

Estudio de las Fases Minerales de Neoformación en Morteros de Cal Aérea tras la Adición de Metacaolín y Sulfoaluminato Cálcico

ANNA ARIZZI (1,*), GIUSEPPE CULTRONE (1), EDUARDO SEBASTIÁN (1)

(1) Dpto. Mineralogía y Petrología, Fac. Ciencias, Avda. Fuentenueva s/n. Universidad de Granada. 18002, Granada (España)

INTRODUCCIÓN.

Los mayores inconvenientes que derivan del empleo de la cal aérea como aglomerante en morteros de restauración son una lenta carbonatación, bajas resistencias mecánicas y una elevada retracción por secado. Para contrarrestar estas desventajas y descartando a priori el uso del cemento Portland en intervenciones de restauración del patrimonio histórico (Callebaut, 2001), se ha optado por la adición a la cal de un aglomerante puzolánico. Las puzolanas producen un incremento de las resistencias mecánicas de los morteros y una reducción de su permeabilidad, gracias a la mayor cohesión que se produce entre aglomerante y árido. El metacaolín (MK), empleado en este estudio, es uno de los materiales puzolánicos más explotados por su elevada reactividad. Este material deriva de la calcinación entre 700 y 800 °C del caolín y da lugar a productos amorfos altamente reactivos. Se trata de fases de sílice y alumina que, activadas por el hidróxido cálcico (CH) en presencia de agua dan lugar a la formación de fases hidratadas como silicatos (CSH) y aluminatos cálcicos hidratados (CAH). Los primeros suelen cristalizar en la superficie de los granos de la puzolana con distintas morfologías (fibras, retículos o grumos). Los segundos precipitan en los micro poros y las microfisuras en forma de plaquetas hexagonales muy parecidas a las de la portlandita y brucita (Cizer, 2009).

Según las condiciones en las que se realizan las reacciones puzolánicas, se obtienen diferentes productos de hidratación. Los más comunes son: gel de CSH; C_2ASH_8 , (*stratlingita* o *gehlenita* hidratada); C_4AH_{13} , fase metaestable que aparece sólo en la fase inicial de la reacción de hidratación y que se

descompone en C_3AH_6 (*hydrogarnet*) y CH (Matschei et al., 2007a).

En este trabajo se han estudiado las distintas fases de hidratación y carbonatación obtenidas en morteros de cal aérea elaborados con adición de metacaolín (MK) además de sulfoaluminato cálcico (SAC). Este último producto se ha añadido a las pastas de mortero con el fin de reducir la retracción por secado.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Para la elaboración de los morteros se ha empleado una cal aérea hidratada de composición calcítica, en forma de polvo seco (CL90-S). El árido ha sido también calcítico con una granulometría comprendida entre 0,063 y 1,5 mm. El metacaolín (CLASS N POZZOLAN) y el sulfoaluminato cálcico se han adicionado en sustitución de la cal, en distintos porcentajes en peso. La proporción de aglomerante/árido elegida ha sido de 1:3 en peso. Las probetas se han fabricado siguiendo la normativa UNE-EN 1015-2:1999 y aplicando algunas modificaciones a esta norma por lo que respecta a las condiciones de conservación. Se han preparado los siguientes tres tipos de morteros: CCMK (cal calcítica + metacaolín + árido calcítico, con una proporción en peso de 0,75:0,25:3); CCSC (cal calcítica + sulfoaluminato cálcico + árido calcítico, con una proporción en peso de 0,75:0,25:3); CCMS (cal calcítica + metacaolín + sulfoaluminato cálcico + árido calcítico, con una proporción en peso de 0,78:0,20:0,02:3).

Se ha realizado su estudio mineralógico mediante difracción de rayos X (DRX, Philips PW-1710) y termogravimetría (TGA, Shimadzu TGA-50H), para la identificación y la cuantificación de las

fases minerales presentes. La morfología de los cristales se ha analizado mediante microscopía electrónica de barrido de alta resolución (FESEM, LEO Carl Zeiss, modelo GEMINI-1530). Los análisis se han efectuado después de 28 y 60 días desde la elaboración de las probetas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En todos los morteros se ha detectado la presencia de calcita (CC) y portlandita (CH). CC precipita en forma de microcristales que presentan hábito escaenoédrico (Fig.1), mientras que los cristales de CH son prismas o plaquetas hexagonales de tamaño algo superior a 1 μ m. Además de estas fases, se observan varios productos de hidratación. Mediante el análisis termogravimétrico del mortero CCMK se ha observado la descomposición térmica de CSH (T=95-125 °C) y CAH (T=110-320 °C). Este último producto se conoce como aluminatos cálcicos hidratados mono-fase (AFm) de fórmula general: $[Ca_2(Al,Fe)(OH)_6]_x \cdot xH_2O$. Estas fases se han reconocido mediante observación al FESEM por la presencia de plaquetas hexagonales parecidas a las de CH pero de superior tamaño (2-10 μ m) (Fig.1 y 2). Los CSH observados en los morteros presentan distintas morfologías: grumos (Fig.2), fibras (Fig.3) y retículos (Fig.4). En los difractogramas de rayos X de los morteros CCMK (Fig.5), se detecta la presencia de CA \dot{C} H ($Ca_4Al_2(CO_3)(OH)_{12} \cdot 6H_2O$, o *monocarboaluminato*). Esta fase es también un AFm. De hecho, en presencia de filler calcítico, los iones CO_3^{2-} pueden ser reactivos o inertes según la cantidad y las condiciones (Matschei et al., 2007b), y formar varios carboaluminatos cálcicos.

En el mortero CCSC ha cristalizado hasta un 6% de $C_6A_2S_3H_{12}$

palabras clave: Morteros, Puzolana, Metacaolín, Aluminatos, Ettringita.

key words: Mortars, Pozzolans, Metakaolin, Aluminates, Ettringite.

