

**COMPOSICIONES EXPLOSIVAS PARA USAR EN SUELO REACTIVO Y MÉTODOS
RELACIONADOS**

CAMPO TÉCNICO

La presente descripción se refiere generalmente al campo de explosivos. Más particularmente, algunas modalidades de la presente descripción se refieren a composiciones explosivas para usar bajo condiciones de alta temperatura y/o en suelo reactivo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La presente descripción describe modalidades ilustrativas no limitantes y no exhaustivas. Se hace referencia a algunas de tales modalidades ilustrativas que son representadas en las figuras, en las cuales:

La Figura 1 es un gráfico que muestra la temperatura de una primera muestra de suelo reactivo durante una prueba reactiva isotérmica de suelo para nitrato de amonio (AN, por sus iniciales en inglés) en comparación con la Formulación C.

La Figura 2 es un gráfico que muestra la temperatura de una segunda muestra de suelo reactivo durante una prueba reactiva isotérmica de suelo para AN en comparación con la Formulación C.

La Figura 3 es un gráfico que muestra la temperatura de una tercera muestra de suelo reactivo durante una prueba reactiva isotérmica de suelo para AN en comparación con la Formulación C.

La Figura 4 es un gráfico que muestra la temperatura de la primera muestra de suelo reactivo durante una prueba reactiva isotérmica de suelo para AN en comparación con la Formulación B.

La Figura 5 es un gráfico que muestra la temperatura de la segunda muestra de suelo reactivo durante una prueba reactiva isotérmica de suelo para AN en comparación con la Formulación B.

La Figura 6 es un gráfico que muestra la temperatura de la tercera muestra de suelo reactivo durante una prueba reactiva isotérmica de suelo para AN en comparación con la Formulación B.

La Figura 7 es un gráfico que muestra la temperatura de una cuarta muestra de suelo reactivo durante las pruebas reactivas isotérmicas de suelo separadas para AN, nitrato de calcio (CN, por sus iniciales en inglés) y nitrato de sodio (SN, por sus iniciales en inglés).

La Figura 8 es un gráfico que muestra la temperatura de una quinta muestra de suelo reactivo durante las pruebas reactivas isotérmicas de suelo separadas para AN y Formulaciones D y E.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Las composiciones explosivas para usar en suelo reactivo y/o en condiciones de alta temperatura se describen en la presente descripción junto con métodos relacionados. Los explosivos se usan comúnmente en la industria minera, de extracción y de excavación para romper rocas y minerales. Generalmente, un agujero, referido aquí como un "agujero de detonación", se perfora en una superficie, tal como el suelo. Después, se puede colocar una composición explosiva en el agujero de detonación. Posteriormente, la composición explosiva puede detonarse.

En algunas modalidades, la composición explosiva es una emulsión o mezcla que incluye la emulsión. En algunas modalidades, la emulsión comprende aceite combustible como la fase continua y un oxidante como la fase discontinua. Por ejemplo, en algunas modalidades, la emulsión comprende gotitas de una solución acuosa oxidante que se dispersa en una fase continua de aceite combustible (es decir, una emulsión agua en aceite).

La detonación prematura es un peligro potencial asociado con composiciones explosivas, tales como explosivos de emulsión. Generalmente, el material explosivo se deja en un agujero de detonación durante un período de tiempo (es decir, el "tiempo de reposo") hasta que se dispara. Dicho de otro modo, el tiempo de reposo de un material explosivo es el tiempo entre la carga del material en el agujero de detonación y el disparo intencional del material explosivo. La detonación prematura (es decir, detonación durante el tiempo de reposo previsto) crea riesgos significativos.

Una causa potencial de detonación prematura es una temperatura de suelo elevada. Una temperatura de suelo elevada puede reducir (o suministrar) la energía de activación necesaria para activar la detonación de un explosivo. Como se usa en la presente descripción, el término "suelo de alta temperatura" se refiere a suelo a una temperatura de 55 °C o mayor.

Una segunda causa potencial de detonación prematura es la colocación de las composiciones de explosivos en suelo reactivo. El término "suelo reactivo" es suelo que experimenta una reacción exotérmica espontánea cuando se encuentra en contacto con nitratos, tal como nitrato de amonio. Frecuentemente, la reacción implica la oxidación química de sulfuros (p. ej., sulfuro de hierro o sulfuro de cobre) por nitratos y la liberación de calor. En otras palabras, cuando se coloca una composición explosiva en suelo reactivo, los sulfuros dentro del suelo reactivo pueden reaccionar con nitratos en la composición explosiva. La reacción de nitratos con suelo que contiene sulfuro puede resultar en un proceso autocatalizado que puede, después de algún tiempo de inducción, provocar descomposición exotérmica descontrolada. En algunos casos, el aumento resultante en la temperatura (es decir, la exotérmica resultante) puede conducir a una detonación prematura. Un ejemplo de suelo reactivo es el suelo que incluye pirita.

Adicionalmente, el suelo a ser detonado puede ser tanto suelo de alta temperatura como suelo reactivo.

Se pueden emplear varias estrategias para evitar una detonación exotérmica y prematura. Por ejemplo, en algunas modalidades, una barrera física se coloca entre la composición explosiva y el suelo. En otras o demás modalidades, la reacción de la composición explosiva con el suelo reactivo puede inhibirse químicamente. Por ejemplo, la composición explosiva puede incluir un aditivo que funciona como un inhibidor, tal como urea, amoníaco, ceniza de soda, óxido de zinc, aminas orgánicas o combinaciones de estos (p. ej., un inhibidor de urea/amoníaco).

Como se describe en mayor detalle más adelante, en las modalidades descritas en la presente descripción, la composición explosiva incluye uno o más nitratos de Grupo I o Grupo II. Por ejemplo, la fase oxidante de un explosivo de emulsión puede comprender una o más sales de nitrato de Grupo I o Grupo II en combinación con una o más sales de nitrato de Grupo I o Grupo II, tales como, por ejemplo, nitrato de amonio. El uso de un nitrato de Grupo I o Grupo II en la fase oxidante puede reducir la reactividad de los explosivos de emulsión con suelo reactivo y/o suelo de alta temperatura en relación con otras composiciones o emulsiones explosivas que carecen del nitrato de Grupo I o Grupo II (o tienen una cantidad relativamente menor del nitrato de Grupo I o Grupo II nitrato) en la fase oxidante. En otro ejemplo, toda o una porción de una o más sales de nitrato de Grupo I o Grupo II puede incorporarse en la composición explosiva como partículas secas (p. ej., granular) mezcladas con un explosivo de emulsión. Las composiciones explosivas descritas en la presente descripción pueden disminuir el riesgo de una detonación exotérmica indeseable y/o detonación prematura y, por lo tanto, permitir la detonación controlada.

Ejemplos de nitratos de Grupo I o Grupo II incluyen nitrato de sodio, nitrato de potasio, y nitrato de calcio. En algunas modalidades, los nitratos del grupo I o Grupo II consisten en uno o más nitratos de Grupo I.

En la presente descripción se describen composiciones para usar en suelo reactivo y/o en temperaturas de suelo elevadas. En algunas modalidades, la composición explosiva es una emulsión. Por ejemplo, la emulsión puede incluir una fase continua de combustible orgánico y una fase oxidante discontinua. En algunas modalidades, la fase continua de combustible orgánico comprende o consiste en aceite combustible (p. ej., combustible diésel). En otras o demás modalidades, la fase continua de combustible orgánico comprende o consiste en aceite mineral. En algunas modalidades, la fase continua de combustible orgánico incluye algún otro combustible orgánico.

La fase discontinua oxidante del explosivo de emulsión puede ser una solución acuosa. Cuando la fase oxidante discontinua es o comprende una solución acuosa, el agua en la fase oxidante discontinua puede estar entre aproximadamente 3 % y aproximadamente 30 % de la fase acuosa discontinua en peso. (A menos que se especifique de otra manera, todos intervalos

descritos en la presente descripción incluyen ambos extremos.) En modalidades particulares, el agua en la fase oxidante discontinua puede ser de aproximadamente 10 % a aproximadamente 30 % o de 12 % a aproximadamente 25 %.

Como se describió anteriormente, la composición explosiva puede incluir uno o más nitratos de Grupo I o Grupo II en combinación con uno o más nitratos que no son de Grupo I o Grupo II. Por ejemplo, en algunas modalidades, el nitrato de Grupo I o Grupo II se encuentra presente en la emulsión en una cantidad de aproximadamente 3 % a aproximadamente 35 % en peso. Más particularmente, en algunas modalidades, el uno o más nitratos del Grupo I o Grupo II son de aproximadamente 3 % a aproximadamente 35 %, aproximadamente 5 % a aproximadamente 25 %, aproximadamente 5 % a aproximadamente 18 %, aproximadamente 10 % a aproximadamente 35 %, o de aproximadamente 10 % a aproximadamente 25 % de la fase discontinua oxidante en peso.

Algunas modalidades incluyen una sal de nitrato que no es un nitrato de Grupo I o Grupo II. Por ejemplo, la fase oxidante discontinua de algunos explosivos de emulsión puede incluir nitrato de amonio además de uno o más nitratos de Grupo I o Grupo II. Por ejemplo, en algunas modalidades, la sal de nitrato que no es nitrato de Grupo I o de Grupo II es nitrato de amonio, y la relación (en peso) entre el nitrato de amonio y el uno o más nitratos de Grupo I o Grupo II es de aproximadamente 2:1 a aproximadamente 14:1, tal como de aproximadamente 6:1 a 9:1 (p. ej., la relación entre nitrato de amonio y nitrato de sodio).

En relación con modalidades que incluyen la misma cantidad de sales de nitrato, las modalidades que incluyen un nitrato de Grupo I o Grupo II pueden ser menos propensas a reacciones exotérmicas no deseadas con suelo reactivo. Dicho de otro modo, la presencia de un nitrato de Grupo I o Grupo II puede retrasar el inicio y/o reducir el grado de reactividad exotérmica con suelo que contiene sulfuro.

En algunas modalidades, la fase oxidante discontinua comprende, además, uno o más inhibidores, tales como urea, amoníaco, ceniza de soda, óxido de zinc, aminas orgánicas o combinaciones de estos (p. ej., un inhibidor de urea/amoníaco). El inhibidor puede reducir la degradación térmica de los explosivos de emulsión cuando los explosivos de emulsión están en contacto con suelo reactivo. Dicho de otro modo, cuando el explosivo de emulsión está en contacto con suelo que contiene sulfuro, el inhibidor puede reducir la velocidad de reacción entre las sales de nitrato de la fase oxidante discontinua y los sulfuros en el suelo reactivo. En algunas modalidades, el inhibidor se disuelve en una solución acuosa de la fase discontinua oxidante.

En algunas modalidades, el inhibidor es o comprende urea. La urea puede estar presente en cualquier concentración adecuada. Por ejemplo, en algunas modalidades, la urea es entre aproximadamente 0,5 % y aproximadamente 35 % en peso de la fase discontinua oxidante. Más específicamente, en algunas modalidades, la fase oxidante discontinua es entre aproximadamente

0,5 % y aproximadamente 10 %, entre aproximadamente 1 % y aproximadamente 10 %, entre aproximadamente 1 % y aproximadamente 5 %, o entre aproximadamente 2 % y aproximadamente 5 % de urea en peso. Por ejemplo, en algunas modalidades, la urea puede disolverse en una fase acuosa oxidante a una concentración de entre aproximadamente 1 % y 5 % en peso, tal como aproximadamente 3 % en peso.

La expresión "emulsión" tal como se usa en la presente descripción abarca tanto una matriz de emulsión no sensibilizada y una emulsión que ha sido sensibilizada en explosivos de emulsión. Por ejemplo, la matriz de emulsión no sensibilizada puede transportarse como un oxidante de Clase ONU 5.1. Los explosivos de emulsión comprenden una cantidad suficiente de agente sensibilizante para procesar la emulsión detonable con detonadores estándar. La emulsión puede sensibilizarse en el sitio de agujero de detonación o incluso en el agujero de detonación. Debe comprenderse que la presente descripción con respecto a la expresión "emulsión" o "explosivos de emulsión" generalmente se aplicarán indistintamente para los otros. En algunas modalidades, el agente sensibilizante es un agente químico de gasificación. En algunas modalidades, el agente sensibilizante comprende microesferas huecas u otros agentes de arrastre de gas sólidos. En algunas modalidades, el agente sensibilizante son burbujas de gas que se han introducido mecánicamente en la emulsión. La introducción de burbujas de gas en la emulsión puede disminuir la densidad de la emulsión que se suministra al agujero de detonación.

Por lo general, las emulsiones explosivas consisten en una fase discontinua supersaturada. Si la misma solución en la fase discontinua se almacenó en un vaso bajo condiciones estándar, se cristalizaría fácilmente. Sin embargo, la estructura de las emulsiones reduce la velocidad de cristalización de la fase discontinua supersaturada. Esto se debe a que los emulsionantes crean una superficie curva que produce un aumento de la presión dentro de la gotita, estabilizando de esta manera la solución supersaturada. Este aumento de presión se denomina presión de Laplace. La emulsión no sensibilizada resultante es fabricada por sobre la densidad crítica, lo cual significa que no logrará detonar por completo a esa densidad. Como resultado, la emulsión no sensibilizada pasará las pruebas de la ONU Serie 8 y se clasificará como un oxidante Clase ONU 5.1. Reducir la densidad de la emulsión por debajo de la densidad crítica permite que producto sea confiablemente detonable.

También se describen métodos para usar las composiciones explosivas descritas en la presente descripción. Por ejemplo, un explosivo de emulsión descrito en la presente descripción puede usarse para detonar en suelo reactivo y/o suelo a una temperatura elevada.

Por ejemplo, un método de detonar en suelo reactivo incluye la etapa de colocar la emulsión explosiva en suelo reactivo. Por ejemplo, la emulsión explosiva puede cargarse en el agujero de detonación perforado dentro de suelo reactivo.

El suelo reactivo puede incluir cualquier mineral que, por lo general, reacciona con una o más sales de nitrato para producir una reacción exotérmica. Por ejemplo, en algunas

modalidades, el suelo reactivo incluye uno o más sulfuros. Más particularmente, algunos grupos reactivos incluyen un sulfuro de hierro, tal como piritita de hierro. El suelo puede identificarse como suelo reactivo al realizar la prueba isotérmica de suelo reactivo de la Australian Explosives Industry and Safety Group Inc. (véase Australian Explosives Industry and Safety Group Inc., Code of Practice: Elevated Temperature and Reaction Ground, Marzo 2017).

Cuando se coloca en suelo reactivo, la temperatura del explosivo de emulsión no puede cambiar significativamente (p. ej., menos de 5 °C, menos de 3 °C, menos de 2 °C o menos de 1,5 °C) a partir de la temperatura del suelo reactivo debido a la(s) reacción(es) exotérmica(s) con el suelo reactivo. En otras palabras, el explosivo de emulsión puede colocarse en suelo reactivo y, después, se deja reposar durante algún período de tiempo antes de la detonación. Un "exotermo reactivo" se define como un aumento en la temperatura de por lo menos 2 °C por sobre la temperatura de fondo en la temperatura/tiempo de rastreo para una muestra determinada, donde el aumento de la temperatura muestra un retorno a la temperatura de fondo cuando se completa la reacción. Tales reacciones pueden ir acompañadas de signos visibles, tales como burbujeo y/o la generación de óxidos de nitrógeno marrón.

En algunas modalidades, ninguna reacción exotérmica descontrolada ocurre durante el tiempo de reposo para el explosivo de emulsión. En otras palabras, el explosivo de emulsión no experimenta un cambio significativo de temperatura debido a una reacción exotérmica con el suelo reactivo. En algunas modalidades, no se produce exotermia (o sustancialmente no), aun cuando el explosivo de emulsión se deja dentro del suelo reactivo a temperaturas elevadas, tales como suelo reactivo a temperaturas elevadas debido a actividad geotérmica. En algunas modalidades, el suelo reactivo en el que se coloca el explosivo de emulsión tiene una temperatura mayor de 55 °C, mayor de 65 °C, mayor de 75 °C, mayor de 100 °C, mayor de 125 °C, mayor de 150 °C, mayor de 160 °C, y/o mayor de 180 °C.

Más particularmente, algunos métodos de detonación en suelo reactivo implican la etapa de permitir que el explosivo de emulsión repose durante al menos un día, al menos dos días, al menos dos semanas, al menos un mes, al menos dos meses, o al menos tres meses a una temperatura promedio de suelo de 55 °C o mayor. Algunos métodos de detonación en suelo reactivo pueden incluir, adicionalmente o alternativamente, la etapa de permitir que el explosivo de emulsión repose durante al menos 12 horas a una temperatura de suelo promedio mayor o igual a 150 °C o mayor que o igual a 180 °C. Por ejemplo, el explosivo de emulsión puede reposar durante algún período de tiempo en el suelo reactivo a una temperatura de entre 150 °C y 200 °C sin provocar una reacción exotérmica descontrolada que cambia significativamente la temperatura del explosivo de emulsión. Evitar tal reacción exotérmica descontrolada puede evitar o reducir el riesgo de detonación prematura.

Sin ánimo de encontrarse limitada por ninguna teoría, la combinación de una sal de nitrato y urea de Grupo I o Grupo II en la fase discontinua oxidante, puede sinérgicamente retrasar

o de otra manera enlentecer una reacción exotérmica descontrolada de la(s) sal(es) de nitrato de la fase oxidante con el suelo reactivo. Dicho de otro modo, para modalidades que incluyen tanto un nitrato y urea de Grupo I o Grupo II, el aumento en tiempo de retraso hasta que se desarrolla una exotermia significativa, puede ser mayor que el aditivo de retraso de un nitrato solo y una urea sola de Grupo I o Grupo II.

Después de que el explosivo de emulsión se ha colocado en el suelo reactivo, el explosivo de emulsión puede ser detonado en el momento deseado. Por ejemplo, en algunas modalidades, el explosivo de emulsión puede ser detonado después de que el explosivo de emulsión haya reposado durante un período mayor de 3 horas, 5 horas, 12 horas, 24 horas, 2 días, una semana, dos semanas, por lo menos un mes, por lo menos dos meses, o al menos tres meses.

Ejemplos

Ejemplo 1—Reactividad del suelo reactivo con formulaciones que contienen varias cantidades de nitrato de sodio

La reactividad de muestras de suelo altamente reactivo obtenido de una mina subterránea de cobre/oro se probaron con la prueba isotérmica de suelo reactivo de Australian Explosives Industry and Safety Group Inc. (véase Australian Explosives Industry and Safety Group Inc., Code of Practice: Elevated Temperature and Reaction Ground, Marzo 2017), pero modificada para pruebas a largo plazo. Durante la prueba a largo plazo, las muestras se secan cuando se someten a temperaturas elevadas durante períodos de tiempo prolongados. Por lo tanto, se añadió 1 mL de agua cada 3 a 4 días para cada muestra. Con respecto a las muestras, muestras ricas en sulfuro de la mina fueron inicialmente trituradas en un polvo fino. Cada muestra se mezcló después con Formulación A, Formulación B, Formulación C, o nitrato de amonio (AN) (véase Tabla 1 a continuación). Los valores enumerados en la Tabla 1 muestran las cantidades relativas de cada componente en función de peso por peso.

Tabla 1. Composiciones de Formulaciones A, B y C, y AN.

Formulación	A	B	C	AN
nitrato de amonio	62	67	76	100
nitrato de sodio	14	9	0	0
urea	3	3	3	0
tiocianato de sodio	0,3	0,3	0,3	0
agua	15	15	15	0
#2 aceite de combustible	6	6	6	0

Después, cada mezcla se calentó hasta a 55 °C y se mantuvo a esa temperatura mientras se monitoreó para reacciones exotérmicas usando termopares que registran continuamente la temperatura. Todas las reacciones se monitorearon durante por lo menos 15 días. Por ejemplo, las muestras de suelo reactivo probadas con la Formulaci3n B se monitorearon durante 19 d1as, y las muestras de masa reactiva probadas con la Formulaci3n A se monitorearon durante m1as de 110 d1as. Los datos de los experimentos se muestran en las Figuras 1-6 y Tabla 2. M1as particularmente, la Figura 1 muestra cambios de temperatura para una primera prueba de suelo reactivo (Muestra 1) que hab1a sido tratado con AN y Formulaci3n C. Las Figuras 2 y 3 proporcionan gr1aficos an1alogos para una segunda muestra (Muestra 2; Figura 2) y una tercera muestra (Muestra 3; Figura 3) que hab1an sido probadas de manera similar. Las Figuras 4-6 muestran cambios de temperatura para la Muestra 1 (Figura 4), Muestra 2 (Figura 5), y Muestra 3 (Figura 6), donde cada muestra se prob3 con AN y Formulaci3n B. Las pruebas con Formulaci3n A (no se muestran) no produjeron una reacci3n exotérmica sustancial incluso despu3s de m1as de 110 d1as de supervisi3n.

Tabla 2. Resultados de la prueba isotérmica de suelo reactivo

Composici3n de suelo reactivo	Producto	Temp, m1x, (°C)	Tiempo al pico m1x, exotérmico (D:HH:MM)	Temp, promedio (°C)	Cambio de temperatura (°C)
Muestra 1	AN	144,4	0:00:32	56,8	87,6
Muestra 1	Formulaci3n C	130,3	5:11:07	56,1	74,2
Muestra 1	Formulaci3n C	258,7	13:04:17	55,7	203,0
Muestra 2	AN	148,5	0:00:40	55,6	92,9
Muestra 2	Formulaci3n C	105,0	3:07:35	55,6	49,4
Muestra 2	Formulaci3n C	101,9	4:07:55	55,5	46,4
Muestra 3	AN	134,8	0:00:33	56,1	78,7
Muestra 3	Formulaci3n C	61,4	2:03:54	55,5	5,9
Muestra 3	Formulaci3n C	62,6	3:03:11	54,8	7,8
Muestra 1	AN	137,5	0:00:38	56,7	80,8
Muestra 1	Formulaci3n B	56,4		55,8	0,6
Muestra 1	Formulaci3n B	56,3		55,7	0,6
Muestra 2	AN	143,5	0:00:39	56,0	87,5
Muestra 2	Formulaci3n B	56,3		55,9	0,4
Muestra 2	Formulaci3n B	56,1		55,6	0,5
Muestra 3	AN	123,0	0:00:51	56,2	66,8
Muestra 3	Formulaci3n B	56,8	7:01:26	54,9	1,9

Muestra 3	Formulación B	56,7	7:03:47	55,0	1,7
Muestra 1	Formulación A	~55		~55	<1,5
Muestra 2	Formulación A	~55		~55	<1,5

Sin estar limitados a ninguna teoría en particular, se cree que los nitratos de Grupo I o Grupo II pueden retrasar o enlentecer la reacción exotérmica de nitratos con especies reactivas (p. ej., sulfuros) en el suelo reactivo. Se cree, además, que el uso de un inhibidor, tal como urea, en combinación con uno o más nitratos de Grupo I o Grupo II retrasa y/o reduce sinérgicamente tales reacciones exotérmicas.

Ejemplo 2—Reactividad del suelo reactivo con varias sales de nitrato

La reactividad de una muestra de suelo reactivo conocida (Muestra 4) se probó por la prueba isotérmica de suelo reactivo de Australian Explosives Industry and Safety Group Inc. Más particularmente, la muestra se mezcló de manera separada con gránulo AN, gránulo de nitrato de calcio o gránulo de nitrato de sodio.

Después, cada mezcla se calentó hasta 55 °C y se mantuvo a esa temperatura y se monitoreó por reacciones exotérmicas usando termopares que registran continuamente la temperatura. Los datos resultantes se muestran en la Figura 7 y Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de la prueba isotérmica de suelo reactivo con base en varias sales de nitrato

Composición de suelo reactivo	Material probado	Temp, máx, (°C)	Tiempo al pico máx, exotérmico (D:HH:MM)	Temp, promedio (°C)	Cambio de temperatura
Muestra 4	Nitrato de amonio	100,3	0:00:27	55,3	45,0
Muestra 4	Nitrato de amonio	108,8	0:00:29	55,9	52,9
Muestra 4	Nitrato de calcio	80,3	0:00:26	55,8	24,5
Muestra 4	Nitrato de calcio	83,7	0:00:29	55,9	27,8
Muestra 4	Nitrato de sodio	65,0	0:00:42	54,7	10,3
Muestra 4	Nitrato de sodio	65,5	0:00:41	55,2	10,3

Como puede verse en la Figura 7 y Tabla 3, las mezclas de nitrato de amonio y nitrato de calcio tuvieron un tiempo transcurrido similar para el pico de la exotermia, aunque la temperatura máxima para las mezclas de nitrato de calcio fue menor que aquella para las mezclas de nitrato de amonio. Sorprendentemente, y en contraste con las mezclas de nitrato de amonio y nitrato de calcio, el tiempo para el pico de exotermia para las mezclas de nitrato de sodio fue significativamente mayor

que aquel para las mezclas de nitrato de amonio y nitrato de calcio. El cambio de temperatura para las mezclas de nitrato de sodio fue también inferior que el cambio en temperatura para las mezclas de nitrato de amonio o nitrato de calcio.

Ejemplo 3—Inhibición de suelo reactivo con Formulaciones D y E

La inhibición de una muestra de suelo reactivo (Muestra 5) se probó por la prueba isotérmica de suelo reactivo de Australian Explosives Industry and Safety Group Inc. Más específicamente, la muestra de suelo reactivo se mezcló con AN, Formulación D o Formulación E (véase Tabla 5 a continuación). Los valores enumerados en la Tabla 4 muestran las cantidades relativas de cada componente en función de peso por peso.

Tabla 4. Composición de formulaciones de nitrato de sal

Material/Formulación	AN	D	E
nitrato de amonio	100	68,6	59,2
nitrato de sodio	0	0	8,5
urea	0	14,1	14,1
agua	0	11,3	12,2
#2 aceite de combustible	0	6	6

Después, la mezcla se calentó hasta 165 °C y se mantuvo a esa temperatura y se monitoreó por reacciones exotérmicas usando termopares que registran continuamente la temperatura. Los datos resultantes se muestran en la Figura 8 y Tabla 5.

Tabla 5. Comparación de formulaciones inhibidas sin nitrato de sodio (Formulación D) y con nitrato de sodio (Formulación E)

Composición de suelo	Material probado	Temp, máx, (°C)	Tiempo al pico máx, exotérmico (D:HH:MM)	Temp, promedio (°C)	Cambio de temperatura
Muestra 5	AN	256,1	0:00:07	164,6	91,5
Muestra 5	Formulación D	168,3	0:15:20	164,5	3,8
Muestra 5	Formulación D	168,4	0:15:49	164,9	3,5
Muestra 5	Formulación de E	166,6		165,5	1,1
Muestra 5	Formulación de E	166,3		165,2	1,1

Como puede observarse en la Tabla 5, la composición que incluye nitrato de sodio es menos propensa a una exotermia en condiciones de temperatura relativamente alta (~165 °C).

Los métodos descritos en la presente descripción incluyen una o más etapas o acciones para realizar el método descrito. Los pasos y/o acciones del método pueden intercambiarse entre sí. En otras palabras, a menos que se requiera un orden específico de etapas o acciones para el correcto funcionamiento de la modalidad, se puede modificar el orden y/o el uso de etapas o acciones específicas. Además, las subrutinas o sólo una porción de un método descrito en la presente descripción pueden ser un método separado dentro del alcance de esta descripción. En caso contrario, algunos métodos pueden incluir solamente una porción de las etapas descritas en un método más detallado.

Cuando se hace referencia a lo largo de esta especificación a "una modalidad" o "la modalidad" significa que una característica, estructura o característica particular descrita en relación con esa modalidad se incluye en al menos una modalidad. Por lo tanto, las frases entrecomilladas o las variaciones de estas, según se indica a lo largo de esta especificación, no necesariamente se refieren a la misma modalidad.

Como se refleja en las siguientes reivindicaciones, los aspectos inventivos yacen en una combinación de menos que todas las características de cualquier modalidad sola descrita precedente. Por lo tanto, las reivindicaciones posteriores a esta Descripción Detallada se incorporan expresamente en esta Descripción Detallada, con cada una de las reivindicaciones considerada como una modalidad separada. Esta descripción incluye todas las permutaciones de las reivindicaciones independientes con sus reivindicaciones dependientes.

La recitación en las reivindicaciones de la expresión "primero" con respecto a una característica o elemento no implica necesariamente la existencia de tal característica o elemento segundo o adicional. Será evidente para los expertos en la técnica que se pueden hacer cambios en los detalles de las modalidades descritas anteriormente sin apartarse de los principios subyacentes de la presente descripción.

En esta especificación, a menos que el contexto lo indique claramente de otra manera, el término "que comprende" tiene el significado no exclusivo de la palabra, en el sentido de "que incluye al menos" en lugar del significado exclusivo en el sentido de "que consiste solamente de". Lo mismo ocurre con los correspondientes cambios gramaticales a otras formas de la palabra tales como "comprenden", "comprende" y así sucesivamente.

Cualquier discusión de información de la técnica anterior en esta especificación no debe tomarse como cualquier forma de reconocimiento de que la información de la técnica anterior sería considerada un conocimiento general común de parte de una persona experta en la técnica, ya sea en Australia o en cualquier país extranjero.

RESUMEN

Se describen composiciones explosivas para usar en alta temperatura, suelo reactivo, o ambos. Las composiciones explosivas pueden incluir una emulsión con una fase continua de combustible orgánico y una fase discontinua de oxidante. La fase de oxidante puede incluir uno o más nitratos de Grupo I o Grupo II.