

DOSIFICACIÓN DE CMA POST-PREPARACIÓN EN HORMIGÓN

Campo de la Invención

[0001] Esta invención se relaciona con el tratamiento de
5 agregados que portan arcilla usados en hormigón, y, más
particularmente, con un proceso de monitoreo de suministro de
hormigón automatizado y sistema para la adición post-
preparación controlada de un agente para mitigar el efecto
nocivo de la arcilla en la eficiencia de dosificación de
10 mezclas químicas y/o agua las cuales se administran en la
carga de hormigón.

Antecedentes de la Invención

[0002] En la Patente de los Estados Unidos Nos. 6,352,952
15 y 6,670,415 (propiedad de W. R. Grace & Co.- Conn.), Jardine
et al. se describe que la eficiencia de dosificación de los
dispersantes usados en el hormigón puede disminuirse por la
presencia de arcilla. Se descubrió que los polímeros de
oxialquileno, usados para dispersar las partículas de cemento
20 dentro del hormigón, tienden a absorberse por las partículas
de arcilla que se produjeron o se transportaron por la arena
y/u otros agregados usados en la elaboración del hormigón.

[0003] Jardine et al. propuso mitigar este problema de
arcilla al implementar ciertos compuestos, los cuales, en la
25 manera de agentes de sacrificio, se absorbieron por las

partículas de arcilla las cuales habrían absorbido de otro modo las moléculas dispersantes de cemento de oxialquileno y vuelto no disponibles para la función como dispersante de partículas de cemento dentro de la mezcla de hormigón.

5 [0004] La presente invención se refiere aquí a los agentes de modificación de actividad de la arcilla, de otro modo llamados agentes de mitigación de la arcilla, usando el acrónimo "CMA".

[0005] Jardine et al. enseña que la orden de adición de un
10 CMA depende de la naturaleza química del CMA. De este modo, si el CMA contenía moléculas orgánicas de catión o polares, se adicionaba de preferencia el CMA a la arcilla antes de que se introdujera el agua a la arcilla (Véase el Resumen de 6,670,415, de los Estados Unidos, líneas 14-16).

15 [0006] Para los CMA que tienen una afinidad muy alta para la arcilla, tales como las aminas cuaternarias (por ejemplo, aminas poli-cuaternarias), Jardine et al. describió que tales CMA se iban a adicionar al agregado que porta arcilla antes, durante, o después de que se introdujera el agua (Véase
20 6670415 de los Estados Unidos en Resumen, líneas 16-20), y/o podrían adicionarse simultáneamente con o antes de que se adicionara el dispersante de cemento (Véase 6670415 de los Estados Unidos en la col. 6, líneas 48-58).

[0007] En la Patente de los Estados Unidos 8,257,490 B2
25 (propiedad de Lafarge S.A.), Jacquet et al. enseña que el uso

de los agentes inertizantes los cuales se iban a añadir de preferencia a la arena que porta arcilla en la cantera o en la planta de mezcla lista, de preferencia a la arena primero para prevenir el uso excesivo de un superplastificante.

5 [0008] El concepto de tratar los agregados en las canteras usando los CMA se enfatizó además en los Nos. de Serie 14/395,603 (Publ. de los Estados Unidos No. 2015/0065614) y 14/378,158 (Publ. de los Estados Unidos No. 2015/0065614), co-propiedad de W. R. Grace & Co.-Conn.

10 [0009] Hasta la presente invención, se creía generalmente que el modo más efectivo para adicionar los CMA era directamente en los agregados que portan arcilla ya sea en la cantera o en la planta de mezcla lista antes de mezclar el agregado con agua y/o dispersante de cemento. Esta adición
15 separada y anterior evitaría cualquier competición entre los CMA, por una parte, y agua y/o el dispersante de cemento por otra parte.

[0010] Incluso si el dispersante de cemento tenía afinidad de arcilla baja comparado con los CMA, esta adición separada
20 y anterior de los CMA se prefería debido a que el objetivo más importante era maximizar el rendimiento reológico y la fuerza del hormigón.

[0011] También era fundamental para el pensamiento convencional la suposición de que la absorción por la arcilla
25 de los CMA es irreversible. Tuvo sentido, entonces, para los

propósitos de agilizar el proceso de suministro de hormigón, introducir el CMA primero al agregado que porta arcilla u hormigón antes de introducir el dispersante de cemento en la mezcla de hormigón.

5 [0012] Sin embargo, la presente invención cambia este pensamiento convencional fundamentalmente de formas inesperadas.

Compendio de la Invención

10 [0013] Para superar las desventajas de los procedimientos de la técnica anterior, la presente invención proporciona un proceso de monitoreo de suministro de hormigón automatizado y un sistema para lograr la dosificación post-preparación, durante el tránsito desde la planta de mezcla donde el
15 hormigón se produce inicialmente, hasta el lugar de la construcción, de una mezcla de hormigón que tiene arcilla producida por los agregados, de al menos un agente de mitigación de arcilla (CMA), por lo cual se logra una viabilidad deseada y una eficiencia de dosificación de las
20 mezclas químicas(y/o agua) durante el tránsito.

[0014] Fue sorprendente descubrir en la presente invención que la eficiencia de dosificación de adiciones de agua controladas, dispersante de cemento, mezcla de incorporación de aire, mezcla de retiro de aire, u otros químicos en la
25 mezcla de hormigón durante el tránsito pueden disminuirse o

de otro modo afectarse de forma nociva por la presencia de la arcilla en la mezcla de hormigón, incluso si la arcilla se trata inicialmente con el CMA antes de que el camión de mezcla lista salga de la planta de mezcla para emprender la
5 fase de transporte del suministro hasta el lugar de trabajo.

[0015] Además fue sorprendente descubrir en la presente invención que la adición post-preparación del CMA (durante el transporte) puede ser comparablemente más eficiente en términos del volumen total dosificado comparado con
10 administrar el CMA en una dosis de una sola vez, por adelantado en la planta de mezcla de preparación antes de la fase de tránsito. La eficiencia se mide con una vista a las cantidades de dosificación total de los CMA, agua, dispersante, mezcla de incorporación de aire, mezcla de
15 retiro de aire, u otras mezclas químicas requeridas para administrarse para mantener ciertas propiedades del hormigón o parámetros de rendimiento (por ejemplo, el revenimiento u otro valor reológico, el contenido de aire, etc.) durante la elaboración del hormigón y la operación de suministro.

20 [0016] Un método ejemplar de la invención para dosificar hormigón, comprende: monitorear el revenimiento, en una base automatizada usando una unidad procesadora, de una lechada de hormigón mientras se encuentra en un tambor mezclador giratorio durante el tránsito desde una planta de mezcla
25 hasta un lugar de construcción al cual se suministrará la

lechada de hormigón, la lechada de hormigón comprende un aglutinante de cemento, agua, agregado, y arcilla la cual, en la ausencia de un agente de mitigación de arcilla, absorbe la mezcla química, y la cual se encuentra presente en la lechada de hormigón en una cantidad suficiente para disminuir la eficiencia de dosificación de un dispersante de cemento u otra mezcla química adicionada en la lechada de hormigón; en donde la unidad procesadora de monitoreo de revenimiento automatizada (i) mide la pérdida (dS) de revenimiento de la lechada de hormigón en el tambor mezclador giratorio en un periodo (t) de tiempo durante el tránsito para obtener un valor dS/dt medido, (ii) compara el valor dS/dt medido con un valor dS/dt de umbral almacenado en una ubicación de memoria a la cual se accede por la unidad procesadora, y (iii) detecta cuando el valor dS/dt medido cumple o excede el valor dS/dt de umbral almacenado; y tras lo cual la unidad procesadora, una vez que el valor dS/dt medido cumple o excede el valor dS/dt de umbral almacenado, inicia la administración de una dosificación controlada del agente (CMA) de mitigación de arcilla en el hormigón dentro del tambor mezclador giratorio durante el tránsito, el CMA administrado es efectivo para disminuir el valor dS/dt como se mide por la unidad procesadora de revenimiento automatizada.

[0017] El valor dS/dt de umbral que se almacena en la

memoria y se usa por la unidad procesadora para iniciar la adición de CMA durante el tránsito puede seleccionarse por el usuario, tal como con base en evidencia empírica o experiencia personal con la cantidad estimada de CMA necesaria para tratar un cierto tipo de agregado que porta arcilla como se usa para un lote de hormigón determinado. Por ejemplo, la dosificación del CMA puede determinarse manualmente con base en la medición del valor de azul de metileno (MBV) como se conoce en la industria (*Véase por ejemplo, ASTM C1777-14*), o usando la medición de MBV automatizada en el agregado que se transporta por banda u otro método continuo en un depósito o camión (*Véase por ejemplo, la patente de los Estados Unidos 8,561,488*). El contenido de arcilla puede cambiar drástica y aleatoriamente dentro de una fuente de agregado determinada con el tiempo. Además, las plantas de hormigón con frecuencia usan varias fuentes de agregados, una práctica que tiende a socavar cualquier posibilidad de mantener la guía de contenido de arcilla en una base de camión por camión. Debido a que la cantidad de arcilla no se conoce usualmente, la posibilidad de dosificar los CMA durante el proceso de preparación de manera precisa se impide severamente.

[0018] Alternativamente, el valor dS/dt puede calcularse y/o ajustarse por la unidad procesadora de sistema de monitoreo de revenimiento automatizada durante el tránsito

con base en los datos de revenimiento históricos conforme se monitorea por el sistema. Por ejemplo, los sistemas de monitoreo de revenimiento automatizados, tales como los disponibles de VERIFI LLC, pueden programarse para considerar
5 cualquier número de variables, tales como la naturaleza de la arcilla producida por el material de agregado, la naturaleza y reactividad del cemento, la temperatura ambiente, la temperatura del hormigón, y otros factores.

[0019] El revenimiento de la lechada de hormigón también
10 puede monitorearse y ajustarse al tomar en consideración el contenido de aire así como el agente de control de dispersante y/o aire administrado en la mezcla de hormigón (*Véase por ejemplo*, las Patentes de los Estados Unidos 8,491,717 y 8,764,273 de Koehler y Roberts (propiedad de W.
15 R. Grace & Co.-Conn.)).

[0020] En métodos ejemplares adicionales de la invención, la unidad procesadora de monitoreo de revenimiento repite las etapas (i), (ii) y (iii) por lo cual el agente de mitigación de arcilla se administra en el hormigón en al menos dos
20 ocasiones diferentes durante el tránsito.

[0021] En métodos ejemplares aún adicionales, el procesador de computadora de monitoreo de revenimiento inicia la administración del agente (CMA) de mitigación de arcilla en el hormigón, por lo cual al menos el 21% y hasta el 100%,
25 de mayor preferencia al menos el 51% y hasta el 100%, y aún

de mayor preferencia al menos el 81% y hasta el 100%, del volumen total del CMA dosificado en la lechada de hormigón se dosifica durante el tránsito en lugar de en la planta de mezcla donde se preparó el hormigón en el tambor mezclador
5 giratorio.

[0022] En modalidades ejemplares adicionales, la adición post-preparación o adiciones de los CMA en la lechada de hormigón durante el tránsito puede acompañarse de la adición de la mezcla química (por ejemplo, el dispersante de cemento,
10 particularmente un superplastificante) en la lechada de hormigón. Tal modo de adición simultánea puede hacerse donde la afinidad para la arcilla (o la tasa de adsorción en la arcilla) del CMA es mucho más alta comparada con la mezcla química. En otra modalidad ejemplar, las adiciones de CMA
15 post-preparación pueden separarse y preceder la adición subsiguiente de agua y/o mezcla química (por ejemplo, el dispersante de cemento, mezcla de control de aire, o una mezcla de estos) en el hormigón. Donde las adiciones separadas de post-preparación del CMA y la mezcla química o
20 agua se repiten, se prefiere permitir que el tambor mezclador gire lo suficiente para permitir que la dosis de CMA (o cualquier otra mezcla química dosificada previamente) se mezcle completamente en el hormigón y se absorba en las partículas de arcilla dentro de la mezcla de hormigón (en
25 adelante denominada como adición "intercalada").

[0023] La presente invención también proporciona un sistema de monitoreo de hormigón automatizado para lograr el proceso de adición de CMA post-preparación descrito en lo anterior. Por ejemplo, el método en lo anterior puede
5 programarse en los sistemas de control de revenimiento los cuales se disponen comercialmente de Verifi, LLC, una subsidiaria de W. R. Grace & Co.-Conn., Cambridge, Massachusetts, EE.UU.

[0024] La presente invención contempla que las adiciones
10 post-preparación de los CMA en lo anterior (en este caso durante la mezcla de hormigón de post-preparación o de mortero) pueden aplicarse también a los mezcladores estacionarios, tales como mezcladores de batea usados en las industrias de hormigón prefundido o pre-tensado, para
15 prolongar el revenimiento u otro parámetro de rendimiento. Por lo tanto, los métodos y sistemas ejemplares de la invención comprenden tener al menos una ocasión de adición post-preparación de los CMA en un mezclador (tal como un mezclador estacionario en una planta de hormigón prefundido o
20 una planta de hormigón pretensado), por lo cual al menos el 21% y hasta el 100%, de mayor preferencia al menos el 51% y hasta el 100%, y aún de mayor preferencia al menos el 81% y hasta el 100%, del volumen total de los CMA dosificados en el hormigón se adiciona al hormigón después de la preparación
25 inicial de agua, aglutinante de cemento, y agregados que

portan arcilla para formar la lechada de hormigón.

[0025] Las ventajas y beneficios adicionales de la invención se describen con mayor detalle en adelante.

5

Breve Descripción de los Dibujos

[0026] Las ventajas y beneficios adicionales de la presente invención pueden comprenderse más fácilmente cuando se toma la siguiente descripción detallada de las modalidades ejemplares junto con los dibujos anexos, en donde

10

La Figura 1 es una ilustración gráfica del revenimiento en centímetros (pulgadas) a través del tiempo (minutos) de tres mezclas de hormigón, dos de las cuales (mostradas en líneas punteadas) se trataron por adiciones post-preparación durante la mezcla de los CMA y el dispersante de "PC" de acuerdo con las enseñanzas de la presente invención (el periodo de mezcla que se aproxima al tiempo de tránsito de suministro), pero una de las cuales (mostrada en línea continua) se trató de acuerdo con el procedimiento de la técnica anterior en donde se adiciona el dispersante solo durante la mezcla;

20

La Figura 2 es una ilustración gráfica del revenimiento a través del tiempo de las mezclas de hormigón dosificadas por adelantado (antes del periodo de mezcla el cual se aproxima a un tiempo de tránsito de suministro) con el CMA seguido de adiciones del dispersante solo (ilustrado

25

por las dos curvas de pendiente descendente) comparado con el comportamiento de revenimiento/tiempo del hormigón dosificado de acuerdo con la enseñanza de la invención por lo cual se dosifican el CMA y el dispersante en puntos intercalados
5 durante la mezcla para mantener un comportamiento de revenimiento/tiempo relativamente constante;

La Figura 3 es una ilustración gráfica de dos métodos ejemplares de la presente invención (Protocolos 1 y 3) en donde las adiciones intercaladas de CMA resultaron en
10 una cantidad de dosificación acumulada relativamente menor comparada con un método de la técnica anterior ilustrado por la curva de línea punteada de la parte superior en donde una dosis de CMA relativamente grande se administró sola por adelantado y el dispersante solo se dosificó durante la
15 mezcla; y

La Figura 4 es una ilustración gráfica de un método ejemplar de la invención en donde se mostró la adición de CMA durante la mezcla del hormigón que contiene un dispersante para detener y revertir la pérdida de revenimiento.

20

Descripción Detallada de las Modalidades Ejemplares

[0027] La presente invención proporciona un método y sistema de monitoreo de hormigón automatizado para mitigar o de otro modo evitar el efecto nocivo de la arcilla en la
25 eficiencia de dosificación de las mezclas químicas, tales

como los dispersantes de cemento (también denominados como reductores de agua o superplastificantes), agentes de control de aire (incluyendo mezclas de incorporación de aire, mezclas de retiro de aire), agua, y mezclas de la misma, las cuales
5 se administran en la mezcla de hormigón que se transporta desde una planta de mezcla lista (donde los componentes de hormigón se preparan en el tambor mezclador giratorio del camión de suministro) hasta un lugar de construcción en el cual se suministra (vierte) la mezcla de hormigón. La arcilla
10 presente en el hormigón se produce o transporta por los agregados de arena u otros agregados, tales como piedra triturada, roca, y/o grava, usados para elaborar el hormigón.

[0028] Los términos "tránsito" y "transporte" se usan para referir a la fase de la operación de suministro después de la
15 preparación de los componentes para formar la lechada de hormigón en el camión de suministro de mezcla lista (el cual tiene un tambor mezclador giratorio) y directamente al evento de vertido cuando se descarga la mezcla de preparación de hormigón desde el tambor mezclador en el lugar de
20 construcción para el cual se suministra la mezcla de hormigón.

[0029] Aunque el método de la invención que implica la dosificación de CMA post-preparación puede practicarse usando mezcladores estacionarios como se emplearían en las
25 industrias de hormigón pre-fundido y pre-tensado, se cree que

el impacto más significativo de la presente invención se advertiría en la industria de hormigón de mezcla lista, debido a que la energía de esfuerzo cortante acumulada que se impone en las partículas de arcilla contenidas en el hormigón
5 que gira en el tambor de mezclado durante el tránsito es la causa más grande de preocupación con respecto a lograr la eficiencia de dosificación de los caros reductores de agua de margen alto (HRWR) conocidos como superplastificantes.

[0030] La presente invención se relaciona con el
10 tratamiento de todos los tipos de arcillas. Las arcillas pueden incluir pero no se limitan a arcillas expandibles del tipo 2:1 (tales como arcillas de tipo esmectita) o también del tipo 1:1 (tal como caolinita) o del tipo 2:1:1 (tal como clorita). El término "arcillas" se ha referido al aluminio
15 y/o silicatos de magnesio, incluyendo filosilicatos que tienen una estructura laminar; pero el término "arcilla" como se usa en la presente también puede referirse a arcillas que no tienen tales estructuras, tales como las arcillas amorfas.

20 [0031] La presente invención tampoco se limita a las arcillas que absorben los superplastificantes de polioxialquileno (tales como los que contienen óxido de etileno ("EO") y/o grupos de óxido de propileno ("PO")), sino que también incluye arcillas que afectan directamente las
25 propiedades de los materiales de construcción, ya sea en su

estado húmedo o endurecido. Las arcillas las cuales se encuentran comúnmente en arenas incluyen, por ejemplo, montmorillonita, illita, caolinita, moscovita, y clorita. Estas también se incluyen en los métodos y composiciones de la presente invención.

[0032] Las arenas que portan arcillas y/o roca molida o grava las cuales se tratan por el método de la presente invención pueden usarse en materiales cementosos, ya sean hidratables o no, y tales materiales cementosos incluyen argamasa, hormigón, y asfalto, los cuales pueden usarse en aplicaciones de edificación y construcción estructural, carreteras, cimientos, aplicaciones de ingeniería civil, así como en aplicaciones de prefundición y prefabricación.

[0033] El término "arena" como se usa en la presente deberá significar y referirse a partículas de agregado usualmente usadas para materiales de construcciones tales como hormigón, argamasa, y asfalto, y esto implica típicamente partículas granulares de tamaño promedio entre 0 y 8 mm, de preferencia entre 2 y 6 mm. Los agregados de arena pueden comprender calcífero, silicio o minerales de piedra caliza silícea. Tales arenas pueden ser arena natural (por ejemplo, derivados de depósitos glaciales, aluviales o marinos los cuales se erosionan típicamente de tal forma que las partículas tienen superficies lisas) o pueden ser del tipo "fabricado", las cuales se elaboran usando trituradoras

mecánicas o dispositivos de molienda.

[0034] El término "cemento" como se usa en la presente incluye cemento hidratable y cemento Portland el cual se produce al pulverizar el clinker que consiste de silicatos de calcio hidráulicos y una o más formas de sulfato de calcio (por ejemplo, yeso) como un aditivo de relleno. Típicamente, el cemento Portland se combina con uno o más materiales cementosos complementarios, tales como cemento Portland, ceniza volante, escoria de alto horno granulada, piedra caliza, puzolanas naturales, o mezclas de los mismos, y se proporciona como una mezcla. El término "cementoso" se refiere a materiales que comprenden cemento Portland o los cuales de otro modo funcionan como un aglutinante para mantener unidos los agregados finos (por ejemplo, arena), agregados gruesos (por ejemplo, piedra molida, roca, grava), o mezclas de los mismos.

[0035] Se pretende que el término "hidratable" se refiera al cemento o materiales cementosos que se endurecen por la interacción química con el agua. El clinker del cemento Portland es una masa parcialmente fusionada principalmente compuesta de silicatos de calcio hidratables. Los silicatos de calcio son esencialmente una mezcla de silicato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ "C₃S" en la notación química del cemento) y silicato dicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, "C₂S") en la cual el formador es la forma dominante, con una menor cantidad de aluminato

tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, "C₃A") y aluminoferrito tetracálcico ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, "C₄AF"). Véase por ejemplo, Dodson, Vance H., Mezclas de Hormigón (Van Nostrand Reinhold, Nueva York NY 1990), página 1.

5 [0036] El término "hormigón" se usará en la presente generalmente para referirse a una mezcla cementosa hidratable que comprende agua, cemento, arena, usualmente un agregado grueso tal como piedra molida, roca, o grava, y mezclas químicas opcionales.

10 [0037] Se contempla que una o más mezclas químicas convencionales pueden usarse en los métodos y composiciones de la presente invención. Estas incluyen, sin limitación, agentes de reducción de agua (tales como sulfonato de lignina, condensado de naftaleno sulfonato formaldehído
15 (NSFC), condensado de melamina sulfonato de formaldehído (MSFC), polímeros peine de policarboxilato (que contienen grupos de óxido de alquileo tales como grupos de "EO" y/o "PO"), gluconato, y similares); retardadores de fraguado; aceleradores de fraguado; agentes de incorporación de aire;
20 agentes de retiro de aire (también conocidos como antiespumantes); agentes activos de superficie; y mezclas de los mismos.

[0038] De las mezclas, los polímeros de tipo EO-PO, que tienen grupos de óxido de etileno ("EO") y/o óxido de
25 propileno ("PO") y grupos de policarboxilato, se prefieren.

Los dispersantes de cemento contemplados para el uso en los métodos y composiciones de la invención incluyen polímeros de EO-PO y polímeros peine EO-PO, como se describe por ejemplo en las Patentes de los Estados Unidos 6,352,952 B1 y 5 6,670,415 B2 de Jardine et al., las cuales mencionaron los polímeros enseñados en la Patente de los Estados Unidos 5,393,343 (asignadas a W. R. Grace & Co.-Conn.). Estos polímeros se encuentran disponibles en W. R. Grace & Co.-Conn., Massachusetts, EEUU, bajo el nombre comercial de 10 ADVA®. Otro polímero dispersante de cemento ejemplar, que también contiene los grupos de EO/PO, se obtiene por la polimerización del anhídrido maleico y un polialquileno etilénicamente polimerizable, como se enseñó en la Patente de los Estados Unidos 4,471,100. Además, los grupos de EO/PO que 15 contienen polímeros dispersantes de cemento se enseñan en la Patente de los Estados Unidos 5,661,206 y en la Patente de los Estados Unidos 6,569,234. Estos se denominan convencionalmente como dispersantes de cemento de tipo policarboxilato ("PC"). Las cantidades de tales dispersantes 20 de PC usados dentro del hormigón pueden estar de acuerdo con el uso convencional (por ejemplo, 0.05% a 0.25% con base en el peso del polímero activo hasta el peso del material cementoso).

[0039] El término "agentes de mitigación de arcilla" o los 25 CMA se usará en la presente generalmente para referir a

químicos que (1) tienen una afinidad a las partículas de arcilla dentro de un ambiente acuoso (por ejemplo, el CMA se enlaza físicamente y/o químicamente a la partícula de arcilla); (2) tienen la posibilidad de mitigar (por ejemplo, 5 inertizar, disminuir, atenuar, evitar) efectos negativos de la arcilla en la eficiencia de dosificación y/o rendimiento de la composición cementosa hidratable; y (3) tienen una mínima o ninguna capacidad de reducir el agua dentro de un entorno de lechada cementosa hidratable o de pasta por sí 10 mismos (en la ausencia de arcilla que de otro modo absorbería el agua o el dispersante químico). En la presente invención, al emplear el concepto "mínima o ninguna capacidad de reducir el agua", se definen los CMA en contraste con y en contraposición con los reductores de agua convencionales, 15 particularmente los reductores de agua de margen medio (MRWR) y reductores de agua de margen alto (HRWR) incluyendo los llamados superplastificantes (los cuales se definen usualmente como efectivos para reponer el 12% o más de agua mientras logran el mismo revenimiento).

20 [0040] Cuantitativamente, los CMA pueden definirse para propósitos de la presente invención como que tienen *mínima* o *ninguna* capacidad de reducción de agua y que tienen 0-10% y de mayor preferencia 0-5% de capacidad para reducir los requerimientos de agua de las composiciones cementosas 25 hidrables tales como el hormigón. En otras palabras, los

CMA como se contempla en esta invención no en los estándares de especificación para los HRWR como se define en ASTM C494-13 (y se encontrarían de preferencia muy por debajo del mínimo de 12% de la capacidad de reducción de agua como se
5 entiende convencionalmente en la industria del hormigón).

[0041] Aunque se describe generalmente por las Patentes de los Estados Unidos 6,352,952 y 6,670,415, los CMA contemplados como adecuados para el uso en la presente invención pueden incluir cationes inorgánicos, cationes
10 orgánicos, moléculas orgánicas polares capaces de absorberse por la arcilla, dispersantes de arcilla (tales como un polifosfato), o mezclas de los mismos. Como otro ejemplo, en la Patente de los Estados Unidos 8,257,490), en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. de Serie. 11/575,607
15 (Publ. 2008/0060556 A1) y en la Solicitud de Organización de Propiedad Intelectual Mundial (No. de Publ. 2010/112784 A1) (propiedad de Lafarge S.A.), Jacquet et al. describe composiciones para arcillas "inertes" en agregados que incluyen grupos funcionales de aminas cuaternarias tales como
20 dialildialquil amonio, (met)acrilatos cuaternizados de dialquilaminoalquilo y (met)acrilamidas sustituidas por N por un dialquilaminoalquilo cuaternizado. También se incluyeron polímeros catiónicos obtenidos por policondensación de dimetilamina y epiclorohidrina. Aún otros ejemplos incluyen
25 (poli)aminas funcionalizadas, tales como aquellas descritas

en la Solicitud de Organización de Propiedad Intelectual Mundial (No. de Publ. 2009/127893 A1) (Propiedad de S.P.C.M. SA), polímeros de injerto de carboxilato con un peso molecular promedio en peso de 70-250,000 y una relación molar
5 de ácido carboxílico con grupos de polialquilenos de menos que 2 (*Véase por ejemplo*, Publ. de Patente de los Estados Unidos No. 2015/0133584 (co-propiedad de W. R. Grace & Co.-Conn, y L'Beste GAT, Ltd.), copolímeros catiónicos hechos de dos o más monómeros, tales como aquellos descritos en la
10 Patente de los Estados Unidos 8,461,245 (propiedad de W.R. Grace & Co.-Conn.) y la Solicitud de la Patente de los Estados Unidos No. de Serie 13,076,944 (No. de Publ. 2012/0252953 A1), un compuesto químico formado por un compuesto hidrofóbico con al menos un grupo reactivo con
15 isocianatos, un compuesto hidrofílico con al menos un grupo reactivo con isocianatos y un último compuesto con al menos dos grupos de isocianato reactivos como se describe en la Solicitud de Organización de Propiedad Intelectual Mundial (No. de Publ. 2010/040796 A1) (propiedad de Construction
20 Research & Technology GMBH).

[0042] Los sistemas de monitoreo de revenimiento para monitorear y ajustar el revenimiento de concreto que se consideran adecuados para utilizarse en la presente invención están disponibles comercialmente por Verifi LLC, una
25 subsidiaria de W. R. Grace & Co.-Conn., 62 Whittemore Avenue,

Cambridge, Massachusetts EE.UU..

[0043] Los sistemas de monitoreo se describen de manera variada en la literatura de patente creada por Verifi LLC. Estos incluyen la Patente de los Estados Unidos 8,118,473 de Compton et al.; Patente de los Estados Unidos 8,020,431 de Cooley et al.; Patente de los Estados Unidos 8,491,717 de Koehler et al.; Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. de Serie 10/599,130 de Cooley et al. (No. de Publ. US 2007/70185636 A1), Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. de Serie 11/834,002 de Sostaric et al. (No. de Publ. US 2009/0037026 A1); y Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. de Serie 258,103 de Koehler et al. (No. de Publ. 2012/0016523 A1). Los sistemas de monitoreo de revenimiento operan al correlacionar la energía requerida para girar la mezcla de concreto en el tambor (utilizando sensores en los valores de carga y descarga de presión en el camión de suministro de mezcla lista así como el sensor de rotación de tambor) y comparar los valores monitoreados con información y/o datos almacenados en la memoria. Los sistemas permiten la adición controlada de agua y/o mezcla química en el hormigón en el tambor mezclador giratorio.

[0044] Aunque la presente invención contempla que puede ser posible emplear otros dispositivos de monitoreo de revenimiento tales como sensores de sonda de tensión/deformación como se describe en WO 2011/042,880 y US

2012/0204625A1 propiedad de I.B.B. Rheologie Inc. o US
2011/0077778A1 de Sensocrete, para lograr las adiciones de
CMA post-tratamiento controladas durante el tránsito (mezcla)
basado en las enseñanzas descritas en la presente, la
5 invención prefiere una medición de presión hidráulica.

[0045] Los sistemas ejemplares de la presente invención
pueden obtenerse al programar sistemas de monitoreo de
revenimiento automatizadas tales como el disponible
comercialmente de Verifi LLC para realizar los métodos
10 enseñados en la presente por la presente invención.

[0046] Un método ejemplar de la invención para dosificar
hormigón, comprende: monitorear el revenimiento, en una base
automatizada usando una unidad procesadora, de una lechada de
hormigón mientras se encuentra en un tambor mezclador
15 giratorio durante el tránsito desde una planta de mezcla
hasta un lugar de construcción al cual se suministrará la
lechada de hormigón, la lechada de hormigón comprende un
aglutinante de cemento, agua, agregado, y arcilla la cual, en
la ausencia de un agente de mitigación de arcilla, absorbe la
20 mezcla química, y la cual se encuentra presente en la lechada
de hormigón en una cantidad suficiente para disminuir la
eficiencia de dosificación de un dispersante de cemento u
otra mezcla química adicionada en la lechada de hormigón; en
donde la unidad procesadora de monitoreo de revenimiento
25 automatizada (i) mide la pérdida (dS) de revenimiento en la

lechada de hormigón en el tambor mezclador giratorio en un periodo (t) de tiempo durante el tránsito para obtener un valor dS/dt medido, (ii) compara el valor dS/dt medido con un valor dS/dt de umbral almacenado en una ubicación de memoria a la cual se accede por la unidad procesadora, y (iii) detecta cuando el valor dS/dt medido cumple o excede el valor dS/dt de umbral almacenado; y tras lo cual la unidad procesadora, una vez que el valor dS/dt medido cumple o excede el valor dS/dt de umbral almacenado, inicia la administración de una dosificación controlada del agente (CMA) de mitigación de arcilla en el hormigón dentro del tambor mezclador giratorio durante el tránsito, el CMA administrado es efectivo para disminuir el valor dS/dt como se mide por la unidad procesadora de revenimiento automatizada.

[0047] Durante las distancias más largas desde la planta de mezcla de preparación hasta el lugar de suministro (vertido), puede ser de mayor preferencia para la unidad procesadora de monitoreo de revenimiento repetir las etapas (i), (ii) y (iii) por lo cual el agente de mitigación de arcilla (CMA) se administra en el hormigón en al menos dos ocasiones diferentes intercaladas durante el tránsito (del hormigón transportado desde la planta de mezcla hasta el lugar de construcción/suministro).

[0048] El término "escalonado" como se utiliza en la

presente significa y se refiere a al menos dos adiciones de CMA separadas por tiempo. Dependiendo de la naturaleza de los componentes o químicos de la mezcla, el tiempo entre las adiciones puede requerir una o varias rotaciones de tambor completas antes de que la mezcla completa del CMA se logre antes de que el hormigón pueda monitorearse efectivamente y dosificarse subsecuentemente.

[0049] Aunque se contempla que una porción de CMA (junto con cualquier otra mezcla química y agua) puede administrarse en la mezcla preparada que se introduce en el tambor mezclador giratorio del camión de hormigón en la planta de mezcla, la presente invención prefiere añadir al menos la mayoría, si no todos, los CMA en la carga de hormigón durante el tránsito (durante el periodo en el que el camión de suministro deja la planta de mezcla y se dirige al sitio de construcción al que se va a suministrar el hormigón).

[0050] De este modo, en modalidades ejemplares de la invención, el procesador de computadora de monitoreo de revenimiento inicia la administración del agente (CMA) de mitigación de arcilla en el hormigón, por lo cual al menos el 21% y hasta el 100%, de mayor preferencia al menos el 51% y hasta el 100%, y aún de mayor preferencia al menos el 81% y hasta el 100%, del volumen total de los CMA dosificados en la lechada de hormigón se dosifica durante el tránsito en lugar de en la planta de mezcla donde se preparó el hormigón en el

tambor mezclador giratorio (por ejemplo, como una o más adición(es) "post-preparación").

[0051] En otras modalidades ejemplares, una porción de la cantidad total acumulada de CMA añadida a una carga de concreto determinada en el tambor mezclador se añade a la planta de mezcla, la porción que se añade a la planta de preparación que de preferencia comprende una porción no mayor que 79%, de mayor preferencia no mayor que 49%, y aún de mayor preferencia no mayor que 19% (o incluso ninguna) de la cantidad total acumulada del CMA administrado en la mezcla particular de hormigón preparada que se suministrará.

[0052] Como se mostrará en los siguientes ejemplos, fue inesperado y sorpresivo para la presente invención descubrir que la cantidad total acumulada de CMA administrada en una mezcla de hormigón preparada determinada puede reducirse a través de dosis post-preparación administradas en intervalos escalonados durante ese momento (el tránsito).

[0053] En otras modalidades de la invención, la presente invención prefirió tomar en cuenta el estado de hidratación del hormigón, de modo que el sistema pueda monitorear de manera más exacta la pérdida por revenimiento (dS) a través del tiempo (t) debido al efecto de arcilla. Una manera de rastrear el estado de hidratación del hormigón es medir la temperatura de la mezcla de hormigón dentro del tambor mezclador giratorio, ya que el comportamiento de hidratación

del hormigón se refleja en su comportamiento exotérmico, y para ajustar el umbral dS/dt que se almacena en una ubicación de memoria accesible por procesador. De este modo, en modalidades ejemplares adicionales y sistemas de la invención, el método de dosificación de hormigón además comprende medir la temperatura de la lechada de hormigón durante el tránsito y obtener los datos de temperatura, y ajustar el valor de dS/dt de umbral almacenado basado en los datos de temperatura obtenidos.

10 [0054] Los métodos y sistemas ejemplares adicionales de la invención además comprenden medir el contenido de aire de la lechada de hormigón durante el tránsito y obtener los datos de contenido de aire, y ajustar el valor de dS/dt de umbral almacenado basado en los datos de contenido de aire obtenido.

15 Por ejemplo, el contenido de aire introducido de las lechadas de hormigón puede medirse utilizando productos de medición de aire basados en sonares disponibles comercialmente por CiDRA, Wallingford, Connecticut, bajo el nombre comercial de AIRtrac™.

20 [0055] El término "revenimiento" se utiliza en la presente para referirse a la medición de la caída vertical del hormigón en pulgadas (cm) utilizando un cono de revenimiento de 12-pulg (30.48 cm) estándar, como se conoce en la técnica del hormigón, pero será evidente para el técnico de hormigón promedio que este término puede referirse a otros parámetros

25

reológicos del hormigón, de modo que este término puede referirse a "flujo de revenimiento" que se refiere a la aspersión horizontal de hormigón altamente fluido liberado en una planta de acero cuando se libera de un cono invertido.

5 Véase por ejemplo, la Patente de los Estados Unidos 8818561 de Koehler et al., propiedad de VERIFI LLC, una subsidiaria de W. R. Grace & Co.-Conn.

[0056] Los tambores mezcladores de hormigón giratorios empleados en los métodos y sistemas de monitoreo
10 automatizados de la invención deben tener de preferencia una pared interna tras la que se montan de manera espiral al menos dos aspas de mezcla para agitar la lechada de hormigón durante el giro del tambor mezclador, y de ese modo son efectivos para mezclar agua y/o mezclas químicas en la carga
15 de hormigón. Las adiciones de CMA post-preparación enseñadas por la presente invención pueden administrarse simultáneamente con al menos una mezcla química (por ejemplo, dispersante de cemento, de preferencia con una mezcla superplastificante tal como un tipo de policarboxilato), y
20 tales administraciones simultáneas de los químicos deben separarse en el tiempo que corresponde a una duración que es al menos el tiempo que toma al tambor mezclador mezclar completamente los químicos de manera uniforme a través del hormigón que se mezcla.

25 [0057] Aunque quizá es más conveniente administrar los CMA

y otra mezcla química tal como un dispersante de cemento simultáneamente a través de adiciones post-preparación, es posible, donde se utilizan los tanques separados y sistemas de distribución, inyectar los CMA separadamente a partir de
5 otra(s) mezcla(s) química(s). De esta manera, en otra modalidad ejemplar de la invención, después de una o más adiciones de CMA post-tratamiento en la lechada de hormigón, la unidad procesadora de monitoreo de revenimiento automatizado inicia una o más adiciones controladas de agua,
10 al menos una mezcla química, o una mezcla del mismo en la lechada de hormigón.

[0058] En modalidades ejemplares adicionales, el método y sistema de dosificación de hormigón emplean la unidad procesadora de monitoreo de revenimiento automatizado para
15 iniciar las adiciones separadas de una cantidad controlada de al menos otra mezcla química (además de los CMA) hacia la lechada de hormigón, al menos una mezcla química que se selecciona del grupo que consiste de dispersante de cemento (de mayor preferencia un superplastificante), mezcla de
20 incorporación de aire, mezcla de retiro de aire, o una mezcla de los mismos.

[0059] En métodos y sistemas ejemplares de la invención, los CMA utilizados para la dosificación post-preparación durante el tránsito de la lechada de hormigón se selecciona
25 de preferencia del grupo que consiste de aminos cuaternarios

y aminas policuaternarias y derivados de los mismos; policondensados de dimetilamina y epiclorohidrina; polímeros de injerto de carboxilato; (poli)aminas funcionalizadas, o una mezcla de los mismos. Los ejemplos de composiciones químicas de CMA adecuadas incluyen los compuestos de amina cuaternarias descritas en las Patentes de los Estados Unidos 6,352,958 y 6,670,415 (propiedad de . R. Grace & Co.-Conn.) y en la Patente de los Estados Unidos 8,257,490, No. de Serie 11/575,612 (No. de Publ. 2007/0287794 A1), Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. de Serie 11/575,607 (No. de Publ. 2008/0060556 A1) y Solicitud de Organización de Propiedad Intelectual Mundial (No. de Publ. WO2010/112784 A1) (propiedad de Lafarge S.A.). Los CMA adecuados basados en policondensados de dimetilamina y epiclorohidrina y (poli)aminas funcionalizadas se describen en WO2009/127893 A1 (propiedad de SNF SAS y SPCM SA). Otro compuesto químico de CMA adecuado incluye polímeros de injerto de carboxilato como se describe en la Patente de los Estados Unidos 8,461,245 (propiedad de W.R. Grace & Co.-Conn.) y la Solicitud de la Patente de los Estados Unidos No. de Serie 13/076,944 (No. de Publ. 2012/0252953 A1). Otro CMA adecuado es un polímero de injerto de carboxilato como se describe en la Patente de los Estados Unidos No. de Publ. No. US 2015/0133584 (co-propiedad de W. R. Grace & Co.-Conn. y L'Beste GAT LTD.). Otro CMA es una poliamina funcionalizada al hacer reaccionar un compuesto

de amina con un compuesto de epoxi como se describe por Kuo et al. En US 2015/0065614 (co-propiedad de W. R. Grace & Co.-Conn.). Otro CMA adecuado se forma por un compuesto hidrofóbico con al menos un grupo reactivo con isocianatos
5 como se describe en WO 2010/040796 A1 (propiedad de Construction Research & Technology GMBH)

[0060] En métodos y sistemas de dosificación de hormigón adicionales de la invención, los valores de revenimiento a través del tiempo (por ejemplo, el historial de tránsito) de
10 la lechada de hormigón (i) antes y después de al menos dos adiciones de los CMA hacia la lechada de hormigón; (ii) antes y después de al menos dos adiciones de al menos una mezcla química hacia la lechada de hormigón, y (iii) los historiales de tránsito de ambos (i) y (ii), pueden almacenarse hacia las
15 ubicaciones de memoria que son accesibles por la unidad procesadora. Los historiales de ambos (i) y (ii), por ejemplo, pueden ilustrar gráficamente en la pantalla o monitor de una computadora tipo laptop o un dispositivo Palm tal como un teléfono inteligente, en la manera ilustrada en
20 las Figuras 1-3. El comportamiento del hormigón después de la adición de un CMA puede verse como se muestra en la Figura 4.

[0061] En métodos y sistemas de monitoreo ejemplares adicionales de la invención, la unidad procesadora que monitorea el hormigón puede programarse para incorporar
25 varios procesos adicionales diferentes para asegurar las

lecturas exactas del revenimiento a través del tiempo de modo que las gradaciones sutiles en el cambio de revenimiento a través del tiempo pueden detectarse y actúa en consecuencia.

[0062] Por ejemplo, las etapas del proceso para revisar
5 los factores de hidratación, tal como la temperatura, que afecta la lechada de hormigón puede tomarse en consideración para aumentar la exactitud de detección para pérdida en revenimiento de hormigón a través del tiempo (valor dS/dt).

[0063] Como otro ejemplo, también pueden tomarse en cuenta
10 las etapas del proceso para monitorear el contenido de aire de la lechada de hormigón, ya que una disminución en el revenimiento puede corresponder con una disminución en el contenido de aire en el hormigón, aunque la práctica general en la industria del hormigón sugiere que encontrar una
15 correspondencia confiable entre el revenimiento y el contenido de aire no siempre es el caso. Sin embargo, en las Patentes de los Estados Unidos 8,491,717 y 8,764,273 (propiedad de W. R. Grace & Co.-Conn), Koehler y Roberts describieron un sistema para rastrear simultáneamente la
20 dosificación tanto de mezclas de modificación de reología (por ejemplo, dispersante de cemento de polímero de policarboxilato) y agentes de control de aire (por ejemplo, agentes de incorporación de aire). Por lo tanto, los procesos ejemplares adicionales y los sistemas de la presente
25 invención comprenden el monitoreo tanto del dispersante como

de la dosificación de agente de control de aire junto con la administración de CMA en la carga de hormigón.

[0064] Un procedimiento ejemplar para tomar en consideración la temperatura, factores de contenido de aire, 5 o ambos, al monitorear una carga de lechada de hormigón y administrar los CMA en el hormigón se describe en las siguientes etapas. El sistema se programa para medir el revenimiento de la carga de hormigón, comparar esto con un revenimiento "objetivo" que se ha introducido por el usuario 10 hacia el sistema de monitoreo de revenimiento automatizado, y la diferencia entre el revenimiento medido y el revenimiento "objetivo" se compara de modo que el sistema pueda iniciar automáticamente una sucesión de etapas del proceso dependiendo de si la diferencia excede un valor de 15 "tolerancia al revenimiento" que se predetermina por el usuario o programador del sistema, la última sucesión de las etapas que se activan cuando la tasa de pérdida por revenimiento excede un valor predeterminado:

a. Medir el revenimiento de la lechada de hormigón.

20 b. Si el Revenimiento objetivo - Revenimiento medido > Tolerancia al Revenimiento (por ejemplo 0.5"), continuar a la Etapa (c) ,de lo contrario regresar a la Etapa (a) .

c. Medir la tasa de pérdida por revenimiento.

25 d. Si la Tasa de pérdida por revenimiento - Tasa de

pérdida por revenimiento objetivo > Tolerancia de tasa de pérdida por revenimiento (por ejemplo, umbral de 1"/hr), continuar a la etapa (e), de otra manera, saltar a la Etapa (n).

5 e. Medir la temperatura del hormigón y la tasa de cambio de temperatura.

f. Si la temperatura y la tasa de cambio no indican la pérdida por revenimiento provocada por hidratación, continuar a la etapa (g).

10 g. Medir el aire del hormigón y la tasa de cambio del aire.

h. Si el aire y la tasa de cambio no indican la pérdida por revenimiento provocada por aire, continuar a la etapa (i).

15 i. Si el conteo de dosis de CMA en la etapa actual excede el máximo permitido (por ejemplo 3 veces), saltar a la Etapa (n) de lo contrario continuar a la etapa (j).

20 j. Adicionar la dosis de CMA (por ejemplo, basado en el contenido de arcilla medido por MBV o basado en el ajuste de dosis previa). Incrementar el conteo de dosis de CMA por uno.

k. Esperar X número de revoluciones de tambor, basado en el tiempo requerido para mezclar CMA completamente en el hormigón.

25 l. Medir la tasa de pérdida por revenimiento.

m. Si la tasa de pérdida por revenimiento no disminuye, aumentar la dosis de CMA que se administrará y regresar a la etapa (j).

n. Adicionar un reductor de agua de margen alto
5 para llevar el revenimiento dentro del revenimiento objetivo y continuar a la etapa (o).

O. Esperar Y número de revoluciones, basado en el tiempo requerido para mezclar un dispersante en la carga del camión de hormigón y regresar a la etapa (a).

10 [0065] En todavía otra modalidad adicional de la invención, el sistema de revenimiento automatizado se programa para monitorear la ganancia de revenimiento en la lechada de hormigón después de que se ha administrado una mezcla de reducción de agua de gran margen de policarboxilato
15 hacia la lechada de hormigón contenida en el tambor mezclador, de modo que cuando la unidad procesadora detecta que el revenimiento monitoreado no aumenta como se esperaría de otro modo para la cantidad de HRWR administrado, la unidad procesadora puede programarse para ajustar el valor de umbral
20 (dS/dt) o para ajustar (por ejemplo, aumentar) la cantidad de CMA que se administrará en el tambor mezclador, o ambos. De este modo, un proceso ejemplar adicional de la presente invención además comprende: adicionar una mezcla de reducción de agua de gran margen de policarboxilato (HRWR) en la
25 lechada de hormigón durante el tránsito; monitorear un

aumento en el revenimiento de la lechada de hormigón (dS) sobre un periodo de tiempo inmediatamente después de la adición de la mezcla de reducción de agua de alto margen de polycarboxilato para obtener un valor de dS para el periodo
5 después de la adición del HRWR; y comparar el valor de dS obtenido con un segundo valor de dS de umbral almacenado en una ubicación de memoria que se accede por la unidad procesadora; detectar cuando el valor de dS obtenido no cumple o excede el segundo valor dS de umbral almacenado en
10 la ubicación de memoria; y, tras la detección de que no se obtiene el segundo valor dS de umbral, ajustar el valor de dS/dt almacenado descrito en (ii) de la reivindicación 1, ajustar la dosificación controlada del agente de mitigación de arcilla (CMA) que se administrará en la lechada de
15 hormigón, o ambos.

[0066] Un sistema de monitoreo de revenimiento automatizado puede programarse en la manera descrita anteriormente para ajustar el umbral de detección de CMA y/o la cantidad de dosificación de CMA que se administrará en el
20 tambor mezclador, para evitar la adsorción adicional del dispersante de PC a la arcilla. De preferencia, se iniciará una indicación o alarma por el procesador de monitoreo de revenimiento automatizada al operador, una oficina de control central (para el camión de mezcla de hormigón o el sistema de
25 monitoreo de revenimiento), para alertar a alguien del hecho

de que la carga a granel de hormigón determinada ha requerido esta corrección.

[0067] Aunque la invención se describe en la presente como que utiliza un número limitado de modalidades, estas 5 modalidades específicas no se pretende que limiten el alcance de la invención como se describe y reclama de otro modo en la presente. Existen modificaciones y variaciones de las modalidades descritas. Más específicamente, los siguientes ejemplos se dan como una ilustración específica de las 10 modalidades de la invención reclamada. Debe entenderse que la invención no se limita a los detalles específicos establecidos en los ejemplos.

[0068] Todas las partes y porcentajes en los ejemplos, como puede establecerse en la presente y en adelante, son por 15 porcentaje de peso seco a menos que se especifique lo contrario.

Ejemplo 1

[0069] En este ejemplo, se utilizó un diseño de mezcla de 20 hormigón que reduce el agua de margen alto que contiene 371 kg/m³ de cemento, 860 kg/m³ de arena, 1009 kg/m³ de piedra, 0.2% de sólidos/arena de una arcilla de montmorillonita de sodio, 178 kg/m³ de agua, 0.14% de sólidos/cemento de un reductor de agua de gran margen (HRWR), y 8% de 25 sólidos/arcilla de un agente de mitigación de arcilla (CMA).

El HRWR está disponible comercialmente de Grace Construction Products, Cambridge Massachusetts, EE.UU., bajo la marca comercial ADVACAST® 575.

[0070] El protocolo de mezcla se realizó en una mezcladora
5 de batea a escala de laboratorio que utiliza 0.396 m³ de hormigón. Primero, la piedra, la arena y el agua se mezclaron por un minuto a una alta velocidad; después el cemento se añadió y mezcló durante 1 minuto a alta velocidad; después el HRWR+CMA se añadió y mezcló durante 2 minutos a alta
10 velocidad. Después del ciclo de mezcla inicial, se probó el hormigón para el revenimiento. Después de la prueba, el hormigón se mezcló durante 5 minutos adicionales a alta velocidad y se realizó una adición de químicos. El hormigón se mezcló durante otros dos minutos a alta velocidad y se
15 probó para el revenimiento. Este proceso se repitió 2 veces más para un total de cuatro adiciones químicas y mediciones de revenimiento correspondientes.

[0071] En el primer ejemplo, la cantidad de cada adición de químicos para el primer caso fue de 0.026% de
20 sólidos/cemento de HRWR solo con 50 gramos de agua de enjuague. En el segundo y tercer casos, la cantidad de cada adición fue la misma cantidad de HRWR pero con una cantidad de 1.5% de sólidos/arcilla adicional de CMA. Dos diferentes CMA se utilizaron para el segundo y tercer casos. El primer
25 CMA fue un polímero de injerto de carboxilato con un peso

molecular promedio en peso de 70-250,000 y una relación molar de ácido carboxílico con grupos de polialquilenos de menos de 2 (Véase por ejemplo., Patente de los Estados Unidos No. de Publ. 2015/0133584 (co-propiedad de W. R. Grace & Co.-Conn, y
5 L'Beste GAT, Ltd.); mientras que el segundo CMA fue una (poli)amina funcionalizada, tal como aquellas descritas en la Solicitud de Organización de Propiedad Intelectual Mundial (No. de Publ. WO 2009/127893 A1) (propiedad de S.P.C.M. SA).

[0072] Los resultados se graficaron como el revenimiento
10 (pulgadas)(cm) contra tiempo (minutos) y se muestran en la Figura 1.

[0073] El momento de las adiciones de químicos fue a los 14 minutos, 24 minutos y 34 minutos. Como se muestra en la Figura 1, complementar cada adición de PC con cualquier CMA
15 después de la mezcla inicial mejora sorprendentemente el revenimiento y de este modo la eficiencia del HRWR. Sin atarse a la teoría, la presente invención cree que esto sugiere que durante el proceso de mezcla de hormigón, se forman más superficies de arcilla debido a las altas fuerzas
20 de esfuerzo cortante que ocurren dentro de la lechada de hormigón agitada, especialmente ya que se cree que CMA 1 y CMA 2 no tienen capacidades de dispersión de cemento en sí mismos. Además, ambos tipos de químicos de CMA demuestran comportamiento similar, que además señala a un fenómeno de
25 arcilla; no uno que sea un químico específico.

Ejemplo 2

[0074] En este ejemplo, se utilizó el mismo diseño de mezcla y protocolo de mezcla. Sin embargo el CMA inicial utilizado fue diferente dependiendo del caso. Caso 1 - 0.13%
5 de sólidos/cemento de HRWR y 8% de sólidos/arcilla de CMA 2 por adelantado, 0.026% de sólidos/cemento de HRWR durante las adiciones subsecuentes (No CMA C/adiciones durante la mezcla). Caso 2 - 0.13% de sólidos/cemento de HRWR y 8% de sólidos/arcilla de CMA 2 por adelantado, 0.026% de
10 sólidos/cemento de HRWR y 1.5% de sólidos/arcilla de CMA 2 durante las adiciones subsecuentes. Caso 3 - 0.13% de sólidos/cemento de HRWR y 12.5% de sólidos/arcilla de CMA 2 por adelantado, 0.026% de sólidos/cemento de HRWR durante las adiciones subsecuentes (Sin CMA C/adiciones durante la
15 mezcla). El Caso 3 representa la cantidad total de CMA añadido en el Caso 2, pero añadido por adelantado y no con adiciones durante la mezcla.

[0075] Los resultados se graficaron como el revenimiento (pulgadas)(cm) contra tiempo (minutos) y se muestran en la
20 Figura 2.

[0076] El momento de las adiciones de químicos fue a los 14 minutos, 24 minutos y 34 minutos, respectivamente. Como se vio previamente, la adición de CMA después de la mezcla inicial mejora sorpresivamente el revenimiento y de este modo
25 la eficiencia del HRWR. Adicionalmente, se prefiere que la

adición de CMA se haga después de la preparación inicial (y de este modo no como una adición por adelantado) (comparar los Casos 2 y 3).

5

Ejemplo 3

[0077] En este ejemplo, se utilizó el mismo diseño de mezcla pero con un protocolo de mezcla diferente. Una alternativa para dosificar químicos cada 10 minutos, se monitoreó el par de torsión requerido para girar la
10 mezcladora de laboratorio al pasar el tiempo. Ya que el revenimiento disminuye, se requieren más pares de torsión. Las dosis se administraron si el nivel de par de torsión excedió un límite dado que corresponde a un revestimiento dado. Por lo tanto, el revenimiento se mantiene después de un
15 cierto tiempo, con la dosis que es variable para diferentes métodos.

[0078] Se compararon tres diferentes protocolos de dosificación. Para los tres protocolos, se utilizó una dosis de HRWR de 0.12% de sólidos/cemento por adelantado. El primer
20 protocolo involucró una dosis por adelantado de CMA 1 de 10% de sólidos/arcilla. Las dosis subsecuentes se mantuvieron constante, pero se entregaron en diferentes momentos dependiendo de cuando el nivel de par de torsión excedió 53% (% de par de torsión clasificado del motor). Estas adiciones
25 consistieron de una dosis de HRWR de 0.01% de sólidos/cemento

y una dosis de CMA 1 de 0.8% de sólidos/arcilla. El segundo protocolo involucró una dosis por adelantado de CMA 1 de 16% de sólidos/arcilla. Esto corresponde a la cantidad total de CMA 1 utilizado en el primer protocolo. Las dosis
5 subsecuentes involucraron solo una dosis de HRWR de 0.01% de sólidos/cemento (sin CMA c/adiciones durante la mezcla). El último protocolo no involucró dosis por adelantado de CMA 1. En adiciones subsecuentes, se utilizó una dosis de HRWR de 0.01% de sólidos/cemento y una dosis de CMA 1 de 0.8% de
10 sólidos/arcilla, similar al primer protocolo.

[0079] Las cantidades de dosis acumuladas (convertidas a sólidos/cemento) de la mezcla química como se introdujo al hormigón al pasar del tiempo se graficaron y muestran en la Figura 3.

15 [0080] Al final de los 54 minutos, se midió el revenimiento. Los tres protocolos tuvieron el mismo revenimiento. Como puede verse, mientras que los tres protocolos mantienen el mismo revenimiento, el último protocolo, donde todos los CMA se añaden solo durante el
20 periodo de mezcla da el uso más eficiente de la cantidad total del químico añadido. En este caso, hay un 11% de reducción en términos de químicos totales añadidos utilizando un protocolo de adición escalonado cuando se compara con el método de la técnica antecedente solo para añadir el CMA por
25 adelantado (es decir, no durante el transporte del hormigón).

Ejemplo 4

[0081] Como un ejemplo final, se realizó una prueba de campo con un camión de hormigón de mezcla lista de 7.65 metros cúbicos equipado con el sistema de monitoreo de
5 revenimiento de Verifi® que se originó comercialmente por Verifi LLC (una división de Grace Construction Products, 62 Whittemore Avenue, Cambridge, Massachusetts EE.UU.).

[0082] El punto de la prueba fue demostrar que adicionar el CMA después de la preparación puede influenciar la tasa de
10 pérdida por revenimiento. Se utilizó diseño de mezcla de hormigón que reduce el agua de margen alto que contiene 357 kg/m³ de cemento, 89 kg/m³ de ceniza volante, 1053 kg/m³ de arena, 696 kg/m³ de piedra, 153 kg/m³ de agua y 0.15% de sólidos/cemento de un dispersante de cemento en la forma de
15 un reductor de agua de alto margen (HRWR). La arena se probó de acuerdo con ASTM C1777, que determina el contenido de arcilla equivalente de montmorillonita de Na basado en la absorción de azul de metileno. La arena contiene aproximadamente un 1.0% de contenido de arcilla equivalente
20 de montmorillonita de Na. Ningún agente de mitigación de arcilla se dosificó por adelantado durante el proceso de preparación.

[0083] El camión se preparó con una mayoría de agua seguido por piedra y la arena, seguido por el cemento y la
25 ceniza volante y finalmente el HRWR con el agua restante.

Después de la preparación, la velocidad de tambor se estableció a 3 rpm. A través del sistema de monitoreo VERIFI®, se monitoreó tanto la presión normalizada (que es la diferencia entre la presión de carga hidráulica y la presión de descarga hidráulica) como la velocidad de tambor.

[0084] Como se muestra en la Figura 4, después de aproximadamente 25 minutos después de la preparación de hormigón (tiempo de UTC = 19:38), la presión hidráulica normalizada requirió girar la mezcla de hormigón para empezar a aumentar, lo que significa un aumento en la pérdida de revenimiento. Al momento del UTC = 19:41, se añadieron 1.89 litros de CMA al tambor. Esto podría ser aproximadamente 1.3% de sólidos/arcilla (contenido de arcilla inicial). Como resultado, la tasa de presión aumenta (es decir la pérdida por revenimiento) se disminuyó y la presión actual empezó a disminuir. EL CMA 1 fue capaz de influenciar la tasa de pérdida por revenimiento. De acuerdo con el método inventado, en el UTC = 19:45, se añadió un dispersante de cemento (por ejemplo, el HRWR) para traer el revenimiento al objetivo apropiado. El sistema se programa para monitorear el revenimiento de hormigón y detectar cuando no se obtiene un objetivo de revenimiento deseado.

[0085] Es claro a partir de la Figura 4 que adicionar un CMA durante la mezcla pueden retardar e incluso invertir la pérdida de revenimiento.

[0086] Se presentaron solo los ejemplos y modalidades anteriores para propósitos ilustrativos y no se pretende que limiten el alcance de la invención.