

Un enrejado fino pero fuerte

Anette Lork, Ingeborg König-Lumer, Hans Mayer,
Wacker-Chemie GmbH, Burghausen

La microscopía electrónica de alta resolución conduce al mundo de las microestructuras, y por primera vez muestra de manera efectiva cómo la resina de silicona forma una estructura reticular tridimensional (network) fina, capaz de envolver las cargas, y que recubre a la vez las paredes de los poros, reforzándolos sin obstruirlos.

Las pinturas de resina de silicona aunan en forma ideal las ventajas que presentan los sistemas de recubrimiento de fachadas con ligantes minerales y aquellos con ligantes de resinas sintéticas. El ligante de resina de silicona le otorga al recubrimiento de resina de silicona un carácter similar al que presentan las pinturas minerales. Esta resina posee una estructura primaria similar a aquella del cuarzo (SiO_2), a la cual se han unido grupos orgánicos R que poseen propiedades hidrorrepelentes (figura 1). El perfil de ventajas que muestra la resina de silicona en el interior de la pintura se origina en una estructura de cuarzo modificada que posee una reticulación tridimensional: el enrejado o red de resina de silicona. Las resinas de silicona que forman enrejados contribuyen en forma fundamental a las siguientes propiedades que muestran las pinturas de resina de silicona de alta calidad [3]:

- Excelente repelencia al agua debido al efecto hidrofugante de alta durabilidad
- Excelente permeabilidad al vapor de agua y al dióxido de carbono
- Alta durabilidad causada por una gran resistencia a la intemperie
- Aspecto estético, limpio, durante un largo período de tiempo

Las investigaciones de aplicación técnica sólo entregan información referida a la efectividad que posee la pintura de resina de silicona como capa superficial protectora de fachadas.

El objetivo perseguido por la presente investigación consiste en lograr una mejor comprensión del modo de actuar de los compuestos silíceo-orgánicos en las pinturas de resina de silicona, a través de un conocimiento más amplio de sus características microestructurales.

En una primera etapa se visualiza la distribución del enrejado de resina de silicona y del ligante orgánico en la estructura de la pintura. Basándose en esta distribución, se describen las diferencias de la función que cumplen ambos ligantes en el sistema de resina de silicona. En una investigación posterior [4], se informará principalmente acerca de la alta afinidad que presenta la resina de silicona con el sustrato mineral.

1 Principio y teoría de la pintura de resina de silicona

La estructura superficial porosa de los materiales de construcción de origen mineral empleados en muros hace necesario tomar medidas de protección en forma de recubrimientos para fachadas. El principal criterio técnico para obtener un buen recubrimiento corresponde a la protección del muro exterior contra el agua y los efectos de la intemperie. Aparte de la exigencia de presentar una baja absorción de agua, el recubrimiento debe poseer una buena permeabilidad al vapor de agua con el fin de asegurar un secado rápido en la eventualidad de un humedecimiento de la fachada. Adicionalmente, el recubrimiento debe ser muy durable y resistente al ensuciamiento.

Al ser evaluadas en relación a estas importantes características tanto físicas como de aplicación técnica, las pinturas de resina de silicona de poros abiertos representan un sistema óptimo de recubrimiento para fachadas.

1.1 Modelo de funcionamiento de las pinturas de resina de silicona

Los conocimientos acerca de la distribución del ligante y de la formación del enrejado de resina de silicona en la estructura interna de la pintura constituyen la base que permite comprender el modo de actuar de dicha resina. El siguiente esquema (figura 2) describe la microestructura de los recubrimientos de resina de silicona. A modo de comparación, se presentarán las maneras de actuar de una pintura de dispersión orgánica, formadora de película (I), y de una pintura de resina de silicona (II): (I) En el caso de pinturas plásticas y de bajo valor PVC (p. ej. < 35%), tanto las cargas como los pigmentos se encuentran humectados por el ligante. El exceso de ligante rellena todos los espacios intermedios. Este tipo de formulaciones subcríticas de pinturas ofrece, a través de la formación de una película obturadora de poros, una medida bastante eficaz para reducir la absorción de agua. Sin embargo, evita al mismo tiempo una permeabilidad eficiente del vapor de agua. La humedad contenida eventualmente en un muro podrá entonces originar englobamientos o ampollas, con la consiguiente destrucción del recubrimiento impermeable a la difusión.

(II) Un modelo de la distribución del ligante de la pintura de resina de silicona con un valor PVC alto (p. ej. > 60%), muestra la imagen de un recubrimiento de poros abiertos, en el cual una parte de la dispersión orgánica ha sido reemplazada por una emulsión de resina de silicona. Debido al déficit experimentado por el ligante orgánico, los espacios existentes entre las cargas no son rellenados completamente. En otras palabras, se originan huecos que contienen aire. El ligante orgánico forma uniones que adhieren entre sí a las partículas individuales de cargas y pigmentos, actuando entonces de manera parcial, sin sellar los poros. Para lograr que esta estructura de poros abiertos presente una alta repelencia al agua, las superficies de origen mineral que permanecen libres (cargas/pigmentos) deben ser cubiertas prácticamente en forma total por el ligante de resina de silicona, tal como se indicará a continuación. Mediante la fijación perfecta al substrato mineral, junto al buen efecto hidrorrepelente está también implícito un refuerzo de los poros, que demuestra el carácter ligante que posee la resina de silicona.



Figura 1: Estructura con reticulación tridimensional de mineral de cuarzo natural comparada con el enrejado o red tridimensional de resina de silicona (estructura de cuarzo modificada orgánicamente)

1.2 La resina de silicona formadora de enrejados

Como parte de las siliconas, las resinas de silicona trifuncionales, formadoras de enrejado, constituyen un grupo especial de productos [6,2,5]. Representan la base de los ligantes de alta calidad de resina de silicona.

Tal como en el caso del dióxido de silicio natural (cuarzo), los elementos que forman estructuras en la resina de silicona son los átomos de silicio y oxígeno. A diferencia de la estructura del cuarzo, en las resinas de silicona se ha reemplazado uno de cada cuatro átomos de silicio por un grupo orgánico R con características hidrorrepelentes (figura 1). Consecuentemente, la resina de silicona debe ser definida como una estructura de cuarzo modificada orgánicamente.

La facultad de reticular formando macromoléculas con carácter de enrejado constituye una propiedad especial de las resinas de silicona. Sobre la fachada, la resina condensa aumentando el tamaño molecular, formando el enrejado hidrorrepelente. La alta dureza del enrejado y su falta tanto de higroplasticidad como de termoplaticidad determinan su especial resistencia a la intemperie y al ensuciamiento.

2 Partiendo de la hipótesis hasta obtener la estructura real de la pintura: el enrejado de resina de silicona

La microestructura de un recubrimiento en base a resina de silicona ejerce evidentemente una influencia decisiva sobre las características físicas de este sistema. Está determinada principalmente por el alto valor PVC, la cantidad aplicada y sobre todo por la distribución de los ligantes, tanto orgánicos como de resina de silicona, en la capa de pintura.

2.1 Confección de probetas y métodos de ensayo

Para la obtención de probetas, los recubrimientos fueron aplicados sobre substratos minerales y sometidos a un endurecimiento o secado de al menos dos semanas antes de ser sometidos a los ensayos. Una parte de las probetas fue tratada con HNO₃ al 10%, para posibilitar una mejor visualización de la distribución del ligante dentro de la estructura de la pintura.

La arenisca cuarzosa fue impregnada con un siloxano oligómero [6,5] soluble en solvente orgánico, en tanto que la probeta de yeso fue impregnada en la masa mediante polisiloxano metílico hidrogenado (H-siloxano).

Modelo de funcionamiento de las pinturas de resina de silicona

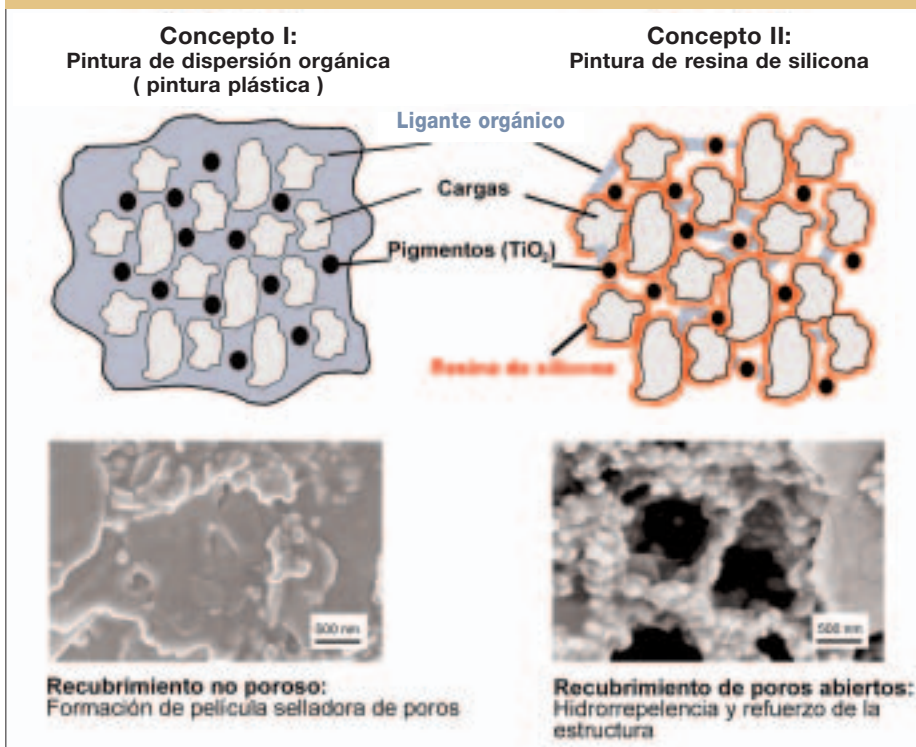


Figura 2: Dos conceptos diferentes para combatir la humedad en fachadas

(I) Recubrimiento no poroso originado por formación de película selladora de poros (pinturas plásticas)

(II) Recubrimiento de poros abiertos producido por un déficit de ligante (pintura de resina de silicona)

El ligante de resina de silicona confiere repelencia al agua y refuerza la microestructura

2.2 La microestructura de los recubrimientos de resina de silicona

La mayoría de las muestras de pintura analizadas corresponden a pinturas de resina de silicona de alta calidad formuladas convencionalmente [3]. Poseen un alto valor PVC de 62 %, de acuerdo a la formulación guía de la tabla 1, que contempla un ligante de dispersión de estireno-acrilato particularmente duro, y cargas compuestas principalmente por calcita.

La obtención de información adicional relacionado con la caracterización de ligantes se intentó a través de formulaciones de pintura basadas en cada caso en un solo ligante. Consecuentemente, en la formulación guía (tabla 1) se incorporó únicamente una emulsión de resina de silicona (figura 4a) o bien sólo una dispersión estireno-acrilato (figuras 3a y 4d), ambas en una misma cantidad aumentada de 6% del peso (sólidos).

El hecho de que los supuestos hipotéticos considerados para el sistema de resina de silicona (figura 2) son correctos, se demostrará entonces mediante la aclaración de las siguientes preguntas básicas:

- ¿Resulta posible visualizar suficientemente la distribución del ligante, y sobre todo la formación del enrejado de resina de silicona, en la pintura de resina de silicona?
- ¿Se puede lograr una diferenciación visual segura del ligante orgánico y del ligante de resina de silicona en la estructura de la pintura?
- ¿Permite realmente el tratamiento con ácido de la pintura endurecida una representación superior de las películas de ligante?
- ¿Resulta posible dejar al descubierto el envoltorio de la matriz de ligante orgánico mediante la disolución de las cargas carbonáticas?

El ligante orgánico en la estructura de la pintura de resina de silicona

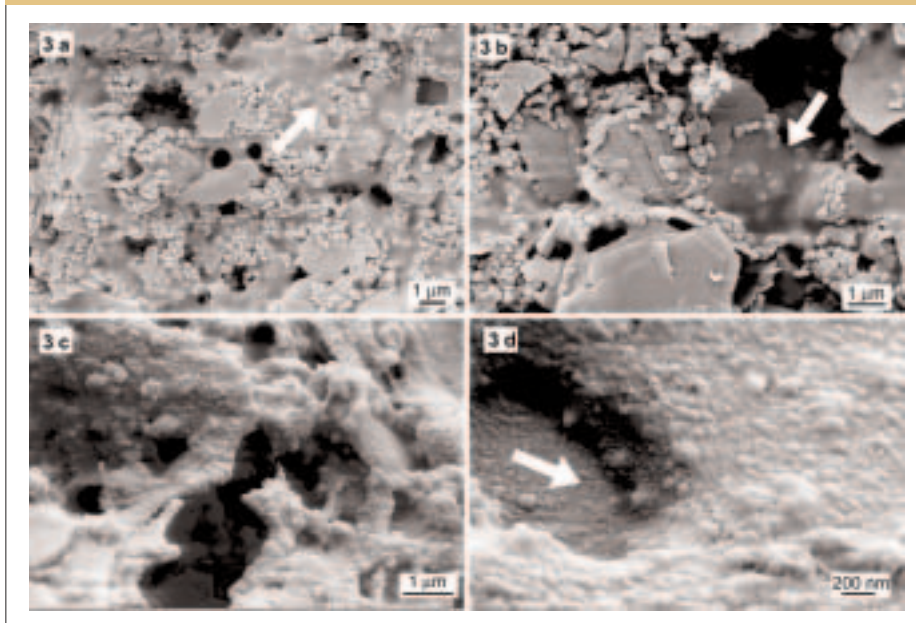


Figura 3: Imágenes de microscopio de emisión electrónica de campo FE-SEM (SE) que muestran, con excepción de la figura 3a, distribuciones representativas de ligante en cortes transversales de pinturas de resina de silicona elaboradas según formulación guía (tabla 1):

(a) Aspecto general de una película orgánica, formulación sin ligante de resina de silicona.

(b) Distribución típica del ligante orgánico: puentes de adherencia aislados (o bien puntos de adherencia) en espacios libres de poros (ver flecha). En el caso de partículas nanométricas (aspecto claro), se trata de TiO_2 .

Las imágenes c y d corresponden a probetas tratadas con HNO_3 al 10%:

(c) Envoltura de ligante orgánico luego de la eliminación de las cargas de calcita.

(d) Estructura de la película gruesa de dispersión orgánica que se ha logrado visualizar mediante tratamiento con ácido.

2.2.1 El ligante de dispersión orgánica en la estructura de resina de silicona

La imagen general (figura 3a) muestra la distribución típica del ligante orgánico que ha formado película en la estructura porosa de la pintura (ver flecha) formulada sin ligante de resina de silicona. El ligante orgánico recubre las cargas laminares (talco) y nodulares (carbonato de calcio), y debido a la cantidad algo aumentada de dispersión orgánica actúa localmente sellando los poros. En el caso de las partículas finas que aparecen presentando siempre un aspecto claro, se trata de TiO_2 .

Las figuras 3b a 3d se basan en pinturas de resina de silicona de acuerdo a la formulación guía (tabla 1). Empleando una mayor resolución de la microestructura, se obtiene una imagen representativa de la distribución del ligante orgánico (figura 3b): como consecuencia del déficit de ligante, se crean películas del mismo muy estrechas, las que aglutinan parcialmente las cargas como puntos de adherencia (ver flecha). Sin embargo, la mayor parte de los microporos permanecen abiertos. El grado de ampliación empleado en este caso (figura 3b) resulta insuficiente para visualizar el enrejado de resina de silicona.

Al ser comparada con las películas permanentemente lisas de las probetas que no han sido tratadas con ácido (figuras 3a y 3b), en aquellas tratadas la dispersión orgánica muestra una estructura notoriamente rugosa (figuras 3c y 3d). La figura 3c documenta el envoltorio del ligante luego del desprendimiento de partículas de cargas carbonáticas preexistentes, y que constituye un indicio del carácter adhesivo que posee el ligante orgánico. Con una resolución mayor resulta posible visualizar estructuras redondeadas (figura 3d) en los lados externos de la gruesa película orgánica (naturaleza primaria de partículas de la dispersión orgánica [1]), la cual humecta su substrato mineral de manera incompleta. A través de esta llamativa estructura superficial, originada por la acción corrosiva del ácido, se ofrece una posibilidad de diferenciar la dispersión orgánica.

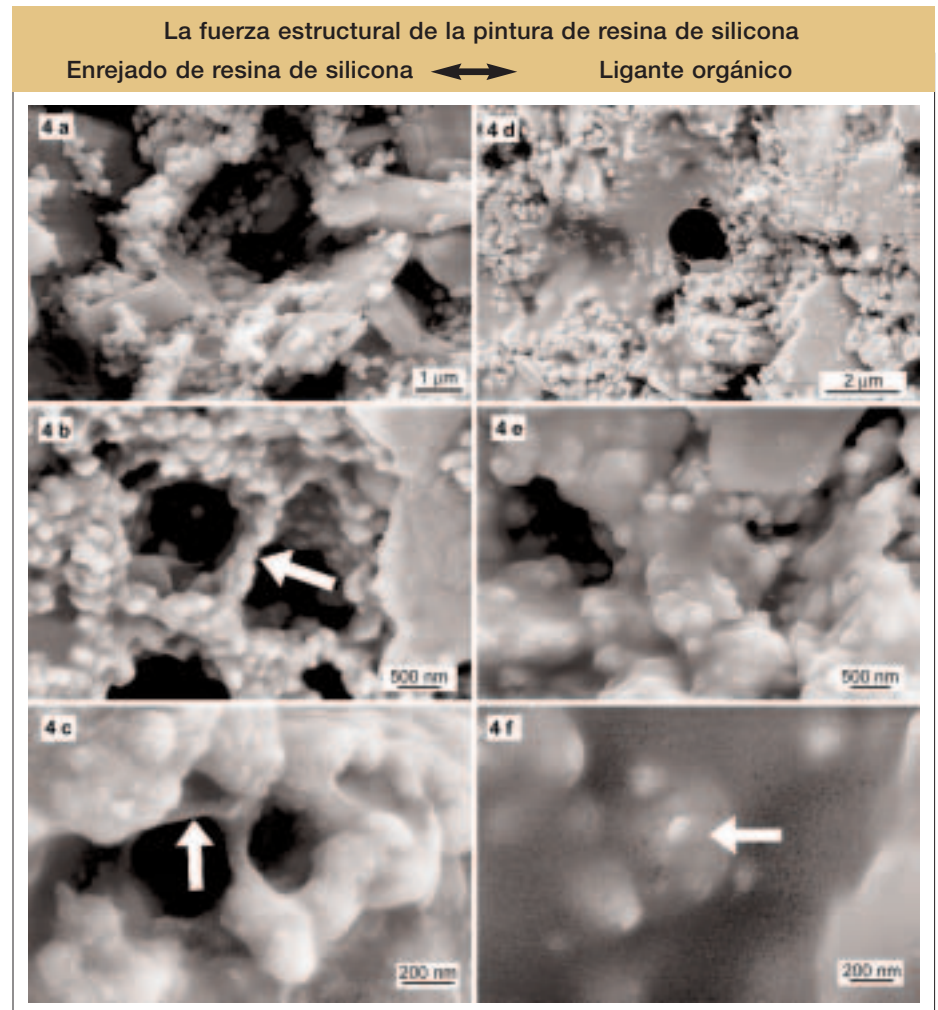


Figura 4: Imágenes SE (secondary electron) de distribuciones representativas de ligante en pinturas de resina de silicona de alta calidad según formulación guía (tabla 1), con excepción de las figuras 4a y 4d.

- (a - c) Enrejado de resina de silicona en estructura de pintura, sección transversal, probetas tratadas con HNO_3 al 10%:
- (a) Aspecto general: enrejado de resina de silicona en formulación sin dispersión orgánica.
 - (b) Revestimiento de los pigmentos de TiO_2 mediante enrejado de resina de silicona (ver flecha) en espacios libres de poros.
 - (c) A mayor resolución, el enrejado de resina de silicona sobre el substrato mineral presenta el aspecto de velo finísimo, y se advierte además la formación de meniscos.
- (d - e) Ligante de dispersión orgánica en estructura de pintura, sección transversal, probetas sin tratar:
- (d) Aspecto general: película orgánica en formulación sin ligante de resina de silicona.
 - (e) Los "puentes de adherencia" con espesor notablemente mayor son típicos en los ligantes orgánicos.
 - (f) A mayor resolución, el TiO_2 de magnitud nanométrica se encuentra inmerso en la gruesa película orgánica (ver flecha).

Preparación de probetas y métodos de ensayo

Se prepararon cortes transversales (superficies rugosas) perpendiculares a las superficies tanto de la pintura como del material de construcción de todas las probetas. Para la elaboración de superficies conductoras, unas pocas probetas fueron vaporizadas con oro. A resoluciones mayores ($> 60.000 \times$), esto conduce al peligro de formación de artefactos (elementos perturbadores).

En consecuencia, la mayor parte de las investigaciones se hicieron en probetas ultradelgadas vaporizadas con carbono o bien en probetas sin vaporizar.

Para la determinación microestructural de los sistemas de pinturas y debido a la magnitud nanométrica esperable para las estructuras del enrejado de resina de silicona, el microscopio de emisión electrónica de campo (FE-SEM) de alta resolución es el más adecuado.

2.2.2 Comparación entre los ligantes orgánico y de resina de silicona en la pintura de resina de silicona

En la figura 4 se contraponen directamente las propiedades características de la distribución de ligantes correspondientes a la emulsión de resina de silicona (figuras 4a a 4c) y a la dispersión orgánica (figuras 4d a 4f).

La diferencia se advierte con especial claridad en las imágenes generales (figuras 4a y 4d) provenientes de formulaciones con un solo ligante, la emulsión de resina de silicona (figura 4a), o bien la dispersión orgánica (figura 4d). Esto se ha hecho con el fin de establecer una determinación inequívoca del ligante. Para densidades aparentes y cantidades aplicadas comparables de ligante, el enrejado de resina de silicona muestra ya un comportamiento claramente diferente al del ligante orgánico. Se advierte una asociación perfecta a las cargas (figura 4a), lo cual indica la existencia de una alta afinidad con el substrato mineral. Por su parte, el ligante orgánico muestra el esperado pegado de cargas (puntos de adherencia), pero además la tendencia a obturar en parte los microporos mediante la formación de película.

Las figuras 4b y 4c se basan en pinturas de resina de silicona elaboradas según la formulación guía (tabla 1). Para obtener la imagen y la identificación precisa del enrejado de resina de silicona se hace necesaria una alta resolución, aplicada de preferencia sobre probetas tratadas con ácido. En forma de películas extremadamente finas, apenas visibles, el enrejado recubre (ver flecha) en forma pareja al TiO_2 de magnitud nanométrica (figura 4b) y refuerza, aún dentro del rango de los nanómetros, la estructura de la pintura manteniendo la microporosidad (figura 4c). Los finísimos meniscos ubicados en los intersticios entre las cargas constituyen un indicio adicional y seguro de la presencia de resina de silicona.

En consecuencia, el enrejado de resina de silicona se diferencia de la película orgánica por un espesor de capa mucho menor (figuras 4e y 3d), cuyo grosor mínimo está determinado por el tamaño de partícula de la dispersión orgánica, debiendo superar los 100 nm. El espesor siempre mayor de la película orgánica (figura 4f) se ve confirmado por las partículas nanométricas de TiO_2 embebidas en ella (ver flecha). Contrariamente a lo que ocurre con la película de ligante orgánico (figuras 3c y 3d), el enrejado de resina de silicona demuestra no estar sujeto a alteraciones superficiales visibles cuando es atacado por ácidos (figura 4c).

La suma del enrejado de resina de silicona y del ligante orgánico resulta de utilidad para la pintura de resina de silicona

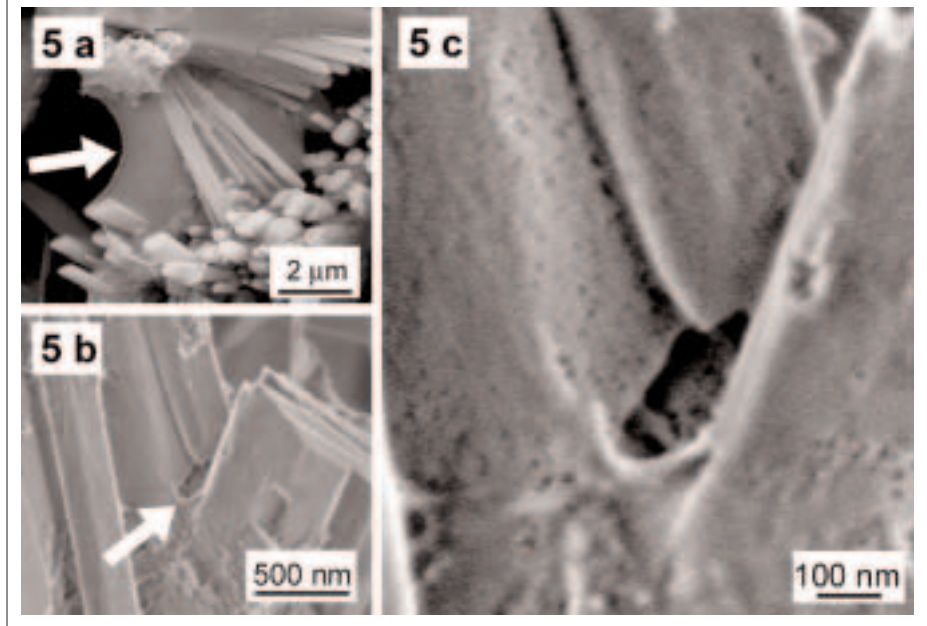
La función como ligante del enrejado de resina de silicona pudo ser demostrada hasta el rango nanométrico (figura 4c) mediante el registro de imágenes del refuerzo de los poros. Condicionado por su dureza y a causa de la fragilidad derivada de ella frente a sollicitaciones mecánicas, el enrejado de resina de silicona precisa en todo caso de una "plastificación" de la pintura de resina de silicona. Esta se consigue de manera óptima por la comprobada distribución estadística de los puntos de adherencia del polímero orgánico en la estructura de la pintura.

Las propiedades de los ligantes en la pintura actúan sobre la película seca de acuerdo a su cuota de participación volumétrica. Debido a las densidades específicas comparables de ambos sistemas de ligantes, casi no se producen diferencias relacionadas con el volumen. No obstante, el ligante de resina de silicona tiene la ventaja de una mejor capacidad de extensión, y de la muy buena distribución a escala nanométrica en los substratos minerales (figuras 4a, 4b). Por lo tanto, la alta eficiencia del efecto hidrorrepelente de las siliconas formadoras de enrejados se debe al perfecto revestimiento de los substratos minerales, es decir, a su acción hidrofugante de poros.

Tabla 1: Formulación guía de una pintura de resina de silicona
convencional, de alta calidad (en p.p.peso)

Agua	305
Agente dispersante	4
Biocida	12
Eter de celulosa (MHEC)	3
Antiespumante	3
Agente coalescente	10
Dióxido de titanio	120
Carbonato de calcio	215
Silicato	80
Talco	40
Tierra de diatomeas	20
Ligante de resina de silicona (50%)	100
Aditivo hidrorrepelente	10
NaOH (10%)	1
Dispersión de estireno-acrilato	95
Espesante PU	2
	1020

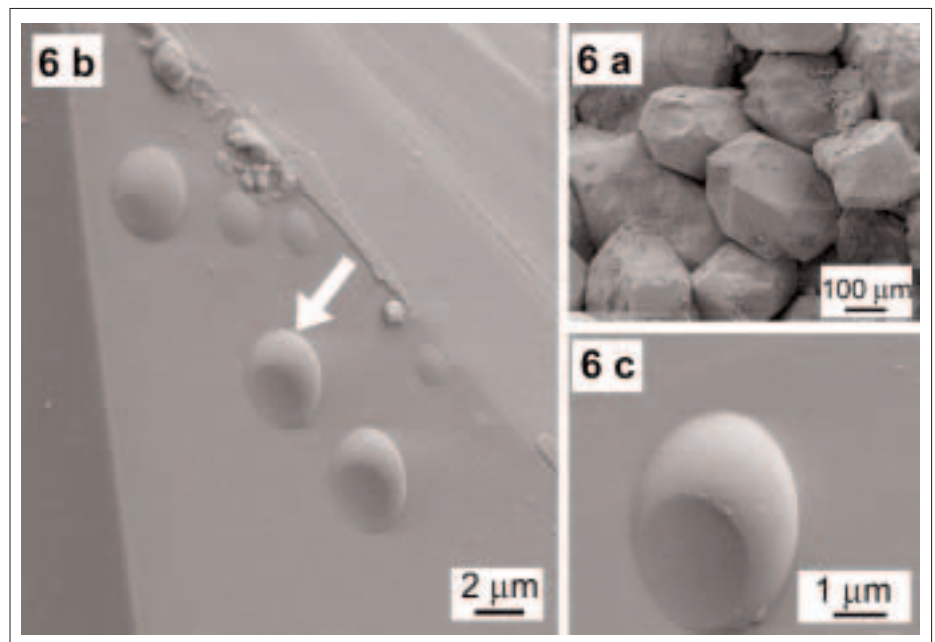
Enrejado de resina de silicona en la microestructura de yeso



Figuras 5a a 5c: Imágenes SE del corte transversal de una muestra de yeso impregnado en la masa.

- (a) Imagen general de una microestructura de yeso (Relación agua/yeso = 1.0). Para dosificaciones exageradas de la sustancia activa de silicona, formación de películas libres de enrejados de resina de silicona (meniscos, ver flecha).
- (b) En las pequeñas dosificaciones de sustancia activa de silicona usadas normalmente en la práctica, revestimiento completo de los cristales de yeso por parte del enrejado de resina de silicona. Su presencia está confirmada por pequeños meniscos en los intersticios entre los cristales de yeso (ver flecha).
- (c) El enrejado de resina de silicona nanopermearable sólo es visible sobre el cristal de yeso empleando resoluciones muy altas (a partir de aprox. 100 000x). Los meniscos son un indicio seguro de su presencia, de acuerdo a este detalle de la figura 5b.

Enrejado de resina de silicona en una arenisca cuarzosa



Figuras 6a a 6c: Imágenes SE del corte transversal de una arenisca cuarzosa impregnada superficialmente con silicona formadora de enrejados de resina:

- (a) Imagen general de la microestructura de la arenisca.
- (b) Enrejado de resina de silicona sobre cristal de cuarzo con formación de artefactos en vacío ultraelevado del microscopio electrónico de barrido: formación de ampollas o burbujas en enrejado de resina de silicona aún sin condensar completamente.
- (c) Detalle de burbuja en la figura 6b.

2.2.3 Ejemplos de enrejados en las estructuras internas de materiales de construcción y de piedras naturales

Con el fin de corroborar la fijación de las siliconas formadoras de enrejados al sustrato mineral, que en principio es perfecta, se analizarán dos ejemplos adicionales de manera comparativa. Estos se refieren a yeso hidrofugado en la masa (dihidrato de sulfato de calcio) (figura 5), y a una arenisca cuarzosa de grano grueso, impregnada superficialmente (figura 6).

Enrejado de resina de silicona en una estructura de yeso (sustrato sulfático)

La estructura típicamente espaciada del yeso se muestra en la imagen general (figura 5a). En esta probeta, y mediante una sobredosificación extrema de la substancia activa de silicona, siloxano hidrogenado polimetílico (H-siloxano), se provocó intencionalmente una intensa formación de meniscos (ver flecha) en los espacios libres entre los cristales. Para las dosificaciones de substancia activa de silicona usadas normalmente para tratar placas de yeso, que son sumamente bajas (< 0,5 % del peso), resulta prácticamente imposible lograr imágenes del enrejado mediante métodos normales de microscopía. Recién a partir de factores de ampliación de aprox. 100 000x es factible obtener una comprobación del enrejado de resina de silicona nanopermable (figura 5c). Junto a los cantos de cristal redondeados (figura 5b), el principal indicio de la existencia del enrejado lo constituyen las perforaciones (figura 5c), atípicas para las superficies de cristales de yeso inalteradas, frescas. No obstante, el testimonio fundamental lo entrega la formación de meniscos, que en este caso está apenas insinuada (figuras 5b y 5c).

El enrejado de resina de silicona en la estructura de la arenisca (sustrato silicático)

El tipo de formación del enrejado en un sustrato silicático (figura 6) resulta particularmente interesante. La elección de la piedra arenisca se basó en la muy buena afinidad que existe entre la resina de silicona y el cuarzo, estructuralmente

muy emparentados. En un principio, y a causa del perfecto revestimiento superficial de los cristales de cuarzo (figura 6b), no se observó ninguna evidencia que justificara la existencia del enrejado. Recién luego de una permanencia prolongada en el vacío ultraelevado del microscopio de emisión electrónica de campo, pudo ser detectada fuera de toda duda, y por una formación casual de burbujas, la presencia de un velo de enrejado de resina de silicona, que en un comienzo no era visible. La formación de artefactos, esta vez deseada, se debe a un leve desgaseado (solventes) de la probeta con impregnación relativamente reciente. En consecuencia, la formación de englobamientos está originada por un desprendimiento parcial (figura 6c) del enrejado de resina de silicona nanopermable que aún no ha condensado completamente.

Resumen de resultados

- Los sistemas de resinas de silicona formulados con PVC superior al valor crítico cumplen con la exigencia de una alta permeabilidad al vapor de agua junto a una escasa absorción de agua. Esto implica un revestimiento óptimo del espacio de poros por parte de la resina de silicona hidrófuga.
- La presencia del enrejado de resina de silicona sobre el sustrato mineral pudo ser demostrada fuera de toda duda mediante métodos de microscopía electrónica de alta resolución.
- Al observar cuidadosamente las microestructuras se obtiene una visualización que confirma en todos los detalles el modelo propuesto (figura 2):
 - La buena repelencia al agua de la pintura de silicona se debe al revestimiento completo del contenido de cargas y a la acción hidrorrepelente del enrejado de resina de silicona, resultante de dicho revestimiento.
 - A través de la formación de meniscos en los intersticios presentes en la microestructura apoyada en gran parte por granos, el enrejado de resina de silicona conduce a un refuerzo de los poros que alcanza hasta el orden de los nanómetros, manteniéndolos abiertos.
- Se ha demostrado que, mediante una sencilla corrosión con ácido, resulta posible diferenciar en forma segura ambos ligantes dentro de la microestructura de la pintura de resina de silicona. La rugosidad superficial de la película orgánica tratada con ácido se puede relacionar con la naturaleza primaria de las partículas de la dispersión orgánica [1], y se debe posiblemente a un ataque corrosivo de ácido por parte de fases intersticiales hidrófilas.

La alta afinidad entre la resina de silicona y el sustrato mineral confirma la excelente fijación del enrejado de resina de silicona al TiO_2 y al cuarzo (incluso al yeso). La interrogante decisiva referida a la fijación del enrejado de resina de silicona a un sustrato de carbonato de calcio será considerada en un trabajo posterior [4].

Anette Lork, Wacker-Chemie GmbH, nacida en 1956, estudió Geología y Paleontología en la Universidad de Münster. A partir de 1984 se desempeñó como colaboradora científica en el Instituto Geológico, y desde 1985 en el Laboratorio Central Geocronológico de la Asociación Alemana para la Investigación (DFG). Luego de una estadía en terreno (Cordillera de los Andes, noroeste argentino) de 1988 a 1989, asumió junto al desarrollo de proyectos para la DFG una actividad docente en el Instituto de Mineralogía de la Universidad de Münster. Durante 1993 se trasladó a la Estación de Ensayo de Materiales (MPA) en Bremen, y continuó sus trabajos de investigación acerca de los mecanismos presentes en los daños de materiales de construcción en el Instituto para Química Inorgánica Aplicada (IAAC) de la Universidad de Hamburgo. En 1999 se incorporó a una fábrica de cemento, en la cual se desempeñó como Jefa de Investigación y Desarrollo en el campo de las pinturas minerales, y adicionalmente, a partir de 2000, como Jefa del Laboratorio de la planta de cal. Desde septiembre de 2000 trabaja en el Business Team Building & Coatings de Wacker-Chemie GmbH, dedicada especialmente a los conceptos básicos de recubrimientos.

Ingeborg König-Lumer, Wacker-Chemie GmbH, se incorporó en 1966 a la Corporación Hoechst, donde permaneció hasta 1982 dedicada a la investigación. Muchos de sus trabajos fueron patentados. En 1985 comenzó a trabajar en Wacker-Chemie GmbH, Burghausen, y actualmente se desempeña como Jefa de Laboratorio para el campo especializado de recubrimientos en base a resinas de silicona, integrada al Business Team Building & Coatings. Adicionalmente, es responsable para el Marketing Técnico del segmento de mercado "Decorative Coatings".

Dr. Hans Mayer, Wacker-Chemie GmbH, nacido en 1954, estudió química en la Universidad de Regensburg, doctorándose en 1983 con especialidad en química orgánica. Ese mismo año ingresó a Wacker-Chemie GmbH. En 1993 fue nombrado Jefe de la Aplicación Técnica de los Hidrofugantes de Silicona, y en 1996 asumió la posición de Manager con responsabilidad mundial a cargo de marketing, técnica y aspectos comerciales de los Hidrofugantes de Silicona. Luego de la integración del grupo Recubrimientos Industriales al BT, ocurrida en 2002, ejerce actualmente la función de Director del Business Team Building & Coatings.

Bibliografía

- [1] R. Baumstark y M. Schwartz, "Dispersiones para pinturas arquitectónicas: sistemas acrílicos en teoría y práctica", Hannover (2001), Vincentz Verlag (en alemán).
- [2] B. Deubzer, "Química y tecnología de las resinas de silicona" en "Química y Tecnología de la silicona", simposio Haus der Technik 89, Essen (1989), Vulkan-Verlag (en alemán).
- [3] I. König-Lumer, "La utilización de sistemas de resina de silicona en sistemas de recubrimientos acuosos para fachadas" en W. Schulze (ed.) "Sistemas acuosos de resina de silicona para recubrimientos de fachadas – principios – formulaciones – aplicaciones prácticas – soluciones de problemas", Renningen-Malsheim (1997), expert verlag (en alemán, existe versión en inglés).
- [4] A. Lork, I. König-Lumer y H. Mayer, "Silicone resin networks: the structure determines the effect", European Coatings Journal, 4 (2003), p. 132-137 (en alemán y en inglés).
- [5] H. Mayer, "Resinas de silicona, química y propiedades", en W. Schulze, (ed.) "Sistemas acuosos de resina de silicona para recubrimientos de fachadas – principios – formulaciones – aplicaciones prácticas – soluciones de problemas", Renningen-Malsheim (1997), expert verlag (en alemán, existe versión en inglés).
- [6] W. Noll, Chemie und Technologie der Silicone. 2. Aufl., (1968), Chemie GmbH
- [7] A. Tomanek, Silicona y Técnica, 1era edición (1990), Carl Hanser Verlag, Munich (en alemán y en inglés).