de la construcción

SEMINARIOS TORROJA sobre TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN Y SUS MATERIALES

CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN MEDIANTE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA ANALÍTICA

Jesús M^a Rincón López
8 mayo 1997

Dr. en Ciencias Químicas
Instituto Eduardo Torroja
Madrid

Este método debería ser imprescindible en el control de calidad y del proceso de cualquier material de construcción

La utilización de la **Microscopía Electrónica** junto con el microanálisis de rayos X de tipo cuali y cuantitativo en materiales de construcción, especialmente en vidrios y materiales cerámicos, está alcanzando recientemente una gran importancia debido a la cantidad de problemas de control de composición de materias primas y de producto acabado que se pueden abordar con estas técnicas. Igualmente su uso en el control de fabricación de cualquier material cerámico tradicional, como los azulejos y pavimentos cerámicos, debería ser imprescindible hoy en día en cualquier compañía que pretenda altas calidades de producción.

En 1969 se incorporó por primera vez un detector de dispersión de energías de rayos X a una microsonda electrónica convencional, comprobándose la gran ventaja que tenía este sistema de microanálisis para el estudio de materiales. Desde entonces su uso se ha generalizado en todos los laboratorios de control o de investigación de materiales de cualquier tipo. Esta novedad, junto con la ventaja, ya usada

desde mucho antes, de poder realizar difracción de electrones sobre la muestra, convirtió a los microscopios electrónicos de transmisión en poderosos instrumentos de observación y análisis cristalográfico y analítico.

Como es bien sabido, hoy en día es fundamental e imprescindible el **control microestructural** para obtener materiales con buenas características mecánicas y químicas. El aspecto y propiedades del producto final dependen directamente de la microestructura. Este término, sin embargo, es muy amplio y abarca variables fundamentales como el contenido en fase vítrea de un producto cerámico, la relación morfológica y en fracción de volumen de fases cristalinas, su textura, defectos en la microestructura global y defectos en las fases cristalinas que componen el material (impurezas, vacantes, dislocaciones, etc). Todas estas variables deben ser conocidas y controladas en la producción de un material de construcción, pues repercuten en sus propiedades a corto y, sobre todo, a largo plazo.

Respecto a las materias primas que se utilizan en la fabricación de pavimentos y revestimientos, así como en ladrillos de construcción, dado que fundamentalmente son mezclas de minerales de la arcilla, por su tamaño de cristal sumamente pequeño hace que las técnicas de microscopía electrónica y, sobre todo, la de Transmisión sean indispensables para su investigación. La MET es la única técnica, por ejemplo, que permite diferenciar determinados minerales de la arcilla; como, por ejemplo, en el caso de la diferenciación entre la caolinita (con cristales de hábito

exagonal) frente a la halloysita (con cristales de hábito tabular o formas "astilladas").

Asimismo, los recubrimientos vítreos o vitreocristalinos (vidriados) que recubren pavimentos y revestimientos pueden ser examinados y analizados por microscopía electrónica que permite un amplio rango de aplicaciones en el estudio de defectos, homogeneidad, inclusiones sólidas, límites de soluciones inmiscibles, figuras de corrosión, estudio de la interfase soporte/vidriado...etc. Tanto la textura de la superficie de un vidriado como de su interior puede ser abordado con las técnicas de réplica, que consisten en preparar por evaporación una delgada lámina o "copia" de la superficie del material y observarla a elevados aumentos por microscopía electrónica de transmisión. De esta forma, las separaciones de fases líquidas pueden ser perfectamente controladas en un material vítreo. Estas separaciones o inmiscibilidades son las responsables de la opalescencia de vidrios y vidriados y del diferente comportamiento frente a la corrosión en estos materiales.

El soporte cerámico, tanto si es de arcilla cocida como si es de gres, debe ser caracterizado por microscopía electrónica. Las fases de tipo mullítico, cuarzo, feldespatos o vidrio residual pueden ser identificadas y analizadas. Se pueden diferenciar los diferentes tipos de cristales de mullita y conocer su relación con los otros componentes del material.

Incluso para observar la abrasión o desgaste sufrido por el vidriado en pruebas reales o de laboratorio se puede seguir por microscopía electrónica a

una escala más detallada que por microscopía óptica, determinándose las fases cristalinas más íntimamente relacionadas con el desgaste del material. Los residuos secos o partículas abrasivas retenidas en la superficie de un vidriado pueden ser analizados y caracterizados en relación con el daño producido al material. Así pues, aunque la lista sería interminable y cada día va ampliándose más, se dan, a continuación, algunas de las aplicaciones más notables en el campo de los materiales de construcción:

- Análisis de materias primas en productos de la arcilla o de piedra natural
- Análisis de los diferentes minerales y del material cementante en piedra natural
- Análisis de las fases que constituyen los ladrillos, bovedillas y tejas
- Análisis de los componentes de soportes cerámicos y sus defectos
- Estudio de las siguientes interfases: vidriado/ soporte, árido/cemento en hormigones, metal/hormigón
- Análisis de difusión de óxidos: determinación de perfiles de difusión
- Ataques en materiales refractarios
- Adherencia de esmaltes y vidriados
- Análisis de cualquier tipo de defectos
- Fenómenos correspondientes a corrosión, volatilizaciones, etc.
- Soluciones sólidas en fases cristalinas
- Fenómenos de inmiscibilidad-líquido en fundidos...

Con las técnicas de microscopía electrónica analítica (SEM/EDX y TEM/EDX) es posible seguir, además, el proceso de cristalización y de transformaciones de fases polimórficas en materiales. Pueden ser localizadas burbujas y defectos que son responsables de roturas y problemas en uso, así como el camino de las microgrietas relacionadas con la rotura del material o el modo de propagación de las mismas en ensayos de indentación.

Así, pues, las técnicas de Microscopía Electrónica Analítica son auténticos "microlaboratorios" de control

microestructural y de análisis para los materiales en general y, por supuesto, para los materiales de construcción en los que creemos que todavía no se ha sacado todo el rendimiento de información científica y tecnológica que aportan estas técnicas. Es tal la versatilidad y posibilidades de análisis: químico y cristalográfico, desde pocos aumentos hasta muy elevados aumentos e incluso resolución atómica, que hoy día estos métodos deberían ser imprescindibles en el control de calidad y del proceso de cualquier material de construcción

* * *

NUEVOS DESARROLLOS PARA PAVIMENTOS URBANOS: HORMIGONES IMPRESOS, COLOREADOS Y DE ÁRIDO VISTO

Carlos Jofré Ibañez
5 de junio 1997

Ingeniero de Caminos
Instituto Español del Cemento
y sus Aplicaciones
Madrid

Una de las cualidades más apreciadas de los pavimentos de hormigón, junto con su durabilidad y su capacidad de reparto de cargas, es la facilidad con la que es posible dar a los mismos distintos acabados. Con ello se pueden perseguir una serie de objetivos diferentes. Así, mientras que a los pavimentos utilizados en carreteras y aeropuertos se les proporciona una terminación rugosa, a fin de obtener unas características adecuadas de resistencia al deslizamiento, en entornos urbanos o en otras aplicaciones en las que la componente estética tenga un peso importante es posible conseguir, de forma económica y duradera, una gran variedad de efectos decorativos jugando con el color y la textura del hormigón.

Tres de las posibilidades más utilizadas hoy en día con este fin son los pavimentos de hormigón coloreado, los de hormigón impreso y los de árido

visto, cada una de ellas con las distintas alternativas.

Así, dentro de aquéllos, los pavimentos de hormigón coloreado, pueden distinguirse las siguientes técnicas:

1. Técnica integrada monocapa
2. Técnica bicapa
3. Aplicación del producto coloreado por tratamiento en seco
4. Pintado

Otra de las técnicas decorativas para pavimentos de hormigón, de gran auge en la actualidad, es la impresión. Consiste en usar moldes que se aplican a la superficie del hormigón con el fin de darle un acabado asemejando piedra, pizarra, adoquín, losetas cerámicas o prácticamente cualquier otro material. Otros de serie se obtienen mediante la utilización de elementos de separación de madera, plástico, metal o mampostería para formar losetas de distintos tamaños y formas. Los diseños en línea recta se pueden marcar también en la superficie del pavimento por medio de cortes y ranuras practicadas a mano en el hormigón.

Finalmente, la técnica del árido visto ofrece una amplia variedad tanto de texturas como de gama de colores, consiguiéndose uno de los acabados más atractivos para pavimentos de hormigón. Por otra parte, son rugosos, antideslizantes y sumamente resistentes al desgaste y a la acción de los agentes atmosféricos. Existen dos formas básicas de obtenerlos: por incrustación del árido en el hormigón fresco o por exposición (denudado) del árido mediante eliminación del mortero de la superficie, una vez que el hormigón ha endurecido. Dentro de la segunda de ellas puede distinguirse entre ejecución monocapa o bicapa.

Hay que indicar, no obstante, que para que todas estas técnicas tengan éxito deben aplicarse sobre pavimentos de hormigón con unas características adecuadas. Para conseguir este objetivo, hay que tener en cuenta una serie de reglas de buena práctica, entre las que pueden mencionarse las siguientes:

- . el pavimento debe apoyarse sobre una explanada bien compactada,
- . la resistencia del hormigón debe ser preferentemente igual o superior a 25 MPa,
- . las mejoras de la trabajabilidad del hormigón no debe nunca obtenerse aumentando la cantidad de agua, sino añadiendo aditivos plastificantes o superplastificantes,
- . el hormigón debe vibrarse y curarse correctamente,
- . las juntas deben disponerse de forma adecuada, evitándose, por ejemplo, la formación de losas con unas dimensiones en planta excesivas.

Otra alternativa que ofrece el hormigón para la ejecución de pavimentos es el empleo de adoquines prefabricados. Se trata de una técnica que ofrece también unas grandes posibilidades expresivas, permitiendo realzar la estética de los entornos en los que se utiliza y, al mismo tiempo, puede aplicarse también en otros tipos de obras, tales como pavimentos industriales o portuarios, si bien en estos casos se persiguen preferentemente otras finalidades, como, por ejemplo, la resistencia a las cargas.

Las cualidades estéticas de los pavimentos de adoquines pueden conseguirse jugando con tres parámetros:

- . la forma de los adoquines,
- . el color de los mismos,
- . su disposición en planta.

El consumo de los adoquines de hormigón se ha incrementado notablemente en los últimos años en España, si bien la cifra por habitante y año (0,14 m²) todavía está muy lejos de la de Alemania (2,5 m²), que es el país líder en su utilización.

El empleo de elementos de calidad contrastada es, indudablemente, uno de los condicionantes para obtener un pavimento de buenas características. Los recientes cambios en la normativa europea, que tendrán pronto un reflejo

en la correspondiente española, se traducirán, por supuesto, en unas mayores garantías en este sentido. Otros factores que hay que tener en cuenta son una adecuada ejecución de las capas inferiores y de la de nivelación de arena, el confinamiento lateral del pavimento mediante bordillos u otros elementos similares y una correcta puesta en obra de los adoquines y de la arena de sellado de las juntas entre los mismos. El desarrollo de equipos, permitiendo la puesta en obra de varios adoquines a la vez, en vez de la colocación, uno a uno, de los métodos manuales tradicionales, permite acelerar los rendimientos de la mayor parte en las obras, lo que, a su vez, da lugar a una reducción de costes.

* * *

CARACTERIZACIÓN DE MORTEROS DE REVESTIMIENTO TRADICIONALES

Joan Casadevall i Serra
19 junio 1997

Arquitecto
Gabinete del Color
Barcelona

Dentro del ciclo de Seminarios Torroja, se presentó la ponencia a cargo del arquitecto Joan Casadevall Serra. El acto convocó a casi un centenar de especialistas, interesados en el sector de la restauración monumental y las técnicas analíticas que la deben acompañar.

La Dirección del Seminario presentó al ponente Sr. Casadevall como responsable de la empresa "Gabinete del Color" con sede en Barcelona. Se trata de una consultoría técnica especializada en temas de restauración monumental y que ha desarrollado estudios del color de ciudades como Barcelona, Sevilla, Vic, Melilla, Lérida o Málaga, entre otras. Dichos trabajos abarcan desde la investigación histórico-documental de las edificaciones de los cascos antiguos, hasta el establecimiento de unas recomendaciones sobre los colores y

materiales a utilizar en función de la cronología y estado de conservación de las fachadas. Para ello han establecido una metodología científica en la que el análisis de los materiales originales y sus alteraciones son una pieza clave para establecer diagnósticos objetivos y razonados. Entre estos análisis los de los morteros de revestimiento de los paramentos son los que más han destacado.

El ponente hizo hincapié en la necesidad de establecer hipótesis de trabajo antes de encargar un análisis y contar con un equipo humano compenetrado y capaz. No hay análisis magistral, depende de cómo se interprete y para ello es imprescindible una buena sintonía con el analista. Para la caracterización de los morteros y la redacción de los Planos del Color de las ciudades comentadas, el "Gabinete del Color" ha contado siempre con la colaboración del Instituto "Jaume Almera" de Barcelona, dependiente del CSIC. El geólogo Andrés Alastuey Urós ha sido el responsable de los análisis petrográficos y, conjuntamente, han ido desarrollando una metodología de caracterización de los morteros de revestimiento.

En todo análisis hacen falta muestras; las que se realizan son de dos tipos, **muestras patrón**: morteros de composición preestablecida y controlados en laboratorio y **muestras de campo**: extraídas del propio muro. Con un taladro portátil y autónomo se sacan unas muestras normalizadas de los revestimientos. Los morteros tradicionales están constituidos por cal aérea y árido silíceo o calizo, siendo opcional el teñido de la masa con pigmentos minerales. El resultado son revocos en los que las posibilidades de texturas, colores u acabados son muy amplias y las alteraciones sufridas a lo largo del tiempo también. Para su identificación, las técnicas analíticas fundamentalmente utilizadas son la química, junto con la mineralógica y petrográfica.

1.- QUÍMICA: Se probaron distintos

métodos de ataque (molturación, disolución) y de análisis. El ataque total y la espectrometría de absorción atómica servía para determinar porcentajes de óxidos, otros para el porcentaje de sílice soluble, pero los resultados se contradecían con las muestras patrón. Cuando la arena de un mortero es carbonática (mármol de los estucos) se confunde con el carbonato de cal del aglomerante, con lo cual se enmascaran los resultados. Se confirmaba, pues, que no existe un análisis universal y que se deben confrontar con otros.

2.- DIFRACCIÓN DE RAYOS X: Esta caracterización mineralógica se realiza, en su caso, con un difractómetro de polvo Siemens. Los difractogramas son de gran ayuda, pues indican la composición mineralógica de la muestra (cuarzo, carbonato cálcico, feldespatos, etc.), pero es preciso saber interpretarlos y descifrar el origen de minerales presentes en la muestra (oxanatos, magnésita, etc.).

3.-MICROSCOPIA ÓPTICA Y ELECTRÓNICA: A partir de la inclusión en resina y la sección pulida de la muestra podemos observar, con el microscopio binocular e iluminación reflejada a no excesivos aumentos (10 a 50), sus capas, contacto entre ellas, tipo de árido, alteraciones, colores, etc. Confeccionando una "lámina delgada" del trozo de revestimiento y con luz transmitida identificaremos porosidad, proceso de calcinación, etc. Con el microscopio electrónico, una preparación adecuada de la muestra y muchos más aumentos, sabremos la estructura de los poros, el efecto de las sobreposiciones de productos de restauración y veremos el contacto entre árido y aglomerante.

La ponencia se ilustró con diapositivas y gráficos de los procesos y técnicas comentadas, abriéndose, finalmente, un debate entre el público interesado en la cada vez más imprescindible colaboración entre disciplinas para la salvaguarda y tutela del patrimonio arquitectónico del país.

UIA

Premio Benedictus 1997

En su edición de 1997, el Premio Benedictus ha sido adjudicado, en la categoría de edificios comerciales, al Foro internacional de Tokio, realizado por Rafael Vinoly (EE.UU.); en la categoría de edificios residenciales, a una pequeña casa para invitados del arquitecto japonés Kengo Kuma, situada junto a la villa Huga en la costa del océano Pacífico, obra de Bruno Taut.

Convocatoria Premio Benedictus 1998

La edición 1998 está abierta a los arquitectos de todo el mundo, individualmente o en equipo, autores de una realización de tipo residencial o comercial, terminada en los últimos cinco años. El Premio es honorífico. Los candidatos deben presentar, junto con su propuesta, una nota, en lengua inglesa, en la que explique las razones de haber elegido el vidrio laminado y las ventajas de este material en relación con la obra realizada. La fecha límite de recepción de inscripciones es el **9 de marzo de 1998**.

Información e inscripciones

The American Institute of Architects
1735 New York Avenue NW

WASHINGTON DC 20006 USA
www.aiaonline.com

Premio Internacional "Arquitecturas de Piedra"

El jurado del Premio Internacional "Arquitecturas de Piedra" 1997, ha seleccionado las obras vencedoras de esta quinta edición del Premio que son, a juicio del jurado, las mejores realizaciones arquitectónicas, a nivel internacional, de los últimos dos-tres años, por su calidad arquitectónica, uso expresivo de los materiales y tipología.

Entre ellas destacamos **La Casa del Hombre, Museo Interactivo de las Ciencias en A Coruña (España)**, del arquitecto Arata Isozaki, que data de 1995.

EXPOBOIS 98

Salón Internacional de Constructores de Máquinas para la Madera e industrias de la Madera

París (Francia), 29 al 24 febrero 1998

Información

Cámara de Comercio e Industrias
Francesa de Barcelona
Paseo de Gracia, 2
08007 Barcelona
Tel. 93-317 67 38
Fax: 93-317 11 39
E-mail: industrie@comité-expo-paris-asso.fr