

la lucha contra las eflorescencias

E. AMREIN

(«Industria Italiana dei Laterizi», Anno XIV. Fascículo 6, pág. 212, 1960.)

A) Procedimientos en el curso de la producción

1) Materia prima

El control de la materia prima debe efectuarse con sumo cuidado. Al ser provocada la eflorescencia por el yeso, la piritita, la cal, etc., contenidos en la materia prima, frecuentemente, podemos eliminarla si la presencia de estas sustancias nocivas se determinan oportunamente y si excluye la materia prima que las contiene, siempre que sea posible, del proceso productivo.

2) Adiciones a la materia prima

a) Compuestos de bario.

No entramos más que en el detalle del mecanismo de las reacciones entre los compuestos de bario y los sulfatos de la arcilla. El principio se funda en la escasa solubilidad del sulfato bórico, es decir, en la capacidad de los compuestos de bario para transformar los sulfatos solubles en sulfatos insolubles. La aplicación depende de una cuestión de economía y, sobre todo, de la cantidad de sales solubles del ácido sulfúrico presentes en la primera materia.

Por medio del análisis podemos conocer esta cantidad y, por consiguiente, podemos también determinar la cantidad de sales de bario que deben añadirse. La cantidad exacta de aditivo debe determinarse por medio de ensayos. El cloruro bórico es más soluble que el carbonato, pero pueden aparecer las eflorescencias si se añade una cantidad excesiva. Es más difícil dosificar con precisión el carbonato bórico que el cloruro bórico, a causa de su escasa solubilidad.

A pesar de ello, en la práctica se usa, casi exclusivamente, el carbonato bórico. Se ha comprobado que el empleo del carbonato bórico precipitado da mejores resultados que el carbonato bórico molido, ya que el primero se presenta con una granulometría más fina. En la mayor parte de los casos se recomienda añadir, lo antes posible, las sales de bario a la materia prima. Sin embargo, algunas veces, por ejemplo en presencia del yeso, es preferible derogar esta regla, ya que con una adición temprana, el sulfato cálcico continuará disolviéndose.

Podemos obtener buenos resultados con la adición del carbonato bórico, a condición de no encontrarnos en presencia de una elevada cantidad de calcio. Si la primera materia no contiene una notable cantidad, durante la cocción tiene lugar una transformación del sulfato bórico ya formado en sulfato cálcico susceptible de provocar eflorescencias.

Ocurre lo mismo en presencia del sulfuro de hierro (pirita, marcasita), y la aplicación deberá decidirse en cada caso. La adición de carbonato bórico, generalmente, se hace en forma de polvo. Si se procede a una adición regular de agua a la arcilla, la adición puede hacerse, entonces, en forma de suspensión en el agua. La cantidad de aditivo puede alcanzar los 8 kg por tonelada de arcilla (con la humedad del sumidero). Según la naturaleza de las sales que hay que transformar, su miscibilidad, etc., se añade un exceso de sal de bario que puede alcanzar hasta el 20 %.

La adición de carbonato bórico permanece sin efecto si hay una condensación de humos, ya que también pequeñas cantidades de óxido cálcico reaccionan con el anhídrido sulfúrico contenido en los humos formando el yeso. Una adición de carbonato bórico, evidentemente, no puede impedir esta reacción.

Añadir carbonato bórico antes del ensilado intermedio no está siempre justificado.

Investigaciones francesas han demostrado que, en presencia de yeso, el carbonato bórico elimina bien la parte de azufre del yeso disuelto en la arcilla con la humedad del pudridero. Pero, puesto que el carbonato bórico es prácticamente insoluble, no puede reaccionar con la parte no disuelta de sulfato cálcico, ya que hay poca probabilidad de que un grano de carbonato bórico se encuentre en íntimo contacto con un grano de sulfato cálcico, de manera que la reacción tenga lugar.

Por consiguiente, si se procede a un ensilado intermedio de la arcilla húmeda, el sulfato cálcico se disuelve nuevamente después de la primera precipitación. La cantidad restante de carbonato bórico en tal caso no es suficiente muchas veces para fijar los iones sulfato procedentes del yeso que no dejan de formarse.

Por tanto, en el caso de estar presente el yeso, muchas veces, es preferible efectuar la adición del carbonato bórico después del ensilado intermedio. El principio enunciado no constituye una regla siempre válida, ya que depende del contenido total de sulfato cálcico en la arcilla, del contenido de humedad, de la duración de ensilado intermedio, etc.

b) *Adición de otras sales.*

Es sabido que la adición de cloruros alcalinos y alcalino-térreos ejercen una acción desulfatante. El sulfato cálcico se transforma parcialmente por el cloruro sódico en cloruro cálcico. Durante esta reacción, el cloruro sódico se transforma, en parte, en silicato y aluminato sódico y, en parte, se evapora en forma de cloruro sódico.

Pero lo que es más importante, además, es el hecho de que el cloruro sódico actúa como mineralizante en la transformación del cuarzo en tridimita. Ahora bien, la tridimita reacciona con el sulfato cálcico más enérgicamente que el cuarzo. Esta acción desulfatante del cloruro sódico, por el momento, no tiene gran importancia en la práctica, debido al hecho de que:

1. Disminuye notablemente la resistencia del ladrillo.
2. Los cloruros, en el curso de experiencias en gran escala, no han ejercido más que una acción desulfatante mínima.

Una adición de cloruro amónico descompone rápidamente la piritita, impidiendo la formación de sulfato cálcico procedente del azufre de la piritita. De la reacción se forman cloruro férrico y sulfuro amónico volátil. Experiencias hechas en gran escala han permitido comprobar que, a continuación de una adición de cloruro amónico, se han reducido en una gran proporción las eflorescencias debidas a los sulfatos.

La cantidad necesaria de cloruro amónico, así como los molestos fenómenos concomitantes, han impedido, hasta la fecha, una aplicación más generalizada de este procedimiento.

La adición de arena cuarzosa bajo diversas formas, no han dado resultados satisfactorios y sí han resultado demasiado costosos.

Las eflorescencias con colores variados de sales de vanadio, pueden combatirse eficazmente por medio de la adición del espato flúor (CaF_2).

3) *Precauciones durante el secado*

Procedimiento Perkiwicz.—Este sistema no considera más que los procesos de precipitación y de filtración que terminan con el secado y la cocción hasta unos 250°C . Rocíando el flón de arcilla con cola de origen animal o vegetal, con destrina, etc., se forma una película de protección en la que, o sobre la cual, los sedimentos y, en particular, las eflorescencias, precipitan.

La película de protección se destruye con la coadura y, por este motivo, las sales que se encuentran en esta capa o debajo de ella, pierden su adherencia al ladrillo. Para la práctica se puede citar el siguiente procedimiento, a vía de ejemplo:

- a) Se deslien 3 kg de cola en 6 litros de agua fría (servirse a poder ser de agua de condensación).
- b) Después de dos horas de reblandecimiento, la cola se calienta y disuelve en un baño de agua a una temperatura de $60\text{-}70^\circ\text{C}$ (evitar una temperatura más elevada).

c) La cola líquida se diluye después en agua tibia hasta obtener una cantidad total de 80-100 litros.

d) Se deja enfriar esta disolución de cola hasta la temperatura ambiente.

e) Se usan siempre soluciones de cola fresca; no preparar una cantidad mayor de la que puede ser empleada en el día. Tener siempre bien limpios los recipientes de la cola. Para una buena conservación se emplea generalmente formaldehído.

f) Al lado de la obra se dispone de un recipiente con una capacidad de cerca de 100 litros. Este recipiente se coloca a una altura suficiente para que la solución de cola pueda pasar a través de un tubo sobre el filón de arcilla.

g) Se deja colar la solución sobre el filón de arcilla de manera que se bañen por igual la cara superior y las caras laterales. Un dispositivo de limpieza provisto de una banda de fieltro, limpia el exceso de cola, que se recupera en una artesa dispuesta debajo de la cinta transportadora para ser devuelta al recipiente inicial. El filón de arcilla, de este modo humidificado con cola, se corta, del modo habitual, para que el ladrillo reciba su tratamiento normal.

Con objeto de preparar la solución necesaria para tratar 10.000 ladrillos de formato normal, se necesita 1 kg de cola. La cola de huesos, piel o cuero y la de desperdicios de la industria de la madera resultan buenas en conjunto.

Los experimentos con goma arábica en sustitución de la cola, así como los experimentos hechos con disoluciones de jabón de resina, no han dado resultados satisfactorios, nada más que en parte, debido a que la adherencia a la superficie del ladrillo sin cocer no es siempre segura.

Además, debe esperarse que, en el caso de un secado al aire libre, los ladrillos sin cocer, cubiertos de cola por tres caras, no se secan tan fácilmente. El tiempo de desecación es mayor y el ladrillo sin cocer puede deformarse. En el caso de secado artificial, esta dificultad no se presenta, en general.

Ventajas del procedimiento Perkiewicz.—Las sales se liberan del ladrillo crudo o sin cocer, así como también las eventuales condensaciones y, después, pueden liberarse del extracto de protección de cola y eliminarse durante la cochura.

Desventajas.—El procedimiento no conviene más que para el tratamiento de los ladrillos de albañilería. No permite combatir otras sales que las que se depositan sobre la superficie ya durante el secado. Frecuentemente, la solución de cola provoca un pegamiento de los ladrillos sin cocer sobre las bandejas o estanterías donde están depositados, y esto puede provocar la deformación de las piezas.

Si la película de cola se aplica con un espesor demasiado grande pueden presentarse, entre otras, grandes dificultades en el secado.

Aplicando el procedimiento Perkiewicz hay que prestar particular atención al secado. Hay que vigilar que la mayor cantidad posible de sales solubles puedan fijarse en la película de cola, para que se consuman, inmediatamente, con esta última durante la cocción.

Con este procedimiento es conveniente secar lentamente. El "frente" de desecación debe encontrarse en la superficie del ladrillo, con objeto de evitar que las sales se depositen en el interior del mismo y que el revestimiento de protección permanezca ineficaz.

4) Métodos particulares de la marcha de cocción

a) Cocción en atmósfera reductora.

Mediante la cocción en dos fases en atmósfera reductora, es posible combatir eficazmente las eflorescencias debidas a los sulfatos. Sin embargo, hay que hacer notar que existen peligros de incendio, perjuicios en revestimiento del horno y una disminución en la velocidad de cocción. Los humos, de fuerte contenido en azufre, deben desviarse por medio de casquetes adecuados.

El proceso de cocción en atmósfera reductora se desarrolla de la manera siguiente:

En la zona de máxima temperatura las boquillas se alimentan con más carbón del normal, mientras permanecen cerradas todas las válvulas de tiro. Los artefactos existentes eventualmente para la recuperación del calor en la cámara de enfriamiento se desmontan. Se para la circula-

ción del aire en el horno. Examinando las diversas hileras de boquillas, se comprueba cuál de estas hileras deja salir el humo. La hilera en cuestión, perpendicular al canal de cocción, permanece abierta. En las primeras, los productos de combustión van acompañados de mucho humo y, eventualmente, de un poco de llama. Después de algunos minutos, pierden su intensidad y después toman una coloración ligeramente azulada. El fenómeno de la reducción está, entonces, en pleno desarrollo.

Después de unos diez minutos se vuelve a cerrar la hilera de boquillas abiertas y se abren lentamente las válvulas de los humos, restableciéndose las condiciones normales del horno. Siempre que sea posible, esta maniobra debe repetirse cada cuatro horas.

Debido a que estos humos son muy molestos (provocan también la molestia de formar incrustaciones en el secadero), es preferible eliminarlos. Se recomienda la colocación de una caperuza sobre la hilera de boquillas que los emiten; estas caperuzas son abiertas en una extremidad y se comunican entre sí a un tiro común. De esta forma queda eliminada la aspiración directa del horno.

b) *Aumento de la temperatura de cocción.*

Generalmente, se ha visto que un aumento de temperatura de cocción se corresponde, la mayor parte de las veces, con una disminución en el contenido de sales solubles. En el caso en que el aumento de la temperatura máxima de cocción no pudiese ser posible por motivos inherentes a la materia prima, existe la posibilidad de prolongar la duración de la máxima cochura; esto conduce al mismo resultado que un aumento de temperatura.

c) *Mantenimiento de una curva de cocción perfectamente definida.*

Siguiendo una curva de cocción claramente determinada, es posible acentuar o disminuir ciertas reacciones. Pruebas llevadas a cabo en hornos circulares han demostrado que, en este tipo de horno, es bastante difícil respetar una curva de cochura absolutamente constante. Las cosas cambian cuando se trata de un horno de túnel. Se conocen ejemplos que demuestran, sin duda alguna, que la formación de los sulfatos, por ejemplo, puede reducirse observando una determinada curva de cocción.

d) *Otras precauciones durante la cochura (precalentamiento, etc.).*

El calentamiento con aceite combustible, que desde hace algunos años se va generalizando, plantea nuevos problemas a los fabricantes de ladrillos. Puesto que la mayor parte de los combustibles líquidos presentan un contenido en azufre bastante elevado, durante la combustión se forman óxidos de azufre, óxidos que conducen a un aumento de la capa de eflorescencias.

Cuando no se mantiene una temperatura suficientemente alta en los humos, se producen condensaciones. Las condensaciones contienen ácidos sulfúrico y sulfuroso, aumentando el contenido en sulfatos, y luego dan lugar a las eflorescencias. Con la adición de amoníaco, óxido cálcico, etc., se trata de impedir la formación de sulfatos nocivos.

Frecuentemente, los combustibles se añaden directamente a la arcilla. Estas adiciones pueden provocar peligrosas eflorescencias debidas a los sulfatos. Por tanto, se recomienda proceder a una determinación exacta del contenido de azufre en los combustibles empleados antes de su adición a la arcilla. Análogamente, el empleo de los residuos de la cámara de humos puede producir eflorescencias.

B) La lucha contra las eflorescencias una vez manifestadas

a) *Tratamiento con ácidos.*

Para la limpieza de las fachadas se emplean, frecuentemente, los ácidos. Preferentemente, se emplea ácido clorhídrico diluido de 1 : 5 a 1 : 10.

El ácido clorhídrico es conveniente, sobre todo, para combatir las eflorescencias debidas a los carbonatos. También se emplean mezclas de ácidos con distintos aditivos, tales como fosfatos y combinaciones orgánicas nitrogenadas. Una mezcla de ácido acético y de peróxido de hidrógeno, por ejemplo, se ha empleado, con bastante éxito, para combatir las eflorescencias férricas marrones sobre el yeso.

Para el empleo de los ácidos hay que seguir la norma siguiente: Antes del tratamiento con ácido, la superficie a tratar debe estar bien embebida de agua limpia para impedir que el muro absorba una cantidad inútil de ácido. Después del tratamiento es preciso aclarar bien con agua la superficie tratada con ácido para quitar el exceso de ácido, ya que residuos de ácido podrían provocar deterioros si no se tomase esta precaución.

Al tratar con ácido un muro de cara vista se necesita vigilar que el mortero de las juntas no se vea atacado por el ácido.

b) *Tratamiento con otros productos químicos.*

Para obtener la impermeabilidad de un muro e impedir que aparezcan eflorescencias sobre la superficie, también se emplean los fuatos. Estos no pueden utilizarse más que en presencia del calcio, por ejemplo, sobre revocos a base de cal. Sobre revocos de yeso, hay que examinar el efecto de los fuatos caso por caso.

Las disoluciones de hidróxido bórico han dado buenos resultados en la lucha contra las eflorescencias debidas a los sulfatos. Estas eflorescencias han podido detenerse fácilmente por pulverización del hidróxido bórico en los materiales que contienen cal. Las eflorescencias debidas a los sulfatos alcalinos pueden combatirse con éxito mediante una disolución de jabón proyectada sobre el muro. Experimentos verificados en gran escala han demostrado que se han obtenido buenos resultados con jabón de sosa al 1 %. El tratamiento de las caras se hace de la forma siguiente:

Las eflorescencias más fuertes se cepillan en seco y, seguidamente, se impregna rápidamente el muro con la disolución de jabón al 1 %. Por término medio, se aplican de 0,1 a 0,2 litros de disolución por metro cuadrado de superficie de muro, lo que corresponde a una cantidad de jabón sólido de, aproximadamente, 1 a 2 gramos de jabón sólido por metro cuadrado. La capacidad de absorción de la superficie de los ladrillos tratados no viene reducida más que en una cantidad despreciable con este tratamiento.

El tratamiento con disolución de siliconas, efectuado, principalmente, para el aislamiento contra la humedad, demuestra que también pueden emplearse los compuestos orgánicos de sílice para combatir las eflorescencias.

Con el tratamiento mediante siliconas, la zona de evaporación se desplaza, desde la superficie del ladrillo hacia su interior, de manera que las sales solubles, a su vez, no se depositan más sobre la superficie, sino en la parte interior del ladrillo, quedando invisibles. Debe establecerse, en cada caso, la preparación de silicona más conveniente.

Se ha comprobado que un tratamiento a base de siliconas no ejerce ningún efecto sobre las eflorescencias una vez manifestadas en la superficie. Por este motivo, se recomienda efectuar el tratamiento en la misma fábrica (existen aparejos disponibles adecuados para la aplicación de las siliconas).

Un tratamiento a base de siliconas no es de tener en consideración en un muro en el que llegan constantemente sales procedente, por ejemplo, del suelo. En este caso es posible que en la capa límite se deposite tal cantidad de sales que, debido a un aumento de volumen durante la cristalización, se produzcan desconchamientos.

Conviene determinar, por medio de experimentos, tanto la concentración de la solución de siliconas como la parte que hay que impregnar. La experiencia ha demostrado, que los ladrillos con gran capacidad de absorción pueden tratarse con mayor regularidad y con un tiempo de inmersión más breve que los ladrillos con capacidad de absorción débil. Hay que prestar la mayor atención a la colocación de los ladrillos en la pila; una disposición demasiado apretada puede impedir la formación de la capa de silicona necesaria, de forma que no se produzca el "efecto de gota".

La experiencia adquirida en la actualidad demuestra claramente las posibilidades que se pueden encontrar en el empleo de las siliconas para la lucha contra las eflorescencias.

Hay que subrayar de nuevo que no es posible dar indicaciones que sirvan de regla general, en lo que concierne a la concentración, la duración de inmersión, etc., y que sólo pruebas directas pueden suministrar la información necesaria. No hay que perder de vista la influencia sobre la resistencia al hielo, sobre la adherencia del mortero al ladrillo tratado, etc.

c) *Prescripciones particulares concernientes a los revocos y la composición de los morteros para las fachadas sometidas a eflorescencias.*

Pruebas más profundas han demostrado que la acción recíproca entre el cemento y el ladrillo pueden provocar eflorescencias. Aunque esta eflorescencia no se produce más que esporádicamente sobre los productos cerámicos (ladrillos), esta acción recíproca entre el aglomerante y el ladrillo, junto con otras influencias, puede tener importancia. Es, pues, necesario examinarla por medio de ensayos de laboratorio.

Si el revoco ha sido llevado a cabo en tres veces o capas, es posible, en la mayor parte de los casos, impedir que la eflorescencia alcance la superficie de la fachada por medio de una primera capa con un contenido suficiente de aglomerante. En muchos casos se han usado arena o revocos sucios; los elementos solubles contenidos en la arena pueden provocar por sí mismos eflorescencias. La misma observación es válida para el agua de amasado del mortero.

d) *Eliminación de los daños debidos a las eflorescencias.*

Los sensibles cambios de color, de tono parduzco, que tienen lugar, sobre todo, en el caso de muros de ladrillos de fuerte contenido en cal, son debidos a depósitos de hidratos férricos coloidales. Después de la desecación del revoco, los hidratos férricos se hacen insolubles, y es suficiente, entonces, una capa de pintura.

Las manchas marrones o parduzcas que aparecen sobre los revocos de yeso pueden eliminarse tratándolas con una mezcla, en partes iguales, de ácido acético y agua oxigenada.

Se ha pretendido, asimismo, eliminar las manchas de la fachada tratando la superficie manchada por medio de frotos y aplicando sucesivamente una capa de pintura. Antes de la aplicación de esta capa de pintura, la superficie debe neutralizarse con agua pura. El color de la pintura se armoniza con el tono de la superficie de la fachada húmeda. De este modo, la mayoría de las veces se obtiene una buena correspondencia entre el tono nuevo y el inicial.

Con frecuencia se confunden las formaciones de líquenes con las eflorescencias; estos depósitos pueden combatirse con la ayuda de vapor de agua o de sulfato de cobre.

Las manchas provocadas por las sales de cromo, de hierro, de vanadio, de titanio, resultan de difícil eliminación, debido a que una mínima traza de éstos origina de nuevo la mancha en la superficie. En tal caso, la acción preventiva debe efectuarse ya en fábrica: en el caso de eflorescencias producidas por las sales de vanadio, por ejemplo, basta con la adición de espato flúor a la materia prima o aumentar su temperatura de cocción, si lo permite dicha materia prima.

e) *Varios.*

Hay que destacar que las eflorescencias—particularmente cuando se trata de fachadas de ladrillo visto—pueden eliminarse o combatirse eficazmente también con un metódico trabajo de ejecución.

Los ladrillos para muros de cara vista deben almacenarse en tabloneros en lugares de almacenamiento adecuados y resguardados de la lluvia. La misma obra de albañilería debe protegerse contra la penetración de la humedad, cualquiera que sea su origen, recubriendo los muros, las esquinas, etc., aislando los muros de contención, la obra de albañilería, etc., de los cimientos.

Un mortero granulado y más bien plástico, contribuye a impedir los daños en muros de ladrillo. Conviene evitar el empleo de morteros con adición de sustancias anticongelantes; las sales de estas sustancias protectoras conducen, frecuentemente, a unas eflorescencias bastante antiestéticas.

En caso de interrupción de la obra las tablas del andamiaje debe disponerse con pendiente al exterior. Las salpicaduras de mortero de mayor importancia deben despegarse por medio de la llama. En ningún caso se deben limpiar los ladrillos o el muro con aceite de linaza o sustancias parecidas, porque éstas provocan manchas muy difíciles de eliminar. Igualmente, se debe prohibir que, durante la ejecución o construcción de los muros de cara vista, se limpien éstos con trapos o papeles sucios impregnados de mortero.