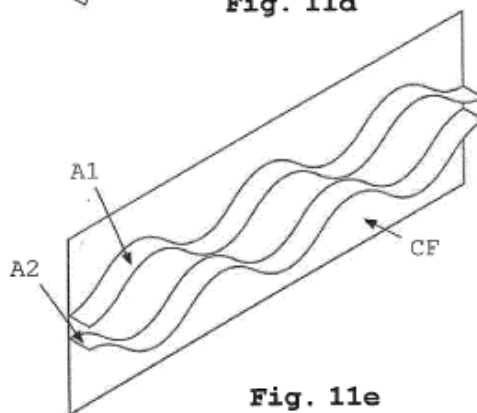
**Fig. 11b**



**Fig. 11c**



**Fig. 11d**



**Fig. 11e**

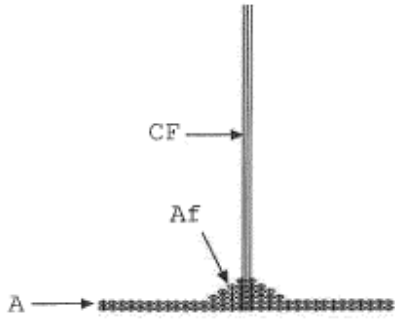


Fig. 12a

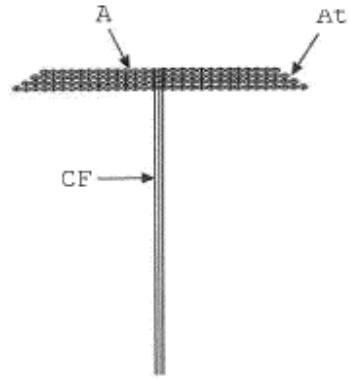


Fig. 12b

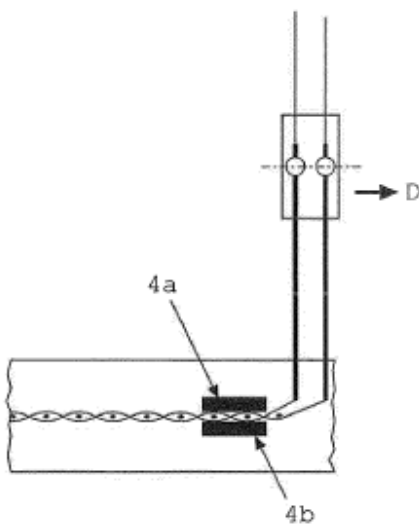


Fig. 13a

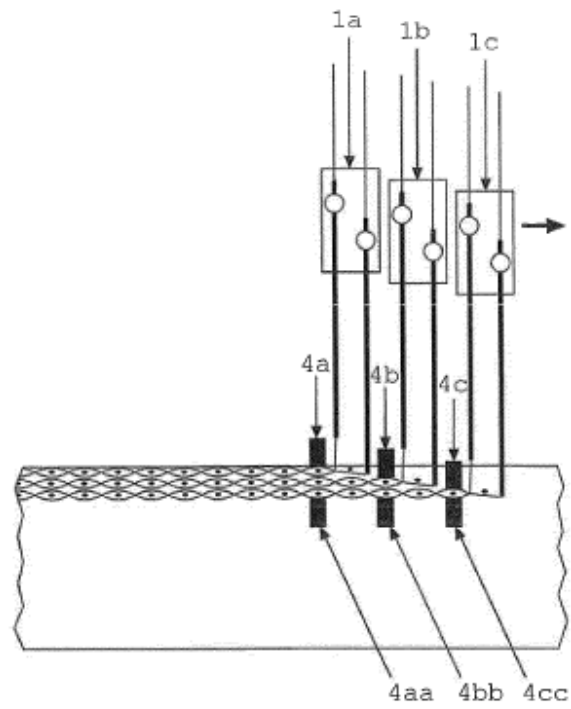


Fig. 13b

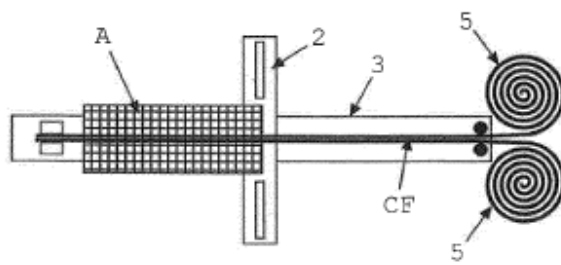
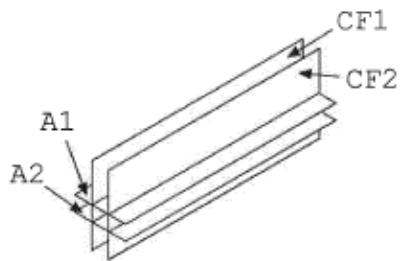
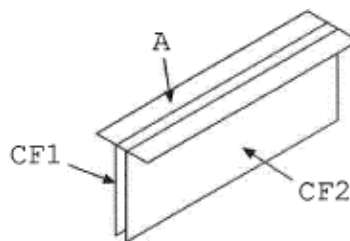


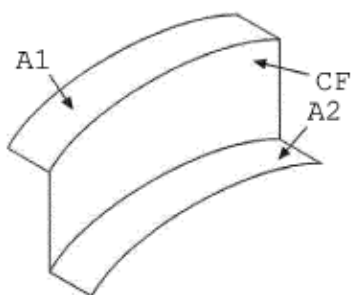
Fig. 13c



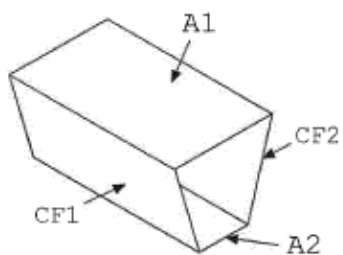
**Fig. 14a**



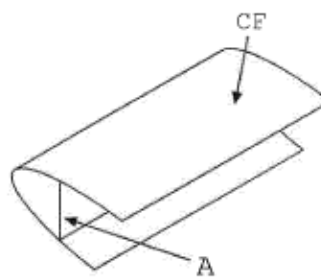
**Fig. 14b**



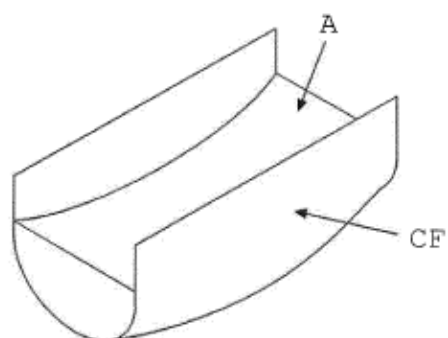
**Fig. 14c**



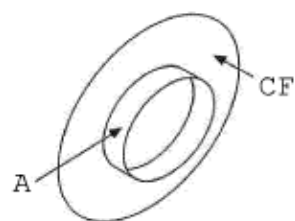
**Fig. 14d**



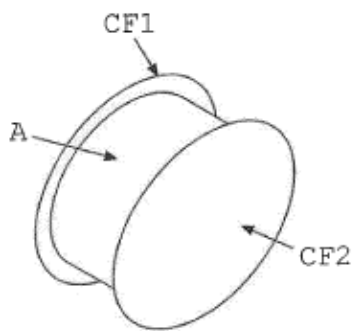
**Fig. 14e**



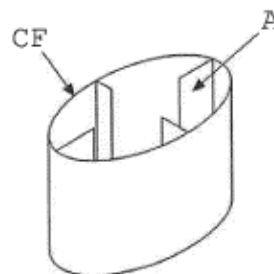
**Fig. 14f**



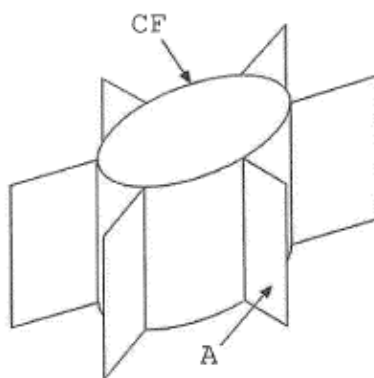
**Fig. 14g**



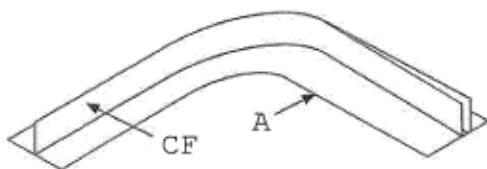
**Fig. 14h**



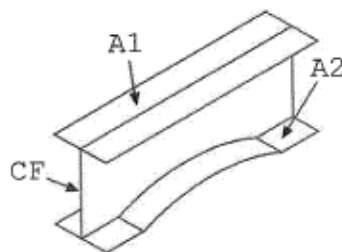
**Fig. 14i**



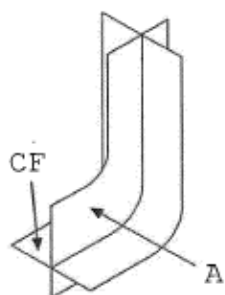
**Fig. 14j**



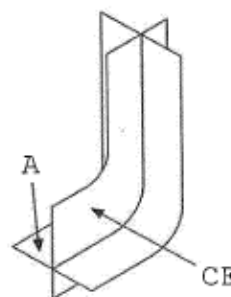
**Fig. 14k**



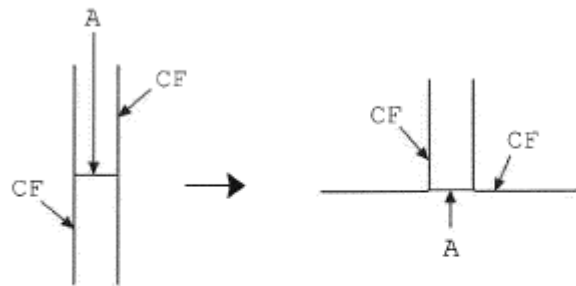
**Fig. 14m**



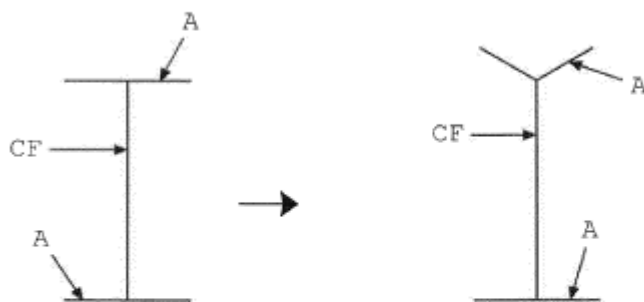
**Fig. 14n**



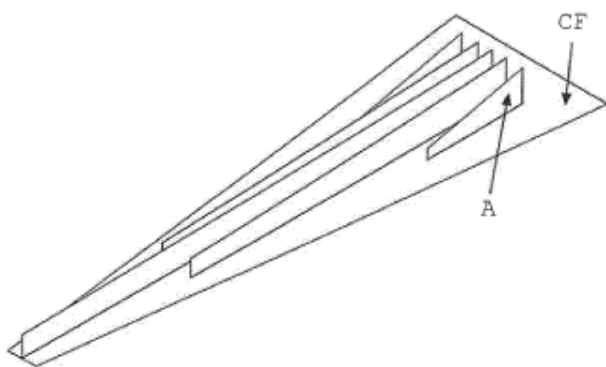
**Fig. 14p**



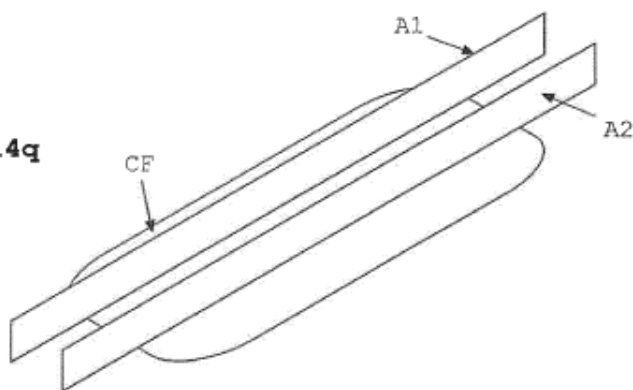
**Fig. 14-1**



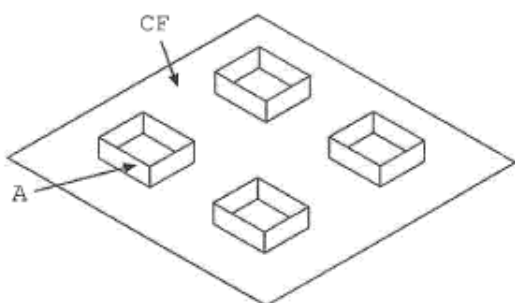
**Fig. 14-o**



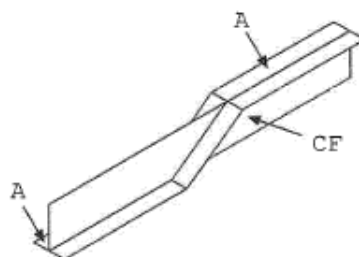
**Fig. 14q**



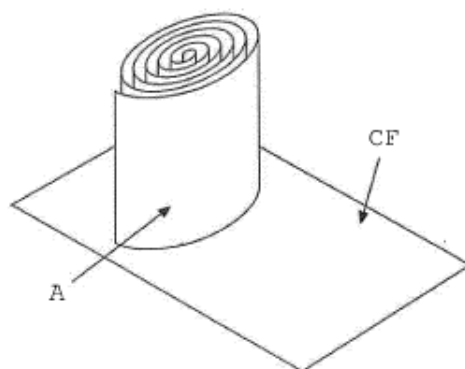
**Fig. 14r**



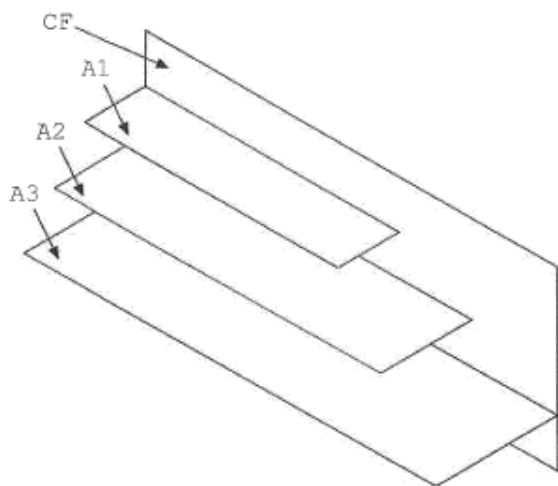
**Fig. 14t**



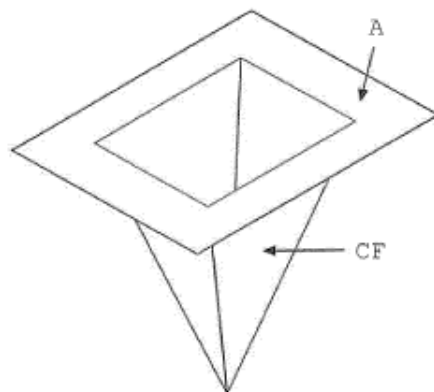
**Fig. 14s**



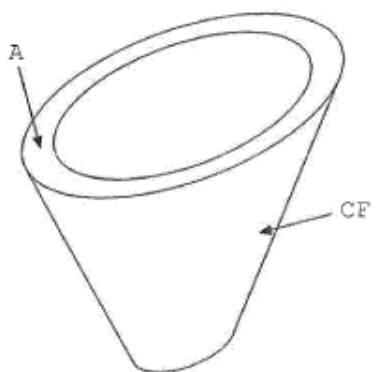
**Fig. 14u**



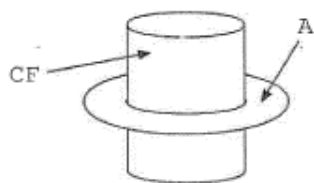
**Fig. 14v**



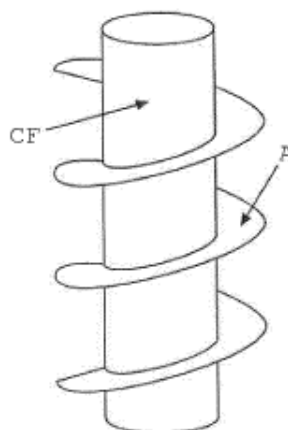
**Fig. 14w**



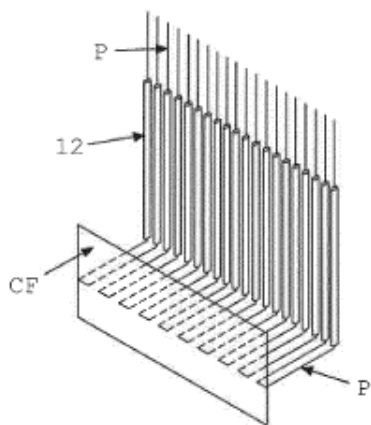
**Fig. 14x**



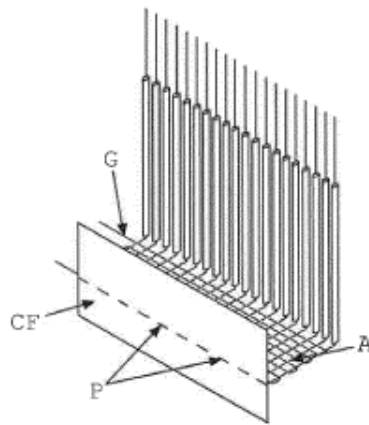
**Fig. 14y**



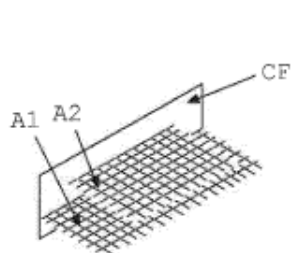
**Fig. 14z**



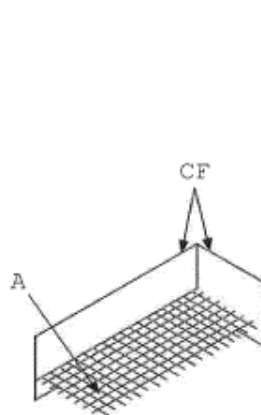
**Fig. 15a**



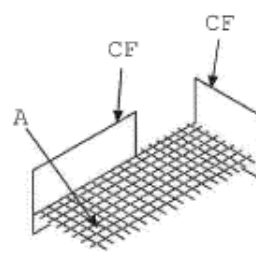
**Fig. 15b**



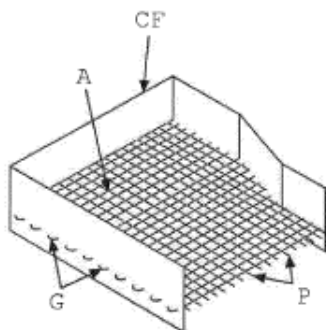
**Fig. 15c**



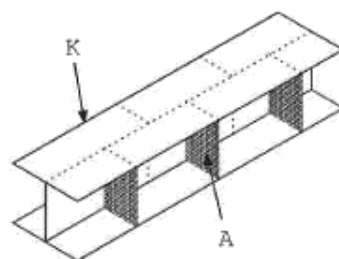
**Fig. 15d**



**Fig. 15e**



**Fig. 15f**



**Fig. 15g**