

GEOPOLÍMEROS A PARTIR DE SUELOS DEGRADADOS Y RELAVES MINEROS PARA POTENCIAL APLICACIÓN EN CONSTRUCCIÓN

5 CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se enmarca en el campo de la construcción, particularmente en el campo del desarrollo de nuevos materiales de construcción, específicamente geopolímeros.

10

Así, la presente invención se relaciona con el campo del cemento y los materiales cementantes, en particular, un cemento de geopolímero compuesto de desechos industriales, que se puede utilizar como material de unión en una variedad de formas, incluida la pasta de cemento, la lechada o el hormigón.

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Los cementos generalmente se pueden dividir en dos grupos, siendo los cementos hidráulicos y los cementos geopoliméricos. El endurecimiento de los cementos hidráulicos convencionales es el resultado de la hidratación de los silicatos de calcio y los aluminatos de calcio dentro de la composición del cemento. En oposición a esto, los cementos geopoliméricos son el resultado de reacciones de policondensación mineral logradas por activación alcalina. Este proceso a veces se acuña como geosíntesis.

25

Los geopolímeros son polímeros amorfos inorgánicos con una estructura tridimensional de silicato de alúmina reticulada, que consiste en enlaces Si-O-Al-O. La estructura puede crearse en un método sol-gel mediante la activación alcalina de precursores de silicato de alúmina. El producto de gel formado contiene cationes alcalinos que compensan las cargas deficitarias asociadas con la sustitución de aluminio por silicio. Durante la disolución del precursor de silicato de alúmina y la formación de gel, primero se forma una fase intermedia

30

rica en aluminio que luego da paso a un producto más estable y rico en silicio. En estas condiciones, se generan unidades tetraédricas de SiO_4 y AlO_4^- libre y se unen para producir precursores poliméricos al compartir todos los átomos de oxígeno entre dos unidades tetraédricas, mientras que las moléculas de agua se liberan. Las unidades tetraédricas se equilibran por cationes del grupo I o II (Na^+ , K^+ , Li^+ , Ca^{2+} , Ba^{2+} , NH_4^+ , $3/40^+$, que están presentes en las cavidades del marco y equilibran la carga negativa de Al^{3+} en la coordinación tetraédrica, es decir, AlO_4^-).

Este material fue investigado y desarrollado por Davidovits después de varios incidentes de incendios catastróficos en Francia en la década de 1970. El término "geopolímero" fue acuñado en vista de la transformación de polímeros minerales de reacción amorfa a cristalina a través de un proceso geoquímico a baja temperatura y corto tiempo de curado. Los geopolímeros están representados por la fórmula química general de $\text{M}_n[-(\text{Si-O}_2)_z-\text{Al-O}]_n \cdot w \text{H}_2\text{O}$, en la que M es un metal alcalino, z es 1, 2 o 3 y n es el grado de polimerización. Sobre la base de la relación molar Si/Al, se pueden definir tres unidades monoméricas: polisialato (Si/Al = 1; Si-O-Al-O-), polisialatesiloxo (Si/Al = 2; Si-O-Al-O-Si-O-) y polisialatedisiloxo (Si/Al = 3; Si-O-Al-O-Si-O-Si-O-).

La estructura de los geopolímeros puede ser amorfa o semicristalina, dependiendo de la temperatura de condensación. Los geopolímeros amorfos se obtienen a 20-90 °C, mientras que los geopolímeros semicristalinos se obtienen en el rango de 150-1200 °C. Esta clase de materiales demuestra propiedades similares a las de la cerámica, incluida la resistencia extrema al fuego. Los geopolímeros pueden ser materiales amorfos o cristalinos. Poseen una microestructura a escala nanométrica (según lo observado por TEM y medido por porosimetría de mercurio) que comprende pequeños grupos de aluminosilicato con poros dispersos dentro de una red altamente porosa. El tamaño del clúster suele estar entre 5 y 10 nm. La síntesis de geopolímeros a partir de materiales de aluminosilicato se lleva a cabo por el llamado proceso de

geopolimerización, que involucra fenómenos de policondensación de grupos aluminato y silicato, con formación de enlaces de tipo Si-O-Al.

Se han utilizado diversas fuentes de materiales de aluminosilicato, incluidas arcillas naturales y productos de desecho industriales como cenizas volantes y cenizas de fondo, escorias de alto horno granuladas molidas, residuos de procesamiento de bauxita, arcillas caoliníticas, ciertos desechos mineros y puzolanas naturales. La utilización de productos de desecho reduce el impacto ambiental de estos productos de desecho al tiempo que permite que estos productos de desecho se reutilicen en cementos de geopolímeros.

Así las cosas, en el estado de la técnica se conocen varios tipos de formulaciones de concretos, entre los que se encuentran los geopolímeros, dentro de los que se encuentran los siguientes, los cuales son incluidos en la presente divulgación a modo de referencia únicamente.

Como primera medida, el documento US7347896, titulado "*Cementos de óxido de magnesio reactivo*", la cual enseña cementos hidráulicos que incluyen óxido de magnesio reactivo preparados por calcinación a baja temperatura. Los cementos pueden formularse para acomodarse a un gran número de aplicaciones con diferentes tiempos de curado, resistencia y nivel de sostenibilidad ya sea adicionando sales de hierro como sulfato de hierro o mezclándolos con otros cementos hidráulicos compatibles de curado rápido, tal como cemento Portland.

Por su parte, el documento US7691198, titulado "*Composición de mezcla seca de cemento, métodos y sistemas que la involucran*", enseña una composición de cemento de mezcla seca. Más particularmente, la invención se refiere a una composición de cemento de mezcla seca que incluye un material alcalino de aluminosilicato vítreo. En general, el material de aluminosilicato vítreo alcalino se incluye como ayuda a la polimerización en una composición de cemento que incluye otros materiales de aluminosilicato, como cenizas volantes o escorias de

alto horno. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en algunos casos el material alcalino de aluminosilicato vítreo se incluirá como el único componente en la composición. El material de aluminosilicato utilizado para formar el material alcalino multifásico de aluminosilicato también puede incluir subproductos industriales de aluminosilicato como relaves mineros, cenizas volantes, escorias, lodo rojo de la industria del aluminio y descartes de la minería de carbón o mineral y cementos Portland.

Por último, la solicitud de patente WO2015149176, titulada "*Composiciones de cemento de geopolímero y métodos para hacer y utilizar las mismas*", enseña una composición de cemento de geopolímero que utiliza una combinación de subproductos de desechos industriales que incluye una mezcla de relaves mineros y polvo de vidrio reciclado (RGP) junto con un activador alcalino y, opcionalmente, un aditivo de alúmina para activar el cemento de geopolímero que se puede utilizar para producir productos de concreto de geopolímero.

A partir de la información anterior, un experto en la materia puede determinar de forma clara que en el estado del arte existe una serie de formulaciones de cementos hidráulicos que aprovechan los desechos de la industria minera para producir geopolímeros, sustituyendo parte del cemento Portland, o incluso eliminando la necesidad de emplear cemento Portland en los concretos y otras composiciones para la construcción.

Sin embargo, aún persiste la necesidad en el estado del arte de nuevas formulaciones de geopolímeros que aprovechen adecuadamente los desechos de la industria minera y ayuden a reducir su huella e impacto en el medio ambiente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se relaciona con composiciones de geopolímeros para su aplicación en diferentes campos de la construcción, en donde las composiciones

incorporan desechos de la industria minera, particularmente los relaves y los suelos degradados de la industria minera.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

5

La presente invención está dirigida a una composición de geopolímero que incorpora material proveniente de la industria minera, particularmente relaves mineros y suelos degradados provenientes de la explotación minera.

- 10 La composición de acuerdo con la presente invención comprende cemento Portland, residuos mineros, ceniza volante y una solución alcalina. Preferiblemente, la composición de acuerdo con la presente invención comprende un cementante constituido por una mezcla de entre 0% y 50% en peso de cemento Portland, entre 1% y 25% en peso de residuo minero, entre 1%
15 y 25% en peso de ceniza volante y solución alcalina.

- La composición de acuerdo con la presente invención comprende una amplia variedad de relaves mineros que pueden ser utilizados en las composiciones de la presente divulgación. Según ciertas modalidades, los relaves se combinan con
20 polvo de vidrio y/o cenizas volantes para formar la combinación de subproductos de desecho. De acuerdo con otras modalidades, se utilizan relaves mineros desulfurados. Dependiendo de la composición de los relaves de la mina, estos pueden proporcionar una fuente de sílice y alúmina para la reacción geopolimérica. Según otras modalidades, los relaves de la mina pueden no
25 contener un nivel significativo de sílice y alúmina y, de acuerdo con tales modalidades, pueden constituir el agregado de la composición.

- En una modalidad de la presente invención, este residuo minero comprende óxido de silicio, alúmina y óxido de sodio. En otras modalidades de la presente
30 invención, el residuo minero puede no comprender uno o más de óxido de silicio, alúmina u óxido de sodio.

El tamaño de partícula de los relaves de la mina puede variar dependiendo del uso final del cemento geopolímero. Por ejemplo, de acuerdo con las modalidades de la presente divulgación, los relaves mineros pueden tener un tamaño de partícula promedio de menos de aproximadamente 4.5 μm , lo que es adecuado para aplicaciones de tipo mortero. De acuerdo con otras modalidades, los relaves de la mina pueden tener un tamaño de partícula promedio de hasta aproximadamente 10 mm (agregado grueso), adecuado para aplicaciones de tipo concreto.

- 10 Las composiciones de cemento de geopolímero de la presente divulgación comprenden un activador alcalino que se combina reactivamente con la combinación de subproductos de desecho para formar la matriz geopolimérica. Específicamente, el activador alcalino reacciona con los iones de silicio y aluminio en la combinación para formar la matriz. De acuerdo con las
- 15 modalidades de la presente divulgación, el activador alcalino es un hidróxido de metal alcalino. De acuerdo con tales modalidades, el hidróxido de metal alcalino es hidróxido de sodio, hidróxido de potasio o una combinación de hidróxido de sodio e hidróxido de potasio.
- 20 De acuerdo con otras modalidades, el activador alcalino incluye además un silicato. De acuerdo con tales realizaciones, el silicato es silicato de sodio, silicato de potasio o una combinación de silicato de sodio y silicato de potasio. Se contempla que se puedan utilizar otros sistemas de metales alcalinos o mezclas de diferentes álcalis, al igual que cualquier fuente de residuos de álcali
- 25 concentrado.

El activador alcalino de acuerdo con una modalidad de la presente invención comprende una solución que consiste de hidróxido de sodio 8M, aluminato de sodio 1M, y silicato de sodio 0.5M, en una proporción 3:3:1.

30

Según ciertas modalidades de la presente comunicación, la composición comprende un aditivo de alúmina. Particularmente en composiciones donde la

combinación de subproductos de desecho incluye relaves mineros con menor contenido de sílice y alúmina, se puede incluir un aditivo de alúmina para mejorar la activación de la reacción del geopolímero para formar un cemento de geopolímero adecuado para producir un concreto geopolimérico, morteros de geopolímero, cemento geopolimérico para estabilización de suelos y fabricación de mampostería. De acuerdo con modalidades de la presente divulgación, el aditivo de alúmina puede ser aluminato de sodio, aluminato de potasio o una combinación de aluminato de sodio y aluminato de potasio.

- 5
- 10 De acuerdo con una modalidad de la presente invención, la relación Si/Al en la mezcla cementante es de 2, en tanto que la relación Na/Al está entre 1 y 4.

De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación, las composiciones de cemento de geopolímero se pueden utilizar para producir mortero, productos de concreto, cemento geopolimérico para estabilización de suelos y fabricación de mampostería. De acuerdo con tales modalidades, una combinación de subproductos de desecho reacciona con un activador alcalino y/o aditivo para formar una matriz geopolimérica, como se describió anteriormente. Luego se deja que la matriz formada se cure para formar el mortero geopolimérico o el producto de concreto.

Aunque la anterior descripción define las modalidades preferidas de la presente invención, también se contempla dentro del alcance del presente documento las diferentes modificaciones que puedan ser evidentes para un experto en la materia, en donde dicho alcance no se encuentra de ninguna forma limitado a las modalidades preferidas, sino que se define únicamente por las reivindicaciones adjuntas y la materia allí incluida.

REIVINDICACIONES

1. Una composición seca de cemento geopolimérico caracterizada porque comprende el uso entre 0% y 50% p/p de cemento Portland del material cementante de la mezcla, entre 25% y 35% p/p de residuo minero, entre 25% y 35% p/p de ceniza volante y entre 10% y 20% p/v de solución activadora alcalina.
5
2. Una composición seca de cemento a partir de geopolímero de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque la solución activadora alcalina comprende hidróxido de sodio 8M, aluminato de sodio 1M, y silicato de sodio 0.5M, en una proporción 3:3:1.
10
3. Una composición de cemento de geopolímero de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el residuo minero tiene un tamaño de partícula de entre 0.045 mm como precursores cementante y 10 mm como agregado en la mezcla.
15
4. Una composición de cemento de geopolímero de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la relación Si/Al en la mezcla cementante es de 2, en tanto que la relación Na/Al está entre 1 y 4.
20

RESUMEN

La presente invención se relaciona con una composición de cemento de geoplímero que emplea residuos mineros para sustituir parte del cemento Portland, con un activador alcalino, en donde el cemento de geopolímero se puede emplear para la producción de morteros o concreto.