

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 893 204**

51 Int. Cl.:

F42B 5/16 (2006.01)

C06B 45/00 (2006.01)

C06B 45/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.03.2017 PCT/NL2017/050175**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.09.2017 WO17164732**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2017 E 17715828 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.07.2021 EP 3433566**

54 Título: **Carga o grano propulsor**

30 Prioridad:

22.03.2016 EP 16161643

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

08.02.2022

73 Titular/es:

**NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR
TOEGEPAST- NATUURWETENSCHAPPELIJK
ONDERZOEK TNO (100.0%)**

**Anna van Buerenplein 1
2595 DA 's-Gravenhage, NL**

72 Inventor/es:

**STRAATHOF, MICHIEL HANNES y
VAN DRIEL, CHRISTOFFEL ADRIANUS**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 893 204 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

Carga o grano propulsor

5 La invención está dirigida a una carga o grano propulsor y al uso de dicha carga o grano propulsor.

10 Las cargas propulsoras se utilizan en pirotecnia y balística para acelerar un pistón o un proyectil. Normalmente, la carga propulsora se enciende mediante un cebador, que es una pequeña cantidad de explosivo sensible. Los gases producidos por la combustión de la carga propulsora provocan una rápida acumulación de presión. Cuando se alcanza una cierta presión, el proyectil comienza a moverse, lo que provoca un aumento en el volumen de la cámara. Después de que se alcanza un máximo de presión, típicamente la presión disminuye con relativa rapidez debido a la expansión del volumen de la cámara.

15 Una carga propulsora es una cantidad de material energético relativamente insensible pero potente que impulsa el proyectil fuera del cañón del arma. Se utilizan varios tipos de cargas propulsoras que tienen diferentes composiciones y geometrías para diferentes aplicaciones y propósitos.

20 Los propulsores utilizados son típicamente sólidos. Los ejemplos de propulsores que se utilizan en la actualidad incluyen pólvora para armas, incluidos polvos sin humo. Los polvos sin humo se pueden considerar clasificados como polvos de base única o de base múltiple. Los polvos convencionales sin humo consisten principalmente en nitrocelulosa. Los procesos de producción típicos incluyen el secado de nitrocelulosa humedecida con agua, mezclar y amasar con éter y alcohol y otros componentes, presionar la masa propulsora a través de una boquilla, cortar la hebra obtenida en granos propulsores y secar estos granos. Aunque se llaman polvos, no están en forma de polvo, sino en forma de gránulos.

25 En los propulsores de base única, la nitrocelulosa es el principal material energético presente. Se añaden otros ingredientes y aditivos para obtener la forma adecuada, las características de combustión deseadas y la estabilidad.

30 Los propulsores de bases múltiples se pueden dividir en propulsores de base doble y de base triple, los cuales contienen típicamente nitroglicerina para facilitar la disolución de la nitrocelulosa y mejorar sus cualidades energéticas. La nitroglicerina también aumenta la sensibilidad, la temperatura de la llama, la velocidad de combustión y la tendencia a detonar. La temperatura más alta de la llama sirve para disminuir el humo y los residuos, pero aumenta el destello y la erosión del cañón del arma.

35 Los propulsores de base triple son propulsores de base doble con la adición de nitroguanidina para reducir la temperatura de la llama, lo que produce menos erosión y destello del tubo. El mayor inconveniente es el suministro limitado de la materia prima nitroguanidina.

40 En los propulsores de base múltiple, los múltiples ingredientes se distribuyen uniformemente en la carga propulsora y en el material de cada grano.

45 Una vez que se consigue la ignición, es deseable que el propulsor se queme de forma controlada desde la superficie de la carga propulsora hacia el interior. Como el propulsor se enciende inicialmente y se generan gases, el proyectil está en reposo o se mueve relativamente lento. Por lo tanto, los gases se generan más rápido que el volumen de la cámara. Como resultado de esto, la presión experimentada aumenta. A medida que se acelera el proyectil, el volumen de la cámara aumenta a una velocidad que finalmente supera la velocidad de generación de gas por la combustión del material propulsor. La transición corresponde al punto de máxima presión en la cámara de combustión. A partir de entonces, la presión disminuye a medida que el proyectil continúa acelerándose, aumentando así el volumen de la cámara a un ritmo más rápido que el aumento de volumen de los gases que se generan por la combustión del propulsor.

50 Los propulsores sólidos están diseñados para producir un gran volumen de gases a una velocidad controlada. Los cañones de las armas y algunos casquillos de los cohetes están diseñados para soportar una presión de gas máxima fija. La presión generada puede limitarse a este valor máximo controlando la velocidad de combustión del propulsor. En la técnica, la velocidad de combustión se controla variando los siguientes factores:

(1) el tamaño y la forma del grano, incluidas las perforaciones,

60 (2) el grosor de la red o la cantidad de propulsor sólido entre las superficies en llamas; cuanto más gruesa es la red, mayor es el tiempo de combustión,

(3) la velocidad de combustión lineal, que depende de la presión del gas y la composición química del propulsor, incluidos los materiales volátiles, la materia inerte y la humedad presente.

65 Cuando un propulsor se quema en un espacio confinado, la velocidad de combustión aumenta a medida que aumentan tanto la temperatura como la presión. Dado que los propulsores se queman solo en las superficies expuestas, la

velocidad de desprendimiento de gas o los cambios de presión también dependerán del área de la superficie del propulsor encendida.

5 El uso de perforaciones en una carga propulsora para controlar la velocidad de combustión se conoce, por ejemplo, por el documento US-A-4 386 569. Esta patente se basa en la idea de que la velocidad de combustión del material propulsor, es decir, las características de combustión de la carga propulsora no solo dependen de las características físicas y químicas del propio material propulsor, sino que también dependen de la forma de la carga propulsora. En consecuencia, el documento US-A-4 386 569 describe un grano propulsor de forma generalmente cilíndrica que tiene una pluralidad de perforaciones longitudinales sustancialmente paralelas que se extienden a través del mismo, siendo las ubicaciones en sección transversal de dichas perforaciones tales que las distancias intersticiales entre perforaciones adyacentes son sustancialmente iguales y sustancialmente es igual a las distancias extrasticiales entre las perforaciones perimétricas y la superficie exterior de la pared de grano.

15 El documento US-A-5 524 544 describe una carga propulsora con una velocidad de combustión disuadida. La mayoría de los propulsores convencionales tienen una alta velocidad de combustión, mientras que inmediatamente después de la ignición es más deseable tener una menor velocidad de combustión. La forma convencional de crear un exterior con una velocidad de combustión más baja y un interior con una velocidad de combustión más alta es impregnar con un plastificante no energético. Sin embargo, esto tiene la desventaja de que, durante la vida útil del grano, el plastificante no energético puede migrar y mitigar así el efecto. El documento US-A-5 524 544 describe una posible solución para esta migración impregnando una carga propulsora con un disuasivo termoplástico celulósico. El propulsor particulado resultante tiene una parte exterior con un disuasivo termoplástico celulósico disperso gradualmente en el mismo. El elemento de disuasión en sí no es un material energético como se define en esta solicitud.

25 También el documento US-A-3 706 278 busca reducir la velocidad de combustión inicial de la carga propulsora para impartir un gradiente de velocidad de combustión para producir una alta velocidad de proyectil al tiempo que se evitan presiones de cámara excesivamente altas. En esta divulgación de patente, el programa de generación de gas de cargas propulsoras se regula proporcionando cargas propulsoras individuales con una película, capa o revestimiento polimérico. Los revestimientos poliméricos no comprenden materiales energéticos como se define en esta solicitud.

30 Los documentos US-A-3 166 612 y US-A-3 194 851 describen propulsores multicapa que contienen núcleos que tienen características de combustión diferentes de las características de combustión de las capas circundantes. Estos propulsores no tienen perforaciones.

35 El documento US-B-7 955 453 divulga un proceso para fabricar estructuras en gradiente, especialmente explosivos en gradiente.

40 Con los métodos de preparación convencionales (tales como extrusión), hasta ahora sólo se podían fabricar de forma económica cargas de geometrías limitadas. En consecuencia, el número de variables que podían manipularse para lograr un desempeño específico dado era limitado. Sería deseable encontrar métodos de preparación mejorados que permitan manipular más variables para crear una presión máxima prolongada.

El objeto de la presente invención es superar una o más de las desventajas de la técnica anterior.

45 Los inventores descubrieron que este objetivo puede cumplirse, al menos en parte, mediante una carga propulsora en la que se aplica un gradiente de materiales energéticos en múltiples direcciones. Los inventores encontraron además que las cargas propulsoras se pueden fabricar de forma adecuada con notables grados de libertad utilizando procesos de fabricación aditiva.

50 Por consiguiente, la invención se dirige a una carga o grano propulsor de acuerdo con la reivindicación 1.

55 El término "materiales energéticos", como se usa en esta solicitud, se refiere a cualquier sustancia o mezcla de sustancias que, a través de una reacción química, es capaz de liberar energía rápidamente. En el contexto de esta solicitud, un componente energético comprende combustible y oxidante. Normalmente, los materiales energéticos son sustancias o mezclas sólidas, líquidas o gaseosas que son capaces de reacciones químicas muy rápidas sin el uso de especies reactivas adicionales (por ejemplo, oxígeno). La reacción puede iniciarse mediante estímulos mecánicos, térmicos o de ondas de choque. Generalmente, los productos de reacción son gaseosos. Los componentes energéticos se pueden aplicar en explosivos, propulsores de cohetes y cañones, pirotecnia, generadores de gas, etc. Los componentes energéticos de la presente invención se distinguen de los propulsores sólidos utilizados en cohetes híbridos, que solo son capaces de una reacción química una vez que se ponen en contacto con el propulsor líquido (o gas) adicional que inicialmente se mantiene separado del propulsor sólido. Dichos propulsores para cohetes híbridos se conocen, por ejemplo, por los documentos US-A-2009/0 217 525 y US-A-2013/0 042 596.

65 El término "aglutinante energético", como se usa en esta solicitud, se refiere a un material aglutinante que además es capaz de liberar energía rápidamente.

El término “velocidad de combustión”, como se usa en esta solicitud, se refiere a la velocidad a la que una carga propulsora libera gas durante la combustión. La velocidad de combustión se mide comúnmente como la masa de composición pirotécnica consumida por unidad de tiempo, por ejemplo, g/s. El término “velocidad de combustión lineal”, como se usa en esta solicitud, por otro lado, se refiere a la distancia que la superficie de combustión de una composición pirotécnica avanza hacia adentro (perpendicular a la superficie de combustión) por unidad de tiempo. La velocidad de combustión lineal se informa comúnmente como distancia por unidad de tiempo, por ejemplo, mm/s.

El término “en capas”, como se usa en esta solicitud, se refiere a un producto que comprende dos o más capas identificables distintas en el mismo producto que tiene diferentes propiedades, en particular diferente velocidad de combustión lineal. Un producto en capas como se define en este documento se distingue de, por ejemplo, un producto que está impregnado. La impregnación de un material no da lugar a dos o más capas identificables distintas. Preferiblemente, las dos o más capas identificables distintas se obtienen mediante un proceso de fabricación aditiva en capas. Este puede ser cualquier proceso que dé como resultado un artículo tridimensional que incluye una etapa de formar secuencialmente la forma del artículo una capa a la vez.

El término “fabricación aditiva”, como se usa en esta solicitud, se refiere a un método para hacer un objeto sólido tridimensional a partir de un modelo digital. La fabricación aditiva se logra mediante un proceso aditivo, en el que se colocan capas sucesivas de material en diferentes formas. La fabricación aditiva a veces se conoce como “impresión 3D” o “fabricación de capas aditivas” (ALM). Más en particular, la fabricación aditiva es un grupo de procesos que se caracteriza por fabricar componentes tridimensionales mediante la construcción de capas (o cortes) bidimensionales sustancialmente capa por capa. Cada capa es generalmente muy delgada (por ejemplo, entre 20-100 μm) y muchas capas se forman en una secuencia con la forma bidimensional que varía en cada capa para proporcionar el perfil tridimensional final deseado. En contraste con los procesos de fabricación “sustractivos” tradicionales en los que el material se elimina para formar un perfil de componente deseado, los procesos de fabricación aditiva añaden material progresivamente para formar un componente final de forma neta o casi neta.

Ventajosamente, la invención permite regular mejor la combustión de la carga o grano propulsor para prolongar el período de presión máxima a la que se acelera el proyectil. Como resultado del período prolongado de presión máxima, el proyectil recibirá una velocidad más alta.

La carga propulsora o el grano se estratifican. De acuerdo con la invención, esto se consigue mediante técnicas de fabricación aditiva y distingue la carga o grano propulsor de la invención de las cargas o granos que están impregnados. Si bien la impregnación puede conducir a una cierta distribución de la velocidad de combustión, no produce una carga propulsora en capas o un grano. Las diferentes capas de impresión de un proceso de fabricación aditiva son identificables en el producto final, por ejemplo, mediante técnicas microscópicas.

Se pueden distinguir las capas de impresión de la carga o grano propulsor de la invención de las capas funcionales de la carga o grano propulsor. Las capas de impresión son las capas individuales mediante las cuales se fabrica la carga propulsora o el grano en la técnica de fabricación aditiva. Un producto fabricado mediante una técnica de fabricación aditiva es reconocible como tal bajo un microscopio. Cuando se examinan con un microscopio, las capas de impresión individuales son reconocibles en el producto, revelando así el método de fabricación. Tales productos en capas (en los que las capas de impresión son reconocibles bajo un microscopio) se distinguen por tanto de los productos fabricados mediante otras técnicas, tales como extrusión o inmersión en líquido. Las diferentes capas de impresión pueden tener típicamente un grosor de capa individual en el rango de 1-10 000 μm , preferiblemente 10-5000 μm , tal como 50-2000 μm , 100-1000 μm o 200-800 μm . Las capas funcionales son capas en la carga propulsora o el grano que se distinguen entre sí en propiedades funcionales, como una velocidad de combustión lineal diferente. Las capas funcionales pueden tener típicamente un espesor de capa individual en el rango de 100-50 000 μm , preferiblemente 200-30 000 μm , tal como 500-20 000 μm , 1000-10 000 μm o 2000-5000 μm . La carga propulsora o el grano de la invención se estratifican con capas que tienen un espesor de capa en el intervalo de 1-10 000 μm . Esto se refiere adecuadamente a las capas de impresión. Por lo tanto, la carga o grano propulsor comprende adecuadamente dos o más capas de impresión, cada una con un espesor de capa en el rango de 1-10 000 μm , preferiblemente 10-5000 μm , como 50-2000 μm , 100-1000 μm o 200 -800 μm .

Preferiblemente, los dos o más materiales energéticos que tienen diferente velocidad de combustión lineal están presentes en diferentes capas funcionales en la carga o grano propulsor de la invención. La carga propulsora o el grano puede, por ejemplo, comprender un núcleo y una o más capas funcionales separadas, tales como 2-10 capas funcionales, 2-8 capas funcionales o 2-6 capas funcionales, en donde dos o más de dichas capas funcionales se distinguen entre sí en una o más propiedades funcionales. Algunas de las capas pueden comprender materiales energéticos, mientras que otras pueden estar libres de materiales energéticos.

De acuerdo con la invención, la carga o grano propulsor comprende dos o más materiales energéticos con diferente velocidad de combustión lineal. Se conocen en la técnica muchos materiales energéticos diferentes, como los divulgados en J. Akhavan, *The Chemistry of Explosives*, The Royal Society of Chemistry, 2004, ISBN 0-85404-640-2 y JP Agrawal, *High Energy Materials - Propellants, Explosives and Pyrotechnics*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim, 2010, ISBN 978-3-527-32610-5, cuyas descripciones se incorporan completamente a la presente como referencia. Algunos ejemplos incluyen 2,4,6-trinitrotolueno (TNT), ciclo-1,3,5-trimetilen-2,4,6-trinitramina (RDX),

5 ciclotetrametilentanitrato (HMX), tetranitrato de pentaeritrol (PETN), 3-nitro-1,2,4-triazol-5-ona (NTO), nitroglicerina (NG), nitrocelulosa (13 % N) (NC), nitrato de amonio (AN), perclorato de amonio (AP), 2,4,6,8,10,12-(hexanitro-hexaaza) tetraciclododecano (CL20 o HNIW), 1,3,3-trinitroazetidina (TNAZ), octanitrocubane (ONC), 1,1-diamino-2,2-dinitroeteno (FOX-7) y dinitramida de amonio (ADN). La carga o grano propulsor de la invención puede comprender dos o más de estos materiales energéticos o mezclas de los mismos.

10 Cuando esta solicitud se refiere a dos o más materiales energéticos que tienen diferente velocidad de combustión lineal, esto no significa necesariamente que los materiales energéticos deban ser químicamente diferentes. También puede haber una diferencia en las propiedades físicas de los materiales energéticos que conduce a una diferencia en la velocidad de combustión lineal. Por ejemplo, también es posible que los dos o más materiales energéticos difieran en el tamaño de partícula promedio, siempre que esto dé como resultado una diferencia en la velocidad de combustión lineal de los materiales energéticos.

15 La carga o grano propulsor comprende dos o más materiales energéticos con diferente velocidad de combustión lineal, tales como 2-10, 2-8 o 2-6 materiales energéticos con diferente velocidad de combustión lineal. De forma adecuada, la carga propulsora o el grano pueden comprender tres o más materiales energéticos con diferente velocidad de combustión lineal, tales como 3-10, 3-8 o 3-6 materiales energéticos con diferente velocidad de combustión lineal.

20 La cantidad total de material energético en la carga o grano propulsor puede variar, pero típicamente es más del 30 % en peso total de la carga o grano propulsor, tal como 40-95 % o 45-90 %.

25 Los dos o más materiales energéticos con diferente velocidad de combustión lineal se distribuyen dentro de la carga o grano de manera que dos secciones transversales perpendiculares de dicha carga o grano propulsor tengan cada una al menos dos gradientes de velocidad de combustión lineales en direcciones no paralelas. Si la carga propulsora o el grano tiene un eje longitudinal, al menos una de dichas secciones transversales perpendiculares está a lo largo de dicho eje longitudinal. Un gradiente de velocidad de combustión lineal de acuerdo con esta invención es típicamente un gradiente que consta de varios incrementos individuales. Estos incrementos son el resultado de la estructura en capas de la carga o grano propulsor. Las estructuras en capas de la carga propulsora o el grano no permiten un gradiente completamente uniforme. No obstante, mediante el uso de múltiples pequeños incrementos se puede lograr una transición más gradual. En el contexto de esta invención, ya se considera que el uso de dos capas que tienen ambas una velocidad de combustión lineal diferente da como resultado un gradiente de velocidad de combustión lineal.

35 Esto se puede ilustrar, por ejemplo, con una forma cilíndrica, como se muestra en la figura 1. Dado que la forma cilíndrica tiene un eje longitudinal, al menos una de las secciones transversales corre a lo largo del eje longitudinal del cilindro. Esta sección transversal rectangular debe tener al menos dos gradientes de velocidad de combustión lineales en direcciones no paralelas. En el ejemplo esquemático de la figura 1A, uno de los gradientes de velocidad de combustión lineal es un gradiente radial que da lugar a un gradiente en el eje x, y la otra velocidad de combustión lineal puede ser un gradiente en el eje y. La velocidad de combustión lineal en el extremo proximal (definido aquí como el extremo más cercano al punto de ignición) puede ser por tanto menor que la velocidad de combustión lineal en el extremo distal (definido aquí como el extremo más alejado del punto de ignición). Perpendicular a la sección transversal rectangular hay una sección transversal circular. Además, esta sección transversal debe tener al menos dos gradientes de velocidad de combustión lineales en direcciones no paralelas. En el ejemplo esquemático de la figura 1B, un gradiente radial da lugar a un gradiente en el eje x y el eje z.

45 Otro ejemplo esquemático de la invención usa una forma esférica. Una primera sección transversal circular de la esfera debe tener un gradiente de velocidad de combustión lineal en dos direcciones no paralelas. Una sección transversal circular adicional, perpendicular a la primera sección transversal circular, también debe tener un gradiente de velocidad de combustión lineal en dos direcciones no paralelas. En el ejemplo esquemático de la figura 2, la esfera tiene un gradiente radial. Esto da lugar a un gradiente de velocidad de combustión lineal en el eje x y el eje z en la figura 2A y, en una sección transversal perpendicular al mismo, a un gradiente de velocidad de combustión lineal en el eje x y el eje y en la figura 2B.

55 En la figura 3 se muestra una tercera ilustración esquemática a modo de ejemplo de la invención usando una forma de pirámide de base cuadrada. Dado que la forma de pirámide de base cuadrada tiene un eje longitudinal, al menos una de las secciones transversales corre a lo largo del eje longitudinal de la pirámide de base cuadrada. Esta sección transversal triangular debe tener al menos dos gradientes de velocidad de combustión lineales en direcciones no paralelas. En el ejemplo esquemático de la figura 3A, uno de los gradientes de velocidad de combustión lineal está en el eje x, y el otro gradiente de velocidad de combustión lineal es un gradiente en el eje y. Perpendicular a la sección transversal triangular hay una sección transversal cuadrada. Además, esta sección transversal debe tener al menos dos gradientes de velocidad de combustión lineales en direcciones no paralelas. En el ejemplo esquemático de la figura 3B, uno de los gradientes de velocidad de combustión lineal está en el eje x, y el otro gradiente de velocidad de combustión lineal es un gradiente en el eje z.

65 Se entenderá que los ejemplos esquemáticos de las figuras 1-3 sirven únicamente como ilustración y que puede contemplarse cualquier otra geometría. Aunque en las figuras 1-3, los gradientes son completamente suaves, esto es puramente esquemático. En realidad, los gradientes pueden consistir en incrementos individuales.

La carga propulsora o el grano pueden tener adecuadamente múltiples capas con diferente velocidad de combustión lineal. Por ejemplo, la carga propulsora o el grano puede comprender de 2 a 10 capas con diferente velocidad de combustión lineal, como 2-8 capas con diferente velocidad de combustión lineal, o de 3 a 8 capas con diferente velocidad de combustión lineal.

La carga o grano propulsor comprende además una o más perforaciones. Se han usado perforaciones en la técnica, pero debido a los métodos de preparación convencionales, estas perforaciones conocidas solo estaban presentes a lo largo del eje longitudinal de la carga o grano. Tales diseños de grano conocidos tienen típicamente 37 perforaciones, 19 perforaciones o 7 perforaciones dispuestas en un patrón hexagonal. Sin embargo, también es posible cualquier otro número de perforaciones. De forma adecuada, la carga propulsora o el grano tiene una forma sustancialmente cilíndrica o hexagonal que tiene una pluralidad de perforaciones longitudinales sustancialmente paralelas que se extienden a través de ella. Es ventajoso que las ubicaciones en sección transversal de las perforaciones sean tales que las distancias intersticiales entre perforaciones adyacentes sean sustancialmente iguales y sustancialmente iguales a las distancias extratriciales entre las perforaciones perimétricas y la superficie exterior de la pared de grano. En efecto, esto da como resultado una estructura, en la que las perforaciones se distribuyen en la carga o el grano de manera que forman las puntas de una rejilla hexagonal. De acuerdo con la invención, sin embargo, tales perforaciones no necesitan necesariamente extenderse sustancialmente en paralelo a través del eje longitudinal de la carga o el grano. También es posible que las perforaciones formen una red porosa tridimensional en la carga o el grano, mediante la cual la velocidad de combustión se puede regular más. La red porosa tridimensional puede estar interconectada o no. La fabricación aditiva permite la creación de cualquier red interconectada, incluidos los llamados propulsores de barras de división programados. Éstos implican el uso de ranuras incrustadas que inicialmente no están expuestas a gases de ignición calientes. Sin embargo, la regresión superficial normal durante la combustión expone las rendijas, típicamente después de que se ha alcanzado el pico de presión máxima en el arma, lo que lleva a un gran aumento en el área de superficie y un aumento correspondiente en la velocidad de generación de masa.

De acuerdo con la invención, se prefiere que al menos uno de los gradientes de velocidad de combustión lineal sea tal que la velocidad de combustión lineal aumente desde la superficie de la carga propulsora de combustión o el grano hacia el interior. La superficie es cualquier superficie que esté en contacto directo con el medio ambiente. La superficie incluye la superficie de cualquier perforación en la carga o grano propulsor. Por lo tanto, cuando comienza la combustión, desde cualquier superficie exterior (incluido el interior de las perforaciones), la velocidad de combustión lineal aumenta a medida que se consume el propulsor.

También puede ser ventajoso tener una distribución de los materiales energéticos con diferente velocidad de combustión lineal en la carga o grano propulsor que, desde la superficie de la carga o grano propulsor hacia adentro, proporcione inicialmente una velocidad de combustión lineal relativamente más alta, posteriormente una velocidad de combustión lineal relativamente más baja y, a partir de entonces, una velocidad de combustión lineal relativamente más alta.

La cantidad de material energético puede ser del 30 % o más en peso total de la carga o grano propulsor, tal como 40-95 % o 45-90 %. Es posible que los ingredientes de la carga propulsora o del grano realicen funciones múltiples. Por ejemplo, un material energético puede ser al mismo tiempo plastificante o aglutinante.

Además de los materiales energéticos, la carga propulsora o el grano pueden comprender además un aglutinante, aglutinante que puede ser o no un aglutinante energético. Los aglutinantes no energéticos adecuados incluyen polibutadieno terminado en hidroxilo (HTPB), polibutadieno terminado en carboxilo (CTPB), poliéter terminado en hidroxilo (HTPE), polipropilenglicol (PPG), polifenil éter (PPE) y éter de caprolactona terminado en hidroxilo (HTCE). Los aglutinantes energéticos adecuados incluyen nitrocelulosa, polivinilnitrato, polinitropolifenilo, polímero de glicidil azida (GAP), poli (3-azidometil 3-metil oxetano) (polyAMMO), poli (2-nitratometiloxirano) (polyGLYN), poli (3-nitratometil-3-metilo) (polyNIMMO), copolímero de polímero de glicidil azida y poli (bis (azidometil) oxetano (GAP-co-poli (BAMO)). Preferiblemente, la carga o grano propulsor comprende uno o más aglutinantes seleccionados entre polibutadieno terminado en hidroxilo, poliéter terminado en hidroxilo éter de caprolactona terminado en hidroxilo, nitrocelulosa, nitrato de polivinilo y polímero de azida de glicidilo.

La cantidad total de aglutinante en la carga propulsora o el grano puede estar en el intervalo del 5 al 45 % en peso total de la carga propulsora o del grano, tal como el 10-40 % o el 15-35 %.

Otros ingredientes que pueden estar presentes en la carga propulsora o en el grano incluyen plastificantes (energéticos o no energéticos), antioxidantes, agentes de unión, modificadores de la velocidad de combustión, estabilizadores. La cantidad total de estos ingredientes adicionales opcionales puede ser de hasta el 40 % en peso total de la carga propulsora o del grano, tal como hasta el 30 %. Los plastificantes pueden estar presentes en una cantidad del 0 al 40 % en peso total de la carga o del grano propulsor, tal como del 10 al 35 %, del 15 al 30 %. Los antioxidantes pueden estar presentes en una cantidad del 0 al 7 % en peso total de la carga propulsora o del grano, por ejemplo, del 0 al 5 %. Los agentes aglutinantes pueden estar presentes en una cantidad del 0 al 7 % en peso total de la carga propulsora o del grano, por ejemplo, del 0 al 5 %. Los modificadores de la velocidad de combustión pueden estar presentes en una cantidad del 0 al 7 % del peso total de la carga o del grano propulsor, tal como del 0 al 5 %. Los estabilizadores

pueden estar presentes en una cantidad del 0 al 7 % en peso total de la carga propulsora o del grano, por ejemplo, del 0 al 5 %.

5 De forma adecuada, al menos uno de los materiales energéticos se puede dispersar como un material sólido en un aglutinante, tal como en forma de pequeños cristales. En una realización, todos los materiales energéticos se dispersan como un material sólido en un aglutinante.

10 La carga propulsora o el grano de la invención puede tener cualquier forma deseada. Las formas típicamente útiles incluyen un prisma triangular o prisma triangular redondeado, un prisma rectangular o prisma rectangular redondeado, un prisma pentagonal o prisma pentagonal redondeado, un prisma hexagonal o prisma hexagonal redondeado, un prisma octogonal o prisma octogonal redondeado, una esfera, un esferoide, un elipsoide, un cilindro, un prisma en roseta, un cubo, un cuboide, un cono, una pirámide de base cuadrada, una pirámide de base rectangular, una pirámide de base pentagonal, una pirámide de base hexagonal o una pirámide de base octogonal. Preferiblemente, la carga propulsora o el grano tiene la forma de un prisma hexagonal, un prisma en forma de roseta, una esfera o un cilindro.

15 La carga o grano propulsor de la invención es particularmente útil para municiones de gran calibre. Particularmente para municiones de gran calibre, las técnicas de impregnación no son adecuadas para preparar cargas o granos propulsores, ya que la profundidad de impregnación es insuficiente.

20 En un aspecto adicional, la invención se dirige a un método para la preparación de una carga o grano propulsor, que comprende la fabricación aditiva de múltiples capas para producir una carga propulsora estratificada, en el que dos o más de dichas capas comprenden cada una al menos una carga energética. material, en el que la velocidad de combustión lineal de un material energético en una primera capa es diferente de la velocidad de combustión lineal de un material energético en una segunda capa, y en el que cada una de dichas capas tiene un espesor de capa en el rango de 1-10 000 μm , preferiblemente 10-5000 μm , tal como 50-2000 μm , 100-1000 μm o 200-800 μm .

30 Tal fabricación aditiva comprende adecuadamente un curado capa por capa de material aglutinante curable líquido. Por tanto, se cura una capa de material aglutinante curable líquido para formar una capa de polímero sólido, después de lo cual se cura una nueva capa líquida de capa aglutinante curable para formar una capa de polímero sólido posterior que se adhiere a la capa de polímero sólido curada previamente. Curando las capas en forma de imagen y repitiendo dicho curado de capas varias veces, se puede fabricar un objeto tridimensional.

35 Esta técnica permite fabricar cargas propulsoras o granos De acuerdo con la invención con múltiples gradientes lineales de velocidad de combustión, mediante la aplicación de capas con diferentes composiciones.

Preferiblemente, el uno o más materiales energéticos se dispersan en el material aglutinante curable líquido o deformable plásticamente. También puede ser posible utilizar uno o más materiales energéticos curables por líquido o deformables plásticamente.

40 En una realización preferida, el material aglutinante curable líquido se cura mediante radiación (tal como radiación ultravioleta o visible) o térmicamente. Más preferiblemente, el material aglutinante curable líquido se cura mediante radiación ultravioleta. El curado por radiación ultravioleta tiene la ventaja de ser más seguro que el curado térmico dada la presencia de material energético.

45 Preferiblemente, el método de la invención da como resultado una carga o grano propulsor de acuerdo con la invención, en el que los dos o más materiales energéticos se distribuyen dentro de la carga o grano de manera que dos secciones transversales perpendiculares de dicha carga o grano propulsor cada una tiene al menos dos gradientes de velocidad de combustión lineales no paralelos.

50 En otro aspecto más, la invención está dirigida al uso de una carga propulsora De acuerdo con la invención en balística, dispositivos piromecánicos (incluidos accionadores), fuegos artificiales o cohetes propulsores sólidos o híbridos.

55 La invención se ha descrito con referencia a diversas realizaciones, composiciones y métodos. El experto en la materia comprenderá que las características de diversas realizaciones, composiciones y métodos pueden combinarse entre sí. Por ejemplo, las composiciones de revestimiento preferidas se pueden usar en los diversos métodos, de la misma manera que las etapas preferidas de un método se pueden combinar entre sí y con las composiciones de revestimiento preferidas.

60 El uso de los términos “un” y “una” y “el” y referencias similares en el contexto de la descripción de la invención (especialmente en el contexto de las reivindicaciones) debe interpretarse para cubrir tanto el singular como el plural, a menos que se indique lo contrario en este documento o que el contexto lo contradiga claramente. Los términos “que comprende”, “que tiene”, “que incluye” y “que contiene” deben interpretarse como términos abiertos (es decir, que significa “que incluye, pero no se limita a”) a menos que se indique lo contrario. La mención de rangos de valores en el presente documento está simplemente destinada a servir como un método abreviado para referirse individualmente a cada valor separado que se encuentre dentro del rango, a menos que se indique lo contrario en el presente documento, y cada valor separado se incorpora en la especificación como si se mencionara individualmente en el

presente documento. El uso de cualquiera y todos los ejemplos, o lenguaje ejemplar (por ejemplo, "tal como") proporcionado en este documento, está destinado simplemente a iluminar mejor la invención y no plantea una limitación en el alcance de la invención a menos que se reivindique lo contrario. Ningún lenguaje en la especificación debe interpretarse en el sentido de que indica algún elemento no reivindicado como esencial para la práctica de la invención. A los efectos de la descripción y de las reivindicaciones adjuntas, salvo que se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades, cantidades, porcentajes, etc., deben entenderse como modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Además, todos los rangos incluyen cualquier combinación de los puntos máximo y mínimo divulgados e incluyen cualquier rango intermedio en el mismo, que puede o no estar específicamente enumerado en el presente documento.

Se describen aquí realizaciones preferidas de esta invención. La variación de esas realizaciones preferidas puede resultar evidente para los expertos en la técnica al leer la descripción anterior. Los inventores esperan que los expertos en la materia empleen tales variaciones según sea apropiado, y los inventores pretenden que la invención se lleve a la práctica de una manera diferente a la que se describe específicamente en el presente documento. De acuerdo con lo anterior, esta invención incluye todas las modificaciones y equivalentes de la materia objeto mencionada en las reivindicaciones adjuntas a la misma según lo permita la ley aplicable. Además, la invención abarca cualquier combinación de los elementos descritos anteriormente en todas las posibles variaciones de los mismos, a menos que se indique lo contrario en el presente documento o que el contexto lo contradiga claramente.

En aras de la claridad y una descripción concisa, las características se describen en este documento como parte de la misma o de realizaciones separadas, sin embargo, se apreciará que el alcance de la invención puede incluir realizaciones que tengan combinaciones de todas o algunas de las características descritas.

La invención se ilustrará ahora con más detalle mediante los siguientes ejemplos no limitantes.

Ejemplos

Se simularon diferentes curvas de presión para una carga o grano propulsor con el fin de lograr la curva de presión ideal utilizando la siguiente fórmula para la vivacidad dinámica, L.

$$L = \frac{dP/dt}{P \times P_{m\acute{a}x}}$$

Hay tres curvas diferentes posibles, una curva decreciente donde la vivacidad dinámica disminuye con el aumento de la presión relativa, una curva neutra donde la vivacidad dinámica es más o menos igual con el aumento de la presión relativa, y una curva progresiva donde la vivacidad dinámica aumenta con el aumento de la presión relativa, como se muestra en la figura 4. Una extensión lenta del volumen de la cámara después de la ignición requiere una velocidad de combustión inicial baja y, por lo tanto, apunta a una progresividad.

La figura 5 muestra la relación entre la presión relativa en la cámara a lo largo del tiempo y la velocidad del proyectil a lo largo del tiempo. Como se muestra en esta figura, cuanto más amplia sea la curva de presión, mayor será la velocidad del proyectil. Por lo tanto, lo ideal es que la curva de presión sea una curva de meseta, lo que significa que la presión permanece en un nivel alto constante durante un período de tiempo prolongado.

La figura 6 muestra una simulación con un calibre de tamaño medio (35 mm). De nuevo se muestra la relación entre la presión relativa en la cámara a lo largo del tiempo y la velocidad del proyectil a lo largo del tiempo. Sin embargo, la figura 6 también muestra la velocidad de combustión requerida para la curva de presión de meseta. Inicialmente, se requiere un aumento en la velocidad de combustión para elevar la presión a un nivel máximo, luego una caída en la velocidad de combustión hace que la presión se vuelva constante, después de lo cual se requiere un aumento secundario en la velocidad de combustión para que la presión permanezca constante.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Carga o grano propulsor, que comprende dos o más materiales energéticos con diferente velocidad de combustión lineal, en donde los dos o más materiales energéticos se distribuyen dentro de la carga o grano mediante fabricación aditiva de manera que dos secciones transversales perpendiculares de dicha carga propulsora o cada grano tiene al menos dos gradientes lineales de velocidad de combustión en direcciones no paralelas,
- 10 en el que dicha carga o grano propulsor se estratifica mediante fabricación aditiva con dos o más capas de impresión identificables distintas diferentes que tienen un espesor de capa en el intervalo de 1-2000 μm , en el que, si la carga o grano propulsor tiene un eje longitudinal, al menos una de dichas secciones transversales perpendiculares está a lo largo de dicho eje longitudinal, y
- en el que dicha carga o grano propulsor comprende además una o más perforaciones.
- 15 2. Carga o grano propulsor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los dos o más materiales energéticos están presentes en diferentes capas.
- 20 3. Carga o grano propulsor de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que dicha carga o grano propulsor comprende además dos o más perforaciones.
- 25 4. Carga o grano propulsor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que la carga o grano propulsor está superpuesto con capas que tienen un espesor de capa en el rango de 10-800 μm , preferiblemente en el rango de 50-800 μm , más preferiblemente en el rango de 100-800 μm , incluso más preferiblemente en el rango de 200-800 μm .
- 30 5. Carga o grano propulsor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que al menos dos gradientes de velocidad de combustión lineal en cada sección transversal perpendicular son perpendiculares entre sí.
6. Carga o grano propulsor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que la carga o grano comprende tres o más materiales energéticos con diferente velocidad de combustión lineal.
- 35 7. Carga propulsora de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en la que al menos uno de dichos gradientes de velocidad de combustión lineal es tal que
- la velocidad de combustión lineal aumenta desde la superficie de la carga propulsora de combustión o el grano hacia adentro, o
- 40 - la velocidad de combustión lineal primero disminuye y luego aumenta desde la superficie de la carga propulsora o el grano hacia adentro.
8. Carga o grano propulsor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que dicha carga o grano propulsor comprende 2-10 capas con diferente velocidad de combustión lineal, preferiblemente 2-8 capas con diferente velocidad de combustión lineal, más preferiblemente 3-8 capas con diferente velocidad de combustión lineal.
- 45 9. Carga o grano propulsor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que dicha carga o grano propulsor comprende un aglutinante, cuyo aglutinante puede ser o no un aglutinante energético, en el que preferiblemente al menos uno de dichos materiales energéticos se dispersa como un material sólido en dicho aglutinante.
- 50 10. Carga o grano propulsor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-9 en forma de un prisma triangular o prisma triangular redondeado, prisma rectangular o prisma rectangular redondeado, prisma pentagonal o prisma pentagonal redondeado, prisma hexagonal o prisma hexagonal redondeado, un prisma octogonal o prisma octogonal redondeado, una esfera, un esferoide, un elipsoide, un cilindro, una roseta, un cubo, un cuboide, un cono, una pirámide de base cuadrada, una pirámide de base rectangular, una pirámide de base pentagonal, una pirámide de base hexagonal, o una pirámide de base octogonal, en la que dicha carga o grano propulsor tiene preferiblemente la forma de un prisma en forma de roseta, un prisma hexagonal, una esfera o un cilindro.
- 55 11. Uso de una carga o grano propulsor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en balística, pirotecnia, fuegos artificiales o cohetes propulsores sólidos o híbridos.
- 60

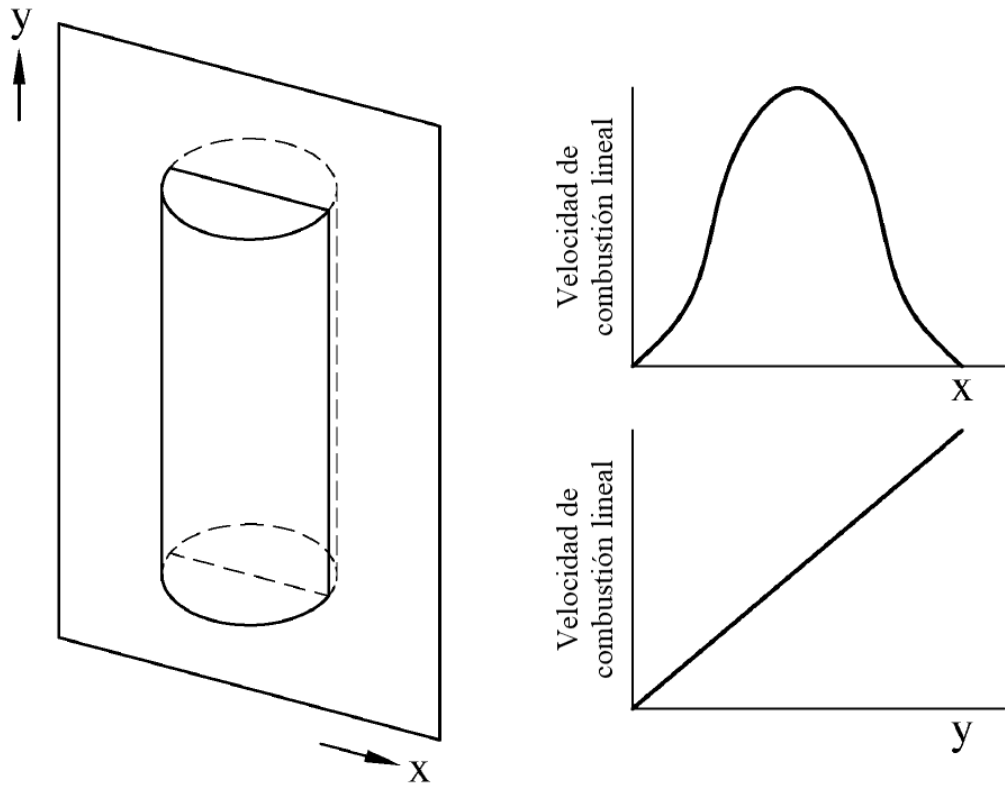


FIG. 1A

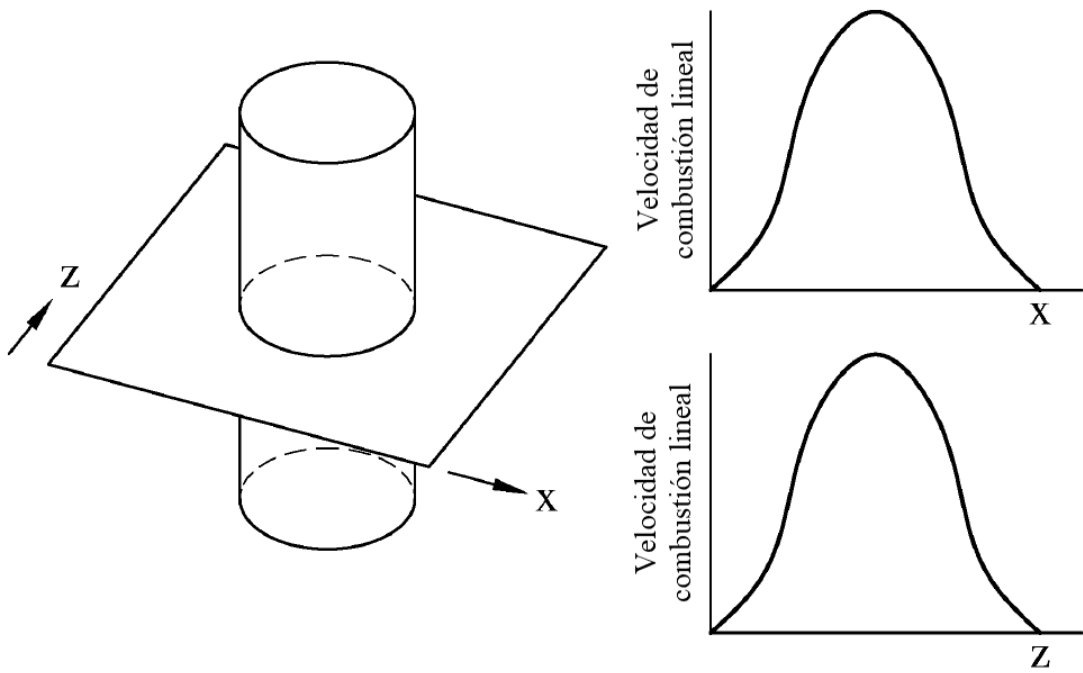


FIG. 1B

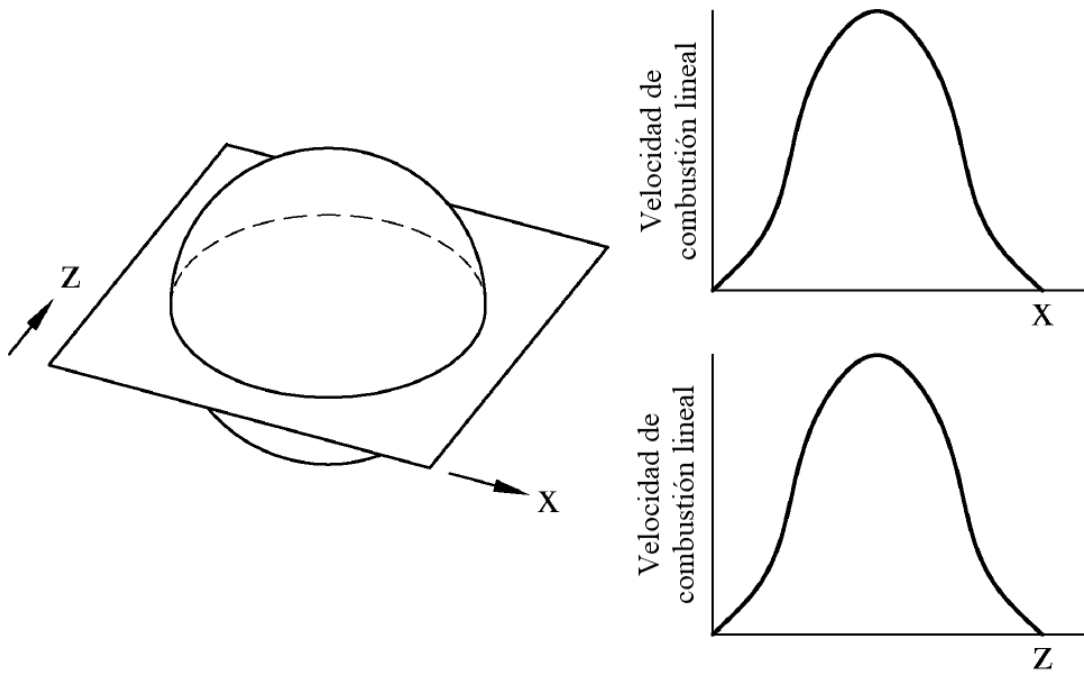


FIG. 2A

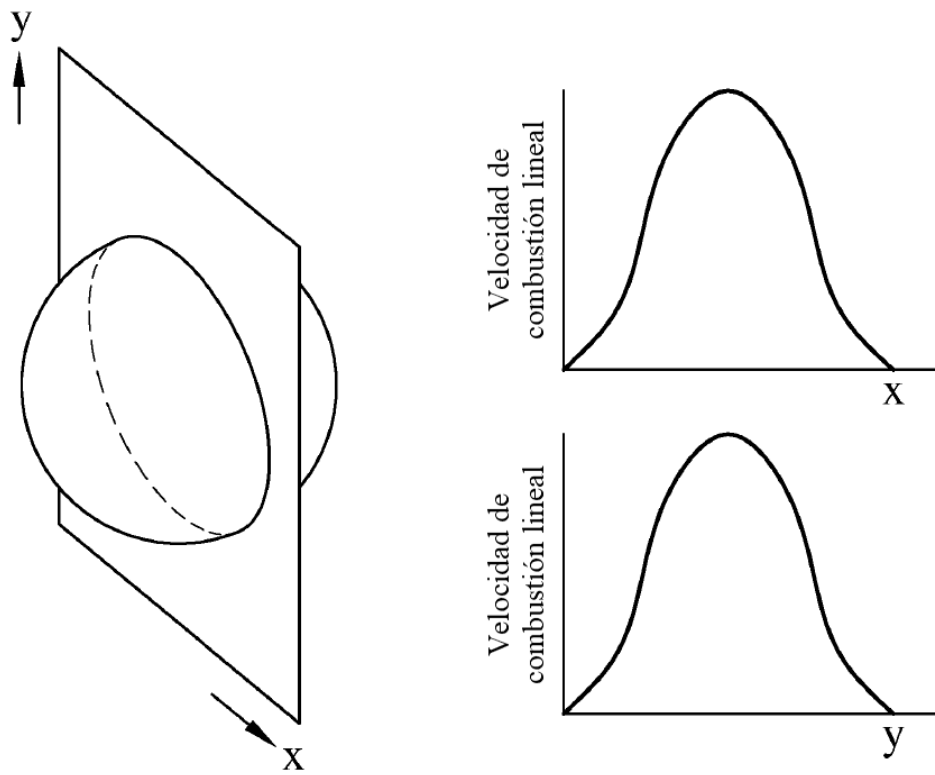


FIG. 2B

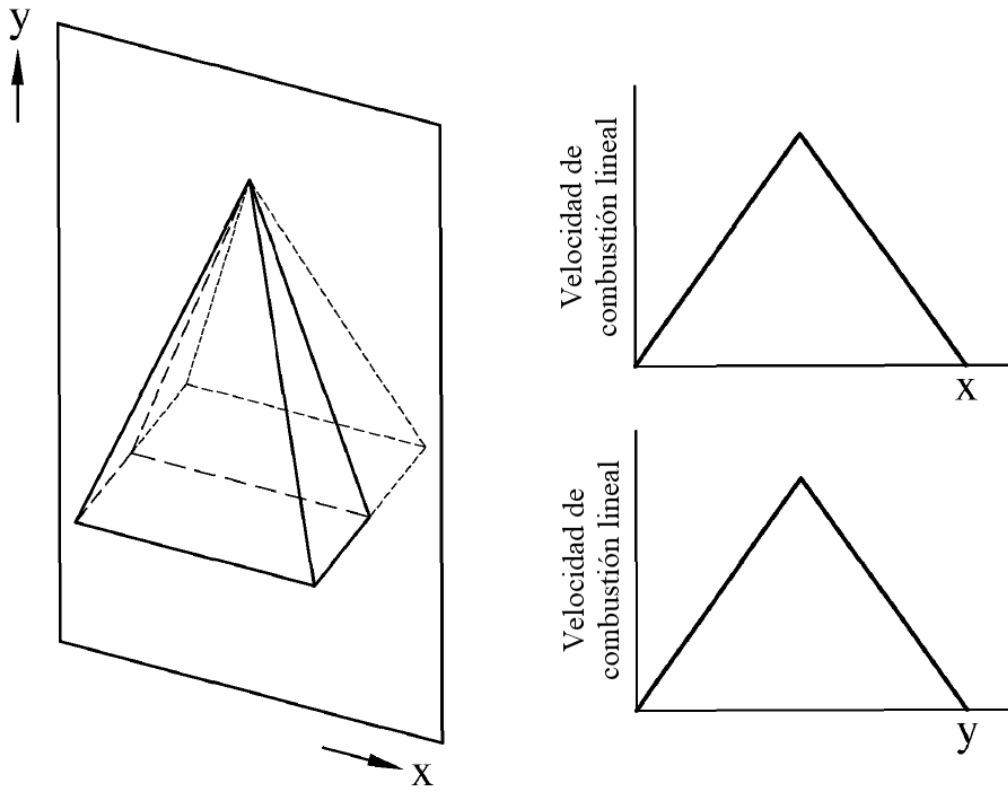


FIG. 3A

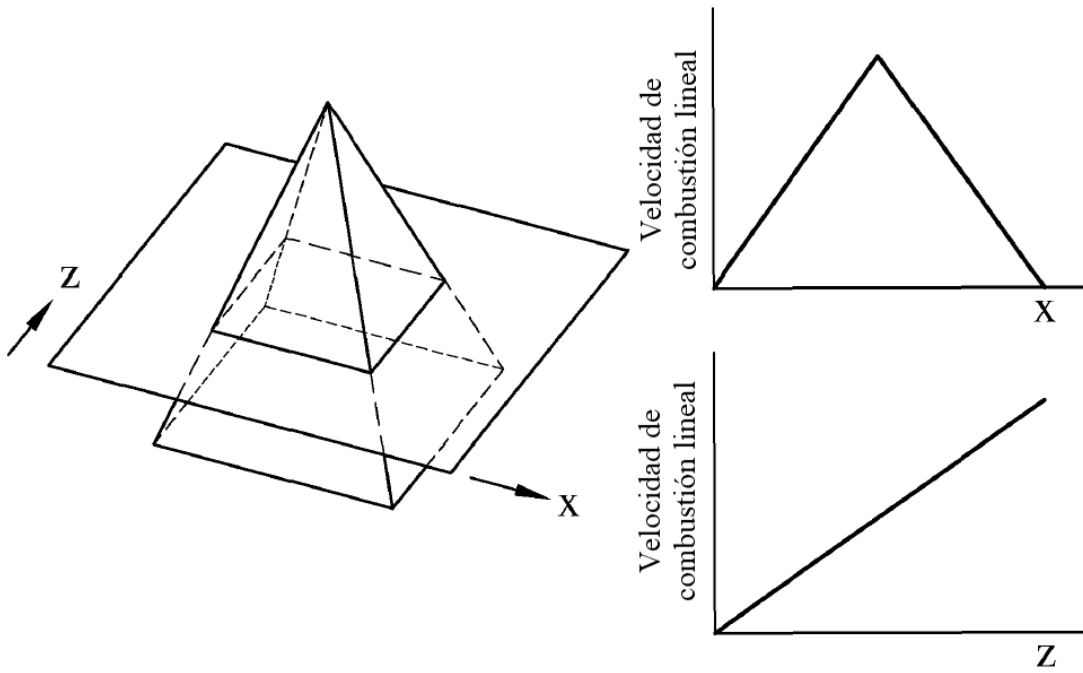


FIG. 3B

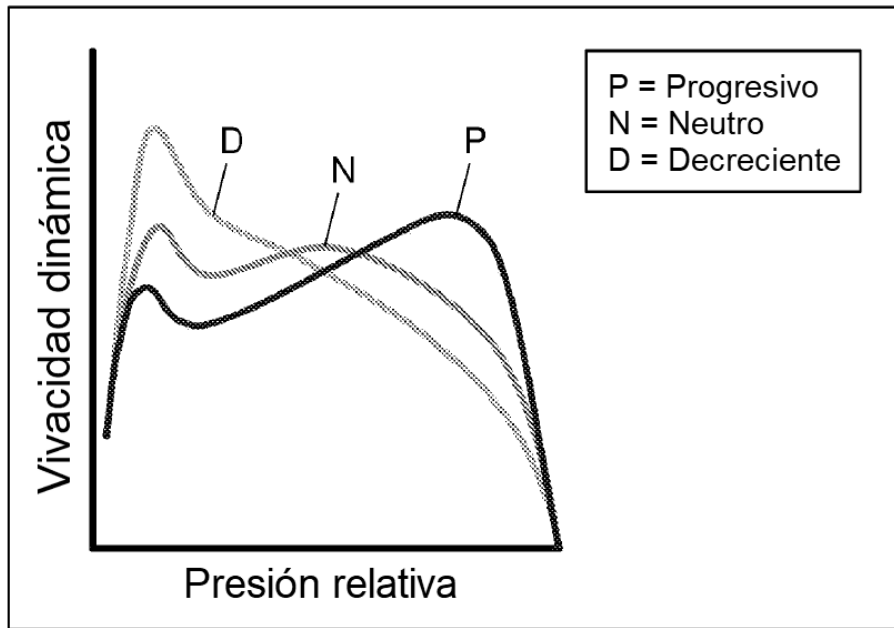


FIG. 4

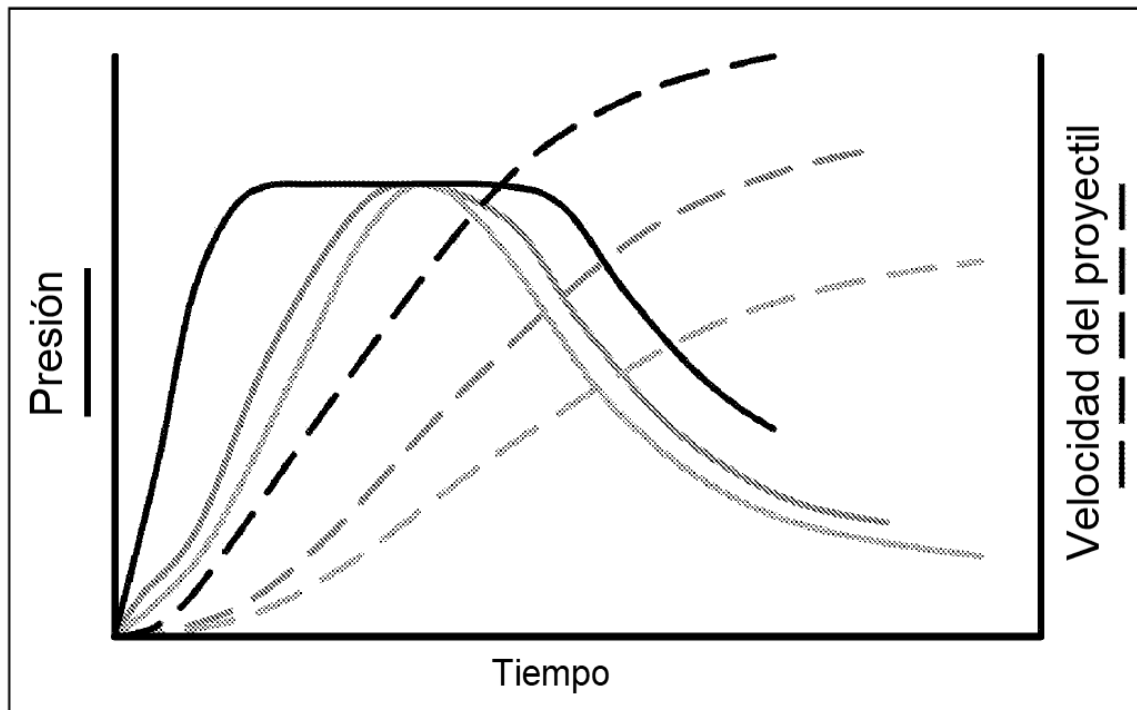


FIG. 5

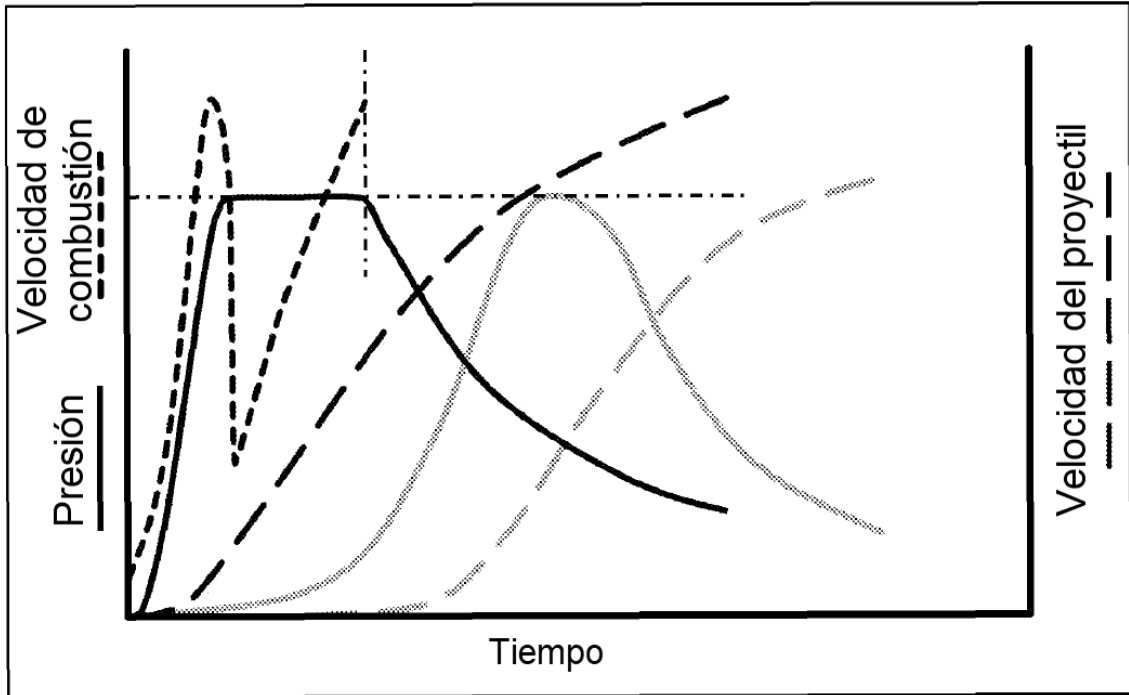


FIG. 6