



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 329**

51 Int. Cl.:
C06B 45/10 (2006.01)
C06D 5/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **97936968 .3**
96 Fecha de presentación : **25.07.1997**
97 Número de publicación de la solicitud: **0958264**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.11.1999**

54 Título: **Complejos metálicos para uso como generadores de gas.**

30 Prioridad: **25.07.1996 US 22645 P**
24.07.1997 US 899599

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.10.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.10.2011

73 Titular/es: **ALLIANT TECHSYSTEMS Inc.**
7480 Flying Cloud Drive
Minneapolis, Minnesota 55344, US

72 Inventor/es: **Lund, Gary, K.;**
Blau, Reed J.;
Doll, Daniel W. y
Hinshaw, Jerald C.

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 366 329 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).

DESCRIPCION

Complejos metálicos para uso como generadores de gas.

La presente invención se refiere de manera general a composiciones generadoras de gas que son capaces de combustión para generar gases. Más particularmente, la composición se oxida para producir cantidades significativas de gases, particularmente vapor de agua y nitrógeno.

Las composiciones químicas generadoras de gas son útiles en un cierto número de contextos diferentes. Un uso importante para dichas composiciones es en la operación de "air bags". Los air bags están ganando aceptación hasta el punto de que muchos, sino todos, los nuevos automóviles están equipados con dichos dispositivos. Realmente, muchos nuevos automóviles están equipados con múltiples air bags para proteger al conductor y pasajeros.

En el contexto de air bags de automóviles, debe generarse gas suficiente como para inflar el dispositivo dentro de una fracción de segundo. Entre el tiempo en que el coche ha impactado en un accidente, y el tiempo que el conductor sería de otro modo impulsado contra el volante de dirección, el air bag debe inflarse completamente. Como una consecuencia de ello, se requiere la generación casi instantánea de gas.

Existen un cierto número de criterios de diseño importantes adicionales que deben satisfacerse. Los fabricantes de automóviles y otros han establecido los criterios requeridos que deben cumplir en especificaciones detalladas. La preparación de composiciones generadoras de gas que cumplan estos criterios de diseño importantes es una tarea extremadamente difícil. Estas especificaciones requieren que la composición generadora de gas produzca gas a una velocidad requerida. Igualmente, las especificaciones establecen límites estrictos sobre la generación de gases o sólidos tóxicos o nocivos. Los ejemplos de gases restringidos incluyen monóxido de carbono, dióxido de carbono, NO_x, SO_x, y sulfuro de hidrógeno.

El gas debe generarse a una temperatura suficientemente y razonablemente baja, de manera tal que un ocupante del coche no se quemara tras el impacto con un air bag inflado. Si el gas producido es demasiado caliente, existe una posibilidad de que el ocupante del vehículo a motor pueda quemarse tras el impacto con un air bag recién desplegado. De acuerdo con ello, es necesario que la combinación del generador de gas y la construcción del air bag aisle a los ocupantes del automóvil de un calor excesivo. Todo esto se requiere al tiempo que el generador de gas mantiene una velocidad de combustión adecuada.

Otro criterio de diseño relacionado, pero importante, es que la composición generadora de gas produzca una cantidad limitada de materiales en partículas. Los materiales en partículas pueden interferir con la operación del sistema de sujeción suplementario, presentar un riesgo de inhalación, irritar la piel y ojos, o constituir un residuo sólido peligroso con el que debe tratarse después de la operación del dispositivo de seguridad. En la ausencia de una alternativa aceptable, la producción de partículas irritantes es uno de los aspectos no deseables, pero tolerados, de los materiales de azida sódica actualmente usados.

Además de la producción de cantidades de partículas limitadas, si es que se producen, es deseable que al menos el conjunto de cualquiera de dichas partículas sea fácilmente filtrable. Por ejemplo, es deseable que la composición produzca una escoria filtrable. Si los productos de la reacción forman un material filtrable, los productos pueden filtrarse y prevenir el que se escapen al medio ambiente que les rodea.

Se han propuesto tanto materiales orgánicos como inorgánicos como posibles generadores de gas. Dichas composiciones generadoras de gas incluyen oxidantes y combustibles que reaccionan a velocidades suficientemente altas como para producir grandes cantidades de gas en una fracción de segundo.

Actualmente, la azida sódica es el material generador de gas el más ampliamente usado y actualmente aceptado. La azida sódica cumple nominalmente las especificaciones y directrices de la industria. No obstante, la azida sódica presenta un cierto número de problemas persistentes. La azida sódica es altamente tóxica como un material de partida, puesto que su nivel de toxicidad medido como LD₅₀ en rata oral está dentro del intervalo de 45 mg/kg. Los trabajadores que habitualmente manipulan la azida sódica han experimentado diversos problemas de salud tales como severos dolores de cabeza, deficiencias respiratorias, convulsiones, y otros síntomas.

Además, independientemente del oxidante auxiliar usado, los productos de combustión procedentes de un generador de gas de azida sódica incluyen productos de reacción cáusticos tal como óxido sódico, o hidróxido sódico. Como oxidantes para la azida sódica se ha usado disulfuro o sulfuro de molibdeno. Sin embargo, el uso de dichos oxidantes da como resultado productos tóxicos tal como sulfuro de hidrógeno gaseoso y materiales corrosivos tales como óxido sódico y sulfuro sódico. Los trabajadores y ocupantes de automóviles rescatados se han quejado tanto del sulfuro de hidrógeno gaseoso como del polvo corrosivo producido por la operación de los generadores de gas a base de azida sódica.

Igualmente, se prevén problemas crecientes en relación con los residuos de sistemas de sujeción suplementaria inflados con gas no usados, por ejemplo, air bags de automóviles, en coches desguazados. La azida sódica que permanece en dichos sistemas de sujeción suplementaria puede salir del coche desaguazado para convertirse en un contaminante del agua o un residuo tóxico. Realmente, algunos han expresado la inquietud de que la azida sódica

podría formar azidas de metal pesado o ácido hidrazóico explosivos cuando entran en contacto con los ácidos de las baterías, después de desechadas.

5 Los generadores de gas a base de azida sódica se usan lo más comúnmente para el inflado de air bag, pero con las significativas desventajas de dichas composiciones, se han propuesto muchas composiciones generadoras de gas alternativas para reemplazar a la azida sódica. Sin embargo, la mayoría de los substitutos de la azida sódica propuestos no logran cumplir adecuadamente con todos los criterios establecidos anteriormente.

La Patente DE 4442170C divulga una composición generadora de gas que comprende nitrato de diaminacobre(II) y nitroguanidina.

10 Por tanto, es de señalar que existe un cierto número de criterios importantes para la selección de composiciones generadoras de gas para uso en sistemas de sujeción suplementarios en automóviles. Por ejemplo, es importante seleccionar materiales de partida que no sean tóxicos. Al mismo tiempo, los productos de combustión no deben ser tóxicos o nocivos. A este respecto, las normas de la industria limitan las cantidades admisibles de varios gases y partículas producidos por la operación de sistemas de sujeción suplementarios.

15 Por ello, sería un avance significativo el proporcionar composiciones capaces de generar grandes cantidades de gas que superen los problemas identificados en la técnica existente. Sería un avance adicional el proporcionar una composición generadora de gas que estuviera basada en materiales de partida substancialmente no tóxicos y que produjeran productos de reacción substancialmente no tóxicos. Sería otro avance adicional en la técnica el proporcionar una composición generadora de gas que produjera cantidades muy limitadas de restos de partículas tóxicas o irritantes y productos gaseosos no deseables limitados. Igualmente, sería un avance el proporcionar una composición generadora de gas que formara una escoria sólida fácilmente filtrable tras la reacción.

20 Dichas composiciones y procedimientos para su uso se encuentran divulgados y reivindicados en la presente invención.

25 De acuerdo con ello, vista desde un primer aspecto, la presente invención proporciona una composición generadora de gas que comprende: un complejo de nitrito amina o un complejo de nitrato amina de un catión de cobalto, magnesio, manganeso, níquel, titanio, cromo, cinc, o estaño, en el que existe suficiente anión nitrito o anión nitrato para equilibrar la carga del catión, de manera tal que, cuando el complejo de nitrito amina o el complejo de nitrato amina entra en combustión, se produce una mezcla de gases que contienen gas nitrógeno y vapor de agua; y al menos un compuesto que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría.

30 Vista desde un aspecto adicional, la presente invención proporciona un dispositivo generador de gas que comprende una composición generadora de gas que comprende: un complejo de nitrito amina o un complejo de nitrato amina de un catión de cobalto, magnesio, manganeso, níquel, titanio, cromo, cinc, o estaño, de manera tal que, cuando el complejo de nitrito amina o el complejo de nitrato amina entra en combustión, se produce una mezcla de gases que contienen gas nitrógeno y vapor de agua, suficiente anión nitrito o anión nitrato para equilibrar la carga del catión y al menos un compuesto que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría y un elemento de ignición para iniciar la combustión de la composición generadora de gas.

Vista desde otro aspecto adicional aún, la presente invención proporciona un procedimiento de inflado de un air bag que comprende la combustión de una composición generadora de gas tal como se define en la presente invención.

40 Vista desde todavía un aspecto adicional todavía aún, la presente invención proporciona un sistema de air bag para automóvil que comprende: un air bag inflable plegado; un dispositivo generador de gas conectado al air bag para inflar el air bag, conteniendo el dispositivo generador de gas una composición generadora de gas tal como se define en la presente invención; y un elemento de ignición para encender la composición generadora de gas.

45 En algunos casos, el anión oxidante es parte del complejo de coordinación del catión de metal. Los complejos están formulados de manera tal que, cuando el complejo entra en combustión, se produce una mezcla de gases que contiene gas nitrógeno y vapor de agua. Puede proporcionarse un aglomerante para mejorar la resistencia a la compresión y otras propiedades mecánicas de la composición generadora de gas. Igualmente, puede proporcionarse un co-oxidante fundamentalmente para permitir la eficaz combustión del aglomerante. De manera importante, se reduce o elimina de manera substancial la producción de gases o partículas no deseables.

50 Los complejos usados dentro del ámbito de la presente invención, entran en combustión o se descomponen rápidamente para producir cantidades significativas de gas. El metal actualmente preferido incorporado dentro del complejo es cobalto.

El catión de metal actúa como un molde o centro de coordinación para el complejo. Uno o más de los aniones oxidantes pueden igualmente estar coordinados con el catión de metal. Los ejemplos de complejos de metal incluidos dentro del ámbito de la presente invención incluyen $\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3$ (trinitrotriaminacobalto(III)), y $\text{Co}(\text{NH}_3)_6(\text{NO}_3)_3$ (nitrato de hexaaminacobalto(III)).

Entra dentro del ámbito de la presente invención el incluir complejos de metales que contienen un ligando común además del ligando neutro. Unos pocos ligandos comunes típicos incluyen: agua (H_2O), hidroxilo (OH), carbonato (CO_3), oxalato (C_2O_4), ciano (CN), isocianato (NC), cloro (Cl), flúoro (F), y ligandos similares. Los complejos de metal usados dentro del ámbito de la presente invención están igualmente destinados a incluir un contraión común, además del anión oxidante, para ayudar a equilibrar la carga del complejo. Unos pocos contraiones comunes típicos incluyen: hidróxido (OH^-), cloruro (Cl^-), fluoruro (F^-), cianuro (CN^-), carbonato (CO_3^{2-}), fosfato (PO_4^{3-}), oxalato ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$), borato (BO_4^{5-}) y amonio (NH_4^+).

Se ha observado que los complejos de metales que contienen los ligandos neutros y los aniones oxidantes descritos entran en combustión rápidamente, produciendo cantidades significativas de gases. La combustión puede iniciarse mediante la aplicación de calor o mediante el uso de dispositivos de ignición convencionales.

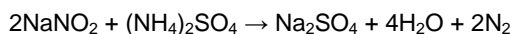
Los complejos de metales que incluyen al menos un ligando común además del ligando neutro están también incluidos dentro del ámbito de la presente invención. Tal como se usa en la presente invención, el término ligando común incluye ligandos bien conocidos usados por los químicos inorgánicos para preparar complejos de coordinación con cationes de metales. Preferiblemente, los ligandos comunes son moléculas o iones poliatómicos, pero igualmente pueden usarse algunos iones monoatómicos, tales como iones halógenos. Los ejemplos de ligandos comunes incluidos dentro del ámbito de la presente invención incluyen agua (H_2O), hidroxilo (OH), perhidrox (O_2H), peroxo (O_2), carbonato (CO_3), oxalato (C_2O_4), carbonilo (CO), nitrosilo (NO), ciano (CN), isocianato (NC), isotiocianato (NCS), tiocianato (SCN), cloro (Cl), flúoro (F), amido (NH_2), imido (NH), sulfato (SO_4), fosfato (PO_4), ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), y ligandos similares. Véanse, F. Albert Cotton and Geoffrey Wilkinson, Advanced Inorganic Chemistry, 2nd ed., John Wiley & Sons, págs. 139-142, (1966) y James E. Huheey, Inorganic Chemistry, 3rd ed., Harper & Row, págs. A-97-A-107, (1983).

En algunos casos, el complejo puede incluir un contraión común, además del anión oxidante, para ayudar a equilibrar la carga del complejo. Tal como se usa en la presente invención, el término contraión común incluye aniones y cationes bien conocidos usados por los químicos inorgánicos como contraiones. Los ejemplos de contraiones comunes dentro del ámbito de la presente invención incluyen hidróxido (OH^-), cloruro (Cl^-), fluoruro (F^-), cianuro (CN^-), tiocianato (SCN^-), carbonato (CO_3^{2-}), sulfato (SO_4^{2-}), fosfato (PO_4^{3-}), oxalato ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$), borato (BO_4^{5-}) y amonio (NH_4^{3+}). Véanse, Whitten, K.W., and Gailey, K.D., General Chemistry, Saunders College Publishing, pág. 167, (1981), y James E. Huheey, Inorganic Chemistry, 3rd ed., Harper & Row, págs. A-97-A-103, (1983).

Los ingredientes generadores de gas están formulados de manera tal que, cuando la composición entra en combustión, se produce gas nitrógeno y vapor de agua. En algunos casos, se producen pequeñas cantidades de dióxido de carbono o de monóxido de carbono si un aglomerante, co-oxidante o ligando común contiene carbono. El carbono total en la composición generadora de gas está controlado cuidadosamente para prevenir la generación excesiva de gas CO . La combustión del generador de gas tiene lugar a una velocidad suficiente a la cualidad de dichos materiales para uso como composiciones generadoras de gas en air bags de automóviles y otros tipos de dispositivos similares. De manera importante, la producción de otros gases o partículas no deseables está substancialmente reducida o eliminada.

Los complejos que entran dentro del ámbito de la presente invención son nitrato aminas metálicos y nitrito aminas de metal. Los complejos de amina metal se definen como complejos de coordinación que incluyen amoníaco como el ligando de coordinación.

Se ha sugerido que, durante la combustión de un complejo que contiene grupos nitrito y amoníaco, los grupos nitrito y amoníaco llevan a cabo una reacción de diazotización. Esta reacción es similar, por ejemplo, a la reacción de nitrito sódico y sulfato amónico, la cual se establece como sigue:

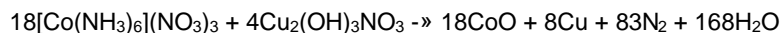
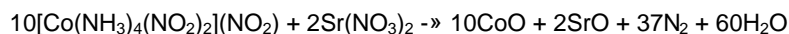
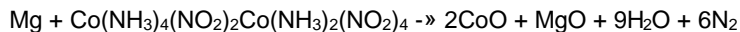
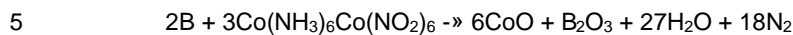
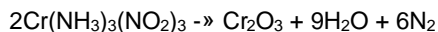


Las composiciones tales como de nitrito sódico y sulfato amónico en combinación, tienen pequeña utilidad como sustancias generadoras de gas. Se ha observado que estos materiales llevan a cabo reacciones de metátesis, las cuales dan como resultado nitrito amónico inestable. Además, la mayoría de las sales de nitrito simples tienen estabilidad limitada.

Por el contrario, los complejos de metal usados en la presente invención son materiales estables, los cuales, en ciertos casos, son capaces de llevar a cabo el tipo de reacción establecida anteriormente. Igualmente, los complejos de la presente invención producen productos de reacción que incluyen cantidades deseables de gases no tóxicos, tales como vapor de agua y nitrógeno. Además, se forma un metal soluble, o escoria de óxido de metal. De acuerdo con ello, las composiciones de la presente invención evitan varias de las limitaciones de las composiciones generadoras de gas de azida sódica existentes.

El metal actualmente preferido es cobalto. El cobalto forma complejos estables que son relativamente baratos. Además, los productos de reacción de la combustión del complejo de cobalto son relativamente no tóxicos. Otros metales preferidos incluyen magnesio, manganeso, cinc, y estaño. Los ejemplos de metales menos preferidos pero usables, incluyen níquel, titanio o cromo.

Unos pocos ejemplos representativos de complejos de amina usados dentro del ámbito de la presente invención, y las reacciones de descomposición generadoras de gas asociadas, son las siguientes:



10 Al mismo tiempo que los complejos de la presente invención son relativamente estables, es también simple el iniciar la reacción de combustión. Por ejemplo, si los complejos se ponen en contacto con un alambre caliente, se han observados rápidas reacciones de combustión productoras de gas. De manera similar, es posible iniciar la reacción mediante dispositivos de ignición convencionales. Un tipo de dispositivo de ignición incluye una cantidad de gránulos o bolas de B/NO₃ el cual se enciende, y el cual, a su vez, es capaz de encender las composiciones de la presente invención. Otro dispositivo de ignición incluye una cantidad de gránulos de Mg/Sr(NO₃)₂/nilón.

Es importante indicar igualmente que muchos de los complejos definidos anteriormente producen una descomposición "estequiométrica". Es decir, los compuestos se descomponen sin reaccionar con ningún otro material para producir grandes cantidades de nitrógeno y agua, y un metal u óxido de metal. Sin embargo, para ciertos complejos, puede ser deseable agregar un combustible u oxidante al complejo con el fin de asegurar una completa y eficaz reacción. Dichos combustibles incluyen, por ejemplo, boro, magnesio, aluminio, hidruros de boro o aluminio, carbono, sílice, titanio, circonio, y otros materiales combustibles convencionales, tales como aglomerantes orgánicos convencionales. Las especies oxidantes incluyen nitratos, nitritos, cloratos, percloratos, peróxidos, y otros materiales oxidantes similares. De acuerdo con ello, mientras que la descomposición estequiométrica es atractiva debido a la simplicidad de la composición y reacción, es posible igualmente usar complejos para los cuales no es posible la descomposición estequiométrica.

Unos pocos ejemplos representativos de complejos de nitrato incluyen: Co(NH₃)₆(NO₃)₃, [Co(NH₃)₅(NO₃)(NO₃)₂], [Co(NH₃)₅(NO₂)](NO₃)₂, y [Co(NH₃)₅(H₂O)](NO₃)₂.

La preparación de complejos de nitrito o nitrato amina de metal usados en la presente invención están descritos en la literatura. Específicamente, se hace referencia a ellos por Hagel y otros, en "The Triamines of Cobalt (III). I. Geometrical Isomers of Trinitroamminecobalt (III)", *Inorganic Chemistry*, pág. 1496, (Junio 1970); G. Pass and H. Sutcliffe, *Practical Inorganic Chemistry*, 2nd Ed., Chapman & Hull, New York, (1974); Shibata y otros, "Synthesis of Nitroammine- and Cyanoamminecobalt(III) Complexes With Potassium Tricarbonatocobaltate(III) as the Starting Material", *Inorganic Chemistry*, pág. 1573, (Nov. 1964); Wiegardt y otros, "μ-carboxylatido-μ-hydroxo-bis[triamminecobalt(III)] Complexes", *Inorganic Synthesis*, pág. 23, (1985); Laing, mer- and fac-[Co(NH₃)₃NO₂]₃: Do They Exist?", *J. Chem. Educ.*, pág. 707, (1985); Siebert, "Isomere des Trinitroamminekobal(III)", *Z. Anorg. Allg. Chem.*, pág. 47, (1978). Tal como se ha mencionado anteriormente, los complejos de amina de la presente invención son generalmente estables y seguros para uso en la preparación de formulaciones generadoras de gas.

Los complejos descritos pueden procesarse en gránulos o bolas usables par uso en dispositivos generadores de gas. Dichos dispositivos incluyen sistemas de sujeción suplementarios de air bag de automóviles. Dichas composiciones generadoras de gas comprenderán una cantidad de los complejos descritos y, preferiblemente, un aglomerante y un co-oxidante. Las composiciones producen una mezcla de gases, principalmente nitrógeno y vapor de agua, tras la descomposición o combustión. Igualmente, el dispositivo generador de gas incluirá medios para iniciar la combustión de la composición, tal como un alambre caliente o un elemento de ignición. En el caso de un sistema de air bag de automóvil, el sistema incluirá las composiciones descritas anteriormente; un air bag inflable, plegado; y medios para la ignición de dicha composición generadora de gas dentro del sistema de air bag. Los sistemas de air bag de automóviles son bien conocidos en la técnica.

Los aglomerantes típicos usados en las composiciones generadoras de gas de la presente invención incluyen aglomerantes convencionalmente usados en composiciones propulsoras, pirotécnicas y explosivas, incluyendo, pero sin limitarse a ellos, lactosa, ácido bórico, silicatos incluyendo silicato magnésico, carbonato de propileno, polietileno glicol, gomas que se producen de manera natural, tales como goma guar, goma arábica, celulosas y almidones modificados (una exposición detallada de dichas gomas es la proporcionada por C.L. Mantell, en *The Water-Soluble Gums*, Reinhold Publishing Corp., (1947), la cual se incorpora en la presente invención por referencias), ácidos poliacrílicos, nitrocelulosa, poliácridamida, poliamidas, incluyendo nilón, y otro aglomerantes polímeros convencionales. Dichos aglomerantes mejoran las propiedades mecánicas o proporcionan resistencia a la compresión potenciada. Aunque pueden usarse aglomerantes no miscibles en agua en la presente invención, actualmente se prefiere usar

aglomerantes solubles en agua. Preferiblemente, la concentración de aglomerante está dentro del intervalo de desde 0,5 hasta 12% en peso, y más preferiblemente desde 2% hasta 8% en peso de la composición generadora de gas.

5 Los solicitantes han encontrado que la adición de carbono, tal como negro de humo o carbón vegetal activado, a las composiciones generadoras de gas, mejora significativamente la acción del aglomerante, posiblemente debido al refuerzo del aglomerante y, en consecuencia, la formación de un micro-compuesto. Se han observado mejoras en la resistencia a la compresión del 50% al 150% con la adición de negro de humo a las composiciones comprendidas dentro del ámbito de la presente invención. La reproducibilidad balística se potencia conforme se incrementa la resistencia a la compresión. Preferiblemente, la concentración de carbón está dentro del intervalo del 0,1% al 6% en peso, y más preferiblemente desde 0,3 hasta 3% en peso de la composición generadora de gas.

10 El co-oxidante puede ser un oxidante convencional tal como percloratos, cloratos, peróxidos, nitritos, y nitratos de álcali, alcalinotérreo, lantánido, o amonio, incluyendo por ejemplo, $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, NH_4ClO_4 , KNO_3 , y $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO})_6$.

15 Igualmente, el co-oxidante puede ser un agente oxidante conteniendo un metal, tal como óxidos de metales, hidróxidos de metales, peróxidos de metales, hidratos de óxidos de metales, hidróxidos de óxidos de metales, óxidos hidratados de metales, y mezclas de los mismos, incluyendo los descritos en la Patente de EE.UU. No. 5.439.537 concedida el 8 de Agosto de 1995, titulada "Thermite Compositions for Use as Gas Generants".

20 Los ejemplos de óxidos de metales incluyen, entre otros, los óxidos de cobre, cobalto, manganeso, tungsteno, bismuto, molibdeno, y hierro, tales como CuO , Co_2O_3 , Co_3O_4 , CoFe_2O_4 , Fe_2O_3 , MoO_3 , Bi_2MoO_6 y Bi_2O_3 . Los ejemplos de hidróxidos de metales incluyen, entre otros, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Co}(\text{OH})_3$, $\text{Co}(\text{OH})_2$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$, $\text{Cu}(\text{OH})_2$, y $\text{Zn}(\text{OH})_2$. Los ejemplos de hidratos de óxidos de metales incluyen, entre otros, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, $\text{SnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, y $\text{MoO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Los ejemplos de hidróxidos de óxidos de metales incluyen, entre otros, $\text{CoO}(\text{OH})_2$, $\text{FeO}(\text{OH})_2$, $\text{MnO}(\text{OH})_2$ y $\text{MnO}(\text{OH})_3$.

Igualmente, el co-oxidante puede ser un carbonato de metal básico tal como hidróxido de carbonato de metal, óxidos de carbonatos de metal, óxidos de hidróxidos de carbonatos de metal, e hidratos y mezclas de los mismos, incluyendo los oxidantes descritos en la Patente de EE.UU. No. 5.429.691, titulada "Thermite Compositions for Use as Gas Generants", la cual se incorpora en la presente invención por referencia.

25 La Tabla 1, a continuación, lista ejemplos de carbonatos de metal básicos capaces de funcionar como co-oxidantes en las composiciones de la presente invención:

Tabla 1

Carbonatos de metal básicos

30 $\text{Cu}(\text{CO}_3)_{1-x} \cdot \text{Cu}(\text{OH})_{2x}$, por ejemplo, $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ (malaquita)

$\text{Co}(\text{CO}_3)_{1-x}(\text{OH})_{2x}$, por ejemplo, $2\text{CoCO}_3 \cdot 3\text{Co}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

$\text{Co}_x\text{Fe}_y(\text{CO})_2(\text{OH})_2$, por ejemplo, $\text{Co}_{0,69}\text{Fe}_{0,34}(\text{CO}_3)_{0,2}(\text{OH})_2$

$\text{Na}_3[\text{Co}(\text{CO}_3)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

$\text{Zn}(\text{CO}_3)_{1-x}(\text{OH})_{2x}$, por ejemplo, $\text{Zn}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$

$\text{Bi}_A\text{Mg}_B(\text{CO}_3)_C(\text{OH})_D$, por ejemplo, $\text{Bi}_2\text{Mg}(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_4$

35 $\text{Fe}(\text{CO}_3)_{1-x}(\text{OH})_{3x}$, por ejemplo, $\text{Fe}(\text{CO}_3)_{0,12}(\text{OH})_{2,76}$

$\text{Cu}_{2-x}\text{Zn}_x(\text{CO}_3)_{1-y}(\text{OH})_{2y}$, por ejemplo, $\text{Cu}_{1,54}\text{Zn}_{0,46}(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$

$\text{Co}_y\text{Cu}_{2-y}(\text{CO}_3)_{1-x}(\text{OH})_{2x}$, por ejemplo, $\text{Co}_{0,49}\text{Cu}_{0,51}(\text{CO}_3)_{0,43}(\text{OH})_{1,1}$

$\text{Ti}_A\text{Bi}_B(\text{CO}_3)_x(\text{OH})_y(\text{O})_2(\text{H}_2\text{O})_C$, por ejemplo, $\text{Ti}_3\text{Bi}_4(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2\text{O}_9(\text{H}_2\text{O})_2$

$(\text{BiO})_2\text{CO}_3$

40 La Tabla 2, a continuación, lista ejemplos de nitratos de metal básicos capaces de funcionar como co-oxidantes en las composiciones de la presente invención:

Tabla 2

Nitratos de metal básicos

45 $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{NO}_3$ (gerhardita)

$\text{Co}_2(\text{OH})_3\text{NO}_3$

Tabla 2 (Cont.)

$Cu_xCo_{2-x}(OH)_3NO_3$, por ejemplo, $CuCo(OH)_3NO_3$

$Zn_2(OH)_3NO_3$

$Mn(OH)_2NO_3$

5 $Fe(NO_3)_n(OH)_{3-n}$, por ejemplo, $Fe_4(OH)_{11}NO_3 \cdot 2H_2O$

$Mo(NO)_2O_2$

$BiONO_3 \cdot H_2O$

$Ce(OH)(NO_3)_3 \cdot 3H_2O$

10 En ciertos casos, sería igualmente deseable usar mezclas de dichos agentes oxidantes con el fin de potenciar las propiedades balísticas o de maximizar la filtrabilidad de la escoria formada a partir de la combustión de la composición.

15 Igualmente, las presentes composiciones pueden incluir aditivos convencionalmente usados en composiciones generadoras de gas, propulsores, y explosivos, tales como modificadores de la velocidad de combustión, formadores de escorias, agentes antiadhesivos, y aditivos que eliminan de manera eficaz los NO_x . Los modificadores de la velocidad de combustión típicos incluyen Fe_2O_3 , $K_2B_{12}H_{22}$, Bi_2MoO_6 , y polvos o fibras de carbón grafito. Se conocen un cierto número de agentes formadores de escorias y incluyen, por ejemplo, arcillas, talcos, óxidos de silicio, óxidos, hidróxidos, oxalatos alcalinotérreos, de los cuales el carbonato magnésico e hidróxido magnésico son ejemplos. Igualmente, se conocen un cierto número de aditivos y/o agentes para reducir o eliminar los óxidos de nitrógeno procedentes de los productos de combustión de una composición generadora de gas, incluyendo sales de metales alcalinos y complejos de tetrazoles, aminotetrazoles, triazoles y heterociclos de nitrógeno relacionados, de los cuales el aminotetrazol potásico, carbonato sódico y carbonato potásico son ejemplos. Igualmente, la composición puede incluir materiales que facilitan la liberación de la composición a partir de un molde tal como grafito, sulfuro de molibdeno, estearato cálcico, o nitruro de boro.

25 Los adyuvantes de la ignición/modificadores de la velocidad de combustión típicos que pueden usarse en la presente invención, incluyen óxidos, nitritos y otros compuestos de metales, tales como, por ejemplo, Fe_2O_3 , $K_2B_{12}H_{22}$, $BiO(NO_3)$, Co_2O_3 , $CoFe_2O_4$, $CuMoO_4$, Bi_2MoO_6 , MnO_2 , $Mg(NO_3)_2 \cdot xH_2O$, $Fe(NO_3)_3 \cdot xH_2O$, $Co(NO_3)_2 \cdot xH_2O$, y NH_4NO_3 . Los enfriadores incluyen hidróxido magnésico, oxalato cúprico, ácido bórico, hidróxidos de aluminio, y ácido silicotúngstico. Los enfriadores tales como hidróxido de aluminio y ácido silicotúngstico pueden funcionar igualmente como potenciadores de la escoria.

30 Es de observar que muchos de los aditivos anteriores pueden llevar a cabo múltiples funciones en la formulación generadora de gas, tal como un co-oxidante o como un combustible, dependiendo del compuesto. Algunos compuestos pueden funcionar como un co-oxidante, modificador de la velocidad de combustión, enfriador, y/o formador de escoria.

35 Se han comparado diversas propiedades importantes de composiciones generadoras de gas de nitrato de hexaaminocobalto(III) incluidas dentro del ámbito de la presente invención, con las composiciones generadoras de gas de azida sódica comerciales. Estas propiedades ilustran diferencias significativas entre las composiciones generadoras de gas de azida sódica convencionales y las composiciones generadoras de gas incluidas dentro del ámbito de la presente invención. A continuación, se resumen estas propiedades:

Propiedad	Intervalo de la invención típico	Azida sódica típica
Temperatura de la llama	1577-1776°C	1127-1227°C
Fracción de gas del generador	0,65-0,85	0,4-0,45
Contenido en carbono total en el generador	0-3,5%	trazas
Velocidad de combustión a 6,894 MPa	0,152-0,533 m/min	1,676-1,98 m/min
Area superficial del generador	2,0-3,5 cm ² /g	0,8-0,85 cm ² /g
Pesos de la carga en el generador	30-45 g	75-90 g

40 El término "fracción de gas del generador" significa la fracción en peso de gas generado por peso de generador de gas. Las composiciones generadoras de gas de nitrato de hexaaminocobalto(III) típicas tienen temperaturas más

preferidas dentro del intervalo de 1577°C a 1627°C, la fracción de gas de generador en el intervalo de 0,70 a 0,75, el contenido en carbono total en el generador en el intervalo de 1,5% a 3,0%, la velocidad de combustión del generador a 6,89 MPa en el intervalo de desde 0,305 hasta 0,533 m/min, y el área superficial del generador en el intervalo de 2,5 cm²/g hasta 3,5 m²/g.

- 5 Las composiciones generadoras de gas de la presente invención se adaptan fácilmente para uso con la tecnología del inflador de air bag híbrido convencional. La tecnología del inflador híbrido se basa en el calentamiento de un gas inerte almacenado (argón o helio) a una temperatura deseada mediante la combustión de una pequeña cantidad de propulsor. Los infladores híbridos no requieren los filtros de enfriamiento usados con los infladores pirotécnicos para gases de combustión fría, dado que los infladores híbridos son capaces de proporcionar un gas de baja temperatura.
- 10 La temperatura de descarga de gas puede cambiarse de manera selectiva ajustando la relación de peso de gas inerte a peso de propulsor. Cuanto mayor sea la relación de peso de gas a peso de propulsor, más fría será la temperatura de descarga del gas.

- 15 Un sistema generador de gas híbrido comprende un tanque de presión que tiene una abertura rompible, una cantidad predeterminada de gas inerte dispuesta dentro del tanque de presión; un dispositivo generador de gas para la producción de gases de combustión calientes y que tiene medios de ruptura de la abertura rompible; y medios para la ignición de la composición generadora de gas. El tanque tiene una abertura rompible que puede romperse mediante un pistón cuando se enciende el dispositivo de generación de gas. El dispositivo generador de gas está configurado y posicionado con relación al tanque de presión de manera tal que los gases de combustión calientes se mezclan con el gas inerte y lo calientan. Los gases inertes adecuados incluyen, entre otros, argón, helio y mezclas
- 20 de los mismos. Los gases mezclados y calentados salen del tanque de presión a través de una abertura y finalmente salen del inflador híbrido y despliegan una bolsa o balón inflable, tal como un air bag de automóvil.

Las realizaciones preferidas de la invención proporcionan productos de combustión con una temperatura superior a aproximadamente 1527°C, cuyo calor se transfiere al gas inerte más frío, dando lugar a una mejora adicional en la eficacia del sistema generador de gas híbrido.

- 25 Los dispositivos generadores de gas híbridos para aplicación de sujeción de seguridad suplementaria se encuentran descritos por Frantom, en Hybrid Airbag Inflator Technology, Airbag Int'l Symposium on Sophisticated CarOccupant Safety Systems, (Weinbrenner-Saal, Alemania, Nov. 2-3, (1992).

- 30 El al menos un compuesto de nitrógeno orgánico de combustión fría puede ser, por ejemplo, nitrato de guanidina. Un compuesto de nitrógeno orgánico de combustión fría es un compuesto que tiene un calor de formación relativamente bajo. En general, el calor de formación de los compuestos de combustión fría puede ser menor de aproximadamente -1.675×10^6 J/Kg (-400 cal/g), y preferiblemente, menor de aproximadamente -2.512×10^6 J/Kg (-600 cal/g). El calor de formación para el nitrato de guanidina, por ejemplo, es aproximadamente -3.128×10^6 J/Kg (-747 cal/g).

- 35 En esta realización preferida, el compuesto de nitrógeno orgánico de combustión fría no es el combustible primario de la formulación, sino un combustible secundario. Los combustibles ya divulgados anteriormente, tales como, por ejemplo, nitrato de hexaaminacobalto, pueden servir como el combustible primario.

- 40 Además, una sustancia tal como nitrato de guanidina puede tener igualmente alguna capacidad oxidante debido a la presencia, por ejemplo, del grupo nitrato. Sin embargo, el compuesto de nitrógeno orgánico de combustión fría no es el agente oxidante principal. No obstante, puede actuar como un agente oxidante secundario o como un co-oxidante, conjuntamente con otras sustancias oxidantes o co-oxidantes indicadas anteriormente, tal como, por ejemplo, nitrato de cobre básico.

- 45 Además del nitrato de guanidina, los compuestos de nitrógeno orgánico de combustión fría adicionales incluyen sales de guanidina tales como, por ejemplo, la sal carbonato y derivados de guanidina tales como, por ejemplo, nitrato de aminoguanidina, nitrato de diaminoguanidina, nitrato de triaminoguanidina, nitroguanidina, urea, glicina, complejos de glicina-nitrato amónico, y dinitrato de etileno diamina. Sin embargo, el nitrato de guanidina es el preferido. Pueden usarse mezclas de compuestos de nitrógeno orgánico de combustión fría.

- 50 En principio, la cantidad de compuesto de nitrógeno orgánico de combustión fría incorporada dentro de la composición puede ser generalmente mayor del 0% en peso y menor de aproximadamente 40% en peso, y preferiblemente, entre aproximadamente 5% en peso y aproximadamente 30% en peso, y más preferiblemente, entre aproximadamente 10% en peso y aproximadamente 25% en peso. Esta realización de la presente invención no está limitada en teoría, sin embargo, y en la práctica, la cantidad puede ser determinada por una persona experta en la técnica, dependiendo de qué tipo de características de rendimiento son las más importantes para la aplicación particular del air bag.

- 55 El uso del compuesto de nitrógeno orgánico de combustión fría da como resultado una alta salida de gas con simultáneamente filtrabilidad mejorada de la escoria producida procedente de la combustión. Además, puede reducirse el coste total de la composición cuando un compuesto de nitrógeno orgánico de combustión fría relativamente menos costoso reemplaza a un ingrediente relativamente más costoso tal como, por ejemplo, nitrato de hexaaminacobalto. En principio, puede también reducirse la cantidad de NO_x.

Las composiciones generadoras de gas preferidas comprenden compuestos de nitrógeno orgánico de combustión fría y, además, comprenden: 1) al menos un combustible primario tal como un complejo de metal tal como, por ejemplo, nitrato de hexaaminacobalto, $\text{Co}(\text{NH}_3)_6(\text{NO}_3)$, el cual es diferente del compuesto de nitrógeno orgánico de combustión fría, 2) un co-oxidante tal como, por ejemplo, nitrato de cobre básico, $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{NO}_3$, el cual es diferente del compuesto de nitrógeno orgánico de combustión fría, y 3) un aglomerante que es, preferiblemente, un aglomerante soluble en agua tal como, por ejemplo, goma guar.

En general, en esta realización preferida, pueden usarse combustibles, co-oxidantes, y aglomerantes, los cuales han sido previamente descritos en la presente invención. Sin embargo, los ejemplos preferidos de combustibles para esta realización preferida incluyen complejos de cobalto amina, y el nitrato de hexaaminacobalto es particularmente preferido. Los ejemplos preferidos de co-oxidantes incluyen carbonatos de metal básicos, nitratos de metal básicos, óxidos de metal, nitratos de metal, e hidróxidos de metal. El nitrato de cobre básico es particularmente preferido. Los ejemplos preferidos de aglomerantes incluyen polímeros solubles en agua o substancialmente solubles en agua, incluyendo gomas. La goma guar es particularmente preferida.

Las cantidades de los ingredientes tales como combustible, co-oxidante, y aglomerante en esta realización preferida, pueden ser determinadas fácilmente por una persona experta en la técnica a la vista de la presente divulgación. No obstante, en particular, la cantidad de combustible primario, que es aparte del compuesto de nitrógeno orgánico de combustión fría, puede ser generalmente de entre aproximadamente 30% en peso y aproximadamente 90% en peso, y preferiblemente, entre aproximadamente 40% en peso y aproximadamente 75% en peso. La suma de la cantidad de co-oxidante, tomada conjuntamente con la cantidad de compuesto de nitrógeno orgánico de combustión fría, puede ser de entre aproximadamente 10% en peso y aproximadamente 60% en peso, y preferiblemente, entre aproximadamente 15% en peso y aproximadamente 50% en peso. La cantidad de aglomerante, generalmente, puede ser de entre aproximadamente 0,5% en peso y aproximadamente 12% en peso, y preferiblemente, entre aproximadamente 2% en peso y aproximadamente 10% en peso y más preferiblemente, entre aproximadamente 3% en peso y aproximadamente 6% en peso. Aunque en teoría, las composiciones se usan generalmente de manera que está equilibradas estequiométricamente, en la práctica, las composiciones son frecuentemente al menos ligeramente ricas en combustible, aunque son posibles en principio composiciones ligeramente ricas en oxígeno. Típicamente, la proporción de ingredientes se ajusta para dar el mejor equilibrio de rendimiento con respecto, por ejemplo, a las características de los gases efluentes y las escorias.

Preferiblemente, la composición contiene también pequeñas cantidades de carbono tal como, por ejemplo, negro de humo como un aditivo balístico o modificador de la velocidad de combustión, aunque es opcional. Típicamente, la cantidad de negro de humo puede ser menor de aproximadamente 2% en peso, y preferiblemente, menor de aproximadamente 1% en peso.

El compuesto de nitrógeno orgánico de combustión fría puede usarse para reemplazar parcialmente al ingrediente combustible. En este caso, la cantidad de co-oxidante puede incrementarse para mantener la estequiometría deseada. Esto puede dar como resultado ahorros de coste dado que, por ejemplo, tanto el nitrato de cobre básico como el nitrato de guanidina son significativamente menos costosos que el nitrato de hexaaminacobalto. Sin embargo, de manera sorprendente, el rendimiento general del generador se mantiene a pesar de la sustitución. El mantenimiento del rendimiento general se logra desde una perspectiva de volumen dado que la densidad de la mezcla se incrementa conforme se incrementa la proporción relativa del nitrato de cobre básico.

En general, se estima que se producen pocas, caso de producirse alguna, reacciones químicas cuando el nitrato de guanidina se mezcla dentro de las composiciones, aunque la presente invención no comparte dicha teoría de reacción química. Las formulaciones pueden prepararse mezclando los ingredientes individuales, o como alternativa, preparando las formulaciones por separado y mezclando estas formulaciones. El mezclado de los ingredientes individuales es generalmente el preferido. El mezclado puede llevarse a cabo mediante procedimientos convencionales, con equipo convencional conocido en la técnica, seguido de conformado o granulación de la composición.

Ejemplos

La presente invención se describe adicionalmente en los siguientes ejemplos no limitativos. Salvo que se establezca lo contrario, las composiciones están expresadas en por ciento en peso.

Ejemplo 1

Con una cantidad (132,4 g) de $\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3$, preparada de acuerdo con las directrices de Hagel y otros, en "The Triamines of Cobalt (III). I. Geometrical Isomers of Trinitrotriaminecobalt (III)", *Inorganic Chemistry*, pág. 1496, (Junio 1970), se formó una lechada en 35 ml de metanol con 7 g de una solución al 38 por ciento en peso de resina de polímero de acetato de vinilo/alcohol vinílico grado pirotécnico, comercialmente conocida como VAAR disuelta en acetato de metilo. El disolvente se dejó evaporar parcialmente. La mezcla tipo pasta se forzó a pasar a través de un tamiz de malla 20, se dejó secar hasta una consistencia firme, y se forzó a pasar a través de un tamiz nuevamente. A continuación, los gránulos resultantes se secaron en vacío a temperatura ambiente durante 12 horas. Mediante prensado del material secado se prepararon gránulos de 1,27 cm de diámetro. Los gránulos se quemaron a varias presiones diferentes que variaron desde 4,14 hasta 22,75 MPa. Se encontró que la velocidad de combustión del

generador era de 0,361 m/min a 6,89 MPa con un exponente de presión de 0,85 sobre el intervalo de presión ensayado.

Ejemplo 2

5 Se repitió el procedimiento del Ejemplo 1, con 100 g de $\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3$ y 34 g de solución al 12 por ciento en peso de nilón en metanol. La granulación se llevó a cabo mediante tamices de malla 10 y 16, seguido de secado al aire. Se encontró que la velocidad de combustión de esta composición era de 0,442 m/min a 6,89 MPa con un exponente de presión de 0,74.

Ejemplo 3

10 De una manera similar a la descrita en el Ejemplo 1, con 400 g de $\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3$, se formó una lechada con 219 g de una solución al 12 por ciento en peso de nitrocelulosa en acetona. La nitrocelulosa contenía 12,6 por ciento de nitrógeno. El disolvente se dejó evaporar parcialmente. La pasta resultante se forzó a pasar a través de un tamiz de malla 8 seguido de un tamiz de malla 24. Los gránulos resultantes se secaron al aire durante una noche y se mezclaron con agente de desmoldeo de estearato cálcico suficiente como para proporcionar 0,3 por ciento en peso en el producto final. Una porción del material resultante se prensó en gránulos de 1,27 cm de diámetro y se encontró que mostraban una velocidad de combustión de 0,419 m/min a 6,89 MPa con un exponente de presión de 0,79. El resto del material se prensó en gránulos de 0,318 cm de diámetro por 0,178 cm de espesor sobre una prensa de comprimidos rotatoria. La densidad del gránulo se determinó que era de $1,88 \text{ g/cm}^3$. La temperatura teórica de la llama de esta composición fue de 2.085°C y se calculó que proporcionaba una fracción de masa de gas de 0,72.

Ejemplo 4

20 Este ejemplo divulga la preparación de un dispositivo de ensayo de acero inoxidable reutilizable usado para simular generadores de gas laterales del conductor. El dispositivo de ensayo, o simulador, estaba constituido por una cámara de ignición y una cámara de combustión. La cámara de ignición estaba situada en el centro y tenía 24 puertos de 0,254 cm que salían dentro de la cámara de combustión. La cámara de ignición estaba provista de un latiguillo de ignición. La pared de la cámara de ignición estaba recubierta con hoja de aluminio de $2,54 \times 10^{-3}$ cm de espesor antes
25 agregar los gránulos del elemento de ignición de malla -24/+60. La pared de la cámara de combustión exterior estaba constituida por un anillo con nueve puertos de salida. El diámetro de los puertos se varió cambiando los anillos. Partiendo del diámetro interior del anillo de la cámara de combustión exterior, la cámara de combustión estaba provista con una plancha de aluminio de $10,2 \times 10^{-3}$ cm, un respiradero de tamiz de acero inoxidable de malla 30, cuatro respiraderos de tamiz de acero inoxidable de malla 14, un anillo deflector, y el generador de gas. El generador se mantuvo intacto dentro de la cámara de combustión usando un "donut" de tamiz de acero inoxidable de malla 18. Alrededor del diámetro exterior de la pared de la cámara de combustión exterior se colocó un anillo deflector adicional. La cámara de combustión estaba provista con un puerto de presión. El simulador se sujetó a la vez a un tanque de 60 litros y a un air bag de automoción. El tanque estaba provisto con puertos de presión, temperatura, ventilación, y drenaje. Los air bags de automoción tienen una capacidad máxima de 55 litros y están construidos con dos puer-
30 tos de ventilación de 1,27 cm de diámetro. Los ensayos del simulador que implican un air bag se configuraron de manera tal que se midieron las presiones de las bolsas. La temperatura superficial de la capa externa de la bolsa se monitorizó durante el periodo de inflado mediante radiometría infrarroja, imágenes térmicas, y termopar.

Ejemplo 5

40 Treinta y siete gramos y medio de los gránulos de 0,318 cm de diámetro preparados tal como se ha descrito en el Ejemplo 3, se quemaron en un dispositivo de ensayo de inflador ventilado dentro de un tanque de recogida de 60 litros tal como se ha descrito en el Ejemplo 4, con la incorporación adicional de una segunda cámara tamizada que contenía 2 respiraderos de tamiz de malla 30 y 2 respiraderos de tamiz de malla 18. La combustión produjo una presión en la cámara de combustión de 13,8 MPa y una presión de 0,269 MPa en el tanque de recogida de 60 litros. La temperatura de los gases en el tanque de recogida alcanzó un máximo de 407°C a los 20 milisegundos. Los
45 análisis de los gases recogidos en el tanque de 60 litros mostraron una concentración de óxidos de nitrógeno (NO_x) de 500 ppm y una concentración de monóxido de carbono de 1.825 ppm. Las partículas expulsadas totales, determinadas mediante el lavado del tanque con metanol y evaporación del lavado, se encontraron que eran de 1.000 mg.

Ejemplo 6

50 Se repitió el ensayo del Ejemplo 4, excepto que el tanque de 60 litros se reemplazó por una bolsa ventilada de 55 litros, tal como típicamente se usa en los dispositivos de sujeción de infladores de automoción laterales del conductor. Se obtuvo una presión en la cámara de combustión de 13,1 MPa cuando se produjo un inflado total de la bolsa. Aproximadamente 60 milisegundos después de la ignición, se observó un pico de presión de la bolsa interna de $13,8 \times 10^3$ Pa. La temperatura de la superficie de la bolsa se observó que permanecía por debajo de 83°C , lo cual es una mejora sobre los infladores a base de azida convencionales, en tanto que el rendimiento de inflado de la bolsa es casi el típico de los sistemas convencionales.

Ejemplo 7 (con fines únicamente comparativos)

- 5 Se preparó la sal tetraamina de cobre disolviendo 116,3 g de hemipentahidrato de nitrato de cobre(II) en 230 ml de hidróxido amónico concentrado y 50 ml de agua. Una vez enfiada la mezcla caliente resultante a 40°C, se agregó un litro de etanol con agitación para precipitar el producto de nitrato de tetraamina. El sólido de color azul-púrpura oscuro se recogió por filtración, se lavó con etanol y se secó al aire. El producto se confirmó que era $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_3)_2$ mediante análisis elemental. La velocidad de combustión de este material, determinada a partir de gránulos de 1,27 cm de diámetro prensados, fue de 0,274 m/min a 6,89 MPa.

Ejemplo 8 (con fines únicamente comparativos)

- 10 El nitrato de tetraamina de cobre preparado en el Ejemplo 7 se formuló con diversos oxidantes suplementarios y se ensayó la velocidad de combustión. En todos los casos, se formaron lechadas de 10 g de material con aproximadamente 10 ml de metanol, se secaron, y se prensaron en gránulos de 1,27 cm de diámetro. Las velocidades de combustión se midieron a 6,89 MPa y los resultados se muestran en la tabla siguiente.

Nitrato tetraamina de cobre	Oxidante	Velocidad de combustión (m/min)
88%	CoO (6%) Sr(NO ₃) ₂ (6%)	0,198
92%	Sr(NO ₃) ₂ (8%)	0,213
90%	NH ₄ NO ₃ (10%)	0,381
78%	Bi ₂ O ₃ (22%)	0,152
85%	SrO ₂ (15%)	0,274

Ejemplo 9

- 15 Se preparó una cantidad de nitrato de hexaaminacobalto(III) reemplazando el cloruro amónico con nitrato amónico en el procedimiento para la preparación de cloruro de hexaaminacobalto(III) tal como ha sido expuesto por G. Pass y H. Sutcliffe, en *Practical Inorganic Chemistry*, 2nd Ed., Chapman & Hull, New York, (1974). El material preparado se determinó que era $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6](\text{NO}_2)_3$ mediante análisis elemental. Una muestra del material se prensó en gránulos de 1,27 cm de diámetro y se midió una velocidad de combustión de 0,396 m/min a 13,8 MPa.

Ejemplo 10

- 20 El material preparado en el Ejemplo 9 se usó para preparar tres lotes de generador de gas que contenían nitrato de hexaaminacobalto(III) como el combustible y nitrato amónico cérico como el co-oxidante. Los lotes difieren en el modo de procesado y en la presencia o ausencia de aditivos. Las velocidades de combustión se determinaron a partir de gránulos de 1,27 cm de diámetro. Los resultados se resumen a continuación:

Formulación	Procesado	Velocidad de combustión
12% (NH ₄) ₂ [Ce(NO ₃) ₆] 88% [Co(NH ₃) ₆](NO ₃) ₃	Mezclado en seco	0,290 m/min a 11,7 MPa
12% (NH ₄) ₂ [Ce(NO ₃) ₆] 88% [Co(NH ₃) ₆](NO ₃) ₃	Mezclado con 35% de MeOH	0,305 m/min a 11,7 MPa
18% (NH ₄) ₂ [Ce(NO ₃) ₆] 81% [Co(NH ₃) ₆](NO ₃) ₃ 1% Negro de humo	Mezclado con 10% de H ₂ O	0,305 m/min a 11,7 MPa

Ejemplo 11

- 25 El material preparado en el Ejemplo 9 se usó para preparar varias mezclas de 10 g de composición de generador usando diversos oxidantes suplementarios. En todos los casos, la cantidad apropiada de nitrato de hexaaminacobalto(III) y de co-oxidante(s), se mezclaron dentro de aproximadamente 10 ml de metanol, se dejaron secar, y se prensaron en gránulos de 1,27 cm de diámetro. Los gránulos se ensayaron para determinar la velocidad de combustión a 6,89 MPa y los resultados se muestran en la tabla siguiente.

Nitrato de hexaaminacobalto(III)	Co-oxidante	Velocidad de combustión a 6,89 MPa
60%	CuO (40%)	0,229
70%	CuO (30%)	0,244
83%	CuO (10%) Sr(NO ₃) ₂ (7%)	0,198
88%	Sr(NO ₃) ₂ (12%)	0,213
70%	Bi ₂ O ₃ (30%)	0,152
83%	NH ₄ NO ₃ (17%)	0,229

Ejemplo 12

Se mezclaron composiciones binarias de nitrato de hexaaminacobalto(III) ("HACN") y diversos oxidantes suplementarios en lotes de 20 gramos. Las composiciones se secaron durante 72 horas a 93,3°C y se prensaron en gránulos de 1,27 cm de diámetro. Las velocidades de combustión se determinaron mediante la combustión de los gránulos de 1,27 cm a diferentes presiones que variaron desde 6,89 hasta 27,6 MPa. En la tabla siguiente se muestran los resultados.

5

Composición Relación en peso	Velocidad de combustión m/min a x MPa				Temp. °C
	6,89	13,8	20,7	27,6	
HACN 100/0	0,290	0,427	0,655	0,686	1583
HACN/CuO 90/10	0,396	0,533	0,594	0,671	1558
HACN/Ce(NH ₄) ₂ (NO ₃) ₆ 88/12	0,244	0,335	0,457	0,579	-
HACN/Co ₂ O ₃ 90/10	0,152	0,320	0,396	0,518	1470
HACN/Co(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O 90/10	0,198	0,335	0,533	0,625	1592
HACN/V ₂ O ₅ 85/15	0,183	0,244	0,320	0,457	1529
HACN/Fe ₂ O ₃ 75/25	0,183	0,183	0,259	0,350	1353
HACN/C ₃ O ₄ 81,5/18,5	0,198	0,305	0,381	0,457	1495
HACN/MnO ₂ 80/20	0,168	0,259	0,335	0,457	-
HACN/Fe(NO ₃) ₂ ·9H ₂ O 90/10	0,213	0,335	0,472	0,732	-
HACN/Al(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O 90/10	0,152	0,274	0,396	0,484	1572
HACN/Mg(NO ₃) ₂ ·2H ₂ O 90/10	0,244	0,366	0,488	0,594	1814

Ejemplo 13

Se estableció un procedimiento de procesado para la preparación de pequeños paralelepípedos ("pps") de generador de gas a escala de laboratorio. El equipo necesario para la formación y cortado de los pps incluía una tabla de cortado, un rodillo y un dispositivo de cortado. La tabla de cortado estaba constituida por una lámina de metal de 22,9 x 45,7 cm con espaciadores de papel de 1,27 cm de anchura pegados con cinta a lo largo de los bordes longitudinalmente. Los espaciadores tenían una altura acumulativa de 0,109 cm. El rodillo estaba constituido por un cilindro de teflón de 30,5 cm de longitud y 5,08 cm de diámetro. El dispositivo de cortado estaba constituido por un eje, cuchillas de cortar y espaciadores. El eje tenía un perno de 0,635 cm sobre el cual estaban colocadas una serie de diecisiete arandelas de acero inoxidable de 1,905 cm de diámetro y 0,0127 cm de grosor, como cuchillas de cortado. Ente cada cuchilla de cortado, se colocaron cuatro arandelas espaciadoras de latón de 1,69 cm de diámetro y 0,0508 cm de grosor y las series de arandelas se aseguraron mediante una tuerca. La distancia repetida entre las cuchillas de cortado circulares era de 0,216 cm.

10

15

20

Se mezcló en seco una composición generadora de gas que contenía un aglomerante soluble en agua y, a continuación, se mezclaron lotes de 50-70 g sobre un molino/mezclador Spex durante cinco minutos, con suficiente agua para que el material una vez mezclado tuviera una consistencia pastosa.

Se pegó con cinta adhesiva una lámina de plástico Velostat a la mesa de cortado y la bola de pasta de generador mezclado con agua se aplastó a mano sobre el plástico. Sobre la mezcla generadora se colocó una lámina de plástico de polietileno. El rodillo se posicionó paralelamente a los espaciadores situados sobre la tabla de cortado y la pasta se aplastó hasta una anchura de aproximadamente 12,7 cm. A continuación, el rodillo se giró 90 grados, se colocó sobre la parte superior de los espaciadores y la pasta se aplastó hasta la cantidad máxima que permitieron los espaciadores de la tabla de cortado. El plástico de polietileno se retiró cuidadosamente del generador y el dispositivo de cortado se usó para cortar la pasta tanto a lo largo como a lo ancho.

La lámina de plástico Velostat sobre la cual se había enrollado y cortado el generador, se soltó de la mesa de cortado y se colocó longitudinalmente sobre un cilindro de 10,2 cm de diámetro en un horno de convección a 57,2°C. Después de aproximadamente 10 minutos, la lámina se sacó del horno y se colocó sobre una varilla de 1,27 cm de diámetro de manera que los dos extremos de la lámina de plástico formaron un ángulo agudo con respecto de la varilla. El plástico se movió hacia atrás y hacia adelante sobre la varilla con el fin de descubrir los cortes entre los paralelepípedos ("pps"). La lámina se colocó a lo ancho sobre el cilindro de 10,2 cm de diámetro en el horno de convección a 57,2°C y se dejó secar durante otros 5 minutos. Los cortes se abrieron entre los pps sobre la varilla de 1,27 cm de diámetro como anteriormente. En ese momento, fue muy fácil despegar los pps del plástico. Los pps se separaron unos de otros además frotándolos suavemente en una superficie rugosa o sobre la tela de un tamiz de malla 12. Este procedimiento rompe los pps en piezas individuales con algunas piezas dobles remanentes. Las piezas dobles se separaron en piezas individuales usando una cuchilla de afeitar. A continuación, los pps se introdujeron en un horno de convección a 73,9-107°C para secarlos completamente. Las resistencias a la compresión (en los bordes) de los pps así formados fueron típicamente tan altas o superiores a las de los gránulos de 0,318 cm de diámetro con radios convexos de curvatura de 0,635 cm y una altura máxima de 0,178 cm, formados sobre una prensa rotatoria. Esto es notable puesto que estos últimos son tres veces más macizos.

Ejemplo 14

Se preparó una composición generadora de gas usando polvo de nitrato de hexaaminacobalto(III), $[(\text{NH}_3)_6\text{Co}](\text{NO}_3)$ (78,07%, 39,04 g), gránulos de nitrato amónico (19,93%, 9,96 g) y poliacrilamida molida, de 15 millones de p.mol. (2,00%, 1,00 g). Los ingredientes se mezclaron en seco en un molino/mezclador Spex durante un minuto. Se agregó agua desionizada (12% del peso seco de la formulación, 6 g) a la mezcla, la cual se mezcló durante un tiempo adicional de cinco minutos sobre el molino/mezclador Spex. Esto dio como resultado un material con una consistencia pastosa, el cual se procesó en forma de paralelepípedos (pps) como en el Ejemplo 13. Se mezclaron tres lotes adicionales de generador y se procesaron de manera similar. Los pps procedentes de los cuatro lotes se mezclaron. Las dimensiones de los pps fueron de 0,132 x 0,183 x 0,213 cm. Las desviaciones estándar sobre cada una de las dimensiones fueron del orden de 0,0254 cm. El peso promedio de los pps fue de 6,62 mg. La densidad aparente, densidad determinada mediante mediciones dimensionales, y la densidad, determinada mediante desplazamiento de disolvente, se determinaron que eran de 0,86 g/cm³, 1,28 g/cm³, y 1,59 g/cm³, respectivamente. Se midieron resistencias a la compresión de 1,7 kg (sobre el borde más estrecho) con una desviación estándar de 0,7 kg. Algunos de los pps se prensaron en gránulos de 1,27 cm de diámetro que pesaron aproximadamente tres gramos. A partir de estos gránulos, se determinó que la velocidad de combustión era de 0,198 m/min a 6,89 MP con un exponente de presión de 0,78.

Ejemplo 15

Se construyó un simulador de acuerdo con el Ejemplo 4. Dos gramos de una mezcla estequiométrica de gránulos de elemento de ignición de Mg/Sr(NO₃)₂/nilón se introdujeron dentro de la cámara de ignición. El diámetro de los puertos de salida de la pared de la cámara de combustión exterior fueron de 0,476 cm. Dentro de la cámara de combustión se fijaron treinta gramos de generador descrito en el Ejemplo 14 en la forma de paralelepípedos. El simulador se sujetó al tanque de 60 litros descrito en el Ejemplo 4. Después de la ignición, la cámara de combustión alcanzó una presión máxima de 15,9 MPa en 17 milisegundos, el tanque de 60 litros alcanzó una presión máxima de 0,234 MPa y la temperatura del tanque máxima fue de 367°C. Las proporciones de NO_x, CO y NH₃ fueron de 20, 380 y 170 ppm, respectivamente, y se recogieron 1600 mg de partículas procedentes del tanque.

Ejemplo 16

Se construyó un simulador con el mismo elemento de ignición y tipo de generador y peso de carga exactos que en el Ejemplo 15. Además, los diámetros de los puertos de salida de la cámara de combustión exterior fueron idénticos. El simulador se sujetó a una bolsa de seguridad de automoción del tipo descrito en el Ejemplo 4. Después de la ignición, la cámara de combustión alcanzó una presión máxima de 13,8 MPa en 15 milisegundos. La presión máxima del air bag inflado fue de 6,20x10³ Pa. Esta presión se alcanzó 18 milisegundos después de la ignición. La temperatura de la superficie de la bolsa máxima fue de 67°C.

Ejemplo 17

Se preparó una composición generadora de gas usando polvo de nitrato de hexaaminacobalto(III) (76,29%, 76,29 g), gránulos de nitrato amónico (15,71%, 15,71 g, Dynamit Nobel, tamaño del gránulo <350 micrómetros), polvo de

óxido cúprico formado pirometalúrgicamente (5,00%, 5,00 g) y goma guar (3,00%, 3,00 g). Los ingredientes se mezclaron en seco en un molino/mezclador Spex durante un minuto. Se agregó agua desionizada (18% del peso seco de la formulación, 9 g) a 50 g de la mezcla, la cual se mezcló durante un tiempo adicional de cinco minutos sobre el molino/mezclador Spex. Esto dio como resultado un material con una consistencia pastosa, el cual se procesó en forma de paralelepípedos (pps) como en el Ejemplo 13. El mismo procedimiento se repitió para los otros 50 g de generador mezclado en seco y los dos lotes de pps se mezclaron conjuntamente. Las dimensiones promedio de los pps mezclados fueron de 0,178 x 0,206 x 0,224 cm. Las desviaciones estándar sobre cada una de las dimensiones fueron del orden de 0,0254 cm. El peso promedio del pps fue de 9,60 mg. La densidad aparente, densidad determinada mediante mediciones dimensionales, y la densidad, determinada mediante desplazamiento de disolvente, se determinaron que eran de 0,96 g/cm³, 1,17 g/cm³, y 1,73 g/cm³, respectivamente. Se midieron resistencias a la compresión de 5,0 kg (sobre el borde más estrecho) con una desviación estándar de 2,5 kg. Algunos de los pps se prensaron en gránulos de 1,27 cm de diámetro que pesaron aproximadamente tres gramos. A partir de estos gránulos, se determinó que la velocidad de combustión era de 0,305 m/min a 6,89 MP con un exponente de presión de 0,67.

Ejemplo 18

Se construyó un simulador de acuerdo con el Ejemplo 4. Un gramo de una mezcla estequiométrica de Mg/Sr(NO₃)₂/nilón y dos gramos de gránulos de elemento de ignición de B/KNO₃ ligeramente sobre-oxidado, se mezclaron y se introdujeron dentro de la cámara de ignición. El diámetro de los puertos de salida de la pared de la cámara de combustión exterior fue de 0,431 cm. Dentro de la cámara de combustión se fijaron treinta gramos de generador descrito en el Ejemplo 17 en la forma de paralelepípedos. El simulador se sujetó al tanque de 60 litros descrito en el Ejemplo 4. Después de la ignición, la cámara de combustión alcanzó una presión máxima de 17,5 MPa en 8 milisegundos, el tanque de 60 litros alcanzó una presión máxima de 0,248 MPa y la temperatura del tanque máxima fue de 327°C. Las proporciones de NO_x, CO y NH₃ fueron de 50, 480 y 800 ppm, respectivamente, y se recogieron 240 mg de partículas procedentes del tanque.

Ejemplo 19

Se construyó un simulador con el mismo elemento de ignición y tipo de generador y peso de carga exactos que en el Ejemplo 18. Además, los diámetros de los puertos de salida de la cámara de combustión exterior fueron idénticos. El simulador se sujetó a una bolsa de seguridad de automoción del tipo descrito en el Ejemplo 4. Después de la ignición, la cámara de combustión alcanzó una presión máxima de 18,6 MPa en 9 milisegundos. La presión máxima del air bag inflado fue de 15,9x10³ Pa. Esta presión se alcanzó 30 milisegundos después de la ignición. La temperatura de la superficie de la bolsa máxima fue de 73°C.

Ejemplo 20

Se preparó una composición generadora de gas usando polvo de nitrato de hexaaminocobalto(III) (69,50%, 347,5 g), nitrato trihidroxi de cobre, [Cu₂(OH)₃NO₃], en polvo (21,5%, 107,5 g), RDX de 10 micrómetros (5,00%, 25 g), nitrato potásico de 26 micrómetros (1,00%, 5 g) y goma guar (3,00%, 3,00 g). Los ingredientes se mezclaron en seco con la ayuda de un tamiz de malla 60. Se agregó agua desionizada (23% del peso seco de la formulación, 15 g) a 65 g de la mezcla, la cual se mezcló durante un tiempo adicional de cinco minutos sobre el molino/mezclador Spex. Esto dio como resultado un material con una consistencia pastosa, el cual se procesó en forma de paralelepípedos (pps) como en el Ejemplo 13. El mismo procedimiento se repitió para dos lotes de 65 g adicionales de generador mezclado en seco y los tres lotes de pps se mezclaron conjuntamente. Las dimensiones promedio de los pps fueron de 0,145 x 0,198 x 0,213 cm. Las desviaciones estándar sobre cada una de las dimensiones fueron del orden de 0,0254 cm. El peso promedio de los pps fue de 7,22 mg. La densidad aparente, densidad determinada mediante mediciones dimensionales, y la densidad, determinada mediante desplazamiento de disolvente, se determinaron que eran de 0,96 g/cm³, 1,23 g/cm³, y 1,74 g/cm³, respectivamente. Se midieron resistencias a la compresión de 3,6 kg (sobre el borde más estrecho) con una desviación estándar de 0,9 kg. Algunos de los pps se prensaron en gránulos de 1,27 cm de diámetro que pesaron aproximadamente tres gramos. A partir de estos gránulos, se determinó que la velocidad de combustión era de 0,411 m/min a 6,89 MP con un exponente de presión de 0,51.

Ejemplo 21

Se construyó un simulador de acuerdo con el Ejemplo 4. 1,5 gramos de una mezcla estequiométrica de Mg/Sr(NO₃)₂/nilón y 1,5 gramos de gránulos de elemento de ignición de B/KNO₃ ligeramente sobre-oxidado, se mezclaron y se introdujeron dentro de la cámara de ignición. El diámetro de los puertos de salida de la pared de la cámara de combustión exterior fueron de 0,450 cm. Dentro de la cámara de combustión se fijaron treinta gramos de generador descrito en el Ejemplo 20 en la forma de paralelepípedos. El simulador se sujetó al tanque de 60 litros descrito en el Ejemplo 4. Después de la ignición, la cámara de combustión alcanzó una presión máxima de 21,0 MPa en 14 milisegundos. Las proporciones de NO_x, CO y NH₃ fueron de 25, 800 y 90 ppm, respectivamente, y se recogieron 89,0 mg de partículas procedentes del tanque.

Ejemplo 22

Se preparó una composición generadora de gas usando polvo de nitrato de hexaaminocobalto(III) (78,00%, 457,9 g), polvo de nitrato trihidroxi de cobre(II) (19,00%, 111,5 g) y goma guar (3,00%, 17,61 g). Los ingredientes se mezcla-

ron en seco y, a continuación, se mezclaron con agua (32,5% del peso seco de la formulación, 191 g) en un mezclador para áridos Baker-Perkins durante 30 minutos. A una porción de la torta húmeda resultante (220 g), se agregaron 9,2 gramos adicionales de nitrato trihidroxi de cobre(II) y 0,30 gramos adicionales de goma guar, así como 0,80 g de negro de humo (Monarch 1100). Esta nueva formulación se mezcló durante 30 minutos sobre un mezclador Baker-Perkins. La torta húmeda se introdujo en una extrusora de pistón con un diámetro de tambor de 5,08 cm y un diámetro de orificio de la matriz de 0,23 cm. El material extruido se cortó en longitudes de aproximadamente 30,5 cm, se dejó secar bajo condiciones ambientales durante una noche, se introdujo dentro de un contenedor cerrado conteniendo agua con el fin de humedecerlo y, de esta forma, ablandar el material, se cortó en longitudes de aproximadamente 0,254 cm y se secó a 73,9°C. Las dimensiones de los cilindros extruidos resultantes fueron de una longitud promedio de 0,287 cm y un diámetro promedio de 0,231 cm. La densidad aparente, densidad determinada mediante mediciones dimensionales, y la densidad, determinada mediante desplazamiento de disolvente, fueron de 0,86 g/cm³, 1,30 g/cm³, y 1,61 g/cm³, respectivamente. Se midieron resistencias a la compresión de 2,1 y 4,1 kg sobre la circunferencia y el eje, respectivamente. Algunos de los cilindros extruidos se prensaron en gránulos de 1,27 cm de diámetro que pesaron aproximadamente tres gramos. A partir de estos gránulos, se determinó que la velocidad de combustión era de 0,335 m/min a 6,89 MP con un exponente de presión de 0,29.

Ejemplo 23

Se construyeron tres simuladores de acuerdo con el Ejemplo 4. 1,5 gramos de una mezcla estequiométrica de Mg/Sr(NO₃)₂/nilón y 1,5 gramos de gránulos de elemento de ignición de B/KNO₃ ligeramente sobre-oxidado, se mezclaron y se introdujeron dentro de las cámaras de ignición. El diámetro de los puertos de salida de la pared de la cámara de combustión exterior fueron de 0,450 cm, 0,406 cm y 0,386 cm, respectivamente. Dentro de cada una de las cámaras de combustión se fijaron treinta gramos de generador descrito en el Ejemplo 22 en la forma de cilindros extruidos. Los simuladores se sujetaron, sucesivamente, al tanque de 60 litros descrito en el Ejemplo 4. Después de la ignición, la cámara de combustión alcanzó una presión máxima de 10,9 MPa, 11,5 MPa y 13,1 MPa, respectivamente. Las presiones del tanque máximas fueron de 0,221 MPa, 0,234 MPa y 0,241 MPa, respectivamente. Las proporciones de NO_x fueron de 85, 180, y 185 ppm, en tanto que las proporciones de CO fueron de 540, 600, 600 ppm, respectivamente. Las proporciones de NH₃ estuvieron por debajo de 2 ppm. Las proporciones de partículas fueron de 420, 350, y 360 mg, respectivamente.

Ejemplo 24

Se ha encontrado que la adición de pequeñas cantidades de carbono a las formulaciones generadoras de gas mejoran la resistencia a la compresión de paralelepípedos y gránulos extruidos formados como en el Ejemplo 13 o el Ejemplo 22. La tabla siguiente resume la potenciación de la resistencia a la compresión con la adición de carbono a una composición generadora de gas típica incluida dentro del ámbito de la presente invención. Todos los porcentajes están expresados como por ciento en peso.

Tabla 3: Potenciación de la resistencia a la compresión con adición de carbono

HACN %	CTN %	Guar %	Carbono %	Forma	Resistencia
65,00	30,00	5,00	0,00	EP	2,7 kg
64,75	30,00	4,50	0,75	EP	5,7 kg
78,00	19,00	3,00	0,00	pps	2,3 kg
72,90	23,50	3,00	0,60	pps	5,8 kg
78,00	19,00	3,00	0,00	EP	2,3 kg
73,00	23,50	3,00	0,50	EP	4,1 kg

HACN = Nitrato de hexaaminacobalto(III), [(NH₃)₆Co](NO₃) (Thiokol)
 CTN = Nitrato trihidroxi de cobre(II), [Cu₂(OH)₃NO₃] (Thiokol)
 Guar = Goma guar (Aldrich)
 Carbono = Negro de humo "Monarch 1100" (Cabot)
 EP = Gránulo extruido (Ejemplo 22)
 pps = Paralelepípedos (véase Ejemplo 13)
 Resistencia = resistencia a la compresión de pps o de gránulos extruidos en kilogramos

Ejemplo 25

Se prensó nitrato de hexaaminacobalto(III) en gránulos de cuatro gramos con un diámetro de 1,27 cm. Una mitad de los gránulos se pesaron e introdujeron en un horno a 95°C durante 700 horas. Después de envejecimiento, se pesaron nuevamente. No se observó pérdida de peso. La velocidad de combustión de los gránulos mantenidos a temperatura ambiente fue de 0,244 m/min y 6,89 MPa con un exponente de presión de 0,60. La velocidad de combustión de los gránulos mantenidos a 95°C durante 700 horas fue de 0,229 m/min a 6,89 MPa con un exponente de presión de 0,68.

Ejemplo 26

Se preparó una composición generadora de gas usando polvo de nitrato de hexaaminacobalto(III) (76,00%, 273,6 g), polvo de nitrato trihidroxi de cobre(II) (16,00%, 57,6 g), nitrato potásico de 26 micrómetros (5,00%, 18,00 g) y goma guar (3,00%, 10,8 g). Se agregó agua desionizada (24,9% del peso seco de la formulación, 16,2 g) a 65 g de la mezcla, la cual se mezcló durante un tiempo adicional de cinco minutos sobre el molino/mezclador Spex. Esto dio como resultado un material con una consistencia pastosa, el cual se procesó en forma de paralelepípedos (pps) como en el Ejemplo 13. El mismo procedimiento se repitió para los otros lotes de 50-65 g de generador mezclado en seco y todos los lotes de pps se mezclaron conjuntamente. Las dimensiones promedio de los pps fueron de 0,165 cm x 0,188 cm x 0,208 cm. Las desviaciones estándar sobre cada una de las dimensiones fueron del orden de 0,0254 cm. El peso promedio de los pps fue de 7,42 mg. La densidad aparente, densidad determinada mediante mediciones dimensionales, y la densidad, determinada mediante desplazamiento de disolvente, se determinaron que eran de 0,86 g/cm³, 1,15 g/cm³, y 1,68 g/cm³, respectivamente. Se midieron resistencias a la compresión de 2,1 kg (sobre el borde más estrecho) con una desviación estándar de 0,3 kg. Algunos de los pps se prensaron en diez gránulos de 1,27 cm de diámetro que pesaron aproximadamente tres gramos. Aproximadamente 60 g de pps y cinco gránulos de 1,27 cm de diámetro se introdujeron en un horno mantenido a 107°C. Después de 450 horas a esta temperatura, se observaron pérdidas de peso del 0,25% y 0,41% para los pps y gránulos, respectivamente. El resto de los pps y gránulos se almacenaron bajo condiciones ambiente. Se obtuvieron datos de la velocidad de combustión a partir de ambos conjuntos, los cuales se resumen en la Tabla 4.

Tabla 4

Comparación de la velocidad de combustión antes y después de envejecimiento acelerado		
Condiciones de almacenamiento	Velocidad de combustión a 6,89 MPa	Exponente de presión
24-48 horas a temperatura ambiente	0,229 m/min	0,72
450 horas a 107°C	0,229 m/min	0,70

Ejemplo 27

Se construyeron dos simuladores de acuerdo con el Ejemplo 4. En cada cámara de ignición, se introdujo una mezcla de 1,5 gramos de una mezcla estequiométrica de Mg/Sr(NO₃)₂/nilón y 1,5 gramos de gránulos de elemento de ignición de B/KNO₃ ligeramente sobre-oxidado. El diámetro de los puertos de salida de la pared de la cámara de combustión exterior en cada simulador fueron de 0,450 cm. En la cámara de combustión de un simulador se fijaron treinta gramos de generador envejecido descrito en el Ejemplo 26 en la forma de paralelepípedos, en tanto que en la otra cámara de combustión se fijaron treinta gramos de pps de generador envejecidos a 107°C. Los simuladores se sujetaron al tanque de 60 litros descrito en el Ejemplo 4. En La Tabla 5, a continuación, se resumen los resultados del ensayo de combustión.

Tabla 5

Resultados del ensayo de combustión para generador envejecido							
Temp. envejecimiento	Presión combustión MPa	Presión tanque Mpa	Temp. tanque (°C)	Proporc. NH ₃ (ppm)	Proporc. CO (ppm)	Proporc. NO _x (ppm)	Proporc. Partíc. (ppm)
Ambiente	15,0	0,220	355	350	500	80	520
107°C	14,3	0,218	356	160	500	100	480

Ejemplo 28

Se preparó una mezcla de $2\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)$ y $\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_2)_2\text{Co}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_4$ y se prensó en un gránulo que tenía un diámetro aproximado de 1,28 cm. Los complejos se prepararon dentro del ámbito de las directrices de la referencia de Hagel y otros, identificada anteriormente. El gránulo se introdujo en una bomba de ensayo, la cual se presurizó a 6,89 MPa con gas nitrógeno.

El gránulo se encendió con un alambre caliente y se midió la velocidad de combustión, observándose que era de 0,579 m/min. Los cálculos teóricos indicaron una temperatura de la llama de 1805°C. A partir de cálculos teóricos, se predijo que los productos de reacción principales serían CoO sólido y productos de reacción gaseosos. Los productos de reacción principales se predijo que sería los siguientes:

Producto	Volumen %
H_2O	57,9
N_2	38,6
O_2	3,1

Ejemplo 29

Se preparó una cantidad de $\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3$ de acuerdo con las directrices del Ejemplo 1 y se ensayó usando calorimetría de barrido diferencial. Se observó que el complejo produjo una vigorosa exotermia a 200°C.

Ejemplo 30

Se realizaron cálculos teóricos para $\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3$. Dichos cálculos indicaron una temperatura de llama de aproximadamente 1727°C y un rendimiento de gas de aproximadamente 1,5 veces el de unas composiciones generadoras de gas de azida sódica convencionales en base a igual volumen de composición generadora ("relación de rendimiento"). Igualmente, se llevaron a cabo cálculos teóricos para una serie de composiciones generadoras de gas. En la Tabla 6, a continuación, se presentan los datos de composición y rendimiento teórico.

Tabla 6

Generador de gas	Relación	Temperatura (°C)	Relación de rendimiento
$\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3$	-	1805	1,74
$\text{NH}_4[\text{Co}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_4]$	-	1381	1,81
$\text{NH}_4[\text{Co}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_4]/\text{B}$	99/1	1634	1,72
$\text{Co}(\text{NH}_3)_6(\text{NO}_3)_3$	-	1585	2,19
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_3)](\text{NO}_3)_2$	-	1637	2,00
$[\text{Fe}(\text{N}_2\text{H}_4)_3](\text{NO}_3)_2/\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	87/13	2345	1,69
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6](\text{ClO}_4)_3/\text{CaH}_2$	86/14	2577	1,29
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)](\text{NO}_3)_2$	-	1659	2,06

La relación de rendimiento es una relación normalizada a una unidad de volumen de generador de gas a base de azida. El rendimiento de gas teórico para un generador de gas a base de azida típica (68% en peso de NaN_3 ; 30% en peso de MoS_2 ; 2% en peso de S) es aproximadamente de 0,85 g de gas/cm³ de generador de NaN_3 .

Ejemplo 31 (con fines únicamente comparativos)

Se llevaron a cabo cálculos teóricos sobre la reacción de $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6](\text{ClO}_4)_3$ y CaH_2 tal como se enumera en la Tabla 6, con el fin de evaluar su uso en un generador de gas híbrido. Si a esta formulación se la permite que desarrolle la combustión en la presencia de 6,80 veces su peso en gas argón, la temperatura de la llama disminuye desde 2577°C hasta 1085°C, suponiendo una eficacia del 100% de transferencia térmica. La salida de gases estaba constituida por 86,6% en volumen de argón, 1600 ppm en volumen de cloruro de hidrógeno, 10,2% en volumen de agua, y 2,9% en volumen de nitrógeno. El peso de escoria total sería del 6,1% en masa.

Ejemplo 32

Se sintetizaron complejos de nitrato de pentaaminacobalto(III), los cuales contenían un ligando común además de NH₃. Se sintetizaron nitrato de acuopentaaminacobalto(III) y nitrato de pentaaminacarbonatocobalto(III) de acuerdo con *Inorg. Syn.*, vol. 4, pág. 171, (1973). Se sintetizó nitrato de pentaaminahidroxocobalto(III) de acuerdo con H.J:S King, *J. Chem. Soc.*, pág.2105, (1925) y O. Schmitz, *Zeit. Anorg. Chem.*, vol. 300, pág. 186, (1959). Se prepararon tres lotes generadores de gas usando los complejos de nitrato de pentaaminacobalto(III) descritos anteriormente. En todos los casos, se agregó goma guar como un aglomerante. Se agregó nitrato de trihidroxi cobre(II), [Cu₂(OH)₃NO₃], como el co-oxidante, cuando fue necesario. Las velocidades de combustión se determinaron a partir de gránulos de 1,27 cm de diámetro. En la Tabla 7 se resumen los resultados.

Tabla 7

Formulación conteniendo [Co(NH ₃) ₅ X](NO ₃) _y		
Formulación	% de H ₂ O agregada	Velocidad de combustión
97,0% [Co(NH ₃) ₅ (H ₂ O)](NO ₃) ₃ 3% de guar	27%	0,244 m/min a 6,89 MPa
68,8% [Co(NH ₃) ₅ (OH)](NO ₃) ₃ 28,2% [Cu ₂ (OH) ₃ NO ₃] 3,0% de guar	55%	0,213 m/min a 6,89 MPa
48,5% [Co(NH ₃) ₅ (CO ₃)](NO ₃) 48,5% [Cu ₂ (OH) ₃ NO ₃] 3,0% de guar	24%	0,213 m/min a 28,6 MPa

Ejemplo 33

Se preparó una composición que comprendía los ingredientes de partida siguientes: 1) 72,84% en peso de nitrato de cobaltohexaamina, 2) 21,5% en peso de nitrato de cobre básico, 3) 5,0% en peso de goma guar, y 4) 0,66% en peso de carbono.

Las formulaciones se procesaron tal como se ha descrito en el Ejemplo 22, excepto que se usó una extrusora de un solo tornillo y que a los cilindros extruidos se les incorporó una perforación central de 0,0899 cm. Las formulaciones se ensayaron mediante el mismo procedimiento descrito en el Ejemplo 23 a diversas cargas que variaron desde 32 hasta 38 gramos. Los resultados de los ensayos mostraron que los valores de las partículas fueron entre 0,6 g y 1,0 g para todos las muestras. Las presiones de los tanques variaron desde 0,269 hasta 0,331 MPa, dependiendo de la carga.

Ejemplo 34

Se preparó una mezcla formulada para ser extruida que comprendía: 1) 38,75% en peso de nitrato de cobre básico, 2) 36,38% en peso de nitrato de hexaaminacobalto, 3) 19,5% en peso de nitrato de guanidina, 4) 5,0% en peso de goma guar, y 5) 0,37% en peso de negro de humo. La mezcla se preparó mezclando los ingredientes de acuerdo con el procedimiento descrito en el Ejemplo 33.

Se llevó a cabo una valoración de ensayo inicial con una muestra de 35 g de material extruido tal como se ha descrito en el Ejemplo 23. La presión de combustión fue de 19,4 MPa, y la presión del tanque fue de 0,275 MPa. Las cantidades traza de productos gaseosos fueron: amoníaco (70 ppm), NO_x (40 ppm) y CO (600 ppm). Los valores de las partículas fueron únicamente de 0,281 g. La presión del tanque observada de 0,275 MPa, era comparable con la obtenida con 33 g de formulación preparada de acuerdo con el Ejemplo 33, la cual proporcionó típicamente 0,275 a 0,276 MPa bajo condiciones similares.

Ejemplo 35

Se preparó una mezcla formulada para ser extruida que comprendía: 1) 40,34% en peso de nitrato de cobre básico, 2) 37,86% en peso de nitrato de hexaaminacobalto, 3) 15,8% en peso de nitrato de guanidina, 4) 5,7% en peso de goma guar, y 5) 0,3% en peso de negro de humo. La mezcla se preparó mezclando los ingredientes de acuerdo con el procedimiento descrito en los Ejemplos 33 y 34. Se esperaban, y así se obtuvieron, resultados comparables a los del Ejemplo 34.

Los generadores de gas son los descritos en el Documento US-A-5725699.

Resumen

5 En resumen, la presente invención proporciona composiciones generadoras de gas que superan algunas de las limitaciones de las composiciones generadoras de gas a base de azida convencionales. Los complejos usados en la presente invención producen productos gaseosos no tóxicos que incluyen vapor de agua, oxígeno, y nitrógeno. Algunos de los complejos son capaces igualmente de una descomposición eficaz a un metal u óxido de metal, y nitrógeno y vapor de agua. Finalmente, las temperaturas de reacción y las velocidades de combustión están dentro de intervalos aceptables.

REIVINDICACIONES

1. Una composición generadora de gas que comprende:
- 5 un complejo de nitrito amina o un complejo de nitrato amina de un catión de cobalto, magnesio, manganeso, níquel, titanio, cromo, cinc, o estaño, en el que existe suficiente anión nitrito o anión nitrato para equilibrar la carga del catión, de manera tal que, cuando el complejo de nitrito amina o el complejo de nitrato amina entra en combustión, se produce una mezcla de gases que contiene gas nitrógeno y vapor de agua; y
- al menos un compuesto que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría.
2. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, en la que el catión es cobalto.
3. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, en la que el anión nitrito o el anión nitrato está coordinado con el catión.
- 10 4. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, en la que el complejo de nitrito amina o el complejo de nitrato amina está libre de carbono.
5. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, en la que el complejo de nitrito amina o el complejo de nitrato amina incluye al menos un otro ligando común, además del ligando amina.
- 15 6. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 5, en la que al menos un otro ligando común está seleccionado entre el grupo que consiste en ligandos acuo (H_2O), hidroxilo (OH), y carbonato (CO_3).
7. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, en la que el complejo de nitrito amina o el complejo de nitrato amina tiene una concentración en la composición generadora de gas de desde 30% en peso hasta 90% en peso, en la que la composición generadora de gas comprende además un co-oxidante, y en la que la suma de la cantidad del co-oxidante y el al menos un compuesto que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría en la composición generadora de gas es desde 10% en peso hasta 60% en peso.
- 20 8. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, que comprende además un co-oxidante distinto de el al menos un compuesto que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría.
9. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 8, en la que el co-oxidante está seleccionado entre percloratos, cloratos, peróxidos, nitritos, y nitratos de álcali, alcalinotérreo, lantánido, o amonio.
- 25 10. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 8, en la que el co-oxidante está seleccionado entre óxidos de metal, hidróxidos de metal, peróxidos de metal, hidratos de óxido de metal, hidróxidos de óxido de metal, óxidos hidratados de metal, carbonatos de metal básicos, nitratos de metal básicos, y mezclas de los mismos.
- 30 11. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 8, en la que el co-oxidante está seleccionado entre óxidos de cobre, cobalto, manganeso, tungsteno, bismuto, molibdeno, y hierro.
12. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 8, en la que el co-oxidante es un óxido de metal seleccionado entre CuO , Co_2O_3 , Co_3O_4 , $CoFe_2O_4$, Fe_2O_3 , MoO_3 , Bi_2MoO_6 , y Bi_2O_3 .
- 35 13. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 8, en la que el co-oxidante es un hidróxido de metal seleccionado entre $Fe(OH)_3$, $Co(OH)_3$, $Co(OH)_2$, $Ni(OH)_2$, $Cu(OH)_2$, y $Zn(OH)_2$.
14. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 8, en la que el co-oxidante es un hidrato de óxido de metal u óxido hidratado de metal seleccionado entre $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$, $SnO_2 \cdot xH_2O$, y $MoO_3 \cdot H_2O$.
15. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 8, en la que el co-oxidante es un hidróxido de óxido de metal seleccionado entre $CoO(OH)_2$, $FeO(OH)_2$, $MnO(OH)_2$, y $MnO(OH)_3$.
- 40 16. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 8, en la que el co-oxidante es un carbonato de metal básico seleccionado entre $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ (malaquita), $2CoCO_3 \cdot 3Co(OH)_2 \cdot H_2O$, $Co_{0,69}Fe_{0,34}(CO_3)_{0,2}(OH)_2$, $Na_3[Co(CO_3)_3] \cdot 3H_2O$, $Zn_2(CO_3)(OH)_2$, $Bi_2Mg(CO_3)_2(OH)_4$, $Fe(CO_3)_{0,12}(OH)_{2,76}$, $Cu_{1,54}Zn_{0,46}(CO_3)(OH)_2$, $Co_{0,49}Cu_{0,51}(CO_3)_{0,43}(OH)_{1,1}$, $Ti_3Bi_4(CO_3)_2(OH)_2O_9(H_2O)_2$, y $(BiO)_2CO_3$.
- 45 17. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 8, en la que el co-oxidante es un nitrato de metal básico seleccionado entre $Cu_2(OH)_3NO_3$, $Co_2(OH)_3NO_3$, $CuCo(OH)_3NO_3$, $Zn_2(OH)_3NO_3$, $Mn(OH)_2NO_3$, $Fe_4(OH)_{11}NO_3 \cdot 2H_2O$, $Mo(NO_3)_2O_2$, $BiONO_3 \cdot H_2O$, y $Ce(OH)(NO_3)_3 \cdot 3H_2O$.
18. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, que comprende además un aglomerante.

19. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 18, en la que el aglomerante es soluble en agua.
20. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 19, en la que el aglomerante está seleccionado entre gomas que se producen de manera natural, ácidos poliacrílicos, y poliacrilamidas.
- 5 21. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 18, en la que el aglomerante no es soluble en agua.
22. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 21, en la que el aglomerante está seleccionado entre nitrocelulosa, resina polímera de acetato de vinilo/alcohol vinílico (VAAR) y nilón.
- 10 23. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, en la que el complejo de nitrito amina o el complejo de nitrato amina es nitrato de hexaaminacobalto(III) $[(\text{NH}_3)_6\text{Co}](\text{NO}_3)_3$ y el co-oxidante es nitrato trihidroxi de cobre(II) $(\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{NO}_3)$.
24. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, que comprende además polvo de carbono presente desde 0,1% en peso hasta 6% en peso de la composición generadora de gas, en la que la composición muestra resistencia a la compresión mejorada comparada con la composición sin polvo de carbono.
- 15 25. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, que comprende además polvo de carbono presente desde 0,3% en peso hasta 3% en peso de la composición generadora de gas.
26. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, en la que al menos un compuesto que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría tiene un calor de formación menor de aproximadamente -400 cal/g.
- 20 27. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, en la que al menos un compuesto que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría tiene un calor de formación menor de aproximadamente -600 cal/g.
28. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, en la que al menos un compuesto que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría es una sal guanidina o un derivado de guanidina.
- 25 29. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, en la que al menos un compuesto que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría es un nitrato de guanidina.
30. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, en la que la cantidad del al menos un compuesto que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría en la composición generadora de gas es mayor de aproximadamente 0% en peso y hasta aproximadamente 40% en peso.
- 30 31. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, en la que el complejo de nitrito amina o el complejo de nitrato amina es el combustible primario y el al menos un compuesto que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría es el combustible secundario.
32. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 22, en la que el co-oxidante es el oxidante primario y el al menos un compuesto que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría es oxidante secundario.
- 35 33. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, en la que el al menos un compuesto que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría es una sal carbonato de guanidina, nitrato de aminoguanidina, nitrato de diaminoguanidina, urea, glicina, un complejo de nitrato de glicina-amonio, o dinitrato de etileno diamina.
- 40 34. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, en la que la cantidad del al menos un compuesto que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría está entre aproximadamente 5% en peso y aproximadamente 30% en peso.
- 35 35. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, en la que la cantidad del al menos un compuesto que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría está entre aproximadamente 10% en peso y aproximadamente 25% en peso.
- 45 36. Una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1, en la que el complejo de nitrito amina o el complejo de nitrato amina tiene una concentración en la composición generadora de gas de desde 40% en peso hasta 75% en peso, en la que la composición generadora de gas comprende además un co-oxidante, y en la que la suma de la cantidad del co-oxidante y del al menos un compuesto que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría en la composición generadora de gas es entre 15% en peso y 50% en peso.
- 50 37. Un dispositivo generador de gas que comprende:

una composición generadora de gas que comprende:

un complejo nitrito amina o un complejo de nitrato amina de un catión de cobalto, magnesio, manganeso, níquel, titanio, cromo, cinc, o estaño, de manera tal que, cuando el complejo de nitrito amina o el complejo nitrato amina entra en combustión, se produce una mezcla de gases que contiene gas nitrógeno y vapor de agua;

suficiente anión nitrito o anión nitrato para equilibrar la carga del catión; y

al menos un compuesto orgánico que contiene nitrógeno orgánico de combustión fría; y

un elemento de ignición para iniciar la combustión de la composición generadora de gas.

5
10 **38.** Un dispositivo generador de gas tal como se define en la reivindicación 37, en el que el elemento de ignición para iniciar la combustión incluye una composición de ignición que comprende una mezcla de composiciones de ignición diferentes.

39. Un dispositivo generador de gas tal como se define en la reivindicación 37, en el que el elemento de ignición para iniciar la combustión incluye una composición de ignición que comprende una mezcla de $Mg/Sr(NO_3)_2$ /nilón y B/KNO_3 .

15 **40.** Un procedimiento de inflado de un air bag que comprende la combustión de una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1.

41. Un sistema de air bag de automóvil que comprende:

un air bag inflable plegado;

20 un dispositivo generador de gas conectado al air bag para inflar el air bag, conteniendo el dispositivo generador de gas una composición generadora de gas tal como se define en la reivindicación 1; y

un elemento de ignición para encender la composición generadora de gas.