



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

(11) PI 0208085-0 B1

(22) Data do Depósito: 15/03/2002

(45) Data de Concessão: 08/12/2015

(RPI 2344)



(54) Título: BLINDAGEM CAPAZ DE RESISTIR À PENETRAÇÃO POR UM PROJÉTIL IMPACTANDO A BLINDAGEM, MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UMA CHAPA DE BLINDAGEM, MÉTODO DE ABSORÇÃO DE ENERGIA DE UM PROJÉTIL E MÉTODO DE PROTEÇÃO DE UM ARTIGO DE FABRICAÇÃO CONTRA A PENETRAÇÃO DE UM PROJÉTIL IMPACTANTE

(51) Int.Cl.: F41H 5/007; F41H 5/04

(30) Prioridade Unionista: 15/03/2001 US 09/809.548

(73) Titular(es): ATI PROPERTIES, INC.

(72) Inventor(es): STEVEN H. REICHMAN

“BLINDAGEM CAPAZ DE RESISTIR À PENETRAÇÃO POR UM PROJÉTIL IMPACTANDO A BLINDAGEM, MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UMA CHAPA DE BLINDAGEM, MÉTODO DE ABSORÇÃO DE ENERGIA DE UM PROJÉTIL E MÉTODO DE PROTEÇÃO DE UM ARTIGO DE FABRICAÇÃO
5 CONTRA A PENETRAÇÃO DE UM PROJÉTIL IMPACTANTE”

Fundamentos da Invenção

Campo da Invenção

A presente invenção refere-se de maneira geral a componentes estruturais e, especificamente, a blindagens. Em
10 particular, a presente invenção refere-se a blindagens que incluem um material que é capaz de passar por pelo menos uma de uma alteração de fase reversível e/ou uma deformação por tensão elástica de pelo menos 5% quando um objeto atinge as blindagens e transfere energia suficiente para as blindagens.
15 A presente invenção refere-se também a métodos de fabricação de tais blindagens. As blindagens da invenção encontram aplicação como, por exemplo, um material de revestimento protetor para veículos blindados, tais como tanques, helicópteros, caminhões e semelhantes.

20 Descrição dos Fundamentos da Invenção

Historicamente, os veículos de combate blindados eram protegidos por blindagens metálicas pesadas fabricadas, por exemplo, a partir do ferro ou de aços de liga de ferro. À medida em que projéteis perfuradores de blindagens mais
25 poderosos e sofisticados foram desenvolvidos, blindagens fabricadas a partir desses materiais convencionais tiveram que ser tornadas mais resistentes à penetração. Isto foi geral-

mente obtido tornando-se a blindagem mais espessa, o que tinha a desvantagem de tornar a blindagem mais pesada.

Em resposta ao desenvolvimento de disparos perfuradores de blindagens sofisticados, materiais mais resistentes, porém mais leves, começaram a ser empregados. Por exemplo, o Ti-6Al-4V (isto é, 6 por cento em peso de alumínio, 4 por cento em peso de vanádio e o restante essencialmente titânio) tem boa resistência à penetração e, portanto, se tornou um material de blindagem amplamente empregado. Esta liga, que é relativamente leve, absorve a energia de um projétil ao espalhar para fora a energia através de sua massa, deste modo cegando a ponta do projétil e resistindo à penetração. A Especificação Militar MIL-A-40677 apresenta as exigências militares para tais blindagens. Diversas modificações na composição de blindagens à base de titânio têm sido propostas, algumas das quais são ensinadas nas patentes norte-americanas Nos. 6 053 993, 5 980 655 e 5 332 545.

Recentemente, blindagens leves convencionais, inclusive blindagens à base de titânio, foram frustradas por disparos perfuradores avançados projetados para concentrar sua energia dentro de uma área muito pequena que podem fundir o material de blindagem. Em resposta, foram desenvolvidas blindagens à base de cerâmica. Materiais cerâmicos são empregados na fabricação de blindagens porque eles são materiais leves e extremamente duros. Uma das desvantagens com blindagens cerâmicas, contudo, é que elas dissipam a energia do projétil parcialmente por rachadura. Portanto, às blindagens de cerâmica falta capacidade de impacto de repetição,

isto é, elas não resistirão à penetração se atingidas na mesma posição várias vezes, e elas se desintegrarão se atingidas por vários disparos. Tentativas têm sido feitas para resolver este problema, uma das quais é apresentada na patente norte-americana No. 4 987 033, que ensina uma blindagem que emprega uma camada de Ti-6Al-4V que circunda um núcleo à base de cerâmica. No entanto, embora este desenho proporcione um desempenho um tanto aperfeiçoado, o núcleo de cerâmica finalmente se parte quando atingido várias vezes, deste modo eliminando-se a eficácia da blindagem. Além do mais, o custo de blindagens cerâmicas pode ser exorbitante.

Outra classe de desenho de blindagem é a chamada blindagem reativa. Aqui, a blindagem inclui um material explosivo que, quando sofre o contato do projétil, explode violentamente. Neste desenho, a força para fora da explosão da blindagem reativa contrabalança a força do projétil entrando, deste modo resistindo à penetração da blindagem. Os desenhos de blindagem reativa podem incluir também elementos móveis que podem, por exemplo, absorver a energia do projétil, cegar o projétil, modificar a trajetória do projétil e/ou destruir o projétil. Um exemplo de tal desenho de blindagem é apresentado na patente norte-americana No. 5 293 806. As blindagens reativas, entretanto, como as blindagens cerâmicas, são deficientes no sentido de que não têm capacidade de vários disparos, isto é, elas não oferecem proteção substancial contra vários impactos que ocorrem na mesma região. Uma vez ativada a blindagem reativa, é muito mais pro-

vável que um segundo disparo que atinge a blindagem no mesmo local penetre a blindagem.

É portanto desejável apresentar uma blindagem leve com capacidade para vários disparos que seja capaz de suportar a energia de disparos perfuradores de blindagem avançados.

Sumário da Invenção

A presente invenção refere-se a um componente estrutural, especificamente uma blindagem, e a um método de fabricação de tal blindagem. Em particular, a presente invenção refere-se a uma blindagem que compreende uma primeira chapa ou outra estrutura que inclui um material metálico que absorve energia de um objeto quando do impacto exercido por pelo menos uma de uma alteração de fase reversível e/ou uma deformação por tensão elástica de pelo menos 5%. A invenção resulta em uma blindagem leve com capacidade para impactos repetidos. Tais materiais absorvedores de energia podem incluir, por exemplo, ligas de níquel-titânio, ligas de cobre-zinco e ligas de cobre-alumínio-níquel-manganês.

De acordo com uma modalidade da invenção, a blindagem inclui uma primeira chapa, e o material absorvedor de energia da primeira chapa compreende pelo menos uma camada de uma liga que consiste essencialmente em de 45 até 55 por cento atômico de níquel (40 - 50 por cento em peso de níquel), de 45 a 55 por cento atômico de titânio (50 - 60 por cento em peso de titânio) e impurezas incidentais. Por exemplo, a primeira chapa pode compreender duas camadas de absorção de energia, em que a composição de uma camada de absorção de energia é manipulada de modo que absorva a energia

de um objeto quando do impacto exercido por uma alteração de fase reversível e a composição da outra camada de absorção de energia é manipulada de modo que absorva tal energia por deformação por tensão elástica de pelo menos 5%.

5 A blindagem da presente invenção pode compreender também uma primeira chapa e uma segunda chapa, em que a segunda chapa compreende um material que é diferente do material da primeira chapa. Por exemplo, a segunda chapa pode ser constituída por qualquer um de vários materiais de blindagem tradicionais. De maneira semelhante, a chapa de blindagem da presente invenção pode incluir também uma terceira chapa que é disposta em oposição à segunda chapa e é também constituída por um material que é diferente do material da primeira chapa.

15 A presente invenção refere-se também a um método de fabricação de uma chapa de blindagem. De acordo com o método, uma primeira chapa, que compreende pelo menos uma camada de absorção de energia, é obtida por técnicas convencionais. A primeira chapa é então posta em contato com a segunda chapa, que é também formada por técnicas convencionais, e em seguida ligada a ela. As superfícies de contato da primeira chapa e da segunda chapa podem ser limpas, seja por esmerilhamento e banho ácido, por exemplo, antes de serem postas em contato. A ligação das primeira e segunda chapas pode ser completada pelo aquecimento das chapas e em seguida pela aplicação de uma pressão de ligação a elas, seja por laminação, prensagem isostática a quente (HIP) ou liga-

ção explosiva, até que uma ligação metalúrgica seja formada entre elas.

Se uma terceira chapa é apresentada, ela é também posta em contato com a primeira chapa e ligada a ela. A terceira chapa é colocada em oposição à segunda chapa e estabelece contato com a primeira chapa. As superfícies de contato da primeira chapa e da terceira chapa podem ser limpas, seja por esmerilhamento e banho ácido, por exemplo, antes de serem postas em contato. A terceira chapa pode ser também ligada à primeira chapa pelo aquecimento das chapas e em seguida pela aplicação de uma pressão a elas, seja por laminação, HIP ou ligação explosiva, até que uma ligação metalúrgica seja formada entre elas.

Breve Descrição dos Desenhos

As vantagens da presente invenção serão melhor entendidas pela referência aos desenhos, nos quais:

a Figura 1 é uma ilustração esquemática de uma modalidade da blindagem leve da presente invenção; e

a Figura 2 é um fotomicrográfico que mostra a ligação entre as chapas de acordo com uma modalidade da blindagem leve da presente invenção.

Descrição Detalhada da Invenção

Com referência à Figura 1, sob uma forma a presente invenção compreende uma blindagem, 10, que inclui um material que absorve energia de um objeto quando o objeto incide sobre a blindagem. A blindagem 10 pode ser sob a forma de uma chapa ou sob alguma outra forma adequada. O material metálico empregado na presente invenção absorve a energia

através de pelo menos uma de alteração de fase reversível e/ou uma deformação elástica (e portanto reversível). As blindagens dentro da presente invenção que absorvem a energia de impacto unicamente por deformação elástica são aquelas nas quais o material tem deformação elástica de pelo menos 5%. A blindagem leve 10 tem capacidade para pancadas repetidas, mesmo contra disparos perfuradores de blindagens avançados. Sob outra forma, a presente invenção refere-se a um método de fabricação de tal blindagem construída de acordo com a presente invenção.

A blindagem 10 inclui uma primeira camada sob a forma de uma primeira chapa, 20. A primeira chapa 20 compreende pelo menos uma camada absorvedora de energia, 22, que inclui um material que absorverá a energia de um objeto, como, por exemplo, um projétil perfurador de blindagem, que incide sobre a blindagem 10. O material incluído na camada 22 absorve energia por alteração reversível de fase e/ou por deformação elástica. O material pode absorver também energia por mecanismos tanto de alteração de fase reversível quanto de deformação elástica. No caso em que o único mecanismo de absorção de energia da camada 22 é a deformação elástica, o material absorvedor de energia é um material metálico altamente elástico que apresentará deformação elástica de pelo menos 5%. Os materiais que absorvem energia por estes mecanismos de alteração de fase e/ou deformação elástica incluem, por exemplo, determinadas ligas de níquel-titânio, ligas de cobre-zinco e ligas de cobre-alumínio-níquel-manganês.

De acordo com uma modalidade da presente invenção, a primeira chapa 20 compreende uma liga que consiste essencialmente em de 45 a 55 por cento atômico de níquel (40 - 50 % em peso de níquel) e em de 45 a 55 por cento atômico de titânio (50 - 60 % em peso de titânio), conhecidos dos que lidam com a técnica como Nitinol. Outros elementos, tais como, por exemplo, Cu, Fe, Cr, Pd e V, podem também estar presentes no material de Nitinol como elementos de liga em pequenas proporções.

10 O Nitinol é uma liga de memória de conformação (SMA) notoriamente conhecida que é uma liga binária de níquel e titânio e pode mudar de uma conformação para outra conformação "memorizada" quando de uma alteração de temperatura. Uma maneira pela qual o Nitinol apresenta esta característica é passando por uma alteração de fase endotérmica
15 reversível quando aquecido até uma temperatura predeterminada. Entretanto, pelo preparo sob medida da composição deste material, é possível manipular o mecanismo pelo qual o material absorve energia de um objeto quando do impacto exercido pelo objeto. Por exemplo, um material de Nitinol que seja
20 relativamente rico em titânio, isto é, superior a cerca de 51 por cento atômico de titânio, está em um estado ou fase martensítica a temperaturas operacionais até 200°C (212°F). Quando do impacto, esta liga com efeito de memória de conformação (SME) absorve energia ao passar por uma alteração
25 de fase endotérmica do estado martensítico para o estado austenítico. Uma vez que a austenita é a configuração original "lembrada", a conformação original da chapa é restituída

depois de a energia do objeto ter sido absorvida e dissipada, deste modo obtendo-se uma chapa de blindagem 10 com capacidade para golpes repetidos.

Por outro lado, um material de Nitinol que seja
5 relativamente rico em níquel, isto é, de menos que 50 por cento atômico de titânio, está no estado ou fase austenítica a temperaturas operacionais até cerca de -50°C (-58°F). Nesta liga SME superelástica, uma grande deformação por tensão elástica pode absorver uma grande quantidade de energia de
10 um objeto entrante. Estas deformações podem ser da ordem de 10%. Para os fins da presente invenção, uma deformação por tensão de pelo menos 5% é contemplada. Após liberar a tensão, o material recupera sua conformação inicial sem a entrada adicional de calor ou outra energia. Isto resulta também em
15 uma blindagem 10 com capacidade para golpes repetidas.

Pelo preparo sob medida da composição do material de Nitinol, é possível pré-fixar a temperatura ou, em outras palavras, a entrada de energia, à qual a transformação da liga de uma fase de austenita para uma fase de martensita
20 ocorrerá. À medida em que o percentual atômico de níquel no material de Nitinol é aumentado, a temperatura de transformação martensítica diminui. Para ligas compostas de 45 até 55 por cento atômico de níquel e de 45 até 55 por cento atômico de titânio, opcionalmente junto com impurezas de traço,
25 a temperatura de transformação martensítica pode ser de a partir de cerca de -50°C até cerca de 200°C , dependendo da composição elementar real do material. Deste modo, de acordo com a presente invenção, a chapa de blindagem 10 pode com-

preender um material que passa por uma alteração de fase endotérmica reversível a uma temperatura que é predeterminada. Isto pode ser particularmente útil se a temperatura normal encontrada pelo material em funcionamento for conhecida.

5 Neste caso, a temperatura à qual a alteração de fase ocorre pode ser "pré-fixada" em um nível mais elevado que a temperatura de funcionamento nominal.

De acordo com outra modalidade da presente invenção, a primeira chapa 20 pode conter uma segunda camada de absorção de energia, indicada pelo número de referência 24. De acordo com esta modalidade, a composição das camadas de absorção de energia 22 e 24 é manipulada de modo que uma delas, seja a primeira camada de absorção de energia 22, seja a segunda camada de absorção de energia 24, compreenda um material que absorva a energia de um disparo entrante por uma alteração de fase reversível, isto é, seja martensítico a temperaturas operacionais de até 200°C (212°F), e a outra camada de absorção de energia compreenda um material que absorva a energia de um disparo entrante por deformação por tensão de pelo menos 5%, isto é, seja austenítico a temperaturas operacionais até -50°C (-58°F). Tal combinação de mecanismos pode ser incorporada para se administrar a velocidade da transformação.

A presente invenção pode incluir também uma segunda chapa, 30, que compreende um material diferente do material que constitui a primeira chapa 20. Esta segunda chapa 30 pode, por exemplo, compreender quaisquer materiais de blindagem tradicionais, tais como, por exemplo, titânio, ti-

tânio-alumínio de fase gama, liga de titânio α (como, por exemplo, tipos CPTi (1-4)), liga de titânio β (como, por exemplo, Ti(10-2-3) ou Ti (15-3-3-3) ou liga de titânio $\alpha\beta$ (como, por exemplo, Ti(6-4)). De preferência, a segunda chapa é disposta contígua à primeira chapa 20, e a segunda chapa 30 pode ser ligada por difusão à primeira chapa 20.

A presente invenção pode incluir também uma terceira chapa, 40, que compreende também um material diferente do material que constitui a primeira chapa 20. A terceira chapa 40 é disposta em oposição à segunda chapa 30. Como a segunda chapa 30, esta terceira chapa 40 pode ser constituída, por exemplo, por quaisquer materiais de blindagem tradicionais, como, por exemplo, titânio, titânio-alumínio de fase gama, liga de titânio α (como, por exemplo, tipos CPTi (1-4)), liga de titânio β (como, por exemplo, Ti(10-2-3) ou Ti (15-3-3-3) ou liga de titânio $\alpha\beta$ (como, por exemplo, Ti(6-4)). Além disto, a terceira chapa 40 pode ser disposta contígua à primeira chapa 20, e a terceira chapa 40 pode ser ligada por difusão à primeira chapa 20.

A chapa de blindagem 10 da presente invenção pode ser fabricada pela apresentação de uma primeira chapa 20 que compreende pelo menos uma camada de absorção de energia 22. Conforme discutido anteriormente, a primeira chapa 20 pode compreender uma única camada de absorção de energia, 22, ou pode compreender várias camadas de absorção de energia, 22 e 24, conforme mostrado na figura 1. De preferência, a primeira chapa 20 compreende o Nitinol, em que o Nitinol pode ser constituído de várias camadas de composições diferentes com

composições superelásticas e de SME, conforme discutido anteriormente. O método de formação de chapas de Nitinol é notoriamente conhecido dos que lidam com a técnica.

A primeira chapa 20 é posta em contato com a segunda chapa 30 e ligada a ela. A primeira chapa 20 e a segunda chapa 30 podem ser inicialmente postas em contato pela soldagem da primeira chapa 20 em costuras (ou bordas) na segunda chapa 30. De preferência, as superfícies de contato da primeira chapa 20 e da segunda chapa 30 são limpas, seja por esmerilhamento e banho ácido, por exemplo, antes que sejam postas em contato.

Com referência agora à figura 2, é mostrado um fotomicrográfico da ligação entre as chapas de acordo com uma modalidade da blindagem leve da presente invenção. A ligação da primeira chapa 20 com a segunda chapa 30 pode ser completada pelo aquecimento da primeira chapa 20 e da segunda chapa 30 e pela aplicação de uma pressão de ligação, seja por laminação, HIP ou ligação explosiva, à primeira chapa 20 e à segunda chapa 30, de modo a se obter uma ligação metalúrgica. Por exemplo, quando a primeira chapa 20 compreende Nitinol e a segunda chapa 30 compreende Ti(6-4), as chapas podem ser laminadas a uma temperatura abaixo de 981,3°C, de modo a se obter um contato íntimo entre a primeira chapa 20 e a segunda chapa 30. As chapas podem ser em seguida aquecidas até uma temperatura acima de 997,5°C, de modo a se criar uma fase líquida limitada (A ligação do Nitinol com o Ti(6-4) é complicada pela existência de uma fase de baixa fusão que se forma a cerca de 997,5°C. Uma vez que a temperatura de liga-

ção está acima de $997,5^{\circ}\text{C}$, a ligação por laminação cria uma fase líquida que impossibilita um processamento bem sucedido.). As chapas podem ser então resfriadas até abaixo de $981,3^{\circ}\text{C}$ e laminadas de modo a se efetuar uma boa ligação metalúrgica. O método de formação de $\text{Ti}(6-4)$ é notoriamente conhecido dos que lidam com a técnica.

Uma terceira chapa, 40, pode ser também apresentada. Conforme mostrado na figura 1, a terceira chapa 40 é também posta em contato com a primeira chapa 20 e ligada a ela. Quando uma terceira chapa 40 é usada, a terceira chapa 40 pode ser soldada na segunda chapa 30, como na área das bordas suspensas, conforme mostrado na figura 1. De preferência, as superfícies de contato da primeira chapa 20 e da terceira chapa 40 são limpas, seja por esmerilhamento e banho ácido, antes que sejam postas em contato. A ligação da primeira chapa 20 com a terceira chapa 40 pode ser completada pelo mesmo método descrito acima para ligação da primeira chapa 20 com a segunda chapa 30.

Na prática, várias chapas de blindagem com várias camadas, 10, podem ser fabricadas e empilhadas umas sobre as outras. Em tal disposição, um material inerte que impede que se forme uma ligação metalúrgica deve separar as chapas de blindagem 10 individuais. Tais materiais de revestimento ou separação são notoriamente conhecidos dos que lidam com a técnica e incluem BN , TiO_2 e MgO .

A espessura de cada chapa que constitui a chapa de blindagem 10 da presente invenção é selecionada com base em vários fatores, inclusive exigências de absorção de energia,

custo e peso. Uma medida da eficácia das chapas de blindagem é a velocidade média (V_{50}) de um projétil necessária para penetrar a chapa de blindagem. A presente invenção apresenta uma chapa de blindagem com capacidade para impactos repetidos e V_{50} aumentada em comparação com chapas de blindagem convencionais de peso semelhante.

Deve ficar entendido que a presente descrição ilustra aspectos da invenção relevantes para um claro entendimento da invenção. Determinados aspectos da invenção que seriam evidentes aos que conhecem a técnica e que, portanto, não facilitariam um melhor entendimento da invenção, podem não ter sido apresentados de modo a se simplificar a presente descrição. Embora a presente invenção tenha sido descrita com relação a determinadas modalidades, os que conhecem a técnica, considerando a descrição precedente, reconhecerão que muitas modificações e variações da invenção podem ser empregadas. Por exemplo, a presente descrição de modalidades da invenção referiu-se a uma estrutura em forma de chapa de várias camadas que compreende uma série de camadas ou chapas individuais. Será entendido que a presente invenção não é assim limitada e engloba, por exemplo, qualquer estrutura de blindagem que inclua um ou mais dos materiais absorvedores de energia que podem sofrer uma alteração de fase reversível e/ou experimentar uma deformação por tensão elástica de pelo menos 5% quando impactados por um projétil ou outro objeto que imprima energia suficiente à estrutura de blindagem. A descrição seguinte e as reivindicações seguintes são desti-

nadas a cobrir tais variações, modificações e modalidades adicionais da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Blindagem capaz de resistir à penetração por um projétil impactando a blindagem, onde a blindagem compreende uma primeira camada absorvedora de energia consistindo essencialmente de um material metálico, o referido material metálico sendo pelo menos um de um material metálico que passa por uma alteração de fase reversível quando absorve energia e um material metálico que exibe uma deformação por tensão elástica de pelo menos 5 % e, **CARACTERIZADA** pelo fato
10 de que a blindagem compreende

uma segunda camada de um material metálico que é contigua com e metalurgicamente ligada a primeira camada absorvedora de energia, onde a segunda camada compreende um material selecionado do grupo consistindo de uma liga de titânio α que é pelo menos um dos tipos CPTi 1-4, uma liga de titânio $\alpha\beta$ que é Ti(6-4) e uma liga de titânio β que é pelo menos um de Ti(10-2-3) e Ti(15-3-3-3), em que o material metálico da segunda camada é diferente do material metálico da primeira camada absorvedora de energia.
15

20 2. Blindagem, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o material que passa por uma alteração de fase reversível passa por uma alteração de fase endotérmica reversível quando aquecido a uma temperatura predeterminada.

25 3. Blindagem, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a temperatura predeterminada é de pelo menos -50°C e não é superior a 200°C .

4. Blindagem, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a primeira camada absorvedora de energia é selecionada do grupo que consiste em ligas de níquel-titânio, ligas de cobre-zinco e ligas de cobre-alumínio-níquel-manganês.

5. Blindagem, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a primeira camada absorvedora de energia é uma liga que consiste essencialmente de 45 até 55 por cento atômico de níquel, de 45 até 55 por cento atômico de titânio e de impurezas incidentais.

6. Blindagem, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a primeira camada absorvedora de energia é o Nitinol.

7. Blindagem, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a segunda camada é ligada por difusão à primeira camada absorvedora de energia.

8. Blindagem, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **CARACTERIZADA** por compreender adicionalmente uma terceira camada disposta em oposição à segunda camada e compreendida de uma material diferente do referido material metálico da primeira camada absorvedora de energia, a referida terceira camada sendo contígua com e metalurgicamente ligada à pelo menos uma porção da primeira camada absorvedora de energia.

9. Blindagem, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a terceira camada compreende

um material selecionado do grupo que consiste de titânio, titânio-alumínio de fase gama, liga de titânio α , liga de titânio β e liga de titânio $\alpha\beta$.

10. Blindagem, de acordo com a reivindicação 8,
5 **CARACTERIZADA** pelo fato de que a primeira camada absorvedora de energia é contígua à terceira camada.

11. Blindagem, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a primeira camada é uma primeira chapa, a segunda camada é uma segunda chapa e a terceira camada, se presente, é uma terceira chapa.
10

12. Método de fabricação de uma chapa de blindagem consistindo de duas ou mais camadas ou chapas, o método **CARACTERIZADO** por compreender:

15 fornecer uma primeira chapa incluindo um material metálico que absorve energia de um projétil impactando a blindagem, em que o referido material metálico é selecionado de pelo menos um dentre um material metálico que passa por uma alteração de fase reversível quando absorve energia e um
20 material metálico que exibe uma deformação por tensão elástica de pelo menos 5%.

fornecer uma segunda chapa consistindo de um material metálico contendo titânio diferente da primeira chapa e compreendendo um material selecionado do grupo consistindo
25 de uma liga de titânio α que é pelo menos um dos tipos CPTi 1-4, uma liga de titânio $\alpha\beta$ que é Ti(6-4) e uma liga de titânio β que é pelo menos um de Ti(10-2-3) e Ti(15-3-3-3), contatando a primeira chapa e a segunda chapa; e

ligar metalurgicamente a primeira chapa à segunda chapa, e opcionalmente, reduzir a dimensão de espessura da primeira chapa e da segunda chapa.

13. Método, de acordo com a reivindicação 12,
5 **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira chapa compreende uma primeira camada absorvedora de energia e uma segunda camada absorvedora de energia, em que uma das primeira camada absorvedora de energia e segunda camada absorvedora de energia é uma camada de um material metálico, e em que a primeira
10 ra camada absorvedora de energia é posta em contato com a segunda camada absorvedora de energia.

14. Método, de acordo com a reivindicação 12,
CARACTERIZADO pelo fato de que as superfícies de contato das primeira e segunda chapas são limpas antes do contato das
15 primeira e segunda chapas.

15. Método, de acordo com a reivindicação 12,
CARACTERIZADO pelo fato de que a ligação da primeira chapa à segunda chapa compreende:

aquecer a primeira chapa e a segunda chapa; e
20 aplicar pressão de ligação à primeira chapa e à segunda chapa, de modo a fornecer uma ligação metalúrgica.

16. Método, de acordo com a reivindicação 15,
CARACTERIZADO pelo fato de que a aplicação de pressão de ligação à primeira chapa e à segunda chapa compreende laminar
25 a primeira chapa e a segunda chapa.

17. Método, de acordo com a reivindicação 12,
CARACTERIZADO por compreender adicionalmente:

fornecer uma terceira chapa de um material diferente da primeira chapa;

dispor a terceira chapa em oposição à segunda chapa;

5 contactar a terceira chapa e a primeira chapa; e
ligar a primeira chapa à terceira chapa.

18. Método, de acordo com a reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as superfícies de contato das primeira e terceira chapas são limpas antes do contato das
10 primeira e terceira chapas.

19. Método, de acordo com a reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a ligação da primeira chapa à terceira chapa compreende:

aquecer a primeira chapa e a terceira chapa; e
15 aplicar pressão de ligação à primeira chapa e à terceira chapa, de modo a fornecer uma ligação metalúrgica.

20. Método, de acordo com a reivindicação 19, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a aplicação de pressão de ligação à primeira chapa e à terceira chapa compreende laminar
20 a primeira chapa e a terceira chapa.

21. Método de absorção de energia de um projétil, **CARACTERIZADO** por compreender a formação de uma blindagem descrita de acordo com uma das reivindicações 1 a 11.

22. Método de proteção de um artigo de fabricação
25 contra a penetração de um projétil impactante, o método **CARACTERIZADO** por compreender a aplicação da blindagem, descrita de acordo com uma das reivindicações 1 a 11, ao artigo de fabricação.

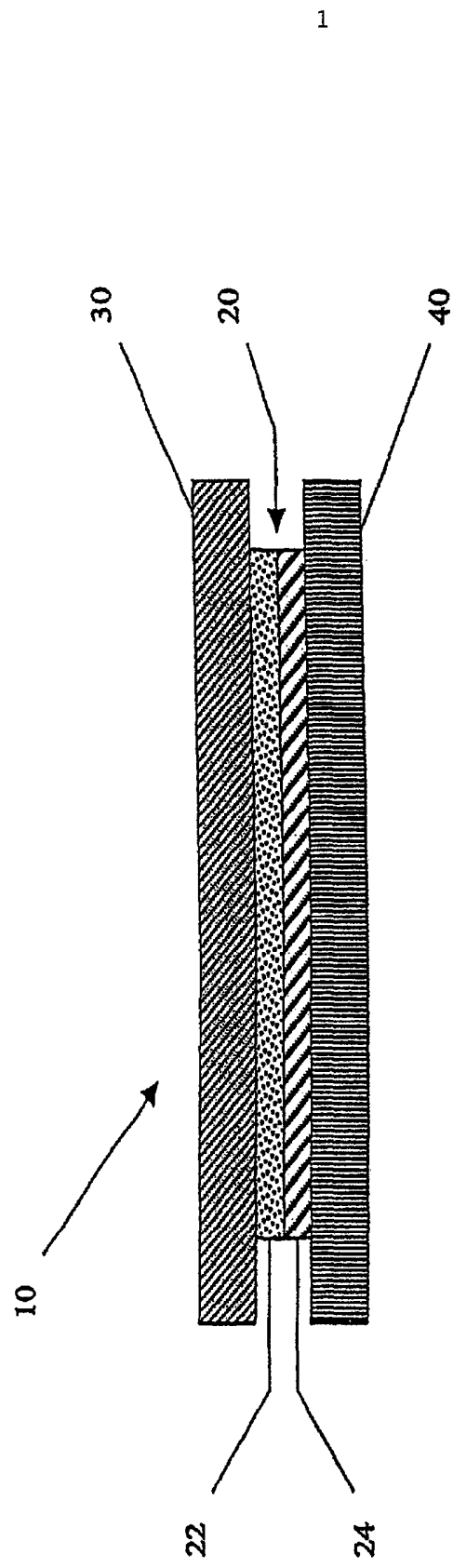


Figure 1

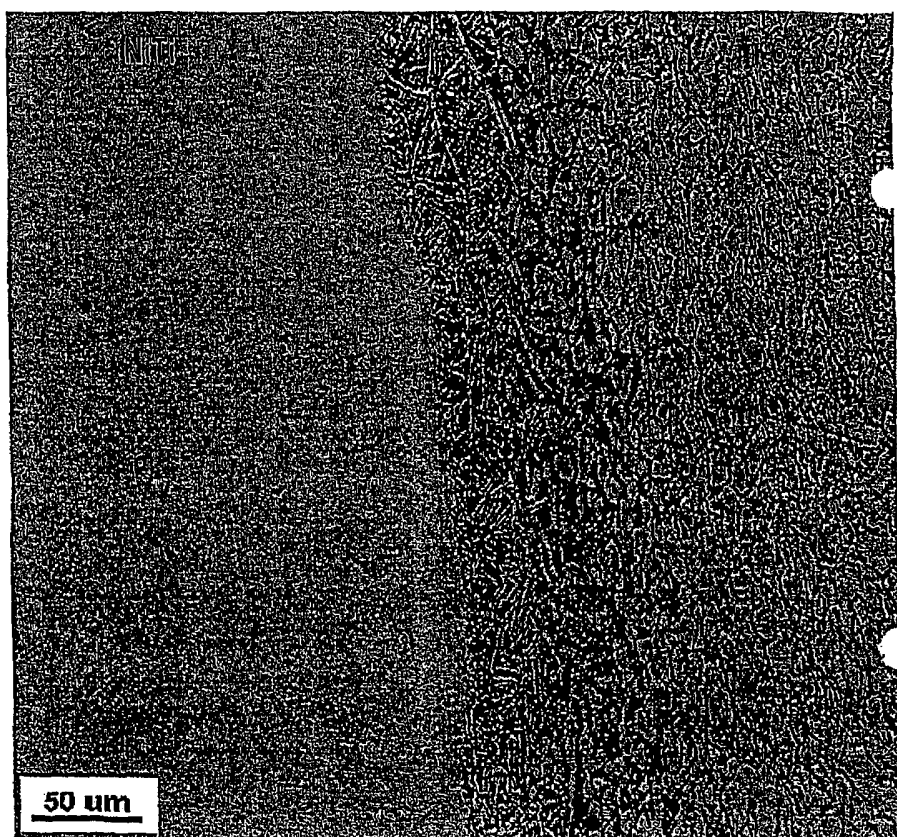


Figura 2

RESUMO

“BLINDAGEM CAPAZ DE RESISTIR À PENETRAÇÃO POR UM PROJÉTIL IMPACTANDO A BLINDAGEM, MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UMA CHAPA DE BLINDAGEM, MÉTODO DE ABSORÇÃO DE ENERGIA DE UM
5 PROJÉTIL E MÉTODO DE PROTEÇÃO DE UM ARTIGO DE FABRICAÇÃO CONTRA A PENETRAÇÃO DE UM PROJÉTIL IMPACTANTE”

Uma blindagem leve com capacidade para impactos repetidos inclui pelo menos uma camada de material que absorve energia ao sofrer o impacto de um objeto através de
10 uma alteração de fase reversível e/ou uma deformação por tensão elástica de pelo menos 5%. Uma vez absorvida a energia do objeto, a camada de material retorna à sua conformação original, deste modo obtendo-se uma blindagem com capacidades para impactos repetidos. A blindagem pode incluir
15 também camadas adicionais de material construídas a partir de materiais de blindagem convencionais. É também apresentado um método de fabricação de tal blindagem.