



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

(21) **PI0613850-0 A2**

(22) Data de Depósito: 26/07/2006  
(43) Data da Publicação: 15/02/2011  
(RPI 2093)



(51) *Int.Cl.:*  
D02G 3/44  
D02G 3/04

(54) Título: **FIO, TECIDO E VESTIMENTA**

(30) Prioridade Unionista: 26/07/2005 US 11/189,909

(73) Titular(es): E.I. Du Pont de Nemours and Company

(72) Inventor(es): Debbie Guckert, Reiyao Zhu, Susan L. Lovasic

(74) Procurador(es): Priscila Penha de Barros Thereza

(86) Pedido Internacional: PCT US2006029178 de 26/07/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/014291 de 01/02/2007

(57) Resumo: FIO, TECIDO E VESTIMENTA A presente invenção refere-se a fio, tecido e vestimenta apropriados para uso em proteção contra arco e chamas, que contêm fibras modacrílicas, de p-aramida e m-aramida, em que as fibras de m-aramida possuem grau de cristalinidade de pelo menos 20%.

## **“FIO, TECIDO E VESTIMENTA”**

### **REFERÊNCIA A PEDIDO RELACIONADO**

O presente pedido de patente é continuação em parte do Número de Série 10/803.383, depositado em 18 de março de 2004.

5

### **CAMPO DA INVENÇÃO**

A presente invenção refere-se a fio misturado útil para a produção de tecidos que possuem propriedades protetoras contra chama e arco, bem como contração reduzida. A presente invenção também se refere a vestimentas produzidas com esses tecidos.

10

### **ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**

Indivíduos que trabalham perto de equipamento elétrico energizado e pessoal de emergência que responde a incidentes perto de equipamento elétrico encontram-se em risco de arcos elétricos e riscos de chama que poderão resultar de evento de formação de arco. Os arcos elétricos são eventos extremamente violentos, que envolvem tipicamente milhares de volts e milhares de amperes de eletricidade. Os arcos elétricos são formados no ar quando a diferença de potencial (ou seja, voltagem) entre dois eletrodos causa a ionização dos átomos no ar e torna-se capaz de conduzir eletricidade.

15

A Patente US 5.208.105 de Ichibori et al descreve mistura de fibras composta retardante de chamas que compreende fibra que contém halogênio e grande quantidade de composto de antimônio e pelo menos uma fibra selecionada a partir da relação que consiste de fibras naturais e fibras químicas. A mistura de fibras é tecida em tecido e testada para determinar o Índice de Oxigênio Limitado como medida da sua resistência a chamas.

20

O que é necessário é fio, tecido e vestimenta que possuam alto nível de proteção contra chama e arco.

25

### **DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO**

A presente invenção refere-se a fio para uso em tecidos e

vestimentas de proteção contra chama e arco que compreende:

- (a) 40 a 70% em peso de fibra modacrílica;
- (b) 5 a 20% em peso de fibra de p-aramida; e
- (c) 10 a 40% em peso de fibra de m-aramida que possui grau

5 de cristalinidade de pelo menos 20%;

em que os mencionados percentuais são com base nos componentes (a), (b) e (c).

Além disso, o tecido e a vestimenta podem fornecer resistência à abertura por quebra e abrasão. Em modo preferido, o tecido e a vestimenta  
10 possuem contração reduzida, tal como em comparação com tecido em que a única alteração é o uso de fibra de m-aramida amorfa (ou seja, que possui baixo grau de cristalinidade).

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se ao fornecimento de fio do qual  
15 podem ser produzidos tecidos e vestimenta que forneçam boa proteção contra arcos e resistência a chama. Tecidos e vestimentas que compreendem fibras resistentes a chamas com baixa resistência de tensão quando expostos a tensão térmica intensa de arco elétrico podem romper-se em aberto, expondo o usuário a lesões adicionais como resultado da energia incidente. Arcos  
20 elétricos tipicamente envolvem milhares de volts e milhares de amperes de corrente elétrica. O arco elétrico é muito mais intenso que a energia incidente tal como de fogo por ignição. Para oferecer proteção a usuário, vestimenta ou tecido deve resistir à transferência de energia para o usuário. Acredita-se que  
25 resistência do tecido à ruptura. Durante a ruptura, forma-se orifício no tecido que expõe diretamente a superfície ou o usuário à energia incidente.

Fios, tecidos e vestimentas de acordo com a presente invenção, quando expostos à tensão térmica intensa de arco elétrico, resistem à

transferência de energia. Acredita-se que a presente invenção reduza a transferência de energia por meio da absorção de parte da energia incidente e, por meio da carbonização, permita redução da energia transmitida.

Os fios de acordo com a presente invenção compreendem mistura  
5 de fibra modacrílica, fibra de meta-aramida e fibra de para-aramida. Tipicamente, os fios de acordo com a presente invenção compreendem de 40 a 70% em peso de fibra modacrílica, de 5 a 20% em peso de fibra de para-aramida e 10 a 40% em peso de fibra de meta-aramida com grau de cristalinidade de pelo menos 20%. Preferencialmente, os fios de acordo com a  
10 presente invenção compreendem de 55 a 65% em peso de fibra modacrílica, 5 a 15% em peso de fibra de para-aramida e 20 a 30% de fibra de meta-aramida. Os percentuais acima são com base nos três componentes designados. Além disso, fibra resistente à abrasão adicional pode ser adicionada ao fio para aumentar a durabilidade por meio de ressonância aprimorada à abrasão, bem  
15 como a fibra antiestática para reduzir os acúmulos de estática.

Por "fio", indica-se montagem de fibras fiadas ou torcidas entre si para formar cordão contínuo, que pode ser utilizado em tecedura, entrelaçamento, trançamento ou formação de placas, ou transformado de outra forma em material têxtil ou tecido.

20 Por fibra modacrílica, indica-se fibra sintética acrílica fabricada com polímero que compreende principalmente acrilonitrila. Preferencialmente, o polímero é copolímero que compreende de 30 a 70% em peso de acrilonitrila e de 70 a 30% em peso de monômero de vinila que contém halogênio. O monômero de vinila que contém halogênio é pelo menos um monômero  
25 selecionado, por exemplo, a partir de cloreto de vinila, cloreto de vinilideno, brometo de vinila, brometo de vinilideno etc. Exemplos de monômeros de vinila copolimerizáveis são ácido acrílico, ácido metacrílico, sais ou ésteres desses ácidos, acrilamida, metilacrilamida, acetato de vinila etc.

As fibras modacrílicas preferidas de acordo com a presente invenção são copolímeros de acrilonitrila combinados com cloreto de vinilideno, em que o copolímero contém além disso óxido(s) de antimônio para retardar fogo de forma aprimorada. Essas fibras modacrílicas úteis incluem, mas sem  
5 limitar-se a fibras descritas na Patente US 3.193.602 que contém 2% em peso de trióxido de antimônio, fibras descritas na Patente US 3.748.302 fabricadas com vários óxidos de antimônio que estão presentes em quantidade de pelo menos 2% em peso e, preferencialmente, não mais de 8% em peso, e fibras descritas nas Patentes US 5.208.105 e US 5.506.042 que contém de 8 a 40%  
10 em peso de composto de antimônio.

Dentre os fios de acordo com a presente invenção, fibra modacrílica fornece fibra formadora de carvão resistente a chamas com LOI de tipicamente pelo menos 28, dependendo do nível de incentivo com derivados de antimônio. Fibra modacrílica também é resistente à difusão de lesões à fibra  
15 devido à exposição à chama. Fibra modacrílica, embora altamente resistente a chamas, por si própria não fornece resistência à tensão adequada para fio ou tecido fabricado com o fio para oferecer o nível desejado de resistência à ruptura quando exposta a arco elétrico.

Da forma utilizada no presente, "aramida" indica poliamida em que  
20 pelo menos 85% das ligações amida (-CONH-) são ligadas diretamente a dois anéis aromáticos. Aditivos podem ser utilizados com a aramida e, de fato, concluiu-se que até 10% em peso de outro material polimérico podem ser combinados com a aramida ou que podem ser utilizados copolímeros que contêm até 10% de outra diamina substituída pela diamina da aramida ou até  
25 10% de outro cloreto diácido substituído pelo cloreto diácido da aramida. Fibras de aramida apropriadas são descritas em *Man-Made Fibers - Science and Technology*, volume 2, capítulo intitulado *Fiber-Forming Aromatic Polyamides*, pág. 297, W. Black et al, Interscience Publishers, 1968. Fibras de aramida são

também descritas nas Patentes US 4.172.938, US 3.869.429, US 3.819.587, US 3.673.143, US 3.354.127 e US 3.094.511. M-aramida são as aramidas em que as ligações amida encontram-se na posição meta entre si e p-aramidas são as aramidas em que as ligações amida encontram-se na posição para entre si. Na prática da presente invenção, as aramidas mais freqüentemente utilizadas são poli(parafenileno tereftalamida) e poli(metafenileno isoftalamida).

Dentre os fios de acordo com a presente invenção, fibra de m-aramida pode fornecer fibra formadora de carvão resistente a chamas com LOI de cerca de 26. Fibra de m-aramida também é resistente à difusão de lesões à fibra devido à exposição à chama. Fibra de m-aramida também agrega conforto a tecidos formados de fibras que compreendem fio de acordo com a presente invenção.

Fibra de m-aramida fornece resistência à tensão adicional ao fio e tecidos formados com o fio. Combinações de fibra modacrílica e de m-aramida são altamente resistentes a chamas, mas não fornecem resistência adequada à tensão a fio ou tecido fabricado com o fio para oferecer o nível desejado de resistência à ruptura quando expostas a arco elétrico.

A presente invenção encontra-se dentro do escopo do pedido de patente com número de série 10/803.383. A criticalidade está presente, entretanto, no tipo de fibra de m-aramida que é empregada. Revelou-se inesperadamente que, caso a fibra de m-aramida possua certo grau mínimo de cristalinidade, obtém-se melhoria adicional da proteção contra arcos.

O grau de cristalinidade da fibra de m-aramida é de pelo menos 20% e, de maior preferência, pelo menos 25%. Para fins de ilustração devido à facilidade de formação da fibra final, limite superior prático de cristalinidade é de 50% (embora percentuais mais altos sejam considerados adequados). Geralmente, a cristalinidade estará em faixa de 25 a 40%. Exemplo de fibra de m-aramida comercial que possui esse grau de cristalinidade é Nomex® T-450.

O grau de cristalinidade de fibra de m-aramida é determinado por meio de um dentre dois métodos. O primeiro método é empregado com fibra sem espaços, enquanto o segundo é sobre fibra que não é totalmente livre de espaços.

5 O percentual de cristalinidade de meta-aramidas no primeiro método é determinado por meio da geração, em primeiro lugar, de curva de calibragem linear para cristalinidade utilizando amostras boas, essencialmente sem lacunas. Para essas amostras sem lacunas, o volume específico (1/densidade) pode ser relacionado diretamente à cristalinidade utilizando  
10 modelo de duas fases. A densidade da amostra é medida em coluna de gradiente de densidade. Filme de meta-aramida, determinado como sendo não cristalino por meio de métodos de difusão de raio X, foi medido e concluiu-se que possui densidade média de 1,3356 g/cm<sup>3</sup>. A densidade de amostra de meta-aramida completamente cristalina foi determinada em seguida a partir das  
15 dimensões da célula unitária de raio X como sendo de 1,4699 g/cm<sup>3</sup>. Após o estabelecimento desses pontos finais de 0% e 100% de cristalinidade, a cristalinidade de qualquer amostra experimental sem espaços para a qual a densidade é conhecida pode ser determinada a partir desta relação linear:

$$\text{Cristalinidade} = \frac{(1/\text{densidade não cristalina}) - (1/\text{densidade experimental})}{(1/\text{densidade não cristalina}) - (1/\text{densidade totalmente cristalina})}$$

20 Como muitas amostras de fibras não são totalmente livres de espaços, espectroscopia Raman é o método preferido para determinar a cristalinidade. Como a medição Raman não é sensível ao conteúdo de espaços, a intensidade relativa do estiramento de carbonila a 1650 cm<sup>-1</sup> pode ser utilizada para determinar a cristalinidade de meta-aramida em qualquer forma, seja com espaços ou não. Para atingir isso, relação linear entre a  
25 cristalinidade e a intensidade do estiramento de carbonila a 1650 cm<sup>-1</sup>, normalizada até a intensidade do modo de estiramento de anéis a 1002 cm<sup>-1</sup>,

foi desenvolvida utilizando amostras com espaços mínimos cuja cristalinidade foi determinada anteriormente e conhecida a partir de medições da densidade conforme descrito acima. A relação empírica a seguir, que depende da curva de calibragem de densidade, foi desenvolvida para determinar o percentual de cristalinidade utilizando Espectrômetro Nicolet Modelo 910 FT-Raman:

$$\% \text{ de cristalinidade} = 100,0 \times \frac{(I(1650 \text{ cm}^{-1}) - 0,2601)}{0,1247}$$

em que  $I(1650 \text{ cm}^{-1})$  é a intensidade Raman da amostra de meta-aramida naquele ponto. Utilizando esta intensidade, o percentual de cristalinidade da amostra de experimento é calculado a partir da equação.

Fibras de meta-aramida, quando fiadas a partir de solução, resfriadas e secas utilizando temperaturas abaixo da temperatura de transição em vidro, sem tratamento químico ou calor adicional, desenvolvem apenas níveis menores de cristalinidade. Essas fibras possuem percentual de cristalinidade de menos de 15% quando a cristalinidade da fibra é medida utilizando métodos de difusão Raman. Estas fibras com baixo grau de cristalinidade são consideradas fibras de meta-aramida amorfas que podem ser cristalizadas utilizando calor ou meios químicos. O nível de cristalinidade pode ser aumentado por meio de tratamento a quente na temperatura de transição em vidro do polímero ou acima. Esse calor é aplicado tipicamente por meio de contato da fibra com rolos aquecidos sob tensão por tempo suficiente para proporcionar a quantidade suficiente de cristalinidade à fibra.

Dentre os fios de acordo com a presente invenção, fibras de p-aramida fornecem fibra com alta resistência à tensão que, quando adicionadas em quantidades adequadas, aumenta a resistência ao rompimento de tecidos formados com o fio. Grandes quantidades de fibras de p-aramida nos fios tornam as vestimentas que compreendem os fios desconfortáveis para o usuário.



A expressão resistência à tensão designa a quantidade máxima de tensão que pode ser aplicada a material antes do rompimento ou falha. A resistência a rasgos é a quantidade de força necessária para rasgar tecido. De forma geral, a resistência à tensão de tecido refere-se à facilidade com que o tecido se rasgará ou romperá. A resistência à tensão pode também referir-se à capacidade do tecido de evitar tornar-se permanentemente estirado ou deformado. As resistências à tensão e a rasgos de tecido deverão ser suficientemente altas para evitar rasgos, rompimentos ou deformação permanente da vestimenta de forma que comprometeria significativamente o nível pretendido de proteção da vestimenta.

Além disso, fibra resistente à abrasão pode ser adicionada ao fio para aumentar a durabilidade por meio de aumento da resistência à abrasão. Por resistente à abrasão, indica-se a capacidade de fibra ou tecido para suportar desgaste e atrito da superfície. Preferencialmente, a fibra resistente à abrasão é nylon. Por nylon, indica-se fibras fabricadas com polímeros de poliamida alifática; e polihexametileno adipamida (nylon 66) é o polímero de nylon preferido. Outros nylons tais como policaprolactama (nylon 6), polibutirilactama (nylon 4), ácido (poli)9-aminononanóico (nylon 9), polienantolactama (nylon 7), policapril lactama (nylon 8), polihexametileno sebacamida (nylon 6, 10) e similares são apropriados.

A fibra resistente à abrasão compreende tipicamente de 2 a 15% em peso do fio. Fios que contêm menos de 2% em peso de fibra resistente à abrasão não exibem melhoria notável da resistência à abrasão. Fios que contêm fibras resistentes à abrasão de mais de 15% em peso podem experimentar redução da resistência à chama e propriedades protetoras contra arcos do fio e dos tecidos formados com o fio.

Além disso, ao fio, tecido ou vestimenta de acordo com a presente invenção, pode-se adicionar componente antiestático. Exemplos ilustrativos

são fibra de aço, fibra de carbono ou revestimento de carbono a fibra existente. A condutividade de carbono ou metal tal como aço quando incorporado a fio, tecido ou vestimenta de acordo com a presente invenção fornece condutor elétrico para assistir na dissipação do acúmulo de eletricidade estática.

- 5 Descargas elétricas estáticas podem ser perigosas para trabalhadores que operam equipamento elétrico sensível ou perto de vapores inflamáveis. O componente antiestático pode estar presente em quantidade de 1 a 5% em peso do fio total.

- Os fios de acordo com a presente invenção podem ser produzidos por meio de qualquer dos métodos de fiação de fios comumente conhecidos na técnica, tais como, mas sem limitar-se a fiação de anéis, fiação de núcleo e fiação a jato de ar ou métodos de fiação de ar superiores, tais como fiação a jato de ar Murata, em que o ar é utilizado para entrelaçar fibras básicas em fio, desde que o grau necessário de cristalinidade esteja presente no fio final.
- 15 Tipicamente, os fios isolados produzidos por qualquer dos métodos comuns são pregueados entre si em seguida para formar fio trançado por prega que compreende pelo menos dois fios isolados antes da conversão em tecido.

- Para fornecer proteção contra as tensões térmicas intensas causadas por arcos elétricos, é desejável que tecido e vestimentas protetoras contra arcos formados com esse tecido possuam características tais como LOI acima da concentração de oxigênio em ar para resistência a chamas, comprimento de carvão curto que indica lenta propagação de lesões ao tecido e boa resistência ao rompimento para evitar que energia incidente seja impingida diretamente sobre as superfícies abaixo da camada protetora.

- 25 Vestimentas protetoras termicamente tais como roupas de bombeiros tipicamente fornecem proteção contra o calor por convecção gerado por chama aberta. Essas vestimentas protetoras, quando expostas à energia intensa gerada por arco elétrico, podem ser rompidas (ou seja, forma-se

abertura no tecido), o que resulta na penetração de energia na roupa, causando severas lesões para o usuário. Os tecidos de acordo com a presente invenção fornecem preferencialmente proteção contra o calor por convecção de chama aberta e oferecem maior resistência ao rompimento e transferência de energia quando expostos a arco elétrico.

O termo tecido, da forma utilizada no presente relatório descritivo e nas reivindicações anexas, designa camada protetora desejada que foi tecida, costurada ou reunida de outra forma utilizando um ou mais tipos diferentes do fio de acordo com a presente invenção. Preferencialmente, os tecidos de acordo com a presente invenção são materiais tecidos. De maior preferência, os tecidos de acordo com a presente invenção são tecedura de sarja.

Em uma realização preferida da presente invenção, revelou-se ainda que o uso de fibra de m-aramida cristalina conforme descrito anteriormente resulta em redução significativa da contração ou até 0% de contração. Esta contração reduzida é baseada em tecido idêntico em que a única diferença é o uso de fibra de m-aramida que possui o grau de cristalinidade definido anteriormente em comparação com fibra de m-aramida que não tenha sido tratada para aumentar a cristalinidade.

Para os propósitos do presente, a contração é medida após ciclo de lavagem de vinte minutos com temperatura da água de 60 °C. Os tecidos preferidos demonstram ausência de contração após cinco ciclos de lavagem, de maior preferência dez ciclos e, de preferência superior, vinte ciclos.

O peso base é medida do peso de tecido por unidade de área. Unidades típicas incluem onças por jarda quadrada e gramas por centímetro quadrado. Os pesos base relatados no presente relatório descritivo são relatados em onças por jarda quadrada (OPSY). À medida que a quantidade de tecido por unidade de área aumenta, a quantidade de material entre potencial risco e o paciente a ser protegido também aumenta. Aumento do peso base de material sugere que aumento

correspondente do desempenho protetor será observado. Aumento do peso base de tecidos de acordo com a presente invenção resulta em aumento da resistência a rompimentos, aumento do fator de proteção térmica e aumento da proteção contra arcos. Os pesos base dos tecidos de acordo com a presente invenção são tipicamente de mais de cerca de 8,0 opsy, preferencialmente mais de cerca de 8,7 opsy e, de maior preferência, mais de cerca de 9,5 opsy. Acredita-se que tecidos de acordo com a presente invenção com pesos base de mais de cerca de 12 opsy exibiriam aumento da rigidez e, desta forma, reduziriam o conforto de vestimenta produzida com esse tecido.

Comprimento de carvão é medida da resistência a chama de material têxtil. Carvão é definido como resíduo carbonáceo formado como resultado de pirólise ou combustão incompleta. O comprimento de carvão de tecido sob as condições de teste de ASTM 6413-99 conforme relatado no presente relatório descritivo é definido como a distância da extremidade de tecido que é exposta diretamente à chama até o ponto mais distante de lesão de tecido visível após a aplicação de força de rasgo especificada. Preferencialmente, o tecido de acordo com a presente invenção possui comprimento de carvão de menos de 15,2 cm.

Os tecidos de acordo com a presente invenção podem ser utilizados na forma de camada única ou como parte de vestimenta protetora com múltiplas camadas. Ao longo do presente relatório descritivo, o valor protetor de tecido é relatado para camada única daquele tecido. A presente invenção também inclui vestimenta elaborada com os tecidos de acordo com a presente invenção.

Os fios de acordo com a presente invenção podem estar presentes na trama ou na urdidura do tecido. Preferencialmente, os fios de acordo com a presente invenção estão presentes na urdidura e na trama do tecido resultante. De maior preferência, os fios de acordo com a presente invenção estão exclusivamente presentes na urdidura e na trama do tecido.

## **MÉTODOS DE TESTE**

### **TESTE DE ABRASÃO:**

O desempenho de abrasão de tecidos de acordo com a presente invenção é determinado de acordo com ASTM D-3884-01, *Standard Guide for*  
5 *Abrasion Resistance of Textile Fabrics (Rotary Platform, Double Head Method)*.

### **TESTE DE RESISTÊNCIA A ARCOS:**

A resistência a arcos de tecidos de acordo com a presente invenção é determinada de acordo com ASTM F-1959-99, *Standard Test*  
10 *Method for Determining the Arc Thermal Performance Value of Materials for Clothing*. Preferencialmente, os tecidos de acordo com a presente invenção possuem resistência a arcos de pelo menos 0,8 calorias e, de maior preferência, pelo menos 1,2 calorias por centímetro quadrado por opsy.

### **TESTE DE ARREBATAMENTO:**

A resistência ao arrebatamento de tecidos de acordo com a  
15 presente invenção é determinada de acordo com ASTM D-5034-95, *Standard Test Method for Breaking Strength and Elongation of Fabrics (Grab Test)*.

### **TESTE DE ÍNDICE DE OXIGÊNIO LIMITADO:**

O índice de oxigênio limitado (LOI) de tecidos de acordo com a presente invenção é determinado de acordo com ASTM G-125-00, *Standard Test*  
20 *Method for Measuring Liquid and Solid Material Fire Limits in Gaseous Oxidants*.

### **TESTE DE RASGOS:**

A resistência a rasgos de tecidos de acordo com a presente invenção é determinada de acordo com ASTM D-5587-03, *Standard Test*  
*Method for Tearing of Fabrics by Trapezoid Procedure*.

### **TESTE DE DESEMPENHO DE PROTEÇÃO TÉRMICA:**

25 O desempenho de proteção térmica de tecidos de acordo com a presente invenção é determinado de acordo com NFPA 2112, *Standard on Flame Resistant Garments for Protection of Industrial Personnel Against Flash Fire*.

**TESTE DE CHAMA VERTICAL:**

O comprimento de carvão de tecidos de acordo com a presente invenção é determinado de acordo com ASTM D-6413-99, *Standard Test Method for Flame Resistance of Textiles (Vertical Method)*.

5 A expressão desempenho protetor térmico (ou TPP) designa a capacidade de tecido de fornecer proteção contínua e confiável à pele de usuário que utiliza tecido quando o tecido é exposto a chama direta ou calor radiante.

**LOI****DE ASTM G125/D2863**

10 A concentração mínima de oxigênio, expressa na forma de percentual em volume, em mistura de oxigênio e nitrogênio que apenas suportará a combustão por chama de material inicialmente à temperatura ambiente sob as condições de ASTM D2863.

**DETERMINAÇÃO DA CONTRAÇÃO:**

15 A contração é determinada medindo-se fisicamente a área unitária de tecido após um ou mais ciclos de lavagem. Ciclo denota lavagem do tecido em máquina de lavagem industrial por vinte minutos com temperatura da água de 60 °C.

Para ilustrar a presente invenção, são fornecidos os exemplos a seguir. Todas as partes e percentuais são em peso e graus Celsius, a menos  
20 que indicado em contrário.

**EXEMPLOS****EXEMPLO 1**

Foi preparado tecido protetor térmico durável que contém, na trama e na urdidura, fios fiados emanel de misturas íntimas de Nomex<sup>®</sup> tipo  
25 450, Kevlar<sup>®</sup> 29, modacrílica e nylon. Nomex<sup>®</sup> tipo 450 é poli(m-fenileno isoftalamida) (MPD-I) com grau de cristalinidade de 33 a 37%, modacrílica é copolímero de ACN e cloreto de polivinilideno com 6,8% de antimônio (conhecido como Protex<sup>®</sup> C), Kevlar 29 é poli(p-fenileno tereftalamida) (PPD-T).

Mecha de mistura de desbastador de 25% em peso de Nomex<sup>®</sup> tipo 450, 10% em peso de Kevlar<sup>®</sup> 29 e 65% em peso de modacrílica foi preparada e processada por meio do sistema de algodão convencional em fio fiado que possui torção de multiplicação 3,7 utilizando quadro de fiação de anéis. O fio fabricado desta forma era fio isolado de 21 tex (contagem de algodão 28). Dois fios isolados são pregueados em seguida na máquina de prega para fabricar fio de duas pregas. Utilizando processo similar e a mesma razão de torção e dobra, fio de 21 tex (contagem de algodão 28) foi elaborado para uso como fio de trama. Os fios foram pregueados duas vezes em seguida para formar fio de prega.

Os fios de Nomex<sup>®</sup>/Kevlar<sup>®</sup>/modacrílica foram utilizados como urdidura e trama em tear de impulso em construção de sarja 3x1. O tecido de sarja possuía construção de 30 extremidades x 19 tomadas por cm e peso base de 189 g/m<sup>2</sup>. O tecido de sarja preparado conforme descrito acima foi lavado em água quente e seco sob baixa tensão. O tecido lavado foi tingido a jato em seguida utilizando tintura básica. O tecido acabado com 198 g/m<sup>2</sup> foi testado em seguida para determinar as propriedades térmicas e mecânicas.

#### **EXEMPLO 2 (CONTROLE)**

Foi preparado tecido durável e protetor térmico que contém na trama e na urdidura fios fiados em anel de misturas íntimas de Nomex<sup>®</sup> tipo 455, Kevlar<sup>®</sup> 29, modacrílica e nylon. Nomex<sup>®</sup> tipo 455 é poli(m-fenileno isoftalamida) (MPD-I) com grau de cristalinidade de 5 a 10%, modacrílica é copolímero de ACN e cloreto de polivinilideno com 6,8% antimônio (conhecido como Protex<sup>®</sup> C), Kevlar<sup>®</sup> 29 é poli(p-fenileno tereftalamida) (PPD-T) e P140 é a fibra antiestática.

Mecha de mistura de desbastador de 23% em peso de Nomex<sup>®</sup> tipo 455, 10% em peso de Kevlar<sup>®</sup> 29, 65% em peso de modacrílica e 2% de P140 foi preparada e processada por meio do sistema de algodão convencional em fio fiado que possui multiplicação de torção 3,7 utilizando quadro de fiação

de anéis. O fio elaborado desta forma era fio isolado de 21 tex (contagem de algodão 28). Dois fios isolados são pregueados em seguida na máquina de prega para elaborar fio com duas pregas. Utilizando processo similar e a mesma razão entre torção e mistura, foi elaborado fio de 21 tex (contagem de algodão 28) para uso como fio de trama. Os fios foram pregueados duas vezes em seguida para formar fio pregueado.

Os fios de Nomex<sup>®</sup>/Kevlar<sup>®</sup>/modacrílica foram utilizados como urdidura e trama em tear por impulso em construção de sarja 3x1. O tecido de sarja possuía construção de 31 extremidades x 22 tomadas por cm e peso base de 209 g/m<sup>2</sup>. O tecido de sarja preparado conforme descrito acima foi lavado em água quente e seco sob baixa tensão. O tecido lavado foi tingido a jato utilizando tintura básica. O tecido acabado com 233 g/m<sup>2</sup> foi testado em seguida para determinar suas propriedades térmicas e mecânicas.

Tecidos adicionais dos Exemplos 1 e 2 foram testados para determinar a contração em vários ciclos de lavagem, em que cada ciclo é de vinte minutos com temperatura da água de 60 °C e temperatura de secagem de 60 °C.

|  | Exemplo 1 | Exemplo 2 |
|--|-----------|-----------|
| Peso base (opsy)                           | 6,8       | 8,0       |
| Espessura (mil)                            | 34        | 37        |
| Teor de antimônio (%) em fibra modacrílica | 7         | 7         |
| Chama vertical (pol) W/F                   | 3,1 x 3,0 | 3,0 x 3,0 |
| Avaliação de ARC (cal/cm <sup>2</sup> )    | 9,6       | 9,6       |
| ARC/unidade de peso (opsy)                 | 1,4       | 1,2       |
| Contração na lavagem<br>(% urdidura/trama) |           |           |
| 3  | 0x0       | 1,0x1,0   |
| 5  | 0x0       | 2,0x2,0   |
| 10   | 0x0       | 4,0x3,0   |



Exemplos 1 e 2 por meio de substituição de Nomex 462 (Exemplo 2) com Nomex 450 (Exemplo 1), aumento do peso do arco/unidade de 16% foi obtido. Além disso, o tecido do Exemplo 1 não apresentou contração, enquanto o tecido do Exemplo 2 aumentou sua contração com o aumento de ciclos de lavagem.

5

### EXEMPLO 3

Tecido durável e protetor térmico foi preparado com, na urdidura e na trama, fios fiados em anéis de misturas íntimas de 20% Nomex<sup>®</sup> tipo N303, 10% Kevlar<sup>®</sup> 29, 60% modacrílica e 10% nylon. Nomex<sup>®</sup> tipo N303 é 92% poli(m-fenileno isoftalamida) (MPD-I) com grau de cristalinidade de 33 a 37%, 5% Kevlar<sup>®</sup> 29 e 3% P140 (nylon revestido com carbono para antiestática), modacrílica é copolímero de ACN e cloreto de polivinilideno com 2% antimônio, Kevlar<sup>®</sup> 29 é poli(p-fenileno tereftalamida) (PPD-T) e o nylon utilizado foi polihexametileno adipamida.

|  | Exemplo 3 |
|--|-----------|
| Peso base (opsy)   | 9,6       |
| Espessura (mil)  | 40        |
| Teste de arrebatamento<br>Resistência à quebra (lbf)<br>Urdidura/trama<br>D5034-95 | 205/164   |
| Rasgo em alçaço (lbf)<br>Urdidura/trama<br>D5587-03                                | 28/21     |
| Abrasão Taber (ciclos)<br>CS-10/1000 g<br>ASTM D3884-01                            | 3143      |
| TPP (cal/cm <sup>2</sup> )<br>NFPA 2112  | 16,3      |
| Chama vertical (polegadas)<br>Urdidura/trama<br>ASTM D6413-99                      | 2,9/3,0   |
| Avaliação ARC (cal/cm <sup>2</sup> )<br>ASTM F1959-99                              | 17,6      |

### REIVINDICAÇÕES

1. FIO, para uso em proteção contra arcos e chama, caracterizado pelo fato de que compreende:

(a) 40 a 70% em peso de fibra modacrílica;

5 (b) 5 a 20% em peso de fibra de p-aramida; e

(c) 10 a 40% em peso de fibra de m-aramida que possui grau de cristalinidade de pelo menos 20%;

em que os mencionados percentuais são com base nos componentes (a), (b) e (c).

10 2. FIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende:

(a) 55 a 65% em peso de fibra modacrílica;

(b) 5 a 15% em peso de fibra de p-aramida; e

(c) 20 a 35% em peso de fibra de m-aramida.

15 3. FIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que contém adicionalmente (d) fibra resistente à abrasão.

4. FIO, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a fibra resistente à abrasão encontra-se presente em quantidade de 2 a 15% em peso com base nos componentes (a), (b), (c) e (d).

20 5. FIO, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a fibra resistente à abrasão é nylon.

6. FIO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que contém adicionalmente componente antiestática.

25 7. FIO, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o componente antiestática está presente em quantidade de 1 a 5% em peso do fio total.

8. FIO, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o componente antiestática compreende carbono ou fibra metálica.

9. TECIDO, apropriado para uso em proteção contra arcos e chama, caracterizado pelo fato de que compreende:

- um fio que compreende adicionalmente:

(a) 40 a 70% em peso de fibra modacrílica;

5 (b) 5 a 20% em peso de fibra de p-aramida; e

(c) 10 a 40% em peso de fibra de m-aramida que possui grau

de cristalinidade de pelo menos 20%;

em que os mencionados percentuais são com base nos componentes (a), (b) e (c).

10 10. VESTIMENTA, apropriada para uso em proteção contra arcos e chama, caracterizada pelo fato de que compreende:

(a) 40 a 70% em peso de fibra modacrílica;

(b) 5 a 20% em peso de fibra de p-aramida; e

(c) 10 a 40% em peso de fibra de m-aramida que possui grau

15 de cristalinidade de pelo menos 20%;

em que os mencionados percentuais são com base nos componentes (a), (b) e (c).

**RESUMO****“FIO, TECIDO E VESTIMENTA”**

A presente invenção refere-se a fio, tecido e vestimenta apropriados para uso em proteção contra arco e chamas, que contêm fibras modacrílicas, de p-aramida e m-aramida, em que as fibras de m-aramida possuem grau de cristalinidade de pelo menos 20%.