(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 792 274**

(51) Int. CI.:

F42B 33/00	(2006.01)	***C06B 45/12***	(2006.01)
B29C 48/09	(2009.01)	*B29C 48/11*	(2009.01)
C06C 9/00	(2006.01)		
F42B 5/16	(2006.01)		
B29C 48/21	(2009.01)		
B29C 48/40	(2009.01)		
B29C 48/475	(2009.01)		
C06B 21/00	(2006.01)		
C06B 25/18	(2006.01)		
C06B 45/10	(2006.01)		

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.08.2014 PCT/CA2014/050755**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **19.02.2015 WO15021545**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2014 E 14836679 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020 EP 3033585**

(54) Título: **Método de fabricación de granos propulsores multicapa**

(30) Prioridad:

16.08.2013 US 201361866748 P
28.01.2014 US 201414166622

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.11.2020

(73) Titular/es:

GENERAL DYNAMICS ORDNANCE AND TACTICAL SYSTEMS - CANADA VALLEYFIELD INC. (100.0%)
55, rue Masson
VALLEYFIELD, QU, CA

(72) Inventor/es:

DURAND, SIMON;
PARADIS, PIERRE-YVES y
LEPAGE, DANIEL

(74) Agente/Representante:

DÍAZ DE BUSTAMANTE TERMINEL, Isidro

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

Método de fabricación de granos propulsores multicapa

CAMPO TÉCNICO

La presente divulgación generalmente se refiere a un método de fabricación de propulsores usados en sistemas de propulsión para munición convencional.

ANTECEDENTES

Los propulsores sólidos producen gases calientes cuando se queman. La producción de gases calientes crea una presión que impulsa los sistemas de propulsión para munición convencional de todos los calibres. La presión generada en un tubo de arma de fuego acelera los proyectiles. El objetivo para obtener un rendimiento óptimo es maximizar la aceleración del proyectil en el cañón del arma de fuego durante el mayor tiempo posible sin superar el nivel de tensión de fallo mecánico del cañón del arma de fuego. Se han realizado intentos para lograr una velocidad de generación de gas de la carga de propulsor del arma de fuego dentro de la cámara de un sistema de arma de fuego para proporcionar un rendimiento óptimo. Un enfoque es usar un propulsor de composición múltiple compuesto por múltiples capas de combustión de material propulsor combinadas de tal manera que todas las capas se quemen secuencialmente o casi simultáneamente. Una capa de combustión lenta se enciende y se quema primero, lo que genera gas a una velocidad más baja al principio del ciclo balístico. A continuación, una capa de combustión más rápida se enciende de manera controlada más adelante en el ciclo balístico, proporcionando un aumento de la velocidad de generación de gas y prolongando el tiempo de aceleración del proyectil. También se pueden proporcionar capas adicionales que tienen diferentes velocidades de combustión.

La progresividad de combustión es un método importante de optimización balística interior. En los sistemas de armas modernos, se requieren rendimientos y velocidades iniciales extremadamente altos para maximizar los efectos terminales para los sistemas de fuego directo o el alcance para los sistemas de fuego indirecto. Se sabe que el uso de propulsores en capas para optimizar la progresividad es una técnica efectiva. Esta técnica implica estructurar un grano propulsor usando dos o más capas de diferentes composiciones. Los materiales se seleccionan y ensamblan para que cada capa se queme casi secuencialmente. Se han probado geometrías tales como láminas en capas que tienen una capa de combustión rápida intercalada entre dos láminas de material de combustión lenta. Las láminas en capas se han cortado en láminas circulares apiladas, enrolladas como un rollo o cortadas en tiras. Un proceso conocido de fabricación emplea dos extrusoras continuas de doble husillo. Estas producen capas de cada composición usando un sofisticado diseño de boquilla de percha. Otros han empleado una extrusora continua de doble husillo y han pegado las láminas entre sí. Otra técnica conocida emplea dos extrusoras de pistón paralelas que coextruyen las dos composiciones sólidas combinadas en un diseño de boquilla específico. Más recientemente, la técnica se ha refinado usando dos extrusoras de doble husillo conectadas a una boquilla especialmente diseñada que combina las dos capas entre sí en un propulsor en forma de cilindro.

El documento GB 2.384.207 desvela un método para producir un cuerpo alargado de material energético mediante la extrusión de un primer material que comprende una mezcla íntima viscosa de un material energético y un aglutinante polimérico seguido de un cuerpo móvil de un segundo material para formar una composición unida de un primer material y un segundo material.

La patente de Estados Unidos Nº 3.002.459 desvela propulsores perforados multicapa para uso en cohetes, un método de preparación usando composiciones en polvo comprimidas para formar los propulsores perforados.

La patente de Estados Unidos Nº 3.706.278 desvela recubrimientos o películas poliméricas para granos de carga propulsores para regular el programa de generación de gases de los propulsores manipulando la velocidad de combustión de la capa externa y el núcleo interno.

La patente de Estados Unidos Nº 7.869.989 desvela un proceso para preparar propulsores de municiones que se clasifican funcionalmente sobre el área de la sección transversal del propulsor. El propulsor se forma al empujar una formulación a granel de propulsor de municiones bajo presión a través de boquillas o tuberías similares lo suficientemente largas como para estratificar por concentración un producto con un gradiente de concentración de sección transversal deseable.

Chris A van Direl et al.: "Gun propellant development activities in the Netherlands", 16 de abril de 2007, XP055319587, recuperado de Internet: URL: http://www.matter.upm.es/isb2007/proceedings/pdf/Volume_1/Vol.1(63)IB37.pdf [recuperado el 15/11/2016] ofrece una visión general de los diferentes métodos para fabricar propulsores de armas y sus componentes.

Los procesos de fabricación actualmente conocidos en la técnica para producir propulsores multicapa requieren equipos industriales complejos, tales como una prensa de pistón o una extrusora de husillo para extruir la capa exacta. Este equipo requiere el uso de una cantidad significativa de espacio y energía. Como resultado, es costoso de operar y a menudo difícil de obtener resultados satisfactorios. Además, otros rasgos y características deseables del objeto de la invención se harán evidentes a partir de la descripción detallada posterior del objeto de la invención y las reivindicaciones adjuntas, tomadas en conjunto con los dibujos adjuntos y estos antecedentes del objeto de la invención.

BREVE RESUMEN

Se proporciona un método de fabricación de propulsores multicapa que implica la etapa de extruir una primera capa de un material propulsor usando maquinaria convencional tal como una prensa de pistón o una extrusora de husillo, extruyéndose la primera capa de modo que la primera capa tenga un interior hueco. Otra etapa del método es inyectar una capa de un material propulsor de menor viscosidad dentro del interior hueco por una presión diferencial para formar un propulsor que tenga al menos dos capas donde las dos capas tienen diferentes velocidades de combustión. La inyección del material propulsor de menor viscosidad dentro del interior hueco de la primera capa se puede realizar sustancialmente al mismo tiempo que se extruye la primera capa.

Según un aspecto de la divulgación, se proporciona un método de fabricación de un grano propulsor multicapa que comprende las etapas de proporcionar una primera formulación de propulsor; proporcionar una boquilla configurada para proporcionar una estructura que tiene una cubierta externa y un interior hueco cuando se extruye material a su través; extruir la primera formulación de propulsor a través de dicha boquilla para producir una primera capa de propulsor que tiene una cubierta externa que define un interior hueco en forma de un pasaje que tiene extremos abiertos; proporcionar una segunda formulación de propulsor, siendo dicha segunda formulación de propulsor de baja viscosidad; inyectar dicha segunda formulación de propulsor en dicho pasaje definido por dicha primera capa de propulsor para formar una segunda capa de propulsor dispuesta en dicho pasaje; y endurecer dicha segunda capa de propulsor, donde las primera y segunda capas de propulsor tienen diferentes velocidades de combustión.

Este breve resumen se proporciona para presentar una selección de conceptos en una forma simplificada que se describe más adelante en la descripción detallada. Este resumen no pretende identificar características clave o características esenciales del objeto reivindicado, ni pretende ser usada como ayuda para determinar el alcance del objeto reivindicado.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente divulgación se describirá a continuación junto con las siguientes figuras de dibujos, en las que números similares denotan elementos similares, y en los que:

La figura 1 es una vista en perspectiva de un grano propulsor extruido de la presente divulgación;

La figura 2 es una vista en perspectiva del equipo usado para un proceso de extrusión de la presente divulgación;

La figura 3 es una vista en despiece ordenado de la boquilla de extrusión de la presente divulgación;

La figura 4 es una segunda vista en despiece ordenado de la boquilla de extrusión de la presente divulgación;

La figura 5 es una sección transversal de una boquilla de extrusión modificada de la presente divulgación;

La figura 6 es una vista en perspectiva de una pluralidad de cadenas de propulsor producidas mediante el método de la presente divulgación;

La figura 7 es una vista frontal de una realización alternativa de un grano propulsor multicapa producido mediante el método de la presente divulgación;

La figura 8 es una vista frontal de una segunda realización alternativa de un grano propulsor multicapa producido mediante el método de la presente divulgación; y

La figura 9 es una vista frontal de una tercera realización alternativa de un grano propulsor multicapa producido mediante el método de la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La presente divulgación se refiere a un método de producción de granos propulsores multicapa. Como apreciará un experto en la materia, se logra un rendimiento optimizado para un propulsor multicapa donde se obtiene una presión operativa máxima tras la combustión de una primera capa seguida de un segundo pico de presión operativa máxima a la presión operativa máxima generada por la posterior combustión de una segunda capa que tiene una velocidad de combustión más rápida que la de la primera capa. Una característica del rendimiento optimizado puede ser una mejor progresividad de combustión. La energía transferida a movimiento del proyectil se optimiza por la presión

máxima mantenida durante un período de tiempo más largo en el cañón. La producción de granos propulsores multicapa a través de técnicas de coextrusión puede conducir a un aumento de la velocidad inicial y otros resultados, tales como el coeficiente de temperatura plano donde el propulsor generará la misma energía inicial a temperatura fría y caliente; e insensibilidad o disminución de la erosión del cañón.

El método de la presente divulgación simplifica la configuración necesaria para producir propulsores multicapa mediante el uso de equipos industriales, lo que ahorra más energía y espacio que la maquinaria que se emplea convencionalmente para dichos procesos. El proceso de la presente divulgación incluye la etapa de extruir una primera capa de una formulación de propulsor usando maquinaria convencional tal como una prensa de pistón o una extrusora de husillo. La primera capa se extruye para generar una forma preferentemente alargada que define un pasaje hueco. El método incluye una etapa de inyectar una segunda capa de una formulación de propulsor de menor viscosidad dentro del pasaje definido por la primera capa. Según la invención, esto se consigue mediante una presión diferencial. La etapa de inyectar la segunda capa de menor viscosidad se realiza sustancialmente al mismo tiempo que se extruye la primera capa. La inyección de la segunda capa se realiza por varios medios, incluidas bombas, recipientes presurizados, prensas de pistón o extrusoras de husillo pequeño. Estos tipos de equipos requieren menos potencia y generalmente son más pequeños que los equipos necesarios para extruir los propulsores convencionales. Por lo tanto, se requiere espacio e infraestructura limitados para actualizar los procesos de producción existentes y los equipos asociados con esta metodología. La capa de propulsor de baja viscosidad inyectada mediante el método de la presente divulgación se endurece posteriormente mediante uno de varios medios posibles, que incluyen enfriamiento, aplicación de calor, secado o polimerización, como se analiza con mayor detalle a continuación.

El método de la presente divulgación implica la provisión de una primera formulación de propulsor. La primera formulación de propulsor es, preferentemente, una formulación de propulsor de combustión relativamente lenta. Una formulación de propulsor de combustión lenta puede considerarse como una formulación conocida en la técnica que comprende, pero no se limita a, un propulsor de base simple, doble, triple o múltiple o un propulsor de LOVA (munición de baja vulnerabilidad) que tiene una velocidad de combustión lineal que puede variar dependiendo de la aplicación. La formulación de propulsor de combustión lenta preferentemente tiene una velocidad de combustión en el intervalo de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 0,3 metros por segundo a 200 MPa. Un ejemplo de una formulación de propulsor de combustión relativamente lenta aceptable es un 55 % de nitrocelulosa y un 45 % de trinitrato de trimetiloletano.

El método de la presente divulgación también implica la provisión de una segunda formulación de propulsor. La segunda formulación de propulsor es, preferentemente, una formulación de propulsor de combustión relativamente rápida donde la velocidad de combustión es, preferentemente, de aproximadamente 1,5 a aproximadamente 5 veces más rápida que la formulación de propulsor de combustión lenta. El propulsor de combustión rápida tiene, preferentemente, una velocidad de combustión de aproximadamente 0,15 a aproximadamente 1 metro por segundo a 200 MPa. Un ejemplo de una formulación de propulsor de combustión relativamente rápida aceptable es un 26 % de GAP (polímero de glicidil azida), un 39 % de TMETN (trinitrato de trimetiloletano) y un 35 % de RDX (ciclotrimetileno-trinitramina).

Antes de la etapa de extrusión descrita a continuación, se procesa la primera formulación de propulsor. La etapa de procesamiento puede llevarse a cabo mediante varios métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, el procesamiento puede llevarse a cabo usando, pero sin limitarse a, extrusión de doble husillo o procesamiento de molino de doble rodillo que comprende laminar una masa de propulsor entre dos rodillos calentados para efectuar la mezcla e insertar la masa en una prensa de pistón para extrusión. Un método de procesamiento preferido es a través de un mezclador por lotes donde los ingredientes de la primera formulación de propulsor se mezclan con una mezcla de disolventes seleccionados del grupo que consiste en un alcanol inferior, un éter alifático de C_2-C_6, acetona, un acetato de alquilo inferior y mezclas de los mismos, se calientan y posteriormente se enfrían mientras se evapora una gran concentración de disolventes. La elección de los disolventes dependerá de las características deseadas de la masa de propulsor, por ejemplo, se puede usar acetato de etilo cuando los ingredientes del propulsor son solubles en acetona, y se puede usar éter dietílico para una etapa de secado por calor más rápida. Más preferentemente, el disolvente es una mezcla 50/50 de alcohol etílico y acetona. La primera formulación de propulsor puede estar, preferentemente, en forma de una pasta u otras formas tales como un gel después del procesamiento. Una vez que la pasta está lista, preferentemente se conforma en cilindros para facilitar la extrusión.

El método de la presente divulgación incluye la etapa de extruir la primera formulación de propulsor a través de una boquilla para producir una estructura alargada que tiene una cubierta externa y que define un interior hueco que forma un pasaje desde un primer extremo abierto de la estructura hasta un segundo extremo abierto. En la figura 1 se muestra un grano propulsor multicapa preferido producido mediante el proceso de la presente divulgación. El grano propulsor multicapa 2 comprende una primera capa 4 que tiene una cubierta externa 12. Preferentemente, la primera capa 4 tiene la forma de un tubo hueco que define un pasaje 6. Se pueden usar muchas boquillas conocidas en la técnica para extruir la primera formulación de propulsor. Dichas boquillas se pueden usar en extrusoras de pistón y extrusoras de doble husillo, entre otras conocidas en la técnica. Como se analiza en mayor detalle a continuación, se inyecta una segunda formulación de propulsor 8 en el pasaje 6 para formar el grano propulsor multicapa 2. El grano propulsor multicapa 2 tiene, preferentemente, un diámetro de aproximadamente 2 mm a

aproximadamente 10 mm. Sin embargo, la divulgación no está limitada a este intervalo de diámetro. El diámetro depende del calibre de la munición para la que se usará. Por ejemplo, para un sistema de cañón GAU8 de 30 mm, sería apropiado un diámetro de aproximadamente 3 mm. Para un obús de 120 mm, sería apropiado un diámetro de aproximadamente 8 mm.

Se proporciona la segunda formulación de propulsor que se procesa de modo que tenga una baja viscosidad a su temperatura y condiciones de extrusión. Para los fines de la presente divulgación, una formulación de baja viscosidad es una formulación que tiene una viscosidad que está en el intervalo de aproximadamente 0 a aproximadamente 2000 Pascal · segundo a su temperatura y condiciones de extrusión. Preferentemente, la viscosidad está en el intervalo de aproximadamente 0 a aproximadamente 500 Pascal · segundo a su temperatura y condiciones de extrusión. Más preferentemente, la viscosidad está en el intervalo de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 200 Pascal · segundo a su temperatura y condiciones de extrusión. Y de la manera más preferente, la viscosidad está en el intervalo de aproximadamente 5 a aproximadamente 50 Pascal · segundo a su temperatura y condiciones de extrusión. La segunda formulación de propulsor de baja viscosidad se puede proporcionar en varias formas, incluso en forma de una pasta, un gel o un líquido.

La segunda formulación de propulsor puede procesarse antes de la etapa de inyección descrita a continuación de acuerdo con varios métodos conocidos en la técnica. La segunda formulación de propulsor se puede mezclar, por ejemplo, en un mezclador planetario, un mezclador helicoidal vertical, en un depósito equipado con un impulsor, un cañón giratorio, un agitador de pintura, un mezclador de cuchillas sigma, un mezclador estático o un mezclador de bolsas. Según un método de procesamiento preferido, los ingredientes de la segunda formulación de propulsor se mezclan en un mezclador estático o planetario al vacío. El triacrilato de pentaeritritol (PETA) se puede añadir a la segunda formulación de propulsor minutos antes de la inyección, como se describe a continuación, y mezclarse exhaustivamente al vacío. Este producto químico comienza una reacción de polimerización con GAP. El tiempo de endurecimiento dependerá de la concentración de PETA en la mezcla, como se analiza adicionalmente a continuación.

El proceso incluye la etapa de inyectar la segunda formulación de propulsor en el pasaje definido por la primera capa de propulsor extruida para formar una segunda capa de propulsor dispuesta en el pasaje. Esta etapa se lleva a cabo de manera sustancialmente contemporánea con la etapa de extruir la primera capa de propulsor. La primera formulación de propulsor se inserta en la extrusora de prensa de pistón mientras que un recipiente que contiene la segunda formulación de propulsor se conecta, preferentemente, a la boquilla de extrusión a través del tubo 20 como se muestra en la figura 2. La segunda formulación de propulsor se puede introducir mediante presión neumática positiva, una pequeña prensa de pistón, una extrusora de husillo o una bomba, más preferentemente mediante una bomba de cavidad en el pasaje formado a través de la extrusión de la primera capa de propulsor a través del tubo 20.

La presión de la prensa de pistón aumenta hasta que la primera formulación de propulsor fluye al interior de la boquilla de extrusión. Se aumenta la presión de aire neumática en el recipiente que contiene la segunda formulación de propulsor hasta que el pasaje definido por la primera capa de propulsor se llena simultáneamente con la segunda formulación de propulsor.

Una boquilla de extrusión preferida 30 de la presente divulgación se muestra en las figuras 3 y 4. La boquilla 30 comprende un primer miembro de boquilla 31 que se conecta a un segundo miembro de boquilla 33. En realizaciones alternativas de la presente divulgación, la boquilla 30 puede comprender un único miembro de boquilla en el que el primer miembro 31 y el segundo miembro 33 están formados integralmente. El primer miembro de boquilla comprende múltiples pasajes 34 formados a su través. El primer miembro de boquilla 31 comprende además un tubo hueco 46 y un tubo receptor 54.

El segundo miembro de boquilla 33 comprende una abertura 38 como se muestra en la figura 3 que conduce al interior de un tubo 46 como se muestra en la figura 5. El tubo 46 forma un conducto 40 como se muestra en la figura 5. El segundo miembro de boquilla 33 comprende además un tubo hueco 44 que define un conducto. El tubo 44 tiene una abertura 42. El segundo miembro de boquilla 33 comprende además una abertura 50 como se muestra en la figura 4. El segundo miembro de boquilla define una cámara colectora 36 para recibir una cantidad de la primera formulación de propulsor desde los pasajes 34.

El primer miembro de boquilla 31 se recibe en el segundo miembro de boquilla 33. Cuando los dos miembros de boquilla están conectados, el tubo 46 se recibe en el pasaje 40 a través de la abertura 38. El tubo receptor 54 se recibe en el tubo 44 a través de la abertura 50 para formar un pasaje continuo con él.

Un método preferido para llevar a cabo la extrusión sustancialmente simultánea de la primera formulación de propulsor y la inyección de la segunda formulación de propulsor se lleva a cabo usando la boquilla de extrusión 30, cuya sección transversal se muestra en la figura 5. La boquilla de extrusión se muestra como instalada en la prensa de pistón 52. La boquilla de extrusión 30 define una pluralidad de primeras aberturas 32 para recibir la primera formulación de propulsor desde la prensa de pistón como se describió anteriormente. La pluralidad de aberturas 32 se conecta a los conductos 34 que suministran la primera formulación de propulsor a la abertura 38 a través de la cámara colectora 36. La boquilla 30 está configurada para crear una abertura en el material extruido que define un

pasaje alargado a medida que el material de la primera formulación de propulsor se mueve a través del conducto 40 y sobre el tubo 46 después de haber pasado a través de la abertura 38 dado que el tubo 46 está ubicado en el conducto 40.

La segunda formulación de propulsor se recibe en la abertura 42 desde el recipiente que contiene la segunda formulación de propulsor. La segunda formulación de propulsor se bombea al conducto 44 y posteriormente a través del tubo receptor 54 y posteriormente al tubo 46 que está conectado al tubo receptor 54 a través de un conducto 58. El conducto 58 conecta el tubo 54 al tubo 46 a través de un orificio perforado en el primer miembro de boquilla 31. Este orificio se tapa posteriormente para formar un conducto. El tubo 46 se sitúa de modo que la primera formulación de propulsor fluya alrededor del tubo 46 después de pasar a través de la abertura 38. El tubo 46 se hace coincidir efectivamente con la abertura creada en la primera capa de propulsor a medida que la primera formulación de propulsor pasa a través de la abertura 38 al conducto 40. El conducto 40 tiene una abertura terminal 50 y el tubo 44 tiene una abertura terminal 52 de modo que cuando la primera formulación de propulsor sale de la abertura 50 y la segunda formulación de propulsor sale de la abertura 52, se forma una cadena de propulsor 60 como se muestra en la figura 6. El propulsor comprende una capa externa 4 que es la primera capa de propulsor y una capa interna 8 que es la segunda capa de propulsor.

Inmediatamente después de la inyección de la segunda capa de propulsor en la primera capa de propulsor, la segunda capa de propulsor se encuentra en un estado de baja viscosidad. La segunda capa de propulsor se endurece posteriormente. Preferentemente, la segunda capa de propulsor se endurece a un nivel de viscosidad que evita el flujo no deseado de la segunda capa de propulsor.

El endurecimiento de la segunda capa de propulsor de baja viscosidad se lleva a cabo de acuerdo con cualquiera de varios métodos conocidos en la técnica.

Según un método de este tipo, la segunda formulación de propulsor de baja viscosidad se ablanda con un disolvente antes de la inyección. Este disolvente puede ser alcohol, acetona, éter, acetato de etilo, n-heptanos, metanol, cloruro de etilo o cualquier disolvente compatible con los ingredientes usados en la formulación. El disolvente se elimina por evaporación después de que se inyecta la segunda formulación de propulsor. Esto evita el flujo de la segunda formulación de propulsor inyectada.

Por ejemplo, una segunda formulación de propulsor compuesta por una gran cantidad de material energético sólido como un propulsor a base de nitramina se mezcla con un aglutinante de nitrocelulosa y un plastificante energético. La mezcla se ablanda con una mezcla de acetato de etilo y alcohol. La segunda capa de propulsor inyectada se seca posteriormente en agua caliente o con una circulación de aire caliente.

Como alternativa, cuando la segunda formulación de propulsor se ablanda aplicando calor antes de la inyección, puede endurecerse mediante enfriamiento posterior. Por ejemplo, una segunda formulación de propulsor altamente plastificada que es una base doble compuesta por nitrocelulosa y nitroglicerina puede calentarse a aproximadamente 95 °C. Posteriormente, la mezcla se puede inyectar a través de una prensa de husillo en la primera capa de propulsor. El endurecimiento ocurrirá mientras se enfría la segunda formulación de propulsor.

Otra alternativa para endurecer la segunda capa de propulsor es el calentamiento. Algunos materiales, como ciertos tipos de nitrocelulosa, se endurecen aplicando calor durante un período de tiempo. Los ingredientes de la segunda formulación de propulsor se mezclan y se inyectan en la primera capa de propulsor y posteriormente el propulsor multicapa se calienta para endurecer la segunda formulación de propulsor inyectada.

Otra alternativa más para la etapa de endurecimiento es el uso de un agente endurecedor. Se puede añadir un agente endurecedor a la segunda formulación de propulsor inyectada antes de dar forma al propulsor. Este agente reaccionará con uno de los ingredientes para endurecerse en condiciones específicas de tiempo y temperatura. Este agente endurecedor puede reticular, catalizar una reacción de o polimerizar la formulación inyectada.

El propulsor resultante tiene una capa externa que es la primera capa de propulsor de combustión lenta y una capa interna que es la segunda capa de propulsor de combustión rápida como se muestra en la figura 1. La figura 4 muestra una pluralidad de cadenas 60 de propulsor producidas mediante el método de la presente divulgación que se han estirado y secado después del endurecimiento de la segunda capa de propulsor.

El propulsor se utiliza para impulsar sistemas de propulsión para munición convencional de todos los calibres. Sin estar limitado por la teoría, la combustión de la primera capa de propulsor crea presión en el tubo del arma de fuego para acelerar los proyectiles. La combustión posterior de la segunda capa de propulsor de combustión más rápida mantiene la presión a medida que aumenta el volumen, lo que aumenta el rendimiento del propulsor.

El método de la presente divulgación también se puede emplear para producir granos propulsores multicapa que tienen geometrías más complejas. Por ejemplo, se puede añadir una perforación 66 en el centro del grano propulsor como se muestra en la figura 7. La maquinaria descrita en el presente documento puede extruir una capa externa 62 y una capa interna 64 de una formulación de propulsor de combustión lenta que rodea la perforación 66 mientras que una segunda formulación de propulsor de combustión rápida 68 se inyecta en una sección anular central.

En la figura 8 se muestra otra realización de un grano propulsor que se puede producir según el método de la presente divulgación. Este grano propulsor tiene una geometría coextruida de siete perforaciones. Este tipo de geometría optimiza la progresividad geométrica. La maquinaria descrita en el presente documento puede extruir una capa externa 72 y capas internas 74 de una formulación de propulsor de combustión lenta, que rodean cada una, una perforación 76, mientras que una segunda formulación de propulsor de combustión rápida 78 se inyecta en una sección central entre las perforaciones 76.

Se pueden extruir varias capas con diferentes velocidades de combustión para aumentar la progresividad y la densidad de energía. La figura 9 muestra un ejemplo de dicha geometría. El grano propulsor mostrado tiene una primera capa de propulsor 80, una segunda capa de propulsor 82 y una tercera capa de propulsor 84. Cada una de estas capas de propulsor tiene una velocidad de combustión diferente.

EJEMPLO ILUSTRATIVO

La presente divulgación se ilustra ahora mediante el siguiente ejemplo no limitante. Cabe señalar que se pueden aplicar diversos cambios y modificaciones al siguiente ejemplo y procesos sin apartarse del alcance de esta divulgación, que se define en las reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que el siguiente ejemplo debe interpretarse solo como ilustrativo y no limitante en ningún sentido.

Se proporciona el siguiente ejemplo no limitante.

Se proporciona un propulsor compuesto por dos cilindros concéntricos como se muestra en la figura 1. La primera capa de propulsor de combustión lenta está compuesta por un 55 % de nitrocelulosa y un 45 % de trinitrato de trimetiloletano (TMETN). Tiene forma de tubo y se llena con una segunda formulación de propulsor de combustión rápida que contiene un 26 % de GAP, un 39 % de TMETN y un 35 % de RDX.

La formulación del primer propulsor de combustión lenta se procesa a través de un mezclador por lotes donde los ingredientes se mezclan con una mezcla de alcohol y acetona, se calientan y posteriormente se enfrían mientras se evapora una gran concentración de disolventes. Una vez que la masa está lista, se conforma en cilindros para facilitar la extrusión. Mientras tanto, los ingredientes de la formulación del segundo propulsor de combustión rápida se mezclan en un mezclador estático o planetario al vacío.

Se añade triacrilato de pentaeritritol (PETA) a la formulación del segundo propulsor de combustión rápida minutos antes de la extrusión y se mezcla completamente al vacío. Este producto químico comienza una reacción de polimerización con GAP. El tiempo de endurecimiento depende de la concentración de PETA en la mezcla.

La primera pasta de formulación de propulsor de combustión lenta se inserta posteriormente en la extrusora de prensa de pistón mientras el mezclador estático que contiene la formulación rápida se conecta a la boquilla de extrusión.

Desde una ubicación remota, la presión de la prensa de pistón se incrementa hasta que la pasta de primera formulación de propulsor de combustión lenta comienza a fluir en la boquilla de extrusión. Finalmente, se aumenta una presión de aire neumática en el recipiente mezclador estático hasta que un pasaje, formado en la pasta de primera formulación de propulsor de combustión lenta por la boquilla tras la extrusión, se llena simultáneamente mediante inyección de la segunda formulación de propulsor de combustión rápida.

El alcance de las reivindicaciones no debe estar limitado por las realizaciones preferidas establecidas en la descripción y los ejemplos, sino que debe tener la interpretación más amplia coherente con la descripción en su conjunto.

Además, aunque se ha presentado al menos una realización ejemplar en la descripción detallada anterior de la divulgación, debe apreciarse que existen gran cantidad de variaciones. También debe apreciarse que la realización ejemplar o las realizaciones ejemplares son solo ejemplos, y no pretenden limitar el alcance, la aplicabilidad o la configuración de la divulgación de ninguna manera. Más bien, la descripción detallada anterior proporcionará a los expertos en la materia una hoja de ruta conveniente para implementar una realización ejemplar de la divulgación, entendiéndose que se pueden realizar diversos cambios en la función y disposición de los elementos descritos en una realización ejemplar sin apartarse del alcance establecido en las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes legales.

REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricación de un grano propulsor multicapa (2) que comprende las siguientes etapas:

proporcionar una primera formulación de propulsor en forma de pasta;

proporcionar una boquilla (30) configurada para proporcionar una estructura que tiene una cubierta externa (12) y un interior hueco cuando se extruye material a su través, comprendiendo la boquilla múltiples pasajes formados a su través;

extruir la primera formulación de propulsor a través de dicha boquilla usando una prensa de pistón o una extrusora de husillo, para producir una primera capa de propulsor que tiene una cubierta externa que define un interior hueco en forma de un pasaje (6, 34, 40) que tiene extremos abiertos;

proporcionar una segunda formulación de propulsor en forma de un líquido o gel, siendo dicha segunda formulación de propulsor de menor viscosidad en comparación con la primera formulación de propulsor;

inyectar dicha segunda formulación de propulsor en dicho pasaje definido por dicha primera capa de propulsor para formar una segunda capa de propulsor dispuesta en dicho pasaje,

donde dicha inyección de dicha segunda formulación de propulsor se realiza sustancialmente al mismo tiempo que dicha extrusión de dicha primera formulación de propulsor y se realiza a través de un medio de presión diferencial que incluye bombas, recipientes presurizados, prensa de pistón o extrusoras de husillo pequeño; y

endurecer dicha segunda capa de propulsor,

donde las primera y segunda capas de propulsor tienen diferentes velocidades de combustión.

2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la viscosidad de dicha segunda formulación de propulsor está en el intervalo de aproximadamente 0 a aproximadamente 2000 Pascal · segundo.

3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la primera capa de propulsor tiene forma de tubo.

4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el grano propulsor producido está compuesto por dos cilindros concéntricos.

5. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

i) la primera capa de propulsor es una capa de combustión lenta compuesta por aproximadamente el 55 % de nitrocelulosa y aproximadamente el 45% de trinitrato de trimetiloletano (TMETN); o

ii) la primera capa de propulsor tiene una velocidad de combustión de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 0,3 metros por segundo a 200 MPa.

6. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 en el que:

i) la segunda capa de propulsor es una capa de combustión rápida compuesta por aproximadamente el 26 % de GAP, aproximadamente el 39 % de TMETN y aproximadamente el 35 % de RDX; o

ii) la segunda capa de propulsor tiene una velocidad de combustión de aproximadamente 0,15 a aproximadamente 1 metro por segundo a 200 MPa.

7. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende las etapas de ablandar dicha segunda formulación de propulsor con un disolvente antes de inyectar dicha segunda formulación de propulsor en dicho pasaje y eliminar dicho disolvente por evaporación después de dicha segunda formulación de propulsor en dicho pasaje para endurecer dicha segunda capa de propulsor.

8. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende las etapas de calentar dicha segunda formulación de propulsor antes de inyectar dicha segunda formulación de propulsor en dicho pasaje y enfriar después dicha segunda formulación de propulsor después de inyectar dicha segunda formulación de propulsor para endurecer dicha segunda capa de propulsor.

9. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de endurecer dicha segunda capa de propulsor se lleva a cabo:

- calentando dicha segunda capa de propulsor; o
- añadiendo un agente endurecedor a la segunda capa de propulsor.

10. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las etapas de extruir la primera formulación de propulsor e inyectar dicha segunda formulación de propulsor en dicho canal se llevan a cabo simultáneamente.

11. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de extrusión se lleva a cabo insertando la primera formulación de propulsor en una extrusora de prensa de pistón y aumentando la presión de la prensa de pistón hasta que el primer propulsor fluya al interior de la boquilla.

12. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de inyección se lleva a cabo aplicando presión de aire neumática a dicha segunda formulación de propulsor.

13. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el boquilla comprende primer y segundo miembros de boquilla, pudiendo el primer miembro de boquilla ser recibido en el segundo miembro de boquilla, definiendo el primer miembro de boquilla un primer canal formado a su través para recibir la primera formulación de propulsor, incluyendo el primer miembro de boquilla además un tubo separado de dicho pasaje para recibir dicha segunda formulación de propulsor, definiendo el segundo miembro de boquilla un segundo canal para recibir la primera formulación de propulsor suministrada a través de dicho primer canal y para recibir dicho tubo, definiendo dicho segundo miembro de boquilla una abertura terminal para suministrar la primera formulación de propulsor desde el pasaje y la segunda formulación de propulsor desde el tubo donde la segunda formulación de propulsor se inyecta en el pasaje definido por dicha primera capa de propulsor.

Fig. 1

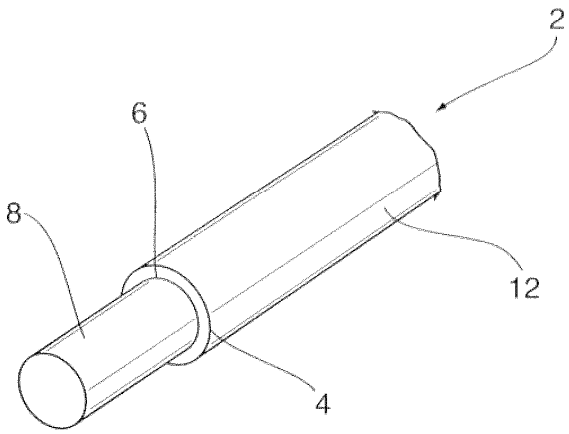

Fig. 2

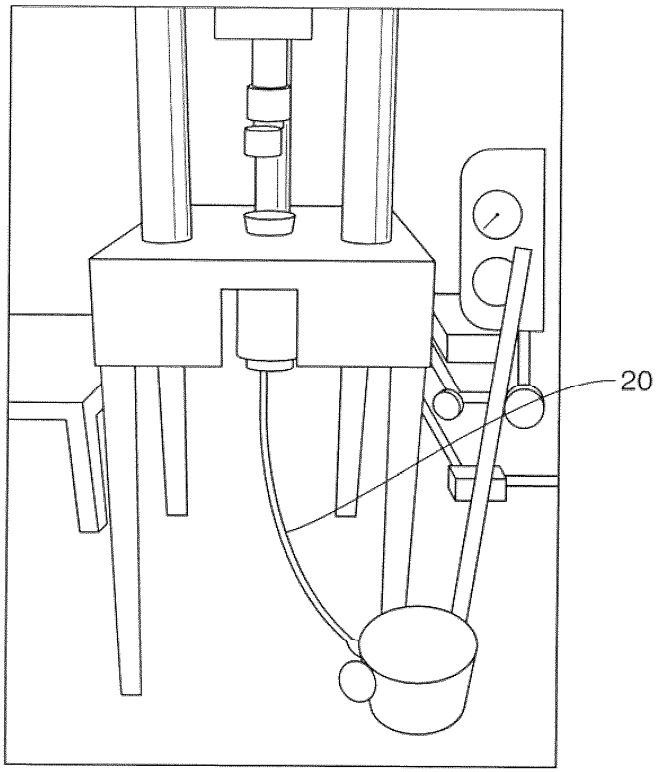

Fig. 3

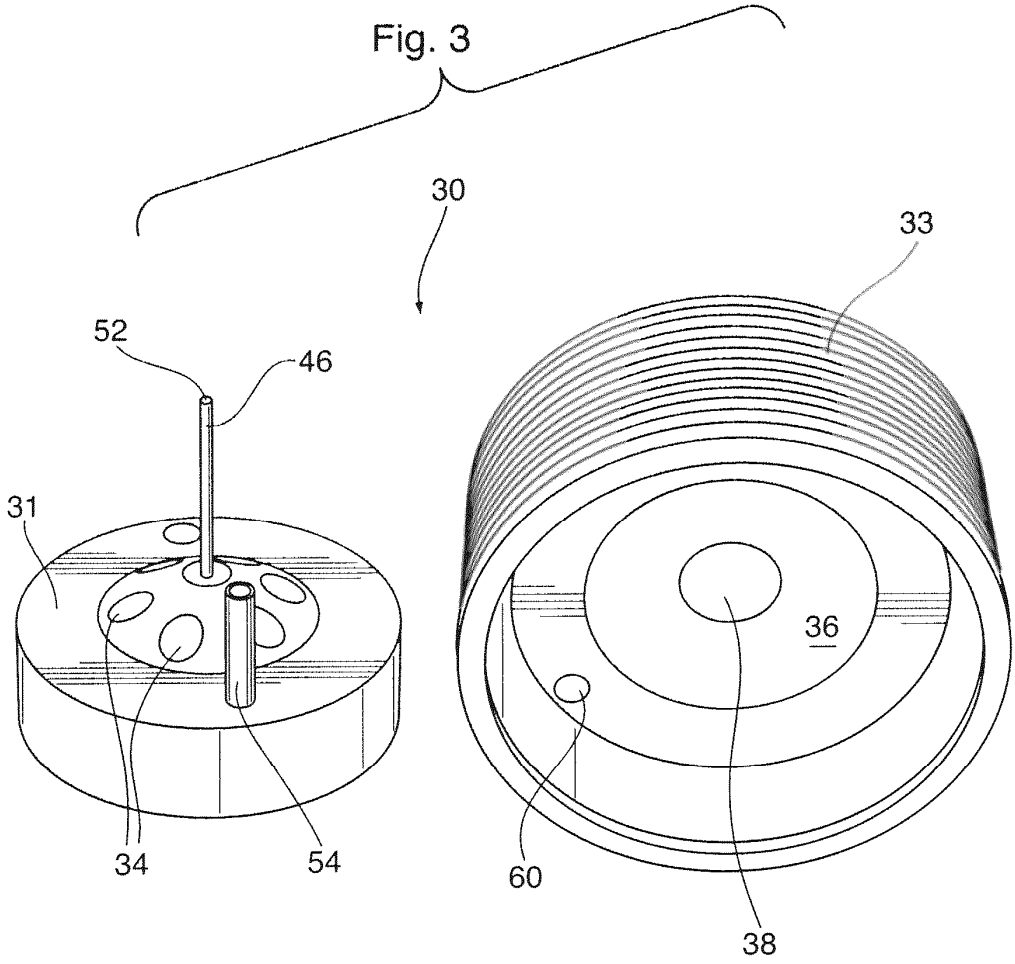

Fig. 4

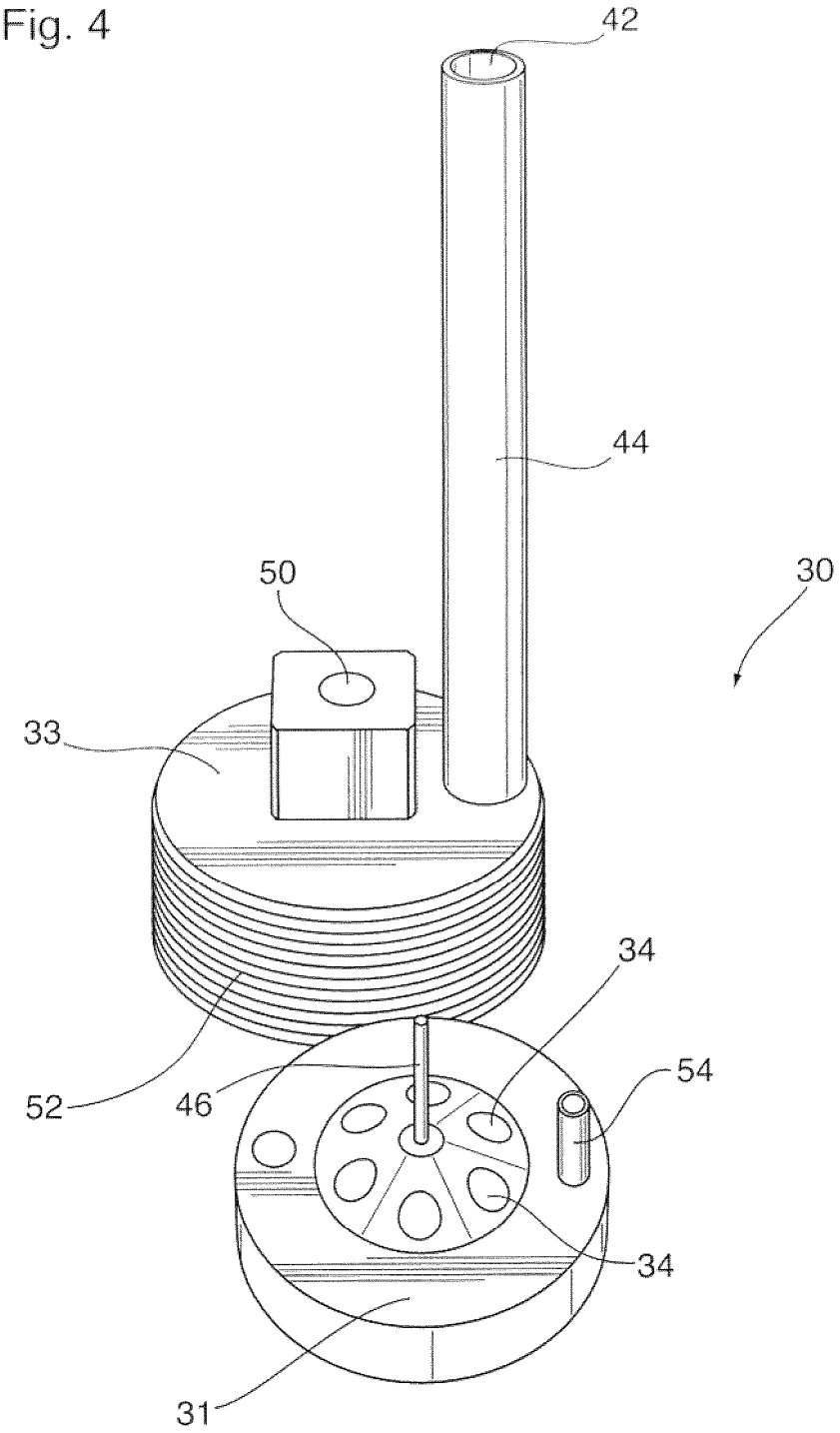

Fig. 5

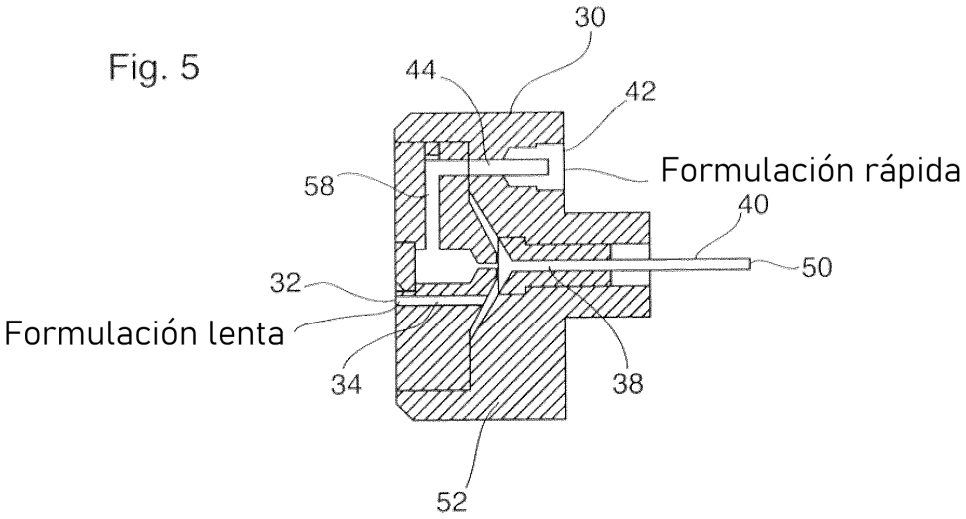
30
44
42
Formulación rápida
58
40
50
32
Formulación lenta
34
38
52

Fig. 6

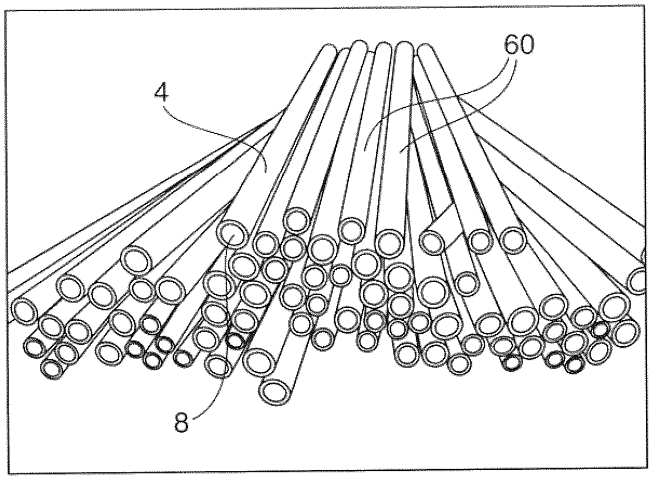
60
4
8

Fig. 7

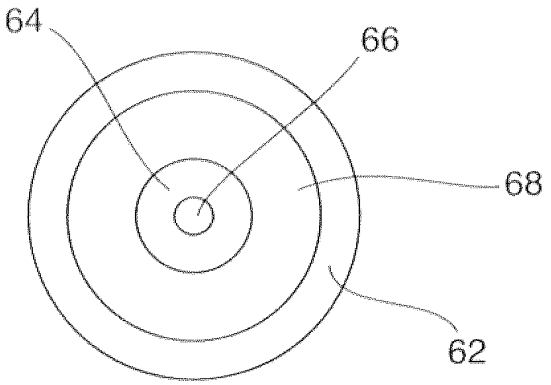

Fig. 8

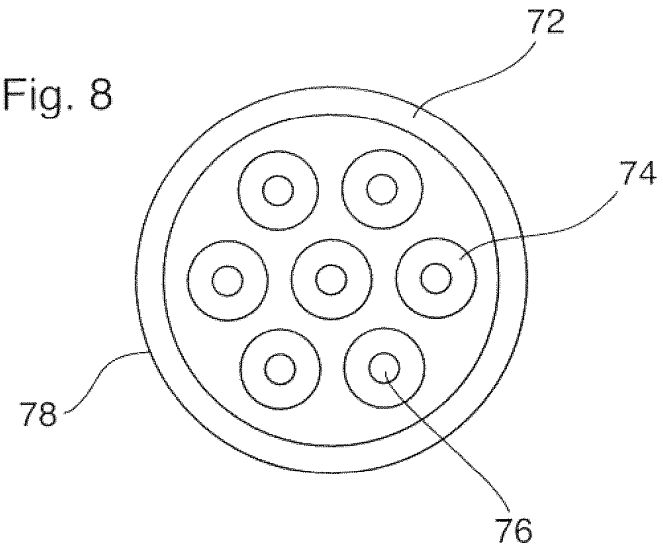
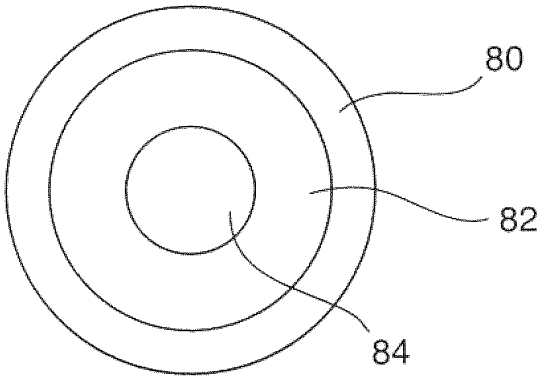
Fig. 9