

13. Materiales Aluminosilicatos Activados con Álcalis (MAA, AAM).

Los materiales (MAA) abarcan un amplio sistema de materiales aluminosilicatos que, activados con álcalis y siguiendo una ruta química de síntesis, se convierten en materiales cementíceos ecológicos distintos y de diferentes propiedades que los cementos portland y los cementos geopolímero. De un modo genérico se denominan geopolímeros, aunque ésta denominación es científicamente errónea, porque siguen una ruta química de polimerización diferente de la de los geopolímeros basados en el metacaolín y su estructura molecular de síntesis y sus propiedades son también diferentes (J. Davidovits).

El interés creciente por los geopolímeros, en el sentido amplio del término, se fundamenta en los siguientes conceptos:

- a) Pueden ser utilizados como materiales precursores una amplia variedad de materiales como: subproductos de procesos metalúrgicos industriales, residuos sólidos urbanos y residuos mineros; la utilización de estos materiales reduce el volumen de las escombreras y de los vertederos con la consiguiente preservación de materias primas naturales no renovables como las calizas
- b) La activación alcalina es un proceso de menor impacto ambiental que el proceso de fabricación del cemento portland y produce un cemento más ecológico con menor emisión de CO₂
- c) Es posible fabricar una amplia variedad de materiales cementíceos “a la carta”, con propiedades similares o mejores que las de los cementos portland.

- d) Los morteros y hormigones fabricados con cementos geopolímero son más ligeros, tienen otras propiedades adicionales como mayor durabilidad, mayor resistencia a los ácidos y tienen muy superiores resistencias al calor y al fuego.



Imagen 37. Textura y consistencia del hormigón geopolímero

La nueva química verde que se utiliza en la fabricación de los geopolímeros, abre muchas posibilidades para disponer de nuevos materiales cementíceos eco-eficientes binarios, ternarios o cuaternarios “a la carta” y a la fabricación de materiales compuestos ligeros de elevadas prestaciones, con la incorporación de macro, micro, nano fibras y nano partículas de diferentes materiales así como la utilización de diversos polímeros.

Los cementos geopolímero y los materiales (MAA,AAM) representan una alternativa real a los cementos portland como sustitutivo parcial a corto y, con la posibilidad de sustitución total, a más largo plazo; sin embargo es razonable pensar que coexistirán con el cemento portland tradicional, aunque utilizado en menores proporciones.

Los hormigones geo-poliméricos pueden ser utilizados en la fabricación de elementos estructurales prefabricados; también en estructuras de hormigón colocado in situ, porque pueden alcanzar resistencias de 45Mpa a 7días, con un régimen de curado a temperatura ambiente (Pawan Kumar K R - Surendra BV2 2016).Para conseguir su implantación a escala

industrial, es necesario, primero, desarrollar nuevas normas y especificaciones diferentes a las actualmente vigentes basadas en la utilización de los cementos portland.

Los criterios de aceptación para la utilización de los materiales geopolímero deben estar basados, principalmente, en la comparación entre las prestaciones de los materiales fabricados con uno y otro tipo de cemento, relacionadas con la resistencia temprana y a largo plazo, la retracción, el tiempo de fraguado y su estabilidad química a largo plazo.

El Comité Técnico 224 - AAM RILEM ha iniciado el desarrollo de especificaciones para la utilización de los materiales (MAA, AAM) y las actuales Normas AS3600 y ASTM C1157 son ya receptivas, conceptualmente, a la utilización de los nuevos materiales geopolímero.

La industrialización de los procesos de fabricación y de colocación es también necesaria para consolidar su utilización a gran escala.

13.1 Materiales Precursores

- Precursores principales: metacaolín (MK), micro sílice (F, SF) cenizas volantes síliceas (V, FA - F con $\text{CaO} \leq 10\%$ en peso) y calcáreas (W, FA - C con $\text{CaO} > 30\%$),
- Precursores secundarios: escorias granuladas de horno alto (S, GGBFS), ceniza de combustión del aceite de palma (POFA), cenizas de cáscara de arroz (RHA), cenizas volcánicas entre otras.

13.2 Activadores Alcalinos

Los activadores alcalinos más utilizados son los hidróxidos sódico (HS) y potásico (HP) (Na, K) OH con diferentes molaridades (8 - 16M) y los silicatos sódico (SS) y potásico (SP) (Na, K)₂, nSiO₂ o sus combinaciones (HS, HP+SS; con valores $\text{SS/HS} = 0.8 - 1.4$) con una relación líquido/sólido = 0.6 - 1.2.

El desarrollo de activadores alcalinos más potentes hará posible la fabricación con materiales (MAA, AAM) de nuevos hormigones eco-eficientes con mejores propiedades.

13.3 Propiedades

Las propiedades de los materiales cementíceos (MAA, AAM) dependen de la microestructura final de la matriz polimérica, de su densidad y de su resistencia; las propiedades de la matriz dependen, a su vez, de la fase dominante y de otras fases minoritarias que la componen.

En el proceso de la síntesis química de la microestructura final intervienen múltiples factores; los más importantes son:

a) **Propiedades físicas químicas y mineralógicas de los materiales precursores.**

La cantidad de óxidos amorfos reactivos de SiO_2 y Al_2O_3 de los materiales precursores tiene gran influencia así como la ausencia de impurezas

b) **La relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$**

La relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 2 - 3.5$ es la adecuada para fabricar morteros y hormigones.

c) **La composición química, la concentración y el grado de pureza del agente activador alcalino utilizado**

El grado de pureza del agente activador debe ser del 94 - 96%; una relación SS/SH = 1.5 - 2.5 y una concentración molar $> 8\text{M}$ del SH proporciona buenos valores de resistencia a los hormigones geopolímero.

d) **La cantidad y la pureza del agua añadida**

El agua añadida debe ser destilada y la relación agua /sólido debe ser de 0.17 - 0.18

e) **El régimen de curado de temperatura y tiempo.**

El curado a mayor temperatura que la ambiental y mayor duración, incrementa el grado de polimerización y la resistencia de la matriz ($50^\circ\text{C} - 75^\circ\text{C}$); el curado puede hacerse al vapor y también en atmósfera de CO_2 para incrementar la resistencia temprana.

f) **La adición de superplastificantes, retardadores y aditivos**

g) El tiempo de reposo entre el moldeado y el tiempo de curado en los prefabricados debe ser de 2h. a2d.

h) El método de fabricación

