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

(21) PI 0808958-2 A2

* B R P I 0 8 0 8 9 5 8 A 2 *

(22) Data de Depósito: 14/03/2008
(43) Data da Publicação: 26/08/2014
(RPI 2277)

(51) Int.Cl.:
F42B 3/113
F42B 3/10
F42C 19/08

(54) Título: SISTEMA DE EXPLOSÃO ISENTO DE DETONADOR, E, MÉTODO PARA INICIAR UM EXPLOSIVO A GRANEL EM UM SISTEMA DE EXPLOSÃO

(57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 16/03/2007 US 60/895321

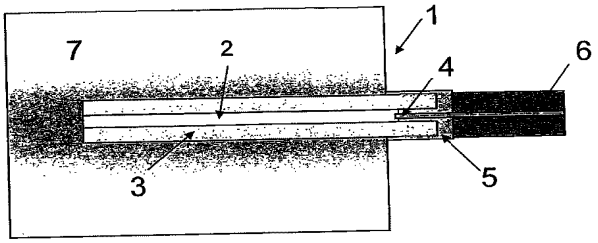
(73) Titular(es): Orica Explosives Technology PTY LTD.

(72) Inventor(es): David Olaf Johnson , Richard John Goodridge, Rodney Wayne Appleby, Thomas Miller

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & Cia.

(86) Pedido Internacional: PCT AU2008000364 de 14/03/2008

(87) Publicação Internacional: WO 2008/113108de 25/09/2008



"SISTEMA DE EXPLOSÃO ISENTO DE DETONADOR, E, MÉTODO PARA INICIAR UM EXPLOSIVO A GRANEL"

A presente invenção refere-se a um sistema de explosão no qual uma carga de explosivos é iniciada (detonada). Mais particularmente,a presente invenção provê um tal sistema que não se baseia no uso de detonadores convencionais. A presente invenção também se refere a um método para iniciar uma carga de explosivos que não requer o uso de detonadores convencionais.

Fundamentos Da Invenção

Um detonador (ou espoleta) é um dispositivo que foi especificamente projetado para iniciar a detonação de uma carga maior, separada, de explosivo secundário. Os detonadores são comumente usados em uma ampla faixa de operações comerciais em que cargas explosivas são detonadas, incluindo mineração e exploração de pedreira e exploração sísmica. O pensamento convencional tem sido que o uso de detonadores é essencial para implementação de tais operações. Entretanto, isto traz com ele considerações quanto à cadeia de suprimento, proteção e segurança.

Contra estes fundamentos seria desejável prover-se um sistema para iniciar uma carga de explosivos que não se baseasse no uso de detonadores. A presente invenção procura prover tal sistema.

Sumário Da Invenção

De acordo com a presente invenção foi constatado possível iniciar uma carga de explosivos sem recorrer ao uso de dispositivos detonadores convencionais. Mais especificamente, de acordo com a presente invenção, as cargas explosivas podem ser iniciadas utilizando-se um laser.

Por conseguinte, em uma forma de realização a presente invenção provê um sistema de explosão isento de detonador, que compreende:

um explosivo a granel;

um explosivo confinado;

uma fibra óptica adaptada para dispensar luz laser ao explosivo confinado,

em que o explosivo confinado é provido em relação ao explosivo a granel, de modo que a detonação do explosivo confinado provoque a iniciação do explosivo a granel, e que uma porção do explosivo confinado e uma porção do explosivo a granel estão em contato direto ou o explosivo confinado e o explosivo a granel são separados por uma membrana que não influencia detonação do explosivo a granel.

Em outra forma de realização a presente invenção provê um método para iniciar um explosivo a granel em um sistema de explosão de acordo com a invenção, método este compreendendo detonar o explosivo confinado por irradiação com um laser, causando desse modo a iniciação do explosivo a granel.

De acordo com a presente invenção, um explosivo a granel (carga) é iniciado pela detonação de um explosivo confinado (carga). Por sua vez, a iniciação do explosivo confinado é causada por irradiação do explosivo confinado com luz laser. Assim, o explosivo a granel é iniciado sem a utilização de um dispositivo detonador convencional. Acredita-se que isto represente um significativo avanço na técnica.

De acordo com a presente invenção, a iniciação laser é conseguida aquecendo-se o explosivo confinado até que sua ignição ocorra. O explosivo confinado é confinado de modo que esta ignição inicial propague-se até detonação total. O explosivo confinado e o explosivo a granel são providos em relação entre si de modo que a detonação do explosivo confinado provoque a iniciação do explosivo a granel. Em uma forma de realização da invenção, uma parte do explosivo confinado e uma parte do explosivo a granel podem ficar em contato direto. Entretanto, em outras formas de realização isto pode não ser essencial, desde que a relação operativa pretendida entre os explosivos confinado e a granel seja retida. Por exemplo, em certas formas de realização, os explosivos confinado e a granel podem ser separados por uma membrana ou similar. Neste caso a membrana, ou similar, pode ser incluída para facilidade de manufatura; a membrana (ou similar) não

influencia a detonação do explosivo a granel.

O explosivo confinado é usualmente um material explosivo secundário. Exemplos de materiais adequados incluem PETN (tetranitrato de pentaeritritol), tetril (trinitofenilmetilnitramina), RDX (trimetilenotrinitramina), HMX (ciclotetrametileno-tetranitramina), pentolite (PETN e TNT (trinitrotolueno)) e similares. Destes o uso de PETN ou pentolite é preferido. Em uma forma de realização alternativa, o explosivo confinado pode ser um explosivo de emulsão convencional, tal como uma emulsão de água-em-óleo, incluindo uma fase sal oxidante descontínua dispersa em um óleo combustível. Tipicamente, tais emulsões incluem nitrato de amônio e/ou nitrato de sódio como o sal oxidante. Tais composições de emulsão são muito bem conhecidas na técnica. Adicionalmente, o explosivo confinado pode ser um explosivo de gel de água convencional, que contém um sal oxidante, um sensibilizador, um espessante, um agente de reticulação e um combustível. Estas composições são bem conhecidas na técnica também.

O explosivo a granel que é usado é geralmente um explosivo secundário também, exemplos do qual são dados acima. Quando explosivo confinado e explosivo a granel são explosivos secundários, observamos que o sistema de explosão da invenção é isento de explosivos primários. A carga dos explosivos a granel pode ser a mesma que a ou diferente do explosivo confinado. Quando o explosivo confinado é o mesmo que o explosivo a granel, a invenção pode ser implementada por confinamento adequado de uma parte do explosivo a granel.

Um aspecto importante da presente invenção é a maneira pela qual o explosivo confinado é confinado, uma vez que foi constatado que a geometria do confinamento é crítica para a detonação bem sucedida do explosivo a granel. Assim, o explosivo confinado deve ser confinado de tal maneira a conter ignição inicial do explosivo confinado e para permitir subsequente propagação para a detonação total. Uma variedade de meios de

confinamento (geometria e material) pode ser empregada na implementação da presente invenção.

Em uma forma de realização, o explosivo confinado pode ser confinado em um membro tubular alongado. Usualmente, este será de seção transversal circular, embora isto não seja obrigatório. Quando um membro tubular alongado é usado, o diâmetro interno do membro tubular deve ser maior do que o diâmetro crítico para o explosivo sendo confinado. Quando o explosivo confinado for fortemente confinado, por exemplo, quando o meio de confinamento for feito de um metal, o diâmetro interno do membro tubular pode ser de até 3 vezes maior do que o diâmetro crítico para o explosivo sendo confinado.

Um membro tubular típico de seção transversal circular, útil na presente invenção, geralmente tem um diâmetro interno de cerca de 2 a cerca de 5 mm, por exemplo, cerca de 3 mm, e um comprimento de até cerca de 110 mm, por exemplo, de 20 a 110 mm. O comprimento do membro tubular requerido para transição do explosivo confinado variará entre diferentes tipos de explosivos. Por exemplo, para PETN o comprimento mínimo do membro tubular será de cerca de 30 mm, enquanto que para pentolite o comprimento mínimo será de cerca de 90 mm (para um diâmetro interno de cerca de 3 mm).

O meio de confinamento pode assumir outras geometrias. Assim, meio de confinamento esférico ou cônico pode ser usado.

Para fins de ilustração, a seguir a invenção será descrita com relação a um membro alongado tubular de seção transversal circular como meio de confinamento.

Exemplos de materiais adequados para o meio de confinamento incluem metais e ligas metálicas, por exemplo, alumínio e aço e materiais poliméricos de alta resistência.

Tipicamente, o explosivo a granel é provido em (direto) contato com uma parte do explosivo confinado. Quando explosivo confinado é confinado em um membro tubular alongado, o contato necessário pode ser

conseguido via uma extremidade do membro tubular, em que a parte confinada seja confinada (essa extremidade sendo remota da extremidade do membro tubular a que a luz laser é suprida através da fibra óptica). Quando outras geometrias de meios de confinamento são empregadas, é importante que pelo menos uma parte do explosivo confinado esteja em contato com o explosivo a granel.

O sistema de explosão da presente invenção inclui uma fibra óptica que é adaptada para transmitir luz laser para o explosivo confinado. Isto pode ser feito provendo-se uma extremidade da fibra óptica (exposta) em contato com ou embutida no explosivo confinado. Assim, uma extremidade da fibra óptica pode ser inserida dentro de uma extremidade do membro tubular em que o explosivo confinado é confinado. A fibra óptica usualmente terá um diâmetro de 50 a 400 μm.

Em uma forma de realização da presente invenção, a extremidade exposta da fibra óptica pode ser provida adjacente mas não em contato com o (superfície externa do) explosivo. Foi constatado que o provimento de um vão (de ar) entre a extremidade da fibra óptica (exposta) e o explosivo confinado tem um efeito sobre a transferência de calor ao explosivo confinado e, assim, no tempo de retardo entre quando a luz laser é descarregada através da fibra óptica e quando o explosivo confinado é iniciado. Mais especificamente, acredita-se que o vão atue como um isolador, que facilita a eficiente transferência térmica para o explosivo confinado ninimizando/evitando os efeitos de condução inversa. Preferivelmente, a extremidade exposta da fibra óptica é provida a uma curta distância afastada da superfície do explosivo de iniciação, dentro do membro tubular. Tipicamente, esta curta distância é de 5 μm a 5,0 mm.

A fibra óptica é de configuração convencional e é provida com uma camada de revestimento. Esta pode ser removida em uma extremidade da fibra óptica, quando a fibra óptica estiver sendo posicionada em relação ao

explosivo confinado provido no membro tubular. As características da fibra óptica serão selecionadas com base, entre outras coisas, no comprimento de onda da luz laser a ser transmitida para o explosivo confinado. Como exemplo, o comprimento de onda é tipicamente de 780 a 1450 nm.

A extremidade exposta da fibra óptica é usualmente mantida em uma apropriada posição em relação ao explosivo confinado por meio de um conector adequado. Um anel-O pode ser usado para prender a extremidade exposta da fibra óptica e evitar vazamento de gás.

Dependendo das características do sistema, incluindo mas não limitado ao aspecto de aquecimento do laser e ao tipo de explosivo confinado usado, pode ser necessário para implementação da presente invenção incluir no explosivo confinado um meio de transferência de calor não-explosivo, a fim de intensificar o acoplamento da energia de luz laser com o explosivo confinado. Tipicamente, o meio de transferência de calor é um material absorvente de luz laser, que tem uma faixa de absorção no comprimento de onda da luz laser sendo usada. Exemplos de meios de transferência de calor incluem negro de fumo, nanotubos de carvão, nanodiamantes e corantes de laser. Tais materiais são comercialmente disponíveis. Genericamente, quando usado, o explosivo confinado incluirá até 10 % em peso de meio de transferência de calor. A quantidade de meio de transferência de calor a ser usada pode ser otimizada por experimentação.

Da mesma maneira, outros aditivos que servem como uma fonte térmica e que ativamente tomam parte das reações de detonação podem ser incluídos no explosivo confinado. Tais materiais incluem nanotermites, nanometais, nanomateriais nitrados e outros combustíveis opticamente sensíveis. A quantidade de tais materiais pode ser de até 10 % em peso da parte confinada. Tais materiais podem ser usados juntos com um meio de transferência de calor, ou sozinhos. O uso de um ou mais meios de transferência de calor e/ou materiais opticamente sensíveis pode permitir que

a detonação seja conseguida com ordens de grandeza de energias laser menos do que quando tais meios e/ou materiais não são usados.

A carga de explosivos que é desejada para detonar é geralmente provida em contato (direto) com pelo menos uma parte do explosivo confinado. Tipicamente, este contato ocorrerá na extremidade do membro tubular em que o explosivo confinado é confinado remoto da extremidade do membro tubular associada com a fibra óptica. Dependendo da forma em que a carga explosiva é provida, a carga de explosivos pode também circundar o membro tubular em que o explosivo confinado é confinado. Em outras palavras, o membro tubular pode ser embutido na carga de explosivos.

Em uma forma de realização da invenção, a carga de explosivos toma a forma de um reforçador, por exemplo, reforçador de pentolite. Neste caso, o explosivo confinado, preferivelmente PETN ou pentolite, é provido em um membro tubular alongado, que é embutido no reforçador. O reforçador pode ser projetado consequentemente para acomodar o membro tubular. Assim, o membro tubular pode ser provido e preso no reforçador em um poço adequado, como é o caso de reforçadores iniciados a detonador. De outro modo, podem ser usados reforçadores convencionais para implementar esta forma de realização.

Alternativamente, em outra forma de realização da invenção, o reforçador de pentolite pode ser disposto em torno de e com um membro ubular adequado. Neste caso pode ser possível implementar a invenção utilizando-se um reforçador de uma peça, compreendendo um envoltório/revestimento e um membro tubular inteiriçamente formado, estendendo-se para dentro de uma cavidade definida pelo envoltório/revestimento. Material(ais) explosivo(s) adequado(s) pode(m) então ser disposto dentro do envoltório/revestimento e membro tubular.

Estas formas de realização da presente invenção relativas ao

reforçador podem ter aplicação prática em exploração sísmica, onde reforçadores (pentolite) são usados para gerar sinais (ondas de choque) para análise, para determinar características geológicas na busca por depósitos de óleo e gás. A presente invenção assim estende-se ao uso desta forma de realização da invenção em exploração sísmica.

Em outra forma de realização da presente invenção, a carga explosiva toma a forma de uma extensão de cordão de detonação. Neste caso, a extremidade do cordão de detonação é provida em contato direto com pelo menos uma parte de um explosivo confinado. Qualquer retentor ou conector adequado pode ser usado para assegurar que este contato direto seja mantido antes do uso. Na iniciação do cordão de detonação à distância, o cordão de detonação pode ser usado da maneira convencional. A detonação instantânea de do cordão de detonação através de múltiplos furos de explosão poderia provar-se vantajosa em aplicações de explosão pré-fendidas e perimétricas de túnel.

Em outra forma de realização, os explosivos confinados e explosivos a granel podem ser material explosivo em emulsão. Material explosivo em emulsão convencional pode ser usado a este respeito. Nesta forma de realização, uma parte dos explosivos de emulsão pode ser confinada em um membro tubular alongado adequado e imerso/embutido em material explosivos em emulsão a granel. Nesta forma de realização (e para todas as outras) a natureza e dimensões dos meios usados para confinamento podem er manipuladas a fim de otimizar a implementação da invenção.

A luz laser requerida para iniciar o explosivo confinado de acordo com a presente invenção pode emanar de uma variedade de fontes de laser, tais como laseres sólidos e laser de gás, que podem ser usados. Um feixe de laser pode também ser gerado por um diodo de laser. Tipicamente, as características do feixe de laser útil de acordo com a presente invenção estão emanando de um laser de diodo com um comprimento de onda dentro da

região próxima ao infravermelho. Na prática, o laser usualmente seria um laser de diodo auto-contido e fonte de força. O laser pode ser acoplado de maneira convencional a uma fibra óptica. Laseres úteis, fontes de força e fibras ópticas são comercialmente disponíveis.

De acordo com formas de realização da presente invenção, o uso de aditivos e adequados afastamentos entre a extremidade da fibra óptica e o explosivo confinado pode possibilitar a iniciação de explosivos empregando-se potências de laser de magnitude relativamente baixa (menos do que 1 W). Combinado com o uso de laseres de diodo isto agora facilita a implementação bem sucedida da presente invenção usando-se pequenos sistemas de laser portáteis.

Breve Descrição Das Figuras

As formas de realização da presente invenção são ilustradas nas figuras não limitante acompanhantes, em que:

As Figuras 1a, 1b, 2, 3 e 4 são esquemáticos ilustrando sistemas de explosão de acordo com a presente invenção;

A Figura 1a ilustra um sistema de iniciação 1, compreendendo um explosivo 2 confinado em um membro tubular alongado 3, feito de aço. As dimensões do tubo são 3,2 mm de diâmetro interno, 6,4 mm de diâmetro externo. O explosivo confinado é PETN e é compactado dentro do membro tubular 3 em uma densidade de carga de aproximadamente 1,0 g/cm^3. Quando pentolite é usado ele pode ser lançado dentro do tubo. A densidade do entolite lançado é de 1,6 g/cm^3. Tanto PETN como pentolite podem ser dopados com meio de transferência de calor e/ou material opticamente sensível. Tipicamente, nas formas de realização ilustradas nas figuras, PETN e pentolite dopados com 2% de negro de fumo foram constatados serem úteis para implementação da presente invenção.

Uma extremidade do membro tubular 3 é conectada a uma fibra óptica 4 usando-se um conector de fibra óptica 5. A fibra óptica 4 inclui

uma camada externa de revestimento 6. A extremidade exposta da fibra óptica 4 estende-se para dentro do membro tubular 3 e fica em contato com o explosivo confinado 2. O membro tubular 3 é inserido dentro de um reforçador 7, via um poço que é provido dentro do reforçador 7. Um anel-O é usado para prender a extremidade exposta da fibra óptica 4.

Em uso, uma fonte de laser (não mostrada) é usada para dispensar luz laser através da fibra óptica 4 para o explosivo confinado 2. Isto provoca aquecimento do explosivo confinado 2, resultando em ignição. Se o explosivo confinado 2 for adequadamente confinado, a ignição inicial propaga-se até detonação total. Por sua vez, isto provoca detonação do reforçador 7.

A Figura 1b mostra um arranjo similar, embora neste caso um vão 8 seja provido entre a extremidade da fibra óptica 4 e o explosivo confinado 2. O efeito deste vão 8 é retardar a transferência de calor da extremidade exposta da fibra óptica 4 para o explosivo confinado 2, desse modo influenciando o tempo de retardo entre quando o laser é descarregado e o explosivo de iniciação iniciado.

A Figura 2 ilustra um sistema de iniciação 1, similar àquele mostrado na Figura 1b, exceto que na Figura 2 uma extremidade aberta de uma extensão do cordão de detonação 9 é provida em contato com o explosivo confinado 2 no membro tubular 3. Uma porca de retenção 10, arruela 11 e encaixe de compressão 12 são usados para reter o cordão etonante 9 em posição relativa ao explosivo confinado 2. Como na Figura 1b, um vão 8 é provido entre a extremidade exposta da fibra óptica 4 e o explosivo confinado 2.

Uma fonte de laser (não mostrada) é usada para gerar um feixe de luz laser que é transmitido para a parte confinada 2 via a fibra óptica 4. Isto provoca aquecimento e ignição da parte confinada 2. A detonação da parte confinada 2, por sua vez, causa iniciação do cordão detonante 9.

As Figuras 3 e 4 são examinadas abaixo nos exemplos.

Os seguintes exemplos não limitativos ilustram formas de realização da presente invenção.

Exemplos

Nos exemplos, o laser usado foi um diodo de laser Lissotschenko Microoptik, especificamente um laser de diodo de 60 watt LIMO 60-400-F400-DL808. Este laser produz luz em um comprimento de onda de 808 nm e é acoplado a fibra óptica de 400 μm. O laser requer esfriamento e este é feito usando-se um esfriador de diodo de laser ThermoTek P308-15009. Um controlador Amtron CS412 é usado para controlar a saída de laser. O laser e esfriador foram instalados em um recinto de preparação e o controlador em um recinto de controle separado. O recinto de preparação tem uma porta instalada com intertravas que diminuirão a força do laser se disparados.

Para cada experimento o laser é conectado a um sistema de iniciação ou seu componente por uma fibra óptica (200 μm ou 400 μm de diâmetro), que é alimentada dentro de um tanque de explosão através de um tubo emanando do recinto de preparação.

Iniciação de PETN

Uma batelada de PETN dopado com 2% de negro de fumo foi preparada e compactada manualmente dentro de um membro tubular alongado na forma de um conector de anteparo padrão SMA 905. A xtremidade exposta de uma fibra óptica foi inserida dentro da extremidade do membro tubular para obter-se contato direto com o PETN dopado. O PETN dopado foi submetido a uma energia laser de 38 Watts. Houve um significativa detonação e nenhum PETN remanescente foi observado.

Iniciação do cordão de detonação

A configuração ilustrada na Figura 2 foi implementada a fim de tentar a detonação de uma extensão de 1 m de cordão de detonação. Um

cordão de 10 g/m foi usado. PETN dopado com negro de fumo foi carregado dentro de um conector de anteparo padrão SMA 905. O conector de fibra óptica era um encaixe padrão SMA 905. Em média, 0,3 g de 2% de PETN dopado com negro de fumo compactado a uma densidade de aproximadamente 1,0 g/cm^3 foram carregados dentro do conector de anteparo. O conector de anteparo foi inserido em um encaixe de compressão Yorlok, em que a solda de topo foi espumada e derivada para aceitar o conector de anteparo.

O explosivo iniciante foi irradiado com energia laser de 38W. Isto foi constatado resultar em detonação do cordão de detonação, nenhum cordão permanecendo após o experimento.

Para testar se o cordão de detonação progredia para detonação total, 3 metros de cordão de detonação foram inseridos dentro do dispositivo de iniciação de laser. A extremidade livre do cordão de detonação foi amarada em um pequeno nó e inserida dentro da extremidade de um cartucho 2 x 16' de emulsão compactada Magnafrac. O sistema foi iniciado com 38W de irradiação laser. A velocidade da detonação do cartucho foi medida pelo método de dois fios. O valor medido de 4820 m/s. O erro neste método é de ± 200 m/s. Para comparação, cinco cartuchos foram detonados com espoletas #8 e os VODs registrados. O VOD médio foi de 45850 m/s. Por este resultado, o cordão de detonação tinha na realidade obtido detonação total.

Iniciação de Reforçador de Pentolite

Uma configuração é necessária que assegure que o explosivo de iniciação sofra deflagração para transição de detonação (DDT) a fim de iniciar um reforço.

Uma série de experimentos foi realizada, em que vários tipos de explosivo confinado foram confinados em um tubo de aço inoxidável alongado com diâmetro interno de 3,2 mm, diâmetro externo de 6,4 mm, comprimento de 110 mm. O tubo foi selado em sua extremidade aberta

(usando-se fita celofane) e conectado a uma fibra óptica na outra extremidade. A extremidade exposta da fibra óptica estende-se para dentro do explosivo de iniciação. O arranjo é mostrado nas Figuras 3 e 4.

A Fig. 3 mostra um explosivo confinado 2, provido em um tubo de aço inoxidável alongado 3. A extremidade do tubo 3 é selada com fita celofane 12, a fim de evitar perda de explosivo confinado 2. Esta fita não influencia a implementação da invenção em termos de como a detonação do explosivo a granel é conseguida. A fibra óptica 4 é conectada a uma extremidade do tubo 3 usando-se um conector adequado 5. A extremidade exposta da fibra óptica 4 estende-se para dentro da parte confinada 2. Na forma de realização mostrada na Figura 3, o explosivo confinado 2 pode ser composto de distintas partes de diferentes materiais explosivos (2a, 2b). A parte 2a, adjacente à extremidade exposta da fibra óptica 4, pode ser tornada mais sensível à transferência de calor do que a parte remota da extremidade exposta da fibra óptica 4. Assim, a parte 2a pode compreender PETN dopado com negro de fumo e a parte 2b pode simplesmente ser PETN.

A Figura 4 ilustra o tubo 3 quando carregado dentro de um reforçador 7. Para facilitar isto, o reforçador 7 pode ser provido com um ou mais poços. O tubo 3 é selado dentro do poço usando-se cola epóxi 13. Pelo menos uma parte da extensão do explosivo confinado 2 é circundada pelo reforçador 7, quando o tubo é inserido dentro do poço de reforçador.

A natureza do explosivo confinado usado, a potência do laser, se a detonação ocorreu e o tempo (aproximadamente) entre quando o laser foi iniciado e quando a detonação ocorre são mostrados na seguinte tabela. Uma detonação bem sucedida foi avaliada comparando-se a avaria feita a uma placa testemunha de HDPE (4 x 2 x 24 cm) empregando-se um reforçador iniciado de acordo com a presente invenção com a avaria feita no mesmo tipo de placa testemunha empregando-se a mesma espécie de reforçador (90 g Pentolite) iniciado com um espoleta #8.

Experimento número	Composição explosivo dentro do tubo	Potência do Laser	Detonação	Retardo aproximado (segundos)
1.	0,3 g PTN dopado negro de fumo a 2%, PETN permanecendo puro compactado manualmente, fibra em contato com PETN dopado	38	Sim	Nenhum
2.	0,3 g PTN dopado negro de fumo a 2%, PETN permanecendo puro compactado manualmente, fibra em contato com PETN dopado	1,0	Sim	0,3
3.	0,3 g PTN dopado 20% negro de fumo, PETN permanecendo puro, fibra em contato com PETN dopado.	1,0	Sim	0,5
4.	0,3 g PTN dopado 50% negro de fumo, PETN permanecendo puro, fibra em contato com PETN dopado.	1,0	Não	-
5.	0,3 g PTN dopado 20% negro de fumo, PETN permanecendo puro, fibra em contato com PETN dopado.	2,5	Sim	1,5
6.	Negro fumo empoado na superfície entre fibra e PETN, fibra óptica em contato com negro de fumo	11,0	Sim	0,5
7.	PETN puro, fibra em contato	10	Sim	8
8.	0,3 g PETN dopado negro de fumo a 2%, PETN permanecendo puro, 3 mm vão entre fibra e explosivo	1,0	Sim	Nenhum
9.	0,3 g PETN dopado negro de fumo a 2%, PETN permanecendo puro, 3 mm vão entre fibra e explosivo	0,5	Sim	> 0,5
10.	PETN dopado negro de fumo a 2% solto	38	Sim	13
11.	Pentolite lançado dopado com negro de fumo a 2%	30	Sim	15 ms
12.	Pentolite lançado dopado com negro de fumo a 2%	5	Sim	15 ms

Há diversos aspectos a observar. Primeiramente, o negro de fumo parece ser um agente eficaz para eficientemente acoplar a energia radiante ao explosivo. Sem o negro de fumo, são necessárias quase três ordens de magnitude de mais energia para iniciar do que PETN dopado com negro de fumo a 2%. A energia é simplesmente a potência multiplicada pelo tempo e em uma constante potência como suprida pelo laser, o laser é necessário funcionar por mais tempo para alcançar um ponto crítico. Para mais

comparação, vide experimentos números 3 e 10.

Em segundo lugar, parece haver uma concentração ótima de negro de fumo no PETN. Os números de experimento 2 e 3 são idênticos enquanto que o aumento da quantidade de negro de fumo para 50% tem um efeito prejudicial. Aparentemente, há um ponto em que o PETN é diluído bastante para requerer substancialmente mais energia para iniciar. Isto poderia ser um efeito de transferência de calor ou uma incapacidade do PETN propagar-se apropriadamente sob esta condição.

Em terceiro lugar, o vão entre a fibra óptica e a superfície do explosivo tem um efeito substancial sobre o tempo de retardo, como pode ser visto nos experimentos 8 e 9. O vão de ar está muitíssimo provavelmente atuando como uma camada isolante.

Em quarto lugar, o pentolite lançado dopado com negro de fumo foi facilmente detonado em potência de laser relativamente elevada e baixa.

Finalmente, e mais importante, esta configuração permite que os reforçadores sejam detonados em potências de laser relativamente baixas. Como consequência, a configuração de um sistema de iniciação portátil é muito exequível.

Por todo este relatório e nas reivindicações que seguem, a menos que o contexto requeira de outro modo, a palavra "compreendem" e variações tais como "compreende" e "compreendendo" serão entendidas como implicando a inclusão de um inteiro ou etapa ou grupo de inteiros ou etapas citados, porém não exclusão de qualquer outro inteiro ou etapa ou grupos de inteiros ou etapas.

A referência neste relatório a qualquer publicação anterior (ou informações derivadas dela) ou a qualquer assunto que seja conhecido não é e não deve ser interpretada como um reconhecimento ou admissão ou qualquer forma de sugestão de que a publicação anterior (ou informações derivadas dela) ou assunto conhecido faça parte do conhecimento geral comum do campo do esforço a que este relatório se refere.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de explosão isento de detonador, caracterizado pelo fato de compreender:

um explosivo a granel;

um explosivo confinado;

uma fibra óptica adaptada para dispensar luz laser ao explosivo confinado,

em que o explosivo confinado é provido em relação ao explosivo a granel de modo que a detonação do explosivo confinado provoque a iniciação do explosivo a granel, e que uma parte do explosivo confinado e uma parte do explosivo a granel estão em contato direto ou o explosivo confinado e o explosivo a granel são separados por uma membrana que não influencia detonação do explosivo a granel.

2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o explosivo confinado ser um material explosivo secundário.

3. Sistema de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de o explosivo confinado ser tetranitrato de pentaeritritol (PETN) ou pentolite.

4. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o material de explosivo a granel ser um material explosivo secundário.

5. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o explosivo confinado ser confinado em um membro tubular alongado e que o diâmetro interno do membro tubular ser maior do que o diâmetro crítico para o explosivo sendo confinado.

6. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de uma extremidade da fibra óptica estar em contato com ou embutida no explosivo confinado.

7. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a extremidade exposta da fibra óptica ser provida adjacente a mas não

em contato com o explosivo confinado.

8. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o explosivo confinado incluir um meio de transferência de calor não-explosivo, a fim de intensificar o acoplamento da energia de luz laser com o explosivo confinado.

9. Sistema de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de o meio de transferência de calor ser selecionado de negro de fumo, nanotubos de carbono, nanodiamantes e corantes de laser.

10. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o explosivo confinado ser provido em um membro tubular alongado que é embutido em um reforçador.

11. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o reforçador de pentolite ser lançado em torno e com um membro tubular adequado que confina o explosivo confinado.

12. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o explosivo a granel tomar a forma de uma extensão do cordão de detonação, com uma extremidade do cordão de detonação sendo provida em contato direto com pelo menos uma parte do explosivo confinado.

13. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o explosivo confinado e o explosivo a granel serem composições explosivas em emulsão.

14. Método para iniciar um explosivo a granel em um sistema de explosão como definido na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o método compreende detonar um explosivo confinado por irradiação com um laser, causando desse modo a iniciação do explosivo a granel.

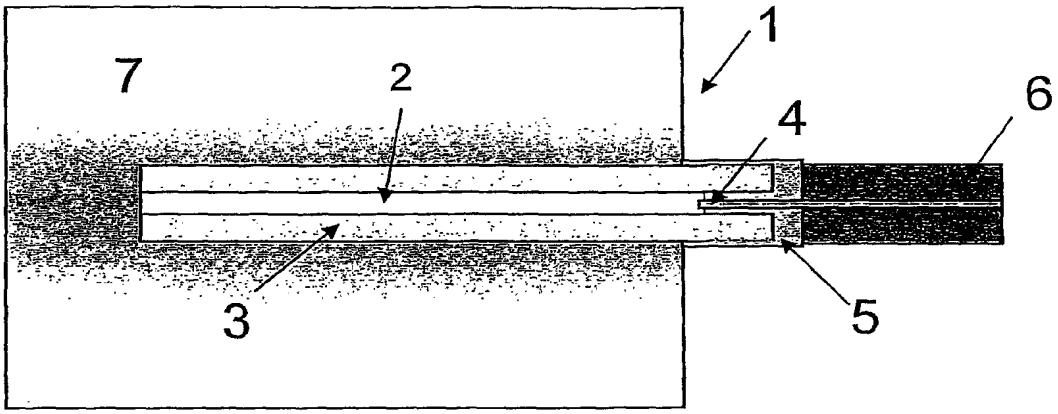


Figura 1a

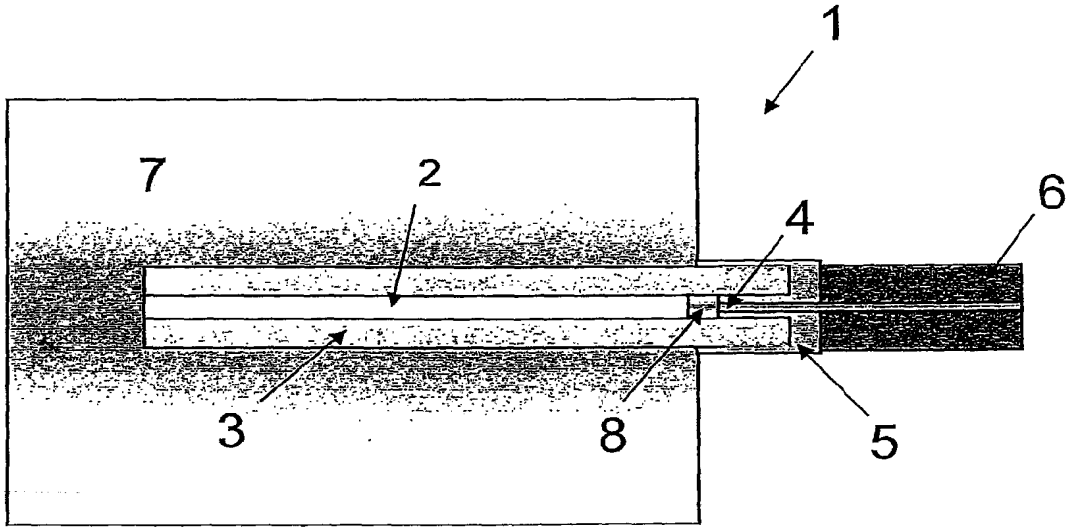


Figura 1b

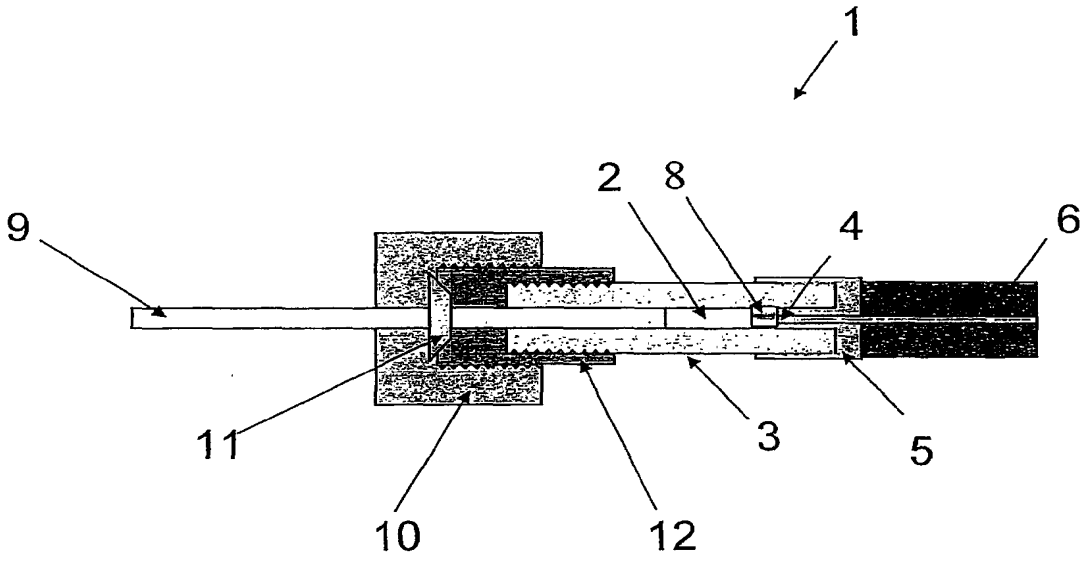


Figura 2

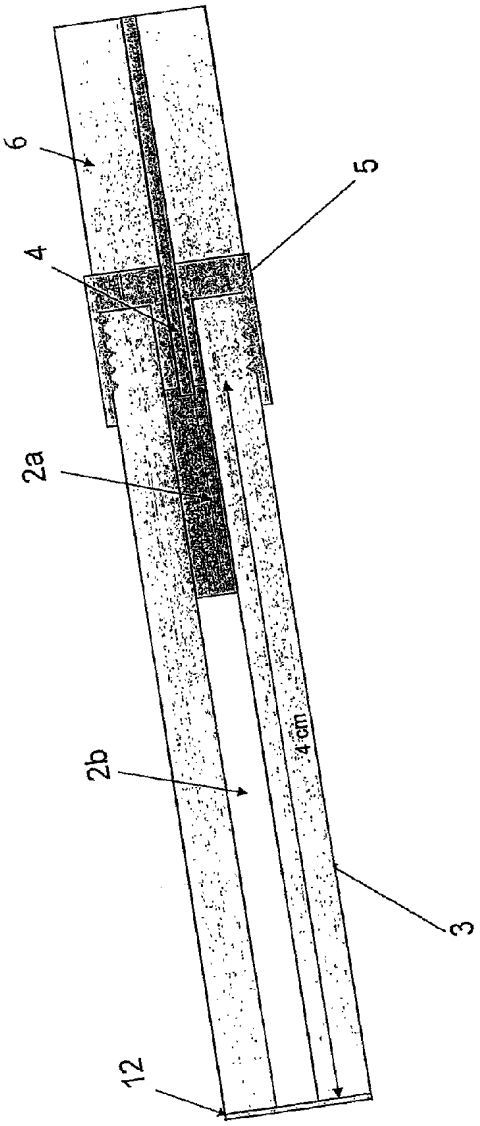
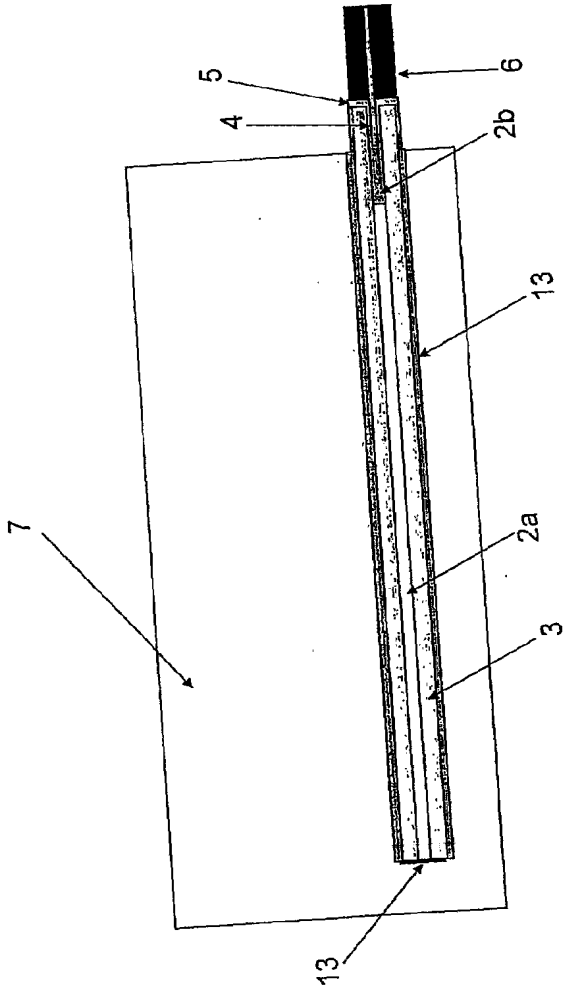


Figura 3

Figura 4



RESUMO

"SISTEMA DE EXPLOSÃO ISENTO DE DETONADOR, E, MÉTODO PARA INICIAR UM EXPLOSIVO A GRANEL EM UM SISTEMA DE EXPLOSÃO"

Sistema de explosão isento de detonador, que compreende: um explosivo a granel; um explosivo confinado; uma fibra óptica adaptada para dispensar luz laser ao explosivo confinado, em que o explosivo confinado é provido em relação ao explosivo a granel, de modo que a detonação do explosivo confinado causa iniciação do explosivo a granel.