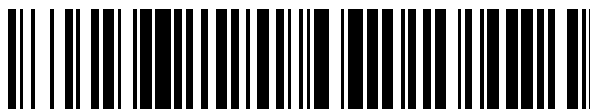


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 929**

51 Int. Cl.:

C06B 23/00 (2006.01)

C06B 47/14 (2006.01)

F42D 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.03.2015** **PCT/FR2015/050646**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.09.2015** **WO15140462**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2015** **E 15719776 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019** **EP 3119736**

54 Título: **Procedimiento de producción de explosivo por mezclado con un reactivo de gasificación**

30 Prioridad:

21.03.2014 FR 1452359

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

29.10.2019

73 Titular/es:

NITRATES&INNOVATION (100.0%)
61 Rue Galilée
75008 Paris, FR

72 Inventor/es:

JAUFFRET, GILLES;
GENRE, CÉDRIC y
HUMBERT, DIDIER

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 728 929 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de producción de explosivo por mezclado con un reactivo de gasificación.

- 5 La presente invención se refiere al campo de la preparación y utilización de los productos explosivos, en particular de las emulsiones explosivas utilizadas en la industria de extracción de materia prima y minera.

Estos productos están constituidos sistemáticamente a partir de una emulsión de base denominada inversa o "agua en aceite" también denominada "matriz" obtenida por mezclado de:

- 10
- una fase continua orgánica, constituida por una mezcla de diversos combustibles tales como aceites minerales, gasoil, y
 - una fase acuosa discontinua constituida por diversas sales comburentes en solución acuosa.
- 15

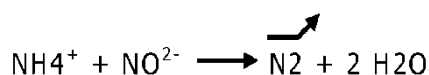
Las materias primas comburentes utilizadas más frecuentemente en esta industria son: el nitrato de amonio, el nitrato de sodio, el nitrato de calcio. En lo que se refiere a los combustibles, se trata del gasoil o bien puro, o bien en mezcla con unos aceites minerales nuevos o usados, en particular de aceite reciclado de motor.

- 20 Para conferir a esta mezcla unas características de detonación mejorada, es preciso, de manera conocida, dispersar en su seno de manera homogénea unas "porosidades". En la actualidad, el método empleado mayoritariamente en la industria para la sensibilización de las emulsiones a granel o en cartuchos es la gasificación por vía química. Esto consiste en generar químicamente y de la manera más homogénea posible unas burbujas de gas en el medio. Las "porosidades" así obtenidas formarán unos puntos calientes, iniciadores de la detonación y contribuir así a mantener la propagación de una onda de choque procedente del sistema de encendido.
- 25

- Existen otros medios, bien conocidos porque crean estas "porosidades" en la emulsión. Se pueden dispersar en particular unos cuerpos huecos de pequeño tamaño, comprendido entre algunas decenas y algunos centenares de micrones. Se pueden citar entre éstos las microbolas de vidrio, las bolas de polímeros termoplásticos o de poliestireno expandidos.
- 30

- La presente invención se refiere a la fabricación de cargas explosivas a partir de una emulsión o matriz a la que se sensibiliza por mezclado con unos reactivos que reaccionan con la emulsión y generan una gasificación por vía química.
- 35

- Más particularmente, pero no de manera limitativa, para reaccionar con el amonio de dicha matriz emulsión (en lo sucesivo, M), se utiliza un reactivo de gasificación (en lo sucesivo, R) a base de nitrito de sodio o equivalente, en presencia de un catalizador tal como un ácido, en particular ácido acético de la reacción química siguiente:
- 40



- Esta reacción química genera nitrógeno gaseoso que conduce a una disminución de la densidad final del producto de mezcla obtenido. Generalmente, se pasa de una densidad inicial d_i de la matriz M $d_i = 1$ a 2 que disminuye a un valor $d_j = 0,5$ a 1.5 en función de la proporción de reactivo R/M, típicamente $d_i = 1.4$ y $d_j = 1.2$ a 0.9.
- 45

- En la continuación del documento, se entiende por matriz o emulsión, la emulsión complementada a su vez por un componente catalizador y preferentemente también agua para servir de lubricante y facilitar el desplazamiento de la emulsión viscosa en el seno del conducto de carga.
- 50

- En efecto, la presente invención se refiere más particularmente a la utilización de estos productos en el seno de un orificio en el que se coloca una carga de encendido y un hilo de detonador y en el que los productos explosivos (mezcla emulsión + reactivo de gasificación) son transferidos con la ayuda de un conducto flexible de cargamento.
- 55

- En el documento EP 338 707, se describe una instalación en la que se mezclan los dos componentes emulsión y reactivo de gasificación a nivel de una especie de lanza rígida o pistola que se introduce en pequeñas cantidades en un orificio. No se trata de una instalación en la que se almacenan los productos a distancia en cantidades más grandes en un camión y se transfieren con la ayuda de conducto(s) desenrollado(s) desde un enrollador hasta un orificio de carga. Este tipo de instalación se puede utilizar sólo para cargar unos orificios de pequeños diámetros (inferiores a 50 mm) como se insiste varias veces en este documento. Esta instalación no conviene por lo tanto para cargar unos orificios con unos productos almacenados a distancia en un camión y transferidos al orificio de carga con la ayuda de un conducto desenrollado desde un enrollador. Además, los dos componentes (emulsión y
- 60

reactivo de gasificación) son introducidos con una bomba de dos cuerpos y dos pistones, la cual no permite hacer variar la proporción relativa de dos componentes en la mezcla en curso de llenado del orificio.

La presente invención se refiere más particularmente a un procedimiento en el que se realiza la mezcla de la emulsión y de los reactivos de porosidad en el sitio de utilización del explosivo y más particularmente en un orificio, en particular un orificio de mina, al que se alimenta con carga explosiva con la ayuda de un conducto de transferencia desde una instalación en la que se fabrica y/o se almacena la matriz emulsión a distancia del orificio. Típicamente el orificio presenta una profundidad de 5 a 30 m y un diámetro de 5 a 50 cm.

La materia prima de base, la matriz emulsión, puede ser producida en el sitio por una fábrica modular tal como se describe en el documento PCT/FR2014/050032 o por medio de una instalación móvil denominada UMFE (Unidad Móvil de Fabricación de Explosivo) transportando por lo tanto unos camiones unos materiales útiles para la fabricación que se dirigen al sitio de utilización (minas, canteras u obras de trabajos públicos) para la producción de explosivo.

La transferencia y la mezcla de los 2 componentes, emulsión por un lado y reactivo de gasificación por otro lado, plantea un cierto número de dificultades siguientes.

Habitualmente, como en los documentos WO 97/24298 y EP 612 971, los reactivos y el catalizador son introducidos juntos y mezclados con la matriz emulsión en un mezclador estático aguas arriba del conducto de carga cuyo extremo aguas abajo es introducido en el orificio de minas para transferir por bombeo el producto explosivo. La razón es que así es posible llevar la mezcla por un único conducto que se desenrolla a partir de un tambor de enrollado a su extremo aguas arriba situado a distancia del orificio típicamente de 30 a 100 m. Por otro lado, se evita así colocar en el interior del orificio unas piezas metálicas tal como el mezclador estático, el cual, por el espacio ocupado que genera, molestaría o haría más difíciles las manipulaciones en el orificio y sobre todo para evitar unos choques con la masa rocosa de la pared del orificio que puede provocar unas chispas cerca de la carga de encendido y/o que puede, en contacto con el hilo de detonador, dañar este.

En el documento US n° 5.524.523 describe una instalación de transferencia de los componentes hasta dentro del orificio con un conducto 12 que contiene 3 tubos dispuestos lado a lado, paralelamente, un primer tubo 16 de alimentación con emulsión de base ya mezclada con un reactivo de gasificación denominado "gassing solution", sirviendo los otros tubos para aportar otros aditivos como unos productos denominados de relleno ("stemming"). En el documento US n° 5.524.523, emulsión y reactivo de gasificación son por lo tanto transferidos ya mezclados (no separadamente) al mismo tubo 16 antes de ser introducidos en un mezclador estático situado a la salida en el extremo aguas abajo del conducto 20 dentro del cual se termina la mezcla y la reacción de los dos componentes.

Esta introducción de los dos componentes juntos (emulsión y reactivo de gasificación) aguas arriba de un mismo conducto adolece no obstante de varios inconvenientes. La gasificación empieza después de la introducción del reactivo de gasificación y la mezcla empieza a ser explosiva a partir de la introducción del reactivo de gasificación, por lo tanto, en el conducto de transferencia, lo cual crea unas tensiones de elevación de presión en el conducto, y unos riesgos con respecto a la seguridad, ya que el conducto está lleno de explosivo. Además, no se puede hacer variar la densidad en tiempo real durante el llenado del orificio, ya que existe una cantidad relativamente importante e indeterminable de manera fiable de producto contenido en el conducto a toma en cuenta. Y, por ello, si se desea hacer variar la densidad en tiempo real del producto final que llega al orificio, en función de la potencia de la explosión a producir, como es el caso en la práctica, existe una cantidad incierta de reactivo contenida en el conducto difícil de estimar. Por lo tanto, no es posible controlar de manera fiable y precisa el valor de la densidad del producto que llega al orificio a partir de la composición introducida debido a la disminución de la densidad en el conducto.

Otro problema básico de la presente invención se refiere a la utilización de productos explosivos de mezcla de densidades diferentes durante el llenado según la profundidad del orificio o entre unos orificios diferentes. En la práctica, es ventajoso poder realizar un producto de densidad más elevada, aproximadamente 1.2 en el fondo del orificio y una densidad aligerada en aproximadamente 0.8 en el vértice de la columna. En efecto, el fondo del orificio es más difícil de destruir y requiere más energía volumétrica explosiva que las partes superiores, y más explosión óptima en un orificio de mina que la energía explosiva en columna. Por otro lado, la masa rocosa a destruir varía en su composición y volumen entre el orificio de mina y la superficie libre, según la profundidad y también debido a las desviaciones resultantes de la inclinación del orificio de perforación sustancialmente cilíndrico, y de un orificio al otro debido a las inclinaciones diferentes variables de 0 a 25° de dichos orificios y de la heterogeneidad de la composición del macizo rocoso.

La justificación de realizar un producto explosivo de densidad más baja es también disminuir el coste de fabricación del tiro ya que si la densidad disminuye, esto significa que existe menos masa de producto y por lo tanto un coste menor de producto explosivo.

Por lo tanto, es ventajoso poder adaptar la energía del explosivo al macizo rocoso de manera simple.

Los documentos US 2003/029346 y WO 97/24298 describen un procedimiento de producción de productos explosivos por mezclado de una emulsión y de un reactivo de gasificación. En los documentos US 2003/029346 y WO 97/24298, se menciona hacer variar las cantidades relativas de una emulsión y de un reactivo de gasificación con vistas a hacer variar la densidad de la mezcla obtenida. Sin embargo, en el documento US 2003/0229346, no se abordan las modalidades de transferencia del producto explosivo y/o de los dos componentes (emulsión y reactivo de gasificación). Además, los dos componentes (emulsión y reactivo de gasificación) son mezclados a mano ("hand-held mixer"), en el ejemplo 1 o con la ayuda de una boquilla de pulverización ("spray nozzle") en el ejemplo 2). Y, en el documento WO 97/24298, se describe una instalación colocada en un camión ("mobile manufacturing unit") sobre la cual los dos componentes (emulsión y reactivo de gasificación) son transferidos separadamente hacia un mezclador estático colocado en el camión antes de transferir el producto explosivo obtenido a través de un único tubo flexible hacia un orificio de mina. Esta introducción de los dos componentes juntos (emulsión y reactivo de gasificación) aguas arriba y transferencia en el seno de un mismo conducto adolece no obstante de los inconvenientes explicitados anteriormente.

Por consiguiente, en estos documentos US 2003/0229346 y WO 97/24298, no se describen las condiciones de utilización para permitir cambiar de manera precisa y fiable, en tiempo real, la densidad del producto final a la salida del conducto de transferencia en el orificio durante el llenado sin tener que purgar y/o sacar el tubo del orificio.

En efecto, en la técnica anterior, como en los documentos US 2003/0229346 y WO 97/24298, la producción de lotes de productos explosivos de densidades diferentes no es posible sin sacar el tubo y purgar el tubo de carga vehiculante sobre una larga distancia de producto explosivo mezclado aguas arriba a una distancia relativamente importante del orificio. Según el procedimiento estándar, es preciso por lo tanto realizar unos llenados sucesivos de productos que tienen unas densidades diferentes sacando el tubo del orificio y purgándolo entre dos procedimientos de llenado en el mismo orificio para evacuar el producto explosivo que tiene una densidad diferente antes de producir un producto de densidad diferente para evitar las mezclas de productos de densidad diferentes. Esto es demasiado apremiante en tiempo y por lo tanto no se puede realizar en la práctica. Por lo tanto, con el dispositivo utilizado clásicamente, se realiza un producto de densidad media 1.2 para toda la carga de explosivo. Por lo tanto, existe demasiada energía volúmica (producto de la densidad y de la energía másica) consumida en la columna mientras que sería preferible una energía explosiva más elevada en el fondo del orificio y menos elevada en altura.

Por lo tanto, es muy ventajoso poder hacer variar la densidad del producto en un mismo ciclo de producción en tiempo real de manera precisa y débil.

En el documento WO 2008/039823, se describe una instalación en la que se transfieren los dos componentes en dos tubos separados con un tubo externo helicoidal que rodea el tubo central principal de diámetro más grande. El extremo aguas abajo del tubo pequeño atraviesa la pared y se reúne con el interior del tubo más grande de manera que sus extremos aguas abajo coaxiales desemboquen en una misma boquilla. Así, se pueden mezclar los dos componentes lo más cerca posible del orificio en una boquilla externa de mezclado.

Sin embargo, este modo de realización adolece de los inconvenientes siguientes. En primer lugar, este tubo complejo de componente helicoidal es relativamente costoso y frágil. En efecto, en particular, el tubo externo que contiene el producto más peligroso, a saber, el reactivo de gasificación está expuesto en la parte externa del tubo la cual sufre fatiga y desgaste debido a fricciones contra las paredes del orificio, cuando tiene lugar su enrollado y desenrollado y manipulación en el orificio. Por otro lado, en la práctica, se está obligado a estrechar regularmente el extremo aguas abajo del tubo el cual se degrada debido a fricciones en el orificio cuando tiene lugar las colocaciones y extracciones, en particular por enrollado y después un tambor de enrollado en su extremo aguas arriba. Ahora bien, la llegada del tubo de transferencia de reactivo R al interior del tubo de suministro de la matriz M es incompatible con el estrechamiento del tubo en esta posición. Por otra parte también, el reactivo de gasificación debe ser vehiculado sobre una trayectoria helicoidal y por lo tanto sobre una distancia más larga de tubo que el tubo central rectilíneo de la emulsión debido a la disposición helicoidal del tubo periférico, lo cual requiere unas pérdidas de carga y, por lo tanto, fuerza de bombeo, más importantes.

Finalmente, no se describe ninguna disposición en la técnica del documento WO 2008/039823 para gestionar la cantidad respectiva de reactivo y de emulsión de base o matriz ni su mezcla íntima en un mezclador estático que no esté expuesto en el orificio.

El documento FR 2 131 329 describe un procedimiento para facilitar la transferencia de un explosivo viscoso en una cavidad, vehiculando dos materias fluidas en unos tubos coaxiales para formar dicho explosivo viscoso por mezclado en un mezclador estático en su extremo aguas abajo. En el documento FR 2 131 329, el tubo no se utiliza a partir de un tambor sobre el cual está enrollado en un extremo y después desenrollado. La alimentación y la utilización de tubos coaxiales susceptibles de ser enrollados y desenrollados sobre un tambor plantean dificultades por culpa de las torsiones de dichos tubos durante los enrollados y desenrollados de dichos tubos sobre dicho enrollador, en particular de las torsiones a nivel de las partes de tubos no enrolladas aguas arriba del

tambor ya que estas partes de tubos son arrastradas en rotación sobre sí mismas con respecto a dicho eje de rotación de dicho tambor.

En el documento FR 2 131 329, no se menciona mezclar una emulsión explosiva con un reactivo de gasificación ni *a fortiori* hacer variar la densidad de la mezcla obtenida en continuo y en tiempo real durante el depósito y el llenado de un orificio de mina controlando las cantidades relativas de reactivo y de emulsión utilizadas.

En el documento WO 2014/123562 no publicado en la fecha de prioridad de la presente solicitud, se describe una instalación y un procedimiento en los que se vehicula una emulsión y un reactivo de gasificación en un conjunto de dos tubos separados pero solidarizados entre sí desde un tambor de enrollado sobre un camión hasta una boquilla 90 que coopera con un mezclador estático 60 dispuestos en el exterior del extremo aguas abajo de los tubos a nivel de un orificio de mina a llenar con producto explosivo. Las complicaciones de torsiones de los dos tubos se resuelven utilizando dos tubos solidarizados entre sí sobre toda la longitud. En la figura 2, el tubo pequeño está incluido en el grosor del tubo grande.

Este modo de realización adolece de los inconvenientes siguientes. En primer lugar, estos tubos solidarizados entre sí sobre toda su longitud son relativamente costosos y frágiles. En efecto, en particular, el tubo pequeño que contiene el producto más peligroso, a saber, el reactivo de gasificación está poco protegido debido a que está incluido en el grosor del tubo grande que vehicula la emulsión. Ahora bien, este tubo grande sufre fatiga y desgaste debido a fricciones contra las paredes del orificio, cuando tiene lugar su enrollado y desenrollado y manipulación en el orificio. Por otro lado, la llegada del tubo de transferencia de reactivo a la periferia del tubo de suministro de la matriz emulsión requiere la utilización de una boquilla de conexión 90 y de un mezclador estático 60 dispuestos en el exterior de los tubos, en su extremo aguas abajo y por lo tanto que constituyen unas piezas metálicas expuestas en el orificio. Ahora bien, es deseable evitar colocar en el interior del orificio unas piezas metálicas tal como el mezclador estático, que puede dar lugar a choques con el macizo rocoso de la pared del orificio pudiendo provocar unas chispas cerca de la carga de encendido y/o pudiendo, en contacto con el hilo de detonador, dañarlo. Por último, no se describe ninguna disposición en el documento WO 2014/123562 para gestionar de manera fiable la variación precisa de las cantidades respectivas de reactivo y de emulsión de base o matriz, en particular a la salida del tubo pequeño.

El objetivo de la presente invención es por lo tanto proporcionar un procedimiento y una instalación de producción de producto explosivo mejorados que comprende la utilización de conductos flexibles de carga en un orificio que estén más adaptados y por lo tanto sean más fiables, más seguros y más simples de realizar y utilizar, por un lado, y que permiten:

- cambiar en tiempo real, de manera fiable y precisa, la densidad del producto final durante la carga y la producción a la salida del conducto de transferencia al orificio durante el llenado del orificio en continuo sin tener que purgar y/o sacar el conducto de carga del orificio y, para ello, de manera óptima,
- poner los dos componentes en contacto el uno con el otro y mezclar a nivel de un mezclador estático en el orificio aguas abajo del conducto de transferencia desenrollado desde un tambor enrollador, y
- acortar sin dificultades los conductos de transferencia cuando sus extremos se degradan por desgaste y fricción en el orificio, y
- evitando al mismo tiempo los riesgos generados por la presencia eventual de piezas metálicas expuestas no protegidas en el orificio.

Para ello, la presente invención proporciona un procedimiento de producción *in situ* de producto explosivo que comprende las etapas en las que:

- 1) se transfiere separadamente hasta un primer mezclador, con una primera bomba, un producto viscoso, denominado matriz, que comprende una emulsión inversa de una fase acuosa de comburente y una fase oleosa de combustible y con una segunda bomba, un producto líquido que contiene un compuesto químico apto para reaccionar con dicha matriz para aumentar su carácter explosivo por gasificación, denominado reactivo de gasificación, desde unos depósitos que comprenden por lo menos un primer depósito que contiene dicha matriz a base de dicha emulsión explosiva, y un segundo depósito que contiene dicho reactivo de gasificación con:
 - un primer circuito (1a) de transferencia de dicha matriz que comprende por lo menos un primer tubo (6₁) por lo menos en parte flexible que coopera con dicha primera bomba (2-1) y una primera válvula (V1), y
 - un segundo circuito (1b) de transferencia de dicho reactivo de gasificación que comprende por lo menos un segundo tubo (6₂) por lo menos en parte flexible que coopera con una segunda bomba (2-2) y una segunda válvula (V2), y

2) se mezcla dicho producto viscoso de dicha matriz, y dicho producto líquido de dicho reactivo de gasificación, en un primer mezclador a través del cual dicha matriz y dicho reactivo de gasificación son transferidos en mezcla, y

3) se transfiere y se deposita dicho producto explosivo obtenido a la salida del primer mezclador, en un orificio para explosión, dentro o por encima del cual está dispuesto el extremo aguas abajo del primer mezclador está dispuesto, estando dicho orificio situado a distancia de dichos depósitos, más preferentemente a por lo menos 20 m del orificio, preferentemente un orificio de perforación sustancialmente cilíndrico, en el que de manera preferida se ha colocado anteriormente una carga de encendido de explosivo y un detonador unido a un hilo de detonador, y

en el que:

- en la etapa 1), se mandan y se controlan las cantidades y/o caudales de dicha matriz y de dicho reactivo de gasificación que entran en dicho primer mezclador de manera que se produzca dicho producto explosivo que presenta una densidad de valor determinado a la salida del primer mezclador en la etapa 2), y

- en la etapa 3), se hace variar la densidad del producto explosivo obtenido durante el llenado según la cantidad de producto explosivo depositado y/o según la profundidad a la que se deposita el producto explosivo en un mismo orificio o de un orificio al otro en diferentes orificios.

Según la presente invención, dichos primer y segundo tubos flexibles se reúnen uno con el otro por una primera pieza de conexión (3) con juntas giratorias de manera que dicho segundo tubo esté dispuesto totalmente en el interior del primer tubo formando un conjunto de tubos coaxiales, unido a un tambor enrollador (5), y enrollado sobre dicho tambor enrollador, estando dicha matriz vehiculada sin contacto con el reactivo de gasificación en el espacio anular entre los dos tubos coaxiales, siendo dicho primer mezclador un mezclador estático dispuesto en el interior del primer tubo en su extremo aguas abajo, terminándose dicho segundo tubo justo aguas arriba de dicho primer mezclador.

Se comprende que el diámetro externo de dicho segundo tubo es inferior al diámetro interno de dicho primer tubo de manera que dicha matriz esté vehiculada sin contacto con el reactivo de gasificación, en el espacio anular entre los dos tubos por un lado y, por otro lado el flujo de matriz permite disponer el segundo tubo de manera sustancialmente coaxial al primer tubo sin que sea necesario ningún centralizador, siendo el reactivo de gasificación vehiculado separadamente sin contacto con la matriz hasta que desemboque en el mezclador estático dentro del cual se realiza una mezcla íntima de los dos productos para producir el producto explosivo a la salida del mezclador estático en el extremo aguas abajo del primer tubo. Dicho primer tubo o tubo externo está solidarizado a dicho segundo tubo o tubo interno a nivel de una pieza de conexión y alimentación aguas arriba de dicho tambor descrita a continuación.

Según la presente invención, dicho segundo tubo comprende, en su extremo aguas abajo, en el interior de dicho primer tubo, una chapaleta que se abre y deja pasar el flujo de dicho reactivo de gasificación bajo la presión de dicho flujo cuando la segunda bomba es accionada y permanece cerrado e impide fugas de reactivo de gasificación cuando la segunda bomba está parada.

Esta chapaleta es importante para permitir el control fiable y preciso de la variación en tiempo real durante el llenado del orificio de la densidad del producto explosivo obtenido por mezclado de dicha matriz y de dicho reactivo de gasificación.

El procedimiento según la invención consiste, por lo tanto, según una característica original de la presente invención, en hacer variar las proporciones respectivas de reactivo de gasificación y de matriz emulsión que entra en el mezclador para cambiar en tiempo real la densidad del producto que llega al orificio y eso con un solo y mismo procedimiento de llenado. Esto resulta posible, entre otros, debido a que los reactivos R y matriz M son puestos en contacto justo antes del mezclador y a que el producto explosivo depositado en el orificio sale directamente de dicho mezclador. Es posible así, según la invención, adaptar automáticamente la energía del explosivo al macizo rocoso de manera simple realizando un solo llenado de explosivo en continuo o en un mismo ciclo de producción, una sola secuencia de bombeo de explosivo, significando una sola secuencia en continuo en este caso que se pone el tubo de depósito en el orificio, y después se acciona la bomba de transferencia y se deposita y se saca el tubo solamente después del llenado del orificio hasta el nivel deseado.

Si el orificio es profundo, se puede retirar el tubo progresivamente a medida que tiene lugar el llenado del orificio enrollando el tubo sobre el tambor.

El procedimiento según la invención permite por lo tanto modificar casi en tiempo real la densidad del producto y por lo tanto la energía másica del explosivo, siendo esta inversamente proporcional a su densidad, y más

particularmente, hacer variar la densidad del producto permite obtener una densidad elevada, en el fondo del orificio y una densidad aligerada en la columna en altura.

En la presente descripción, se entiende por “aguas arriba” y “aguas abajo”, la posición con referencia al sentido de flujo de los fluidos dentro de los tubos desde los depósitos hacia el primer mezclador y hacia la salida que desemboca en el orificio de depósito del producto explosivo a la salida del primer mezclador.

Se comprende que, en funcionamiento, el extremo aguas abajo del conjunto de tubos coaxiales está insertado en un orificio destinado a ser llenado de producto explosivo que sale de dicho primer mezclador.

Así, por un lado, sólo el primer tubo está en contacto con el exterior y en particular con las paredes del orificio durante las operaciones que protegen los otros materiales y que evitan en particular dañar el hilo de detonador entre otros; y, por otro lado, se puede, controlando los caudales relativos de matriz y de reactivo de gasificación, controlar casi en tiempo real la densidad del producto explosivo obtenido, a medida que tiene lugar el llenado del orificio en continuo y por lo tanto hacer variar la densidad del producto explosivo, a saber su potencia explosiva según la profundidad a la cual está dispuesto en el orificio como se explicará a continuación.

Se entiende en la presente memoria, de manera conocida por el experto en la materia, por “mezclador estático”, un dispositivo que contiene unos elementos mecánicos aptos para crear una modificación en el movimiento de un fluido en movimiento que lo recorre creando unos movimientos que forman torbellinos que permiten la mezcla sin aportación de energía para desplazar dichos elementos mecánicos más que la aportada por el movimiento del fluido. Lo más frecuentemente, los mezcladores estáticos consisten en un tubo que contiene una o varias estructuras tridimensionales que favorecen la aparición de torbellinos cuando tiene lugar el paso de un flujo de fluido en la dirección longitudinal del tubo.

Más particularmente, se manda producir unas cantidades determinadas de productos explosivos que tienen unos valores de densidad determinados diferentes respectivamente a depositar sucesivamente en un orificio durante el llenado, en continuo.

Típicamente, se realizan unos orificios de 5 a 30 m de profundidad y de 5 cm a 20 cm de diámetro, y se definen por lo menos dos, preferentemente 4 cantidades de productos explosivos para 4 valores de densidad que corresponden a unas energías másicas de 2 a 5 MJ/kg (10^6 J/Kg), en particular unas densidades de 0.5 a 1.5.

En la práctica, la cantidad de producto explosivo corresponde sustancialmente a la cantidad de dicha matriz ya que la cantidad relativa de reactivo es del orden de 0.1 a 2% sólo con respecto al peso de producto explosivo obtenido.

Más particularmente, se determinan y se utilizan por lo menos dos, preferentemente 4, cantidades de productos explosivos para unos valores de densidad distintos decrecientes, preferentemente una densidad que presenta dicho valor predeterminado entre 0.5 y 1.5, más preferentemente de 0.8 a 1.2, durante el llenado.

Más particularmente, según otras características del procedimiento:

- en la etapa 1), se transfieren separadamente dicha matriz y dicho reactivo de gasificación desde dichos primer y respectivamente segundo depósitos en:
- un primer circuito de transferencia de dicha matriz que comprende por lo menos un primer tubo por lo menos en parte flexible que coopera con una primera bomba y con una primera válvula (V1), apto para transferir dicha matriz separadamente hasta un primer mezclador, preferentemente un primer mezclador estático, y
- un segundo circuito de transferencia de dicho reactivo de gasificación que comprende por lo menos un segundo tubo por lo menos en parte flexible que coopera con una segunda bomba y con una segunda válvula, y
- en la etapa 3), se manda y se controla un caudal constante de dicha matriz controlando la velocidad de la primera bomba y/o la apertura de dicha primera válvula, y se hace variar el caudal de dicho reactivo de gasificación controlando la velocidad de la segunda bomba y/o la apertura de dicha segunda válvula.

En efecto, de manera conocida por el experto en la materia, unos ábacos permiten, para un valor de densidad dado, los caudales respectivos de reactivo de gasificación y y de dicha matriz x varían linealmente según una fórmula $y=ax+b$. Los valores de a y b dependen de la composición de dichos reactivos de porosidad y dicha matriz. Unos ábacos proporcionan unos gráficos de dichos caudales de reactivo en l/min con respecto a unos valores de caudal de dicha matriz en Kg/min. Así, para un valor de caudal de matriz d fijado, basta con hacer variar el caudal de reactivo de gasificación.

Por otro lado, debido a que el producto viscoso es más difícilmente controlable y a que es más fácil hacer variar y controlar el caudal de un fluido líquido, es ventajoso trabajar con flujo de matriz constante y haciendo variar el caudal de reactivo de gasificación.

Más particularmente, se mandan y se controlan las cantidades y caudales respectivos de dicha matriz y de dicho reactivo de gasificación, mandando y controlando unas válvulas y/o las velocidades de dichas primera y/o segunda bombas, de manera automatizada con la ayuda de una unidad central de mando y control que comprende unos medios electrónicos pilotados por un programa con un teclado y/o interfaz gráfica, estando dicha unidad central preferentemente soportada sobre un vehículo motorizado, más preferentemente soportando dicho vehículo los dichos primer y segundo depósitos y dichas primera y segunda bombas.

Los datos de entradas de cantidades y caudales de matriz, reactivo de gasificación y producto explosivo y de densidad pueden ser cargados automáticamente hacia la unidad central a partir de un puerto USB o a través de una conexión WIFI para facilitar el procedimiento y limitar el riesgo de errores.

Más particularmente, en la etapa 1), se transfieren separadamente dicha matriz y dicho reactivo de gasificación desde dichos primer y respectivamente segundo depósitos en unos primer tubo y respectivamente segundo tubo, con una primera bomba y respectivamente una segunda bomba, y se manda y se controla un caudal constante de dicha matriz controlando la velocidad de la primera bomba con la ayuda de un sensor de velocidad de dicha primera bomba, y se hace variar el caudal de dicho reactivo de gasificación controlando la velocidad de la segunda bomba con la ayuda de un caudalímetro.

Más particularmente, para producir un producto explosivo de densidad de 0.5 a 1.5, se utiliza:

- dicha matriz de densidad de 1 a 1.7 de una emulsión de base denominada inversa o "agua en aceite" obtenida por una mezcla de (a) una fase continua orgánica, constituida por una mezcla de aceites minerales y gasoil, y (b) una fase acuosa discontinua de diversas sales comburentes en solución acuosa a base de nitrato de amonio, y/o nitrato de sodio y/o nitrato de calcio; a un caudal de 25 a 300 kg/min. (min. = minuto), preferentemente de 100 a 150 kg/min., y
- una solución denominada reactivo de gasificación de densidad de 0.5 a 1.5 a base de nitrito de sodio y/o de tiocianato de sodio, a un caudal de 0.1 a 2 l/min;
- en una proporción de caudal de reactivo/matriz que varía de 0.1 a 2 l/100kg de la proporción.

Típicamente, se utiliza un tambor enrollador de 30 a 80 cm de diámetro para 10 vueltas de enrollamiento de tubos de 30 a 100 m de longitud con unos diámetros externos del primer tubo de 30 a 50 mm y unos diámetros internos de 25 a 40 mm y diámetros externos del segundo tubo de 5 a 15 mm con un diámetro interno de 3 a 10 mm.

Más particularmente, dichos primero y segundo tubos están conectados coaxialmente uno al otro en sus extremos aguas arriba por una primera pieza de conexión que comprende un manguito de pared cilíndrica externa y una pieza acodada interna, siendo dicha primera pieza de conexión preferentemente solidaria a un tambor enrollador sobre el cual está enrollado por lo menos en parte o es apto para ser enrollado dicho conjunto de tubos coaxiales, comprendiendo dicha primera pieza de conexión:

- un primer orificio de entrada, que forma una abertura aguas arriba de dicho manguito y dispuesta axialmente en una dirección longitudinal (XX') de la pared cilíndrica de dicho manguito, estando dicho primer orificio de entrada unido por un racor de una parte, preferentemente una parte rígida, de dicho primer circuito de transferencia de dicha matriz, y
- un segundo orificio de entrada, dispuesto lateralmente a nivel de la pared cilíndrica de dicho manguito, que forma una abertura aguas arriba de dicha pieza acodada que atraviesa la pared cilíndrica de dicho manguito y dispuesta perpendicularmente a dicha dirección longitudinal (XX'), estando dicho segundo orificio de entrada unido por un racor de una parte, preferentemente una parte rígida, de dicho segundo circuito de transferencia de dicho reactivo de gasificación, y
- un primer orificio de salida, que forma una abertura aguas abajo de dicho manguito y dispuesta axialmente en dicha dirección longitudinal (XX') de la pared cilíndrica de dicho manguito, estando dicho primer orificio de salida unido por un racor al extremo aguas arriba de dicho primer tubo de transferencia de dicha matriz, preferentemente una parte rígida de dicho primer tubo aguas arriba de dicho tambor enrollador, y
- un segundo orificio de salida, dispuesto axialmente en dicha dirección longitudinal (XX') de la pared cilíndrica de dicho manguito, formando una abertura aguas abajo de dicha pieza acodada en el interior de dicho manguito, estando dicho segundo orificio de salida unido por un racor al extremo aguas arriba de

dicho segundo tubo de transferencia de dicho reactivo de gasificación.

Se comprende que dicha pieza de conexión sirve también para la alimentación lateral del tubo interno con reactivo de gasificación desde dicho segundo circuito de transferencia y que aguas arriba de dicha primera pieza de conexión, dichos primer y segundo circuitos están separados y se extienden desde dichos primer y segundo depósitos en unas direcciones diferentes y dicha primera pieza asegura la conexión coaxial de los dos primer y segundo tubos aguas abajo de ésta, permaneciendo los dos flujos de dicha matriz y de dicho reactivo sin embargo separados hasta el primer mezclador.

Más particularmente, la fijación de los extremos aguas arriba de dichos primer y segundo tubos sobre dichos primer y segundo orificios de salida de dicha primera pieza de conexión se realiza por medio de dos primer y respectivamente segundo racores con juntas giratorias que permiten cada una separadamente la rotación sobre sí mismas con respecto a dicho eje longitudinal (XX') de los extremos aguas arriba de dichos primer y respectivamente segundo tubos, estando dicha primera pieza de conexión y dichos racores con juntas giratorias dispuestos aguas arriba de dicho tambor enrollador de manera que dichos primer y segundo orificios de salida estén dispuestos en el eje de rotación de dicho tambor.

Esta característica es particularmente ventajosa ya que evita las torsiones de dichos primer y segundo tubos cuando tienen lugar unos los enrollamientos y los desenrollamientos de dichos tubos sobre dicho enrollador cuando las partes aguas arriba no enrolladas de dichos tubos son arrastradas en rotación sobre sí mismas con respecto a dicho eje de rotación de dicho tambor de manera diferenciada.

Los racores de tipo denominado "racor con juntas giratorias" son bien conocidos por el experto en la materia, y están constituidos esencialmente por dos piezas unidas entre sí por unas juntas tóricas y unos juegos de rodamientos de bolas que permiten el movimiento rotativo de una de ellas con respecto a la otra alrededor de un eje común, siendo cada pieza apta para ser conectada a un elemento distinto. En este caso, se trata de una pieza tubular de racor apta para ser unida a unos elementos tubulares.

Se comprende que la fijación de los extremos de los diferentes tubos sobre dicha primera pieza de conexión, eventualmente sobre dichos racores con juntas giratorias, se realiza por medio de un racor rígido.

Más particularmente, según otras características:

- dicho primer tubo comprende por lo menos una parte rígida acodada de primer tubo ensamblada a una parte flexible de primer tubo de manera estanca y reversible mediante una abrazadera, estando dicha parte rígida acodada dispuesta en la parte aguas arriba de dicho tambor y solidaria a éste y apta para ser arrastrada en rotación alrededor del eje de rotación del tambor cuando dicho tambor es accionado en rotación, siendo dicha parte flexible de primer tubo apta para ser enrollada alrededor de dicho tambor, y
- dicho segundo tubo comprende dos partes flexibles unidas entre sí por un racor estanco y reversible rígido del tipo de unión doble, siendo la parte flexible de dicho primer tubo dispuesta aguas arriba de dicho racor de tipo unión doble más corta que la parte flexible de dicho primer tubo dispuesta aguas abajo, estando dicho racor de tipo de unión doble dispuesto a nivel del tambor o aguas arriba, preferentemente cerca de dicha abrazadera.

Así, cuando se desea acortar dicho segundo tubo debido al acortamiento realizado en el extremo aguas abajo del primer tubo cuando éste está gastado y dañado, es fácil abrir el primer tubo a nivel de dicha abrazadera aguas arriba del tambor, desenrollar el conjunto de tubos coaxiales, y sacar la parte aguas abajo de dicho segundo tubo para acortarlo; y eso sin tener que desacoplar la parte aguas arriba del segundo tubo flexible a nivel del racor con junta giratoria ni sacar dicho primer mezclador.

Se puede también, cuando se desea hacer funcionar una instalación sin variación de densidad, sacar completamente el segundo tubo, obturar dicho segundo orificio de entrada y conectar una derivación del segundo circuito de llegada de reactivo de gasificación sobre dicho primer circuito aguas arriba de un segundo mezclador aguas arriba de dicho tambor. En este caso, ya no hay ninguna circulación coaxial de matriz ni de reactivo de gasificación.

Los racores del tipo denominado de "unión doble" son bien conocidos por el experto en la materia, y están constituidos esencialmente por el ensamblaje de por lo menos tres pares de piezas de conexión macho/hembra que funcionan por uniones desmontables.

Más particularmente, un tope tubular hueco que comprende una abertura central longitudinal está dispuesto de manera amovible en el extremo aguas abajo del primer tubo para retener dicho primer mezclador en el interior del primer tubo dejando pasar el producto explosivo por la abertura central de dicho tope, permitiendo un fileteado sobre una pared externa cilíndrica enroscar y fijar así de manera amovible dicho tope contra la pared interna de dicho primer tubo, preferentemente con la ayuda de una llave de enroscado apta para cooperar con el

extremo aguas abajo de dicha abertura central longitudinal para enroscar en el interior de dicho primer tubo o desenroscar dicho tope para sacarlo de dicho primer tubo.

5 Esta característica permite proteger el mezclador estático y sobre todo poder sacarlo fácilmente para cortar el extremo aguas abajo del primer tubo cuando éste está dañado o gastado, antes de introducir de nuevo dicho primer mezclador y después dicho tope.

10 Más particularmente, dicho primer mezclador es un mezclador estático que comprende una pluralidad de aletas que presentan cada una, una superficie helicoidal, que se extiende preferentemente en su dirección axial sobre una longitud que corresponde a un paso de la curva helicoidal correspondiente, estando dichas superficies helicoidales soportadas por una misma varilla de refuerzo a la cual están fijadas de manera en la dirección longitudinal de dicho primer tubo, estando dichas superficies helicoidales sucesivas desplazadas angularmente en rotación con respecto a su eje virtual común de superficie helicoidal que coincide sustancialmente con un eje longitudinal de dicho primer tubo de eje coaxial a dicho primer tubo, siendo el diámetro de dichas superficies helicoidales sustancialmente idéntico o justo suficientemente inferior al diámetro interno del primer tubo para permitir la rotación de dichas aletas bajo el efecto de la presión de los flujos de matriz y reactivo en mezcla que las atraviesan.

20 Este tipo de mezclador fabricado según la invención es más fiable mecánicamente y más eficaz en las condiciones de utilización según la invención.

El dispositivo de conjunto de tubos coaxiales permite utilizar un procedimiento según el cual se realizan las etapas siguientes, cuando el extremo aguas abajo del primer tubo está gastado y/o dañado:

- 25 a) se retira dicho primer mezclador de dicho primer tubo,
- b) se corta el extremo aguas abajo del primer tubo gastado y/o dañado,
- 30 c) se sustituye dicho primer mezclador en el interior de dicho primer tubo,
- d) se desensambla el extremo aguas arriba de la parte flexible de dicho primer tubo, y se extrae una parte aguas arriba de dicho segundo tubo y se desensambla una primera parte aguas arriba de la segunda parte aguas abajo del segundo tubo flexible, y
- 35 e) se saca del primer tubo y se acorta dicha segunda parte aguas abajo del segundo tubo flexible, y después se coloca de nuevo en dicho primer tubo y se conecta de nuevo la parte aguas arriba del segundo tubo que se ha quedado en el interior de una parte aguas arriba rígida del primer tubo.

40 Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán mejor con la lectura de la descripción siguiente, realizada de manera ilustrativa y no limitativa, en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 representa una unidad móvil de fabricación de explosivo 1 (abreviada "UMFE") a saber un camión 1 que transporta el material de la instalación según la presente invención en su chasis trasero 1a, y
- 45 - la figura 1A representa el despliegue de un conjunto de tubos coaxiales 6 desenrollados desde un enrollador 5 en la parte trasera de dicho camión, y
- la figura 1B representa una vista en sección de un orificio de perforación 11 realizado en un macizo rocoso 15 en el que se ha depositado producto explosivo 10, estando el extremo aguas abajo abierto del conjunto de tubos coaxiales 6 según la invención dispuesto en el orificio, y
- 50 - la figura 2 representa un esquema de montaje de los materiales de la instalación según la presente invención, con vistas a la realización del procedimiento según la invención, y
- 55 - la figura 3 representa el detalle de una vista en perspectiva del enrollador 5, y
- la figura 3A representa una vista en sección vertical a nivel de la primera parte rígida 6₁a del tubo externo 6₁ del conjunto de tubos coaxiales 6, y
- 60 - las figuras 4A y 4B son unas vistas en sección de dicha primera pieza de conexión 3 y conjunto de dos racores con juntas giratorias 4₁ y 4₂, y
- la figura 4C es una vista que muestra el montaje de dicho segundo tubo o tubo interno de transferencia de reactivo de gasificación 6₂, a dicha primera pieza de conexión 3 y el segundo racor con junta giratoria 4₂, y
- 65

- las figuras 5A, 5B y 5C representan diferentes vistas relativas a la introducción del primer mezclador estático 7 en el interior y en el extremo aguas abajo del primer tubo 6₁ aguas debajo de la chapaleta 6₄ del extremo aguas abajo 6₄ del segundo tubo 6₂.

5 Descripción detallada

Una instalación 1 de producción de productos explosivos 10 *in situ*, es decir en el sitio de utilización del explosivo, a saber, más precisamente a nivel de un orificio de perforación 11 según la invención, comprende los materiales siguientes dispuestos de la manera siguiente:

- 10 - un camión 1 soporta en su chasis trasero 1a un primer depósito 1-1 que contiene un producto constituido principalmente por una emulsión denominada "matriz", y
- 15 - un segundo depósito 1-2 que contiene un reactivo de gasificación, en particular a base de nitrito de sodio y de tiocianato, y
- un tercer depósito 1-3 que contiene un catalizador de reacción, a saber, un ácido, en particular ácido acético y destinado a catalizar la reacción de la matriz con el reactivo de gasificación para liberar un gas como se describe a continuación, y
- 20 - un cuarto depósito de agua 1-4, y
- un quinto depósito de nitratos 1-5.

25 El camión 1 soporta también sobre su chasis 1a las diferentes bombas siguientes:

- una primera bomba 2-1 dispuesta a la salida del primer depósito 1-1 y destinada a transferir la matriz del primer depósito 1-1 hacia el orificio de perforación 11 por medio de un primer circuito que comprende una canalización de transferencia de matriz 1a y después un conjunto de tubos coaxiales 6 descritos a continuación, y
- 30 - una segunda bomba 2-2 dispuesta a la salida del segundo depósito 1-2 destinada a transferir el reactivo de gasificación desde su segundo depósito 1-2 a un segundo circuito que comprende una canalización de transferencia de reactivo 1b hacia el conjunto de tubos coaxiales 6 tal como se describe a continuación, y
- 35 - una tercera bomba 2-3 destinada a transferir el catalizador desde su depósito 1-3 hasta el primer depósito 1-1, y
- una bomba 2-5 y/o tornillo de extracción destinada a transferir el nitrato del quinto depósito 1-5 hacia dicho primer depósito 2-1
- 40 - una bomba 2-4 destinada a transferir el agua del cuarto depósito 1-4 a un circuito 1c hacia el primer circuito de transferencia de la matriz de manera que lubrique el producto viscoso que constituye la matriz y facilite su transferencia en el seno de un primer tubo de transferencia 6₁, como se describe a continuación.
- 45

La unión del circuito de agua 1c sobre el primer circuito de matriz 1a se lleva a cabo mediante una pieza 1d denominada "anillo inyector de agua de lubricación". La función del agua es únicamente de lubricación de la matriz para una disminución de las pérdidas de cargas.

50 La canalización que constituye un primer circuito de transferencia de matriz 1a une el primer depósito 1-1 a un primer tubo flexible 6₁ externo del conjunto de tubos 6 enrollado sobre un enrollador 5. Y el segundo circuito de transferencia de reactivo de gasificación 1b comprende unas canalizaciones desde el segundo depósito 1-2 hasta un segundo tubo 6₂ interno de transferencia de reactivo de gasificación del conjunto de tubos 6 enrollado sobre el enrollador 5. El segundo tubo 6₂ está dispuesto en el interior del primer tubo 6₁ y se posiciona sustancialmente de manera coaxial en el interior del tubo 6₁ cuando el flujo de matriz pasa al espacio anular entre el primer tubo 6₁ y el segundo tubo 6₂ cuando se transfiere dicha matriz hacia el orificio de perforación 11.

60 El camión 1 soporta asimismo un mezclador estático denominado "segundo mezclador" estático 2-6, aguas arriba del conjunto de tubos coaxiales 6.

El camión 1 soporta asimismo sobre su chasis trasero 1a unas válvulas que comprenden:

- 65 - una primera válvula V1 a la salida del depósito 1-1 montada sobre la primera canalización 1a de transferencia de matriz, y

- aguas abajo de la primera bomba 2-1, una segunda válvula V2 a la salida del segundo depósito 1-2 de transferencia de reactivo de gasificación que coopera con el segundo circuito 1b de transferencia de reactivo de gasificación aguas arriba de la segunda bomba 2-2, y

5 - una válvula de aislamiento 1-2a aguas arriba del segundo depósito de reactivo de gasificación 1-2, y

- una tercera válvula V3, válvula de tres vías que permite alimentar una canalización de derivación 1b-1 del segundo circuito 1b de reactivo de gasificación conectado a la primera canalización de transferencia de matriz 1a aguas abajo de la primera válvula V1, pero aguas arriba de dicho segundo mezclador estático 2-6.

Aguas arriba del segundo mezclador 2-6 se encuentra conectada una derivación de inyección de aire 1e, que se reúne con el primer circuito 1a de matriz aguas abajo de la primera válvula V1. Se puede así por envío de aire comprimido, limpiar el conjunto del circuito aguas abajo, a voluntad, en particular entre dos utilidades.

15 El camión 1 soporta asimismo sobre su chasis trasero 1a una unidad de mando central 9 que comprende un teclado 9a y/o una interfaz gráfica 9b, que coopera con un programa apto para controlar el accionamiento de dichas bombas y de dichas válvulas.

20 Aguas abajo de la tercera válvula V3, el circuito de transferencia de reactivo de gasificación 1b se reúne con el primer circuito de transferencia de la matriz 1a aguas abajo del segundo mezclador 2-6 a nivel de una pieza de conexión denominada primera pieza de conexión 3 que asegura la conexión entre la primera canalización 1a y la segunda canalización 1b justo aguas arriba del conjunto de tubos coaxiales 6 enrollados sobre el enrollador 5, de manera que el flujo de reactivo de gasificación sea transferido al segundo tubo interno 6₂ y el flujo de matriz que
25 procede del primer circuito 1a sea transferido al interior del primer tubo 6₁, y al exterior del segundo tubo 6₂ en el espacio anular entre la pared interna del primer tubo 6₁ y el segundo tubo 6₂, tal como se describe a continuación.

30 La válvula V3 permite, forzando la circulación del reactivo de gasificación hacia la derivación 1b-1 obtener un primer modo de funcionamiento de la instalación según un procedimiento tradicional en el que se mezcla el reactivo de gasificación y la matriz dentro del mezclador 2-6 aguas arriba del conjunto de tubos de transferencia 6 hasta el orificio de perforación 11. En este modo de realización tradicional, el producto explosivo 10 producido dentro del mezclador 2-6 es transportado una larga distancia, es decir a lo largo de la totalidad de un tubo largo que se reúne con el orificio de perforación 11.

35 El chasis 1a del camión 1 soporta asimismo aguas arriba de la segunda bomba 2-2 y aguas abajo del segundo depósito 1-2 un filtro 2-5. Por otro lado, el chasis 1a soporta también:

- aguas abajo de la segunda bomba 2-2, un caudalímetro 2-2a del tipo de sección variable, tal como el comercializado por la compañía KROHNE (FR) con la referencia H250/RR/MXX/ESK, siendo la segunda bomba 2-2 del tipo de pistón, en particular tal como la comercializada por la compañía CAT PUMPS (USA) con la referencia CAT2XX, y

- un sensor de velocidad 2-1a del tipo cuentarrevoluciones montado sobre el motor hidráulico de la bomba tal como el comercializado por la compañía DANFOSS (FR) con la referencia 151-5662 que indica la velocidad de rotación de la primera bomba 2-1, siendo la primera bomba 2-1 una bomba volumétrica denominada de cavidad progresiva accionada por un motor hidráulico del tipo comercializado por la compañía DANFOSS con la referencia, por ejemplo, OMS160EM151F-3023. Más particularmente, la bomba envía unas señales pulsadas según un número determinado conocido de impulso por revolución al
50 sensor de velocidad 2-1a de manera que se pueda conocer la cantidad de producto debitado por la bomba, por calibrado en función del número de revoluciones de dicha primera bomba.

Aguas abajo de la primera bomba 2-1, están también montados sobre el primer circuito 1-a diferentes sensores, a saber, un sensor de presión del fluido de matriz 1a-1, un sensor de temperatura 1a-2, y un sensor de detección
55 de ausencia de caudal de flujo de matriz 1a-3. En efecto, la presión del flujo de matriz en la canalización 1a no debe superar 20 bar y asimismo la temperatura debe permanecer inferior a 70°C por razones de seguridad, con el riesgo de que la emulsión explosiva se vuelva demasiado sensible. En efecto, la emulsión explosiva se vuelve más sensible a la descomposición rápida cuando aumentan la presión y la temperatura. Para asimilar mejor este riesgo, se ha determinado la presión límite de 20 bar con la ayuda de un dispositivo específico de seguridad
60 denominado MBP ("Minimum Burnng Pressure").

Un dispositivo 2-2b que coopera con la segunda bomba 2-2 es una válvula de seguridad que sirve para hacer que la presión baje cuando la presión se sitúa por encima de un nivel umbral.

65 Según una característica original de la presente invención, un segundo tubo de transferencia de reactivo de gasificación está dispuesto en el interior de un primer tubo 6-1 de transferencia de matriz, para formar un

conjunto de tubos 6 según la disposición siguiente.

Las dos canalizaciones independientes de transferencia de matriz 1a y transferencia de reactivo de gasificación 1b se reúnen a nivel de una primera pieza de conexión 3 original según la presente invención descrita en las figuras 4A, 4B y 4C.

La primera pieza de conexión 3 comprende un manguito principal de pared cilíndrica externa 3a abierto en sus extremos aguas arriba 3_{1a} y aguas abajo 3_{1b} formando así un primer orificio de entrada 3_{1a} de sección circular aguas arriba y un primer orificio de salida 3_{1b} aguas abajo de sección circular, dispuestos ambos según un eje longitudinal XX' de dicha envuelta 3a que corresponde al eje de rotación del tambor 5.

El primer orificio de entrada 3_{1a} comprende un fileteado 3_{3a} de manera que el extremo fileteado de un racor 1a₁ fileteado en el extremo aguas abajo de la primera canalización 1a de transferencia de matriz pueda ser fijado por enroscado.

En el extremo aguas abajo de la primera pieza de conexión 3, el extremo aguas arriba del primer tubo 6₁ y el extremo aguas arriba del segundo tubo 6₂ están montados de manera coaxial sobre un primer orificio de salida 3_{1b} y respectivamente segundo orificio de salida 3_{2b} coaxiales al extremo aguas abajo de dicha primera pieza de conexión 3 a través de un primer racor con junta giratoria 4₁ y respectivamente un segundo racor con junta giratoria 4₂.

El primer orificio de salida 3_{1b} comprende una superficie externa fileteada 3_{3b} en la superficie externa del extremo aguas abajo de la pared de envuelta cilíndrica 3a sobre el cual se puede enroscar el extremo hembra de un primer racor con junta giratoria 4₁ cuyo extremo aguas abajo comprende un fileteado periférico externo 4_{1c} sobre el cual se enroscará un racor hembra 6_{1d} en el extremo aguas arriba de una primera parte rígida 6-1a del primer tubo 6₁.

En la figura 4B, se ha representado la estructura conocida de este tipo de primer racor con junta giratoria 4₁ que comprende unas juntas tóricas de estanqueidad 4_{1d} y unos rodamientos de bolas 4_{1e} que aseguran la cooperación entre dos piezas tubulares 4_{1a} y 4_{1b} yuxtapuestas en la dirección axial XX'. Dicha primera pieza 4_{1a} comprende un extremo hembra aguas arriba enroscado sobre el fileteado externo 3_{3b} del extremo macho de la pieza 3 que forma el primer orificio de salida 3_{1b}. Una segunda parte 4_{1b} aguas abajo del primer racor con junta giratoria 4₁ comprende en su extremo aguas abajo, el fileteado externo 4_{1c} que coopera con el racor de extremo 6_{1d} del primer tubo 6₁.

Los rodamientos de bolas 4_{1e} y juntas tóricas 4_{1d} permiten la rotación de la primera parte rotativa 4_{1b} del primer racor con junta giratoria 4₁ con respecto al eje XX' común de la primera pieza de conexión 3 y del racor giratorio 4₁ con respecto a la primera parte 4_{1a} fija del racor con junta giratoria 4₁. Así, el extremo aguas arriba del primer tubo 6₁ puede girar sobre sí mismo en caso de torsión cuando tiene lugar su enrollamiento sobre el enrollador 5 como se describe a continuación.

La pared de envuelta 3a contiene una pieza acodada interna 3b que comprende una primera parte tubular que se extiende en una dirección perpendicular al eje longitudinal XX' de la pared 3a y que define un segundo orificio de entrada 3_{2a} que atraviesa dicha pared 3-a y sobre el cual está enroscado el extremo fileteado de un racor terminal 1b' de la segunda canalización 1b de suministro de reactivo de gasificación.

La pieza acodada 3b comprende asimismo una parte tubular dispuesta axialmente en el interior de la pieza 3 y que forma un segundo orificio de salida 3_{2b} sobre el cual está enroscada una primera pieza fija aguas arriba 4_{2a} de un segundo racor con junta giratoria 4₂ que comprende una segunda pieza aguas abajo 4_{2b} rotativa yuxtapuesta en la dirección longitudinal axial XX'. Dicha primera pieza aguas arriba 4_{2a} coopera con la segunda pieza aguas abajo 4_{2b} mediante unas juntas estancas y rodamientos de bolas (no representados), que permiten la rotación de dicha segunda pieza 4_{2b} del segundo racor con junta giratoria 4₂ con respecto al XX'. El extremo aguas arriba del segundo tubo 6₂ está fijado sobre dicha segunda pieza rotativa 4_{2b} del segundo racor con junta giratoria 4₂, por medio de una pieza de racor de extremo 6_{2c}.

Se pueden utilizar unos racores con junta giratoria de referencia TP 1100M/F comercializados por la compañía PACQUET INDUSTRIE (Francia).

La primera pieza de conexión 3 y los dos racores con juntas giratorias 4₁ y 4₂ están dispuestos justo aguas arriba de un tambor enrollador 5 soportados por una estructura o viga 5a. En el tambor enrollador 5, se enrolla una parte flexible aguas abajo 6_{1b} del primer tubo 6₁ unida a una parte rígida aguas arriba 6₁ a por una abrazadera amovible 6_{1c}.

La parte rígida aguas arriba 6_{1a} del primer tubo 6₁ solidaria al mismo tiempo a la primera pieza de conexión 3 a través del primer racor con junta giratoria 4₁ y solidaria también al tambor enrollador 5 es por lo tanto accionada en rotación con el tambor enrollador 5 con respecto al eje de rotación XX' común del tambor enrollador 5 y de

dichos racores con junta giratoria 4₁ y 4₂ y la pieza de conexión 3.

La parte rígida 6_{1a} presenta diferentes codos, de manera que su parte aguas arriba esté dispuesta según la dirección axial XX' de la primera pieza de conexión 3 mientras que su parte aguas abajo a nivel de la abrazadera 6_{1c} está dispuesta en una dirección tangencial de una parte cilíndrica 5₁ del tambor enrollador 5 en la que se puede enrollar la segunda parte flexible 6_{1b} del primer tubo 6₁ cuando se acciona en rotación el tambor enrollador 5.

El segundo tubo 6₂ está dispuesto en el interior del primer tubo 6₁ pero comprende dos partes flexibles 6_{2a} y 6_{2b} unidas entre sí por un racor de unión doble 6₃. Este racor de unión doble 6₃ es del tipo bien conocido por el experto en la materia tal como, por ejemplo, un racor de unión doble de referencia SS-400-6 comercializado por la compañía SWAGELOK (USA) también denominado bajo la apelación de "tube fitting". Este tipo de racor de unión doble 6₃ coopera con unas piezas de racor de extremos 6_{2d} y 6_{2e} en los extremos respectivamente de las primeras partes flexibles aguas arriba 6_{2a} y aguas abajo 6_{2b} del primer tubo 6₂. El racor de unión doble 6₃ está dispuesto justo aguas debajo de la abrazadera 6_{1c} de manera que cuando se abre y/o se retira la abrazadera 6_{1c} para separar las dos partes del primer tubo 6_{1a} y 6_{1b}, se puede extraer el segundo tubo 6₂ y desacoplar las dos partes 6_{2a} y 6_{2b} del segundo tubo 6₂ y acortar así fácilmente tanto como sea necesario la parte aguas abajo 6_{2b} cuando se ha acortado anteriormente el extremo aguas abajo desgastado de la parte flexible 6_{1b} del primer tubo 6₁ como se describe a continuación.

El extremo aguas abajo del segundo tubo 6₂ comprende una chapaleta antirretorno 6₄, por ejemplo, del tipo comercializado por la compañía SWAGELOK con la referencia SS-4-HC-1-4.

La chapaleta 6₄ se encuentra situada lo más cerca técnicamente posible del extremo aguas arriba de un primer mezclador estático 7 dispuesto en el extremo aguas abajo del primer tubo 6₁. La chapaleta 6₄ se abre bajo la presión de reactivo de gasificación que recorre el tubo 6₂ cuando funciona la bomba 2₂; y la chapaleta 6₄ se cierra cuando se detiene la segunda bomba 2-2 y disminuye la presión de flujo de reactivo de gasificación. Como se representa en la figura 4C, la chapaleta 6₄ está unida a un racor 6_{2f} al extremo aguas abajo del conducto interno 6₂ por un segundo racor de unión doble 6_{4a}.

Para la parte flexible 6_{1b} del primer tubo 6₁, se puede utilizar un flexible termoplástico de diámetro externo de 42 mm y de diámetro interno de 32 mm, de 30 a 100 m de largo. Para el segundo tubo 6₂, se utilizarán unos conductos termoplásticos de diámetro externo de 13,2 mm y de diámetro interno de 8,3 mm.

El primer mezclador 7 está constituido por ocho aletas de superficie helicoidal 7a fijadas de manera yuxtapuesta en la dirección X₁X₁' del primer mezclador y del primer tubo 6₁, sobre una varilla 7b. La varilla 7b forma unas ondulaciones de manera que toda la superficie de cada aleta helicoidal se encuentre fijada sobre dicha varilla en la dirección longitudinal X₁X₁' del primer tubo 6₁ y del primer mezclador 7 insertado en el interior del primer tubo 6₁. Por lo tanto, la varilla 7b está ondulada de manera que siga el contorno o el perfil de los elementos helicoidales 7a. La varilla 7b constituye por lo tanto un refuerzo debido a este tipo de fijación.

Las aletas 7a están yuxtapuestas unas contra las otras en la dirección longitudinal X₁X₁', pero las diferentes porciones de superficies helicoidales no son continuas helicoidalmente, es decir que están desplazadas angularmente de manera que optimicen las prestaciones de dicho mezclador, en particular desplazadas a 90° sucesivamente con respecto al eje X₁X₁'.

La adición de la varilla 7b que soporta las aletas helicoidales 7a es una característica original de la presente invención, ya que, en las condiciones de utilización en el interior de un tubo de pequeño diámetro según la presente invención, el mezclador estático sufre unas presiones importantes. Se ha constatado que, en ausencia de varilla de soporte, es suficiente una simple soldadura en los extremos de las aletas 7a para mantenerlas unidas entre sí como en la técnica anterior.

Más precisamente, los elementos helicoidales presentan un diámetro de sustancialmente 30 mm, un grosor de las superficies helicoidales de aproximadamente 2 mm, una longitud de aproximadamente 50 mm y un desplazamiento angular de aproximadamente 90°, siendo la longitud total del mezclador de aproximadamente 400 mm.

El flujo de reactivo de gasificación que sale de la chapaleta 6₄, y el flujo de matriz que llega a nivel de la chapaleta 6₄ al exterior de ésta, pueden mezclarse íntimamente a nivel del primer mezclador 7, debido a la forma helicoidal de las aletas cuyo diámetro es justo inferior al diámetro interno del primer tubo 6₁.

Preferentemente, los diferentes elementos helicoidales son de paso en sentido inverso sucesivamente. El flujo de materia a través del mezclador estático en la dirección longitudinal X₁X₁' se vuelve laminar y es dividido en corrientes parciales por un primer elemento helicoidal 7a, y después se divide de nuevo al pasar por un elemento helicoidal 7a siguiente y así sucesivamente. La rotación del producto provocada por la forma de los módulos helicoidales 7a acentúa los fenómenos de mezcla. En principio, los elementos helicoidales 7a no están

a su vez en movimiento y en cualquier caso, no se requiere ninguna otra fuente de potencia que la aportada por dichas bombas para vencer la pérdida de carga inducida por las chicanas que forman las sucesiones de dichos elementos helicoidales 7a.

Según una característica original de la presente invención, el extremo aguas abajo del primer tubo 6₁ aguas abajo del primer mezclador estático 7 está equipado con un tope 8 que comprende una superficie externa fileteada 8a apta para ser enroscada contra la pared interna 6_{1e} del extremo aguas abajo 6_{1f} del primer tubo 6₁. El fluido de producto explosivo obtenido por mezclado de la matriz y del reactivo de gasificación en el seno del primer mezclador estático 7 puede fluir a través de un orificio cilíndrico central 8b del tope 8. Como se ha representado en la figura 5C, una llave 8₁ que comprende unos espolones 8_{1a} que cooperan con unas muescas 8b1 en la periferia del extremo aguas abajo del tope 8, lo cual permite enroscar y desenroscar el tope 8 a voluntad.

El orificio central 8b de la pieza de tope 8 permite el paso amplio del producto explosivo y evita unos efectos indeseables que pueden resultar de un aumento de la presión de bombeo o de bloqueo intempestivo relacionados con la acumulación de productos explosivos a este nivel. En la práctica, el diámetro interno de la abertura central de la pieza de tope 8 es de aproximadamente 20 mm.

El tope 8 tiene por función esencial retener el mezclador estático 7 en el seno del extremo aguas abajo del primer tubo 6₁. El desenroscado del tope 8 permite sacar el primer mezclador 7 del extremo aguas abajo del primer tubo 6₁ y poder cortar así el extremo aguas abajo del tubo 6₁ cuando éste está dañado después de un cierto número de utilizaciones, debido a que la superficie externa del extremo aguas abajo del tubo 6₁ en contacto con las paredes de los orificios de perforación 11 constituidos por macizo rocoso 15 tienen tendencia a dañar el extremo aguas abajo del tubo 6₁ durante el funcionamiento, como se describe a continuación.

Se puede retirar también el primer mezclador 7, si no se desea realizar un procedimiento según la invención haciendo variar la densidad del producto explosivo producido en continuo cuando tiene lugar un ciclo de producción. En este caso, se retira el segundo tubo 6₂ del interior del primer tubo 6₁ realizando el desacoplamiento a nivel de la abrazadera 1c como se ha descrito anteriormente o desconectando el conducto 1b y cerrando dicho segundo orificio de entrada 3_{2a} por un tapón y orientando la válvula de tres vías V3 de manera que todo el reactivo de gasificación pase por la canalización 1b₁ y se mezcle con el flujo de matriz aguas arriba del segundo mezclador 2₆. A la salida del segundo mezclador, el producto explosivo es transferido a través del conducto 6₁ a un orificio de perforación en el que está dispuesto el extremo aguas abajo 6_{1f} del tubo 6₁.

El mezclador estático 7, en la práctica, se extiende sobre una longitud de 0,5 a 1 metro, de manera que el producto explosivo producido se encuentre en cantidad reducida en el interior del primer flexible 6₁. Así, es posible hacer variar la composición y por lo tanto la densidad del producto explosivo 10, casi en continuo y en tiempo real a la salida del tubo 6₁ adaptando las proporciones relativas de caudal y/o de composición de reactivo de gasificación y de matriz transferidas en dichos primer y segundo tubos, como se describe en el procedimiento de producción de producto explosivo descrito a continuación.

Ventajosamente, se realiza un procedimiento según la invención en el que se hace variar la densidad del producto explosivo producido en continuo cuando tiene lugar el llenado de un orificio de perforación 11 en un único paso, es decir, sin tener que levantar el tubo 6 durante el llenado, como se describe a continuación.

La emulsión está constituida por los componentes siguientes:

- aceite mineral y/o de vaciado de aceite de motor 6,5%,
- gasoil: aproximadamente 1%,
- agentes tensioactivos no iónicos: 1%,
- nitratos de amonio y/o de calcio y/o de sodio: aproximadamente 75%,
- agua: aproximadamente 15 a 20%.

A la emulsión anterior así obtenida, se añaden unos nitratos de amonio y/o de calcio en una proporción del 15 al 35% y un catalizador, por ejemplo, ácido acético, en una proporción del 0,5 al 2%, al cual se puede añadir también aluminio (en forma de polvo de granulometría comprendida entre aproximadamente 100 µm y 2 mm) en un contenido del 1 al 10% en peso también. Se obtiene así dicha matriz según la presente descripción en el seno del primer depósito 1-1.

Un ejemplo de formulación de matriz es, por lo tanto:

- aceite mineral y/o de vaciado de aceite de motor: 4.55%
- gasoil: 0.7%
- agentes tensioactivos: 0.7%
- nitrato de amonio en solución: 52.5%
- agua: 11.55%

- nitrato de amonio sólido en polvo: 30%

A esta matriz, se añade según el procedimiento de la presente invención un reactivo de gasificación que es en este caso en particular una solución acuosa de aproximadamente 20% de nitrito de sodio y 80% de agua que puede comprender unos catalizadores tales como el tiocianato de sodio, el formiato de sodio, el nitrato de zinc y/o el nitrato de calcio.

El procedimiento de sensibilización de la matriz consiste en una reacción química entre dicho reactivo de gasificación y el nitrato de amonio contenido en dicha matriz. Esta reacción química libera un gas, en este caso el nitrito reacciona con el nitrato para formar nitrógeno gaseoso, que genera una sensibilización del producto por la creación de "puntos calientes", es decir de intersticios en el producto de mezcla que permiten la propagación de la onda de choque, por lo tanto, la detonación del producto explosivo. El producto resulta por lo tanto explosivo debido a esta sensibilización. El aumento de la cantidad de burbujas de gas disminuye la masa volúmica del producto y por lo tanto la energía explosiva obtenida para un volumen constante de orificio (energía volúmica).

La densidad de la emulsión de base (no suplementada) descrita anteriormente es por ejemplo de aproximadamente 1.4 a 1.6 y la densidad de la emulsión suplementada que define dicha matriz tal como se ha descrito anteriormente, antes de la mezcla con el reactivo de gasificación es de 0.8 a 1.3.

La densidad del producto de mezcla antes de la reacción de gasificación en el seno de dicho primer mezclador es de 1.25 a 1.45 según las proporciones respectivas de cantidades y/o caudales de dicha matriz y de dicho reactivo de gasificación y la densidad del producto explosivo después de la gasificación es de 0.8 a 1.2.

La energía media de un producto explosivo 10 de densidad 1.2 es de 3,7 MJ/kg, es decir 4,44 MJ/l. Así, para un producto explosivo de densidad de 0,5 a 1,5, la energía explosiva será de 1,85 a 5,55 MJ/l.

Para un caudal Y de reactivo de gasificación en l/min (producto/líquido) en función de un caudal de matriz X en kg/min de producto viscoso, la relación $Y = aX + b$ viene dada por unos ábacos con unos valores de a y b diferentes según los valores de densidad d del producto explosivo obtenido después de la gasificación resultante de la reacción entre dicha matriz y el reactivo de gasificación por mezclado íntimo en el seno del mezclador estático. Así, los valores diferentes de a y b son por ejemplo en este caso:

- para $d = 0,8$, $Y = 0,0117X + 0,002$, y
- para $d = 0,9$, $Y = 0,0085X + 0,0012$, y
- para $d = 1$, $Y = 0,006X$, y
- para $d = 1,1$, $Y = 0,0039X + 0,0019$, y
- para $d = 1,2$, $Y = 0,0021X$.

Existe por lo tanto una relación lineal entre X e Y según la densidad final del producto explosivo 10 resultante de la reacción por mezclado íntimo de los dos productos.

La unidad de control y mando automatizada 9 permite controlar las válvulas proporcionales V1 y V2 que regulan los caudales de matriz y de reactivo de gasificación, y el accionamiento y velocidad de los motores de las bombas 2-1 y 2-2. Los caudales X e Y son proporcionados por calibración del sensor de velocidad 2-2a de la bomba 2-2 para los valores de X (kg/min) y por el caudalímetro 2-2a para el caudal Y de reactivo de gasificación (l/min).

En la práctica, debido a que el reactivo de gasificación R_2 está en cantidad más baja y en forma líquida, es más fácil controlar su caudal de manera que se trabaja con un caudal de matriz constante $X = 125$ kg/min.

Así, el operario que controla la instalación selecciona las densidades sucesivas deseadas de producto explosivo 10 así como las cantidades correspondientes para cada densidad en función de su análisis de las necesidades en el orificio de perforación en cuestión, teniendo en cuenta el entorno de macizo rocoso 15 alrededor del orificio a abatir. Siendo X constante, Y el caudal de reactivo de gasificación es determinado automáticamente a partir del ábaco en función de la densidad deseada. En la práctica, para cada orificio de mina 11, el operario seleccionará hasta cuatro densidades diferentes denominadas d1, d2, d3 y d4. Las densidades d1 a d4 de productos explosivos a realizar y las cantidades correspondientes son introducidas a nivel de la unidad central 9 a través de un teclado táctil 9a que aparece en la pantalla de la interfaz gráfica 9b. El operario puede entonces iniciar un ciclo de bombeo.

La unidad de mando centralizada y automatizada 9 manda entonces automáticamente la regulación del flujo y por lo tanto del caudal de reactivo R_2 para un caudal de matriz M dado. Así, por ejemplo, el ciclo de producción de un orificio cilíndrico de 20 m de profundidad y 115 mm de diámetro siguiente estará realizado como sigue para una matriz suplementada que presenta una densidad, en el ejemplo siguiente, de aproximadamente 1,3:

- se cargan 20 kg de productos explosivos de densidad 1,2 a un valor de 0,21 l/min con, por ejemplo, un caudal de reactivo de gasificación de 0,21 l/min, y
- se cambia de consigna y se da la orden de cargar 25 kg de producto explosivo 10 de densidad 1 que pasarán por lo tanto a depositarse por encima de los 20 kg de productos explosivos de densidad 1,2 depositados anteriormente en el fondo del orificio desde el extremo aguas abajo del tubo 6₁, utilizando por ejemplo un caudal de reactivo de gasificación de 0,60 l/min; y después
- se cargan 50 kg de productos explosivos a densidad de 0,9, por encima del producto explosivo depositado anteriormente, utilizando por ejemplo un caudal de reactivo de gasificación de 0,80 l/min, y después
- se cargan en el vértice de la columna, 30 kg de producto explosivo 10 de densidad $d = 0,8$, obtenido transfiriendo por ejemplo un caudal de reactivo de gasificación de 0,90 l/min.

La unidad central automatizada 9 permite por lo tanto mandar y controlar los valores de caudal de reactivo de gasificación como se ha descrito anteriormente, ajustando simplemente la velocidad del motor hidráulico de la segunda bomba 2-2 que transfiere el reactivo de gasificación, y manteniendo un caudal sustancialmente constante de 125 kg/min de dicha matriz. Este tipo de control y de regulación de caudal del reactivo de gasificación permite hacer variar, casi en tiempo real, el valor de densidad de producto obtenido a la salida del primer mezclador estático 7 y vertido directamente en el orificio de perforación, debido a la automatización del control y de la regulación del caudal de reactivo de gasificación por la unidad central 9.

La unidad central 9 puede ofrecer unas funciones suplementarias ventajosas tales como la importación y exportación de los datos, de consignas y de resultados en términos de cantidad, caudal y densidad.

El procedimiento según la invención es también ventajoso por que genera una mejora a nivel de la seguridad, volviéndose el producto de mezcla explosivo únicamente al final del tubo flexible 6₁, evitando por lo tanto el transporte en una larga distancia de producto peligroso en el seno del tubo.

El sistema de introducción coaxial del reactivo de gasificación para llevarlo al contacto de dicha matriz favorece un mezclado íntimo más rápido y eficaz de los dos componentes, lo cual induce, no sólo:

- la posibilidad de hacer variar en tiempo real de manera óptima la densidad del producto obtenido en mezcla con la matriz, sino también
- la mejora de la seguridad del procedimiento, y finalmente
- una fiabilidad mecánica más alta de la instalación en la medida en la que no se requiere ningún material en el exterior del tubo de depósito del producto explosivo que pueda estar en contacto con los otros componentes necesarios para generar la explosión, como son la carga de encendido 12, el detonador 13 y sobre todo el hilo de detonador 14 que es frecuentemente fuente de accidente en caso de choque de productos metálicos cercanos.

En lo que se refiere a la variación de la densidad del producto obtenido casi en tiempo real, se debe observar que la cantidad de producto contenido en el seno del extremo aguas abajo del tubo 6₁ se limita al producto explosivo producido gasificado en la segunda parte aguas abajo del mezclador estático, o bien para un mezclador de 50 cm de largo en un tubo 6₁ de 32 mm de diámetro interno, una cantidad inferior a 0.5 kg de un valor relativamente despreciable con respecto a las cantidades de productos explosivos de diferentes densidades que se necesita introducir, se puede considerar por lo tanto que la variación de densidad se obtiene así casi en tiempo real por modificación de las proporciones de caudal de reactivo de gasificación y de matriz.

La medición de la densidad se puede efectuar mediante pesada al aire libre en un recipiente calibrado de volumen conocido.

El procedimiento de producción de producto explosivo de densidad variable según la presente invención consiste por lo tanto en hacer variar la gasificación del producto explosivo en el orificio de mina, de manera casi instantánea con el fin de obtener una diferenciación de la densidad de producto explosivo en la columna en el seno del orificio de mina, realizando al mismo tiempo únicamente un solo paso de carga.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de producción *in situ* de producto explosivo (10) que comprende las etapas en las que:

- 5 1) se transfiere separadamente hasta un primer mezclador (7), con una primera bomba (2-1), un producto viscoso, denominado matriz, que comprende una emulsión inversa de una fase acuosa de comburente y de una fase oleosa de combustible y, con una segunda bomba (2-2), un producto líquido que contiene un compuesto químico apto para reaccionar con dicha matriz para aumentar su carácter explosivo por gasificación, denominado reactivo de gasificación, desde unos depósitos (1-1, 1-2) que comprenden por lo
10 menos un primer depósito (1-1) que contiene dicha matriz a base de dicha emulsión explosiva, y un segundo depósito (1-2) que contiene dicho reactivo de gasificación, con:
 - un primer circuito (1a) de transferencia de dicha matriz que comprende por lo menos un primer tubo (6₁) por lo menos en parte flexible que coopera con dicha primera bomba (2-1) y una primera válvula (V1), y
15
 - un segundo circuito (1b) de transferencia de dicho reactivo de gasificación que comprende por lo menos un segundo tubo (6₂) por lo menos en parte flexible que coopera con una segunda bomba (2-2) y una segunda válvula (V2), y
20
- 2) se mezcla dicho producto viscoso de dicha matriz, y dicho producto líquido de dicho reactivo de gasificación, en un primer mezclador (7) a través del cual dicha matriz y dicho reactivo de gasificación son transferidos en mezcla, y
25
- 3) se transfiere y se deposita dicho producto explosivo obtenido a la salida de dicho primer mezclador, en un orificio para explosión (11), en o por encima del cual está dispuesto el extremo aguas abajo del primer mezclador, estando dicho orificio situado a distancia de dichos depósitos, procedimiento en el que:
 - en la etapa 1), se mandan y se controlan las cantidades y/o caudales de dicha matriz y de dicho reactivo de gasificación que entran en dicho primer mezclador de manera que se produzca dicho producto explosivo que presenta una densidad de valor determinado a la salida del primer mezclador en la etapa 2), y
30
 - en la etapa 3), se hace variar la densidad del producto explosivo obtenido durante el llenado según la cantidad de producto explosivo depositada y/o según la profundidad a la cual se deposita el producto explosivo en un mismo orificio o de un orificio al otro en diferentes orificios,
35

caracterizado por que dichos primer y segundo tubos flexibles se reúnen uno con el otro mediante una primera pieza de conexión (3) con juntas giratorias de manera que dicho segundo tubo (6₂) esté dispuesto totalmente en el interior del primer tubo (6₁) formando un conjunto (6) de tubos coaxiales, unido a un tambor enrollador (5), y enrollado por lo menos en parte o apto para ser enrollado sobre dicho tambor enrollador, siendo dicha matriz vehiculada sin contacto con el reactivo de gasificación en el espacio anular entre los dos tubos coaxiales, siendo dicho primer mezclador un mezclador estático dispuesto en el interior del primer tubo en su extremo aguas abajo (6_{1f}), terminándose dicho segundo tubo justo aguas arriba de dicho primer mezclador, y dicho segundo tubo (6₂) comprende en su extremo aguas abajo, en el interior de dicho primer tubo, una chapaleta (6₄) que se abre y deja pasar el flujo de dicho reactivo de gasificación bajo la presión de dicho flujo cuando se acciona la segunda bomba y permanece cerrada e impide unas fugas de reactivo de gasificación cuando se detiene la segunda bomba.
40
45

50 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se manda producir unas cantidades determinadas de productos explosivos que tienen unos valores de densidad determinadas respectivamente diferentes a depositar sucesivamente en un orificio durante el llenado, en continuo.

55 3. Procedimiento según la reivindicación 2 caracterizado por que determinan y se utilizan por lo menos dos, preferentemente 4, cantidades de producto explosivo para unos valores de densidad distintas decrecientes, preferentemente una densidad que presenta dicho valor predeterminado entre 0.5 y 1.5, más preferentemente de 0.8 a 1.2, durante el llenado.

60 4. Procedimiento según la reivindicación 2 o 3, caracterizado por que en la etapa 3), se manda y se controla un caudal constante de dicha matriz controlando la velocidad de la primera bomba (2-1) y/o la apertura de dicha primera válvula (V1), y se hace variar el caudal de dicho reactivo de gasificación controlando la velocidad de la segunda bomba (2-2) y/o la apertura de dicha segunda válvula (V2).

65 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que se mandan y se controlan las cantidades y caudales respectivos de dicha matriz y de dicho reactivo de gasificación, mandando y controlando unas válvulas y/o las velocidades de dichas primera y/o segunda bombas, de manera automatizada con la ayuda

de una unidad central de mando y control (9) que comprende unos medios electrónicos pilotados por un programa con un teclado y/o interfaz gráfica, estando dicha unidad central soportada preferentemente en un vehículo motorizado (10), más preferentemente, soportando dicho vehículo dichos primer y segundo depósitos y dichas primera y segunda bombas.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 o 5, caracterizado por que en la etapa 1), se transfiere separadamente dicha matriz y dicho reactivo de gasificación desde dichos primer y respectivamente segundo depósitos a unos primer tubo y respectivamente segundo tubo con una primera bomba (2-1) y respectivamente una segunda bomba (2-2), y se manda y se controla un caudal constante de dicha matriz controlando la velocidad de la primera bomba (2-1) con la ayuda de un sensor de velocidad (2-1a) de dicha primera bomba, y se hace variar el caudal de dicho reactivo de gasificación controlando la velocidad de la segunda bomba (2-2) con la ayuda de un caudalímetro (2-2a).

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 6, caracterizado por que, para producir un producto explosivo de densidad de 0.5 a 1.5, se utiliza:

- dicha matriz de densidad de 1 a 1.7 de una emulsión de base denominada inversa o "agua en aceite" obtenida por mezclado de (a) una fase continua orgánica, constituida por una mezcla de aceites minerales y gasoil, y (b) una fase acuosa discontinua de diversas sales comburentes en solución acuosa a base de nitrato(s) de amonio y/o sodio y/o calcio; a un caudal de 25 a 300 Kg/min, y
- una solución denominada reactivo de gasificación de densidad de 0.5 a 1.5 a base de nitrito y/o tiocianato de sodio, a un caudal de 0.1 a 2 l/min;
- en una proporción de caudal de reactivo/matriz que varía de 0.1 a 2 l/100 Kg de la proporción.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que dichos primer y segundo tubos están conectados coaxialmente uno al otro en sus extremos aguas arriba por una primera pieza de conexión (3) que comprende un manguito de pared cilíndrica externa (3a) y una pieza acodada interna (3b), siendo dicha primera pieza de conexión solidaria preferentemente a un tambor enrollador (5) en el que se enrolla por lo menos en parte o apto para ser enrollado dicho conjunto de tubos coaxiales, comprendiendo dicha primera pieza de conexión:

- un primer orificio de entrada (3_{1a}), que forma una abertura aguas arriba de dicho manguito y dispuesta axialmente en una dirección longitudinal (XX') a la pared cilíndrica de dicho manguito, estando dicho primer orificio de entrada unido a una parte (1a), preferentemente una parte rígida, de dicho primer circuito de transferencia de dicha matriz, y
- un segundo orificio de entrada (3_{2a}), dispuesto lateralmente a nivel de la pared cilíndrica de dicho manguito, que forma una abertura aguas arriba de dicha pieza acodada (3b) que atraviesa la pared cilíndrica de dicho manguito y dispuesta perpendicularmente a dicha dirección longitudinal (XX'), estando dicho segundo orificio de entrada unido a una parte, preferentemente una parte rígida, de dicho segundo circuito de transferencia de dicho reactivo de gasificación, y
- un primer orificio de salida (3_{1b}), que forma una abertura aguas abajo de dicho manguito y dispuesta axialmente en dicha dirección longitudinal (XX') de la pared cilíndrica de dicho manguito, estando dicho primer orificio unido por un racor (4₁) al extremo aguas arriba de dicho primer tubo (6₁) de transferencia de dicha matriz, preferentemente a una parte rígida (6_{1a}) de dicho primer tubo aguas arriba de dicho tambor enrollador, y
- un segundo orificio de salida (3_{2b}), dispuesto axialmente en dicha dirección longitudinal (XX') de la pared cilíndrica de dicho manguito, que forma una abertura aguas abajo de dicha pieza acodada (3b) en el interior de dicho manguito, estando dicho segundo orificio de salida unido por un racor (4₂) al extremo aguas arriba de dicho segundo tubo de transferencia de dicho reactivo de gasificación.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que la fijación de los extremos aguas arriba de dichos primer y segundo tubos sobre dichos primer y segundo orificios de salida de dicha primera pieza de conexión se lleva a cabo por medio de dos primero y respectivamente segundo racores con juntas giratorias (4₁, 4₂) que permiten cada uno separadamente la rotación sobre sí mismo con respecto a dicho eje longitudinal (XX') de los extremos aguas arriba de dichos primer y respectivamente segundo tubos, estando dichas primera pieza de conexión y dichos racores con juntas giratorias dispuestos aguas arriba de dicho tambor enrollador de manera que dichos primer y segundo orificios de salida estén dispuestos en el eje de rotación de dicho tambor.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que:

- dicho primer tubo comprende por lo menos una parte rígida acodada (6_{1a}) de primer tubo ensamblada a

una parte flexible (6_{1b}) de primer tubo de manera estanca y reversible por una abrazadera (6_{1c}), dispuesta aguas arriba de dicho tambor y solidaria a éste y apta ser accionada en rotación con respecto al eje de rotación cuando dicho tambor es accionado en rotación, siendo dicha parte flexible de primer tubo apta para ser enrollada alrededor de dicho tambor, y

- dicho segundo tubo comprende dos partes flexibles (6_{2a}, 6_{2b}) unidas entre sí por un racor estanco y reversible rígido de tipo de unión doble (6₃), siendo la parte flexible (6_{2a}) de dicho segundo tubo dispuesta aguas arriba de dicho racor de tipo unión doble (6₃) más corta que la parte flexible (6_{2b}) de dicho segundo tubo dispuesta aguas abajo, estando dicho racor de tipo de unión doble preferentemente cerca de dicha abrazadera.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que un tope tubular hueco (8) que comprende una abertura central longitudinal (8b) está dispuesto de manera amovible en el extremo aguas abajo del primer tubo para retener dicho primer mezclador en el interior del primer tubo dejando pasar el producto explosivo por la abertura central (8b) de dicho tope, permitiendo un fileteado (8a) sobre una pared externa cilíndrica enroscar y fijar así de manera amovible dicho tope contra la pared interna (6_{1e}) de dicho primer tubo, preferentemente con la ayuda de una llave de enroscado (81) apta para cooperar con el extremo aguas abajo de dicha abertura central longitudinal para enroscar en el interior de dicho primer tubo o desenroscar dicho tope para sacarlo de dicho primer tubo.

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que dicho primer mezclador (7) es un mezclador estático que comprende una pluralidad de aletas (7a) que presentan cada una, una superficie helicoidal, preferentemente que se extiende en su dirección axial en una longitud que corresponde a un paso de la curva helicoidal correspondiente, estando dichas superficies helicoidales soportadas por una misma varilla de refuerzo (7b) a la cual están fijadas de manera yuxtapuesta en la dirección longitudinal de dicho primer tubo, estando dichas superficies helicoidales sucesivas desplazadas angularmente en rotación con respecto a su eje virtual común de superficie helicoidal que coincide sustancialmente con un eje longitudinal de dicho primer tubo de eje coaxial a dicho primer tubo, siendo el diámetro de dichas superficies helicoidales sustancialmente idéntico o justo suficientemente inferior al diámetro interno del primer tubo para permitir la rotación de dichas aletas bajo el efecto de la presión de los flujos de matriz y reactivo en mezcla que los atraviesan.

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que, cuando el extremo aguas abajo del primer tubo está gastado y/o dañado, se realizan las etapas siguientes:

- a) se retira dicho primer mezclador de dicho primer tubo,
- b) se corta el extremo aguas abajo del primer tubo gastado y/o dañado,
- c) se coloca de nuevo dicho primer mezclador en el interior de dicho primer tubo,
- d) se desensambla el extremo aguas arriba de la parte flexible de dicho primer tubo, y se extrae una parte aguas arriba de dicho segundo tubo y se desensambla una primera parte aguas arriba (6_{2a}) de una segunda parte aguas abajo (6_{2b}) del segundo tubo flexible, y
- e) se saca del primer tubo y se acorta dicha segunda parte aguas abajo (6_{2b}) del segundo tubo flexible, y después se coloca de nuevo en dicho primer tubo y se conecta de nuevo a la parte aguas arriba del segundo tubo que ha permanecido en el interior de una parte aguas arriba rígida del primer tubo.

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que dicho orificio está situado a una distancia de dichos depósitos en por lo menos 20 metros y dicho orificio es un orificio de perforación sustancialmente cilíndrico en el que se ha colocado anteriormente una carga de encendido explosivo (12) y un detonador (13) unido a un hilo detonador (14).

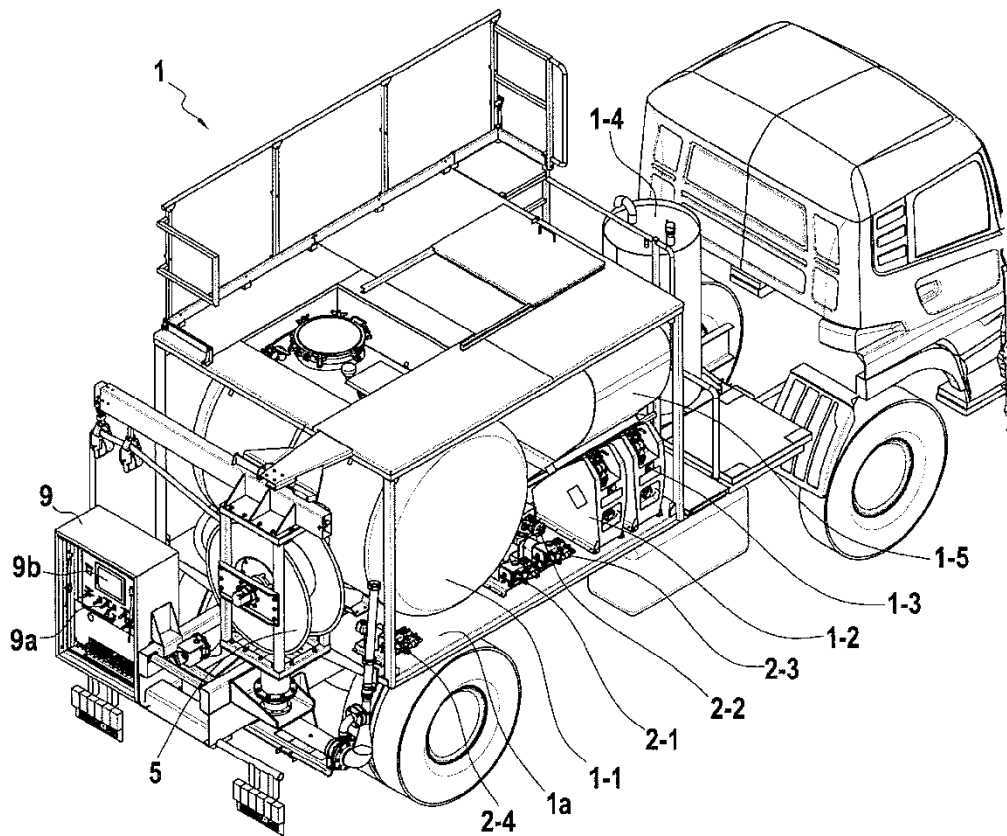


FIG.1

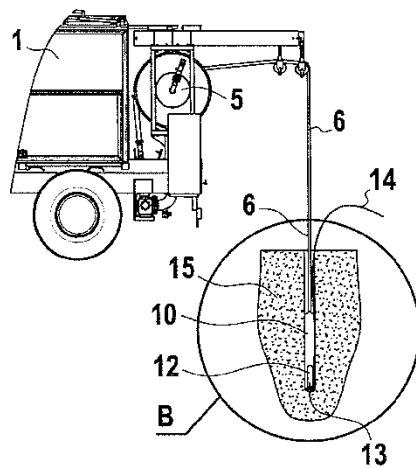


FIG.1A

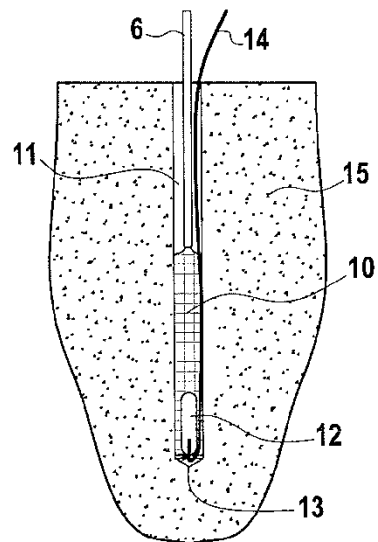


FIG.1B

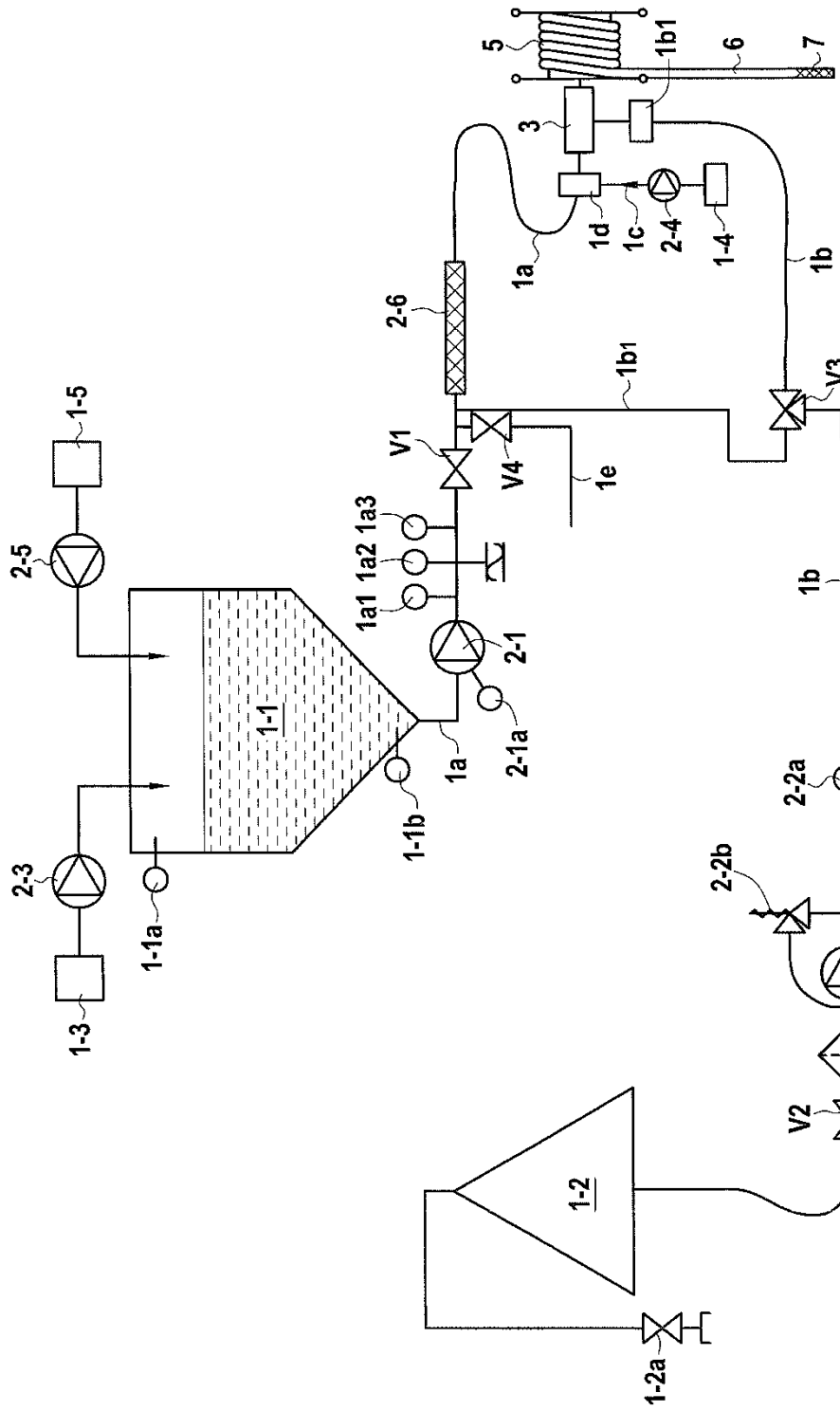


FIG. 2

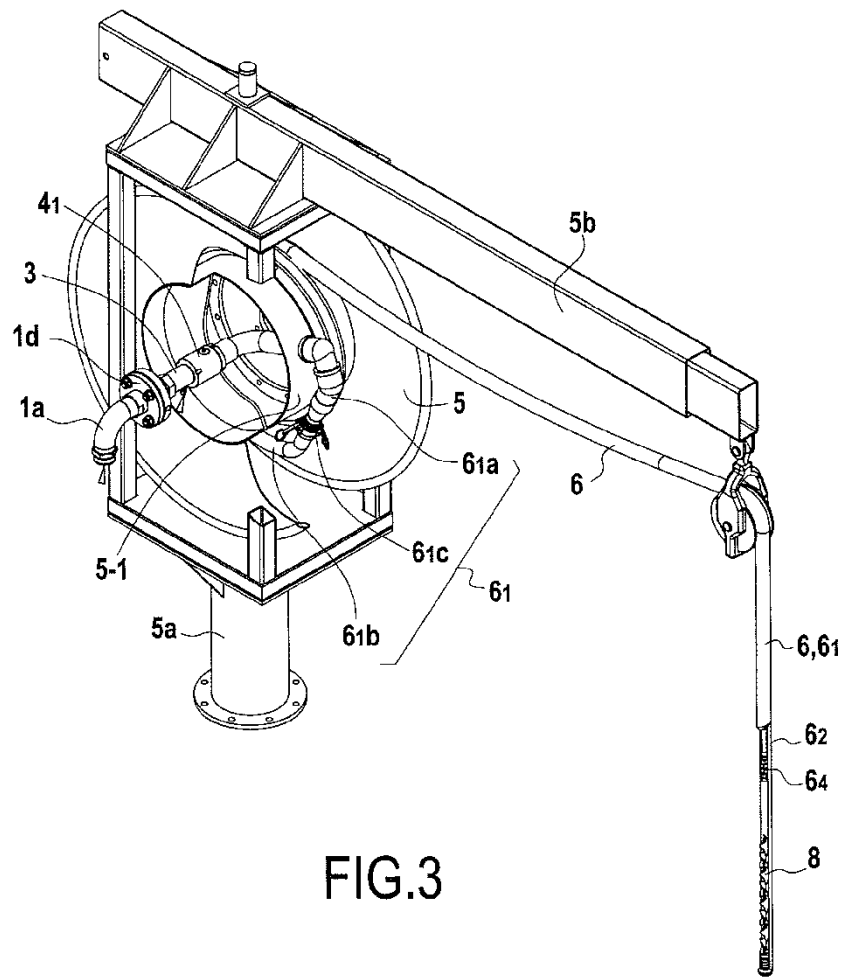


FIG.3

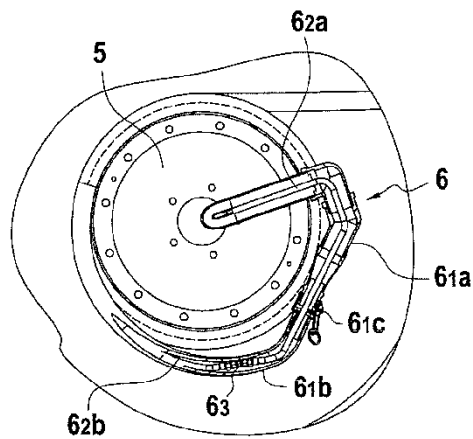


FIG.3A

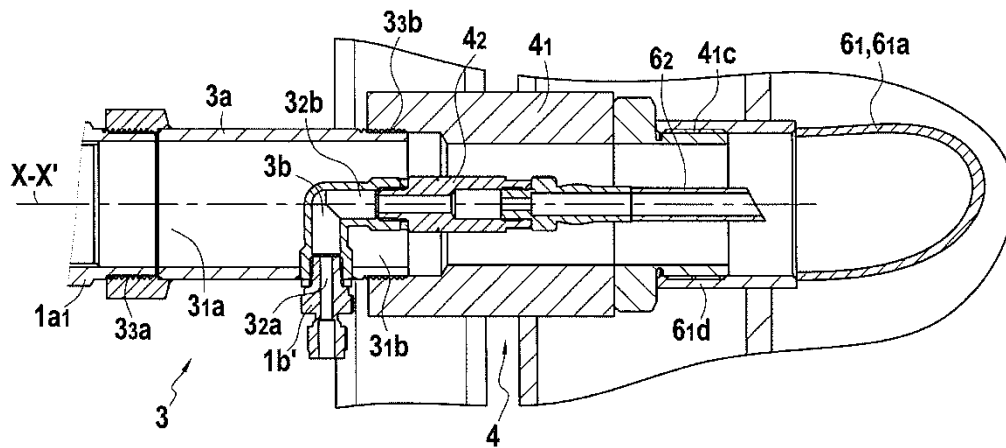


FIG. 4A

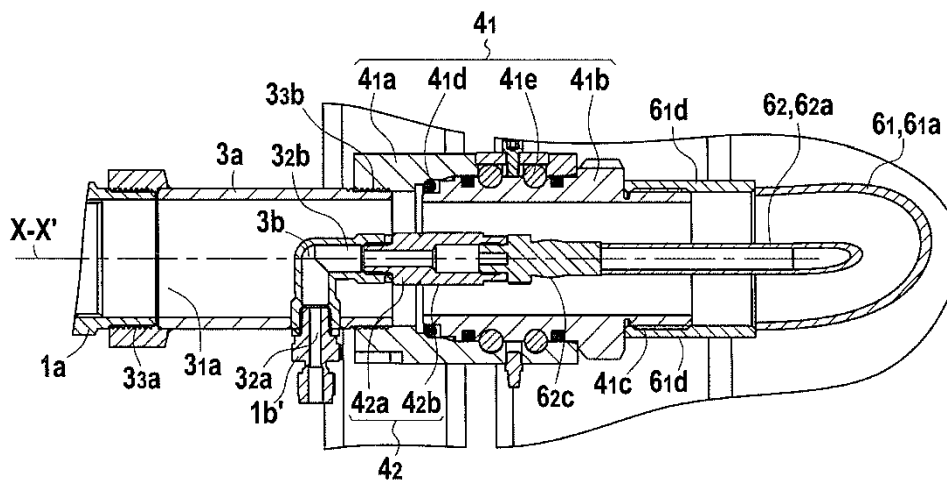


FIG. 4B

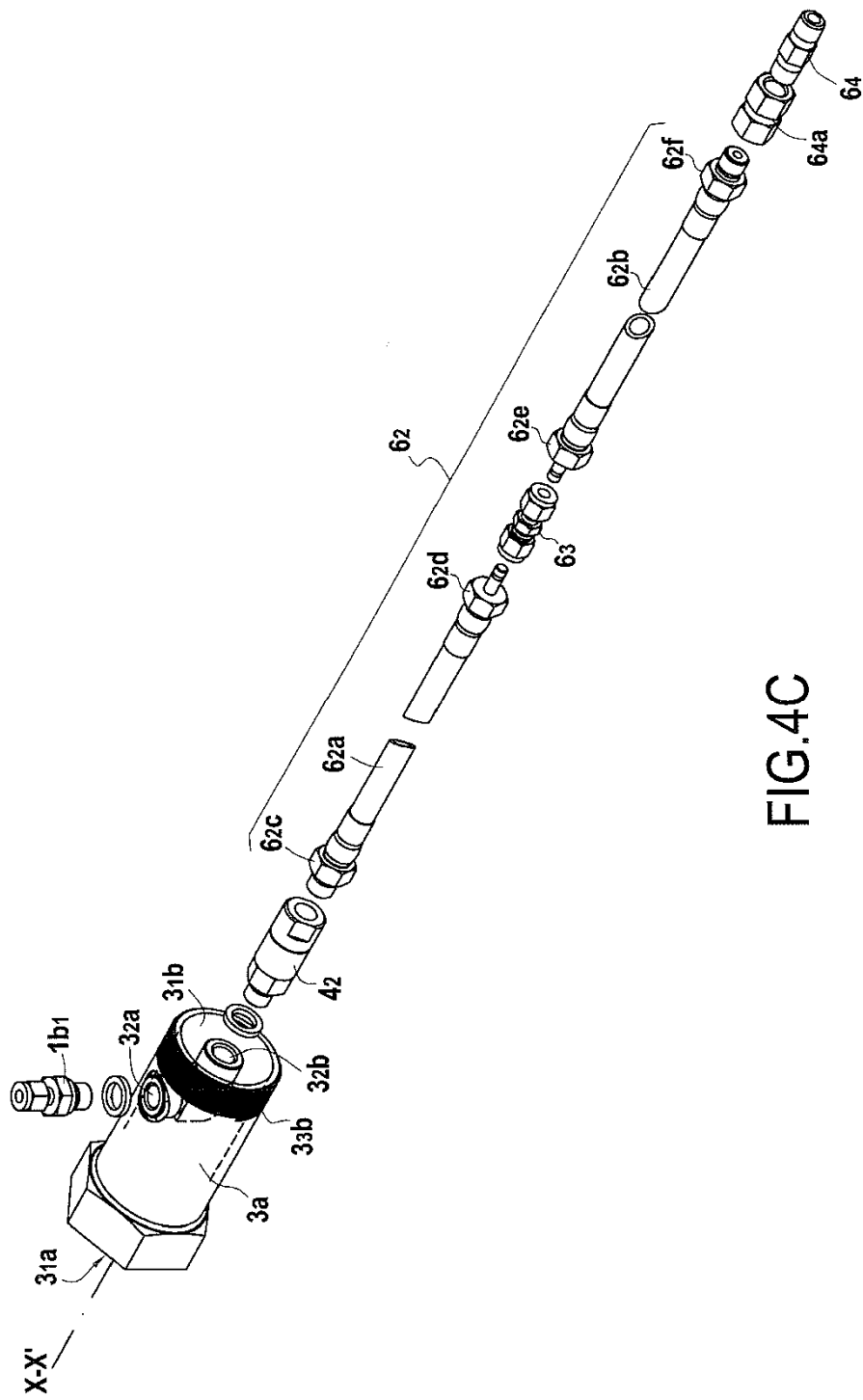


FIG. 4C

