

631-48

nuevas investigaciones sobre las medidas necesarias contra las inclusiones nocivas de cal

(continuación)

E. SCHMIDT, ingeniero

Instituto de Investigaciones Cerámicas de Essen

Die Ziegelindustrie, n.º 6-7, marzo 1968, págs. 125-136

4 POSIBILIDADES PARA MEJORAR LA LUCHA CONTRA DAÑOS CAUSADOS POR LA CAL

La encuesta ha confirmado la impresión, ya existente en principio, de que en una serie de casos las medidas aplicadas hasta ahora son efectivamente positivas, pero que queda un resto considerable donde las posibilidades de las que disponemos hoy en día no son suficientes. Por eso parece necesario buscar nuevas posibilidades adicionales de las anteriores.

4.1. Trituración fina

Como se desprende del resultado de la encuesta, la medida aplicada más importante es eliminar el efecto explosivo de la cal por una trituración suficiente, es decir, llegando por debajo del límite explosivo. Pero ya hemos indicado que, con frecuencia, no es posible esta medida porque con los métodos corrientes de la preparación en húmedo no puede llegarse con seguridad debajo de un tamaño determinado —un poco menos de 1 mm—. Tiene que fracasar la trituración fina en todos aquellos casos en que el límite explosivo es bajo.

Un resultado de la encuesta pone de relieve este hecho. Es la contestación a la pregunta con qué diámetro inferior explotan los granos de cal. Como se ve en la figura 14, la mayor parte —casi un 40 %— señalan un límite explosivo entre 1 y 2 mm. Casi un 2 %, no obstante, indica valores debajo de 1 milímetro.

Resumiendo, sin embargo, casi la mitad señalan valores encima de 2 mm y un 15 por ciento aproximadamente lo sitúan por encima de 3 mm. Aunque estas indicaciones no representan un criterio definido porque no se ha establecido si en estos casos las medidas tenían éxito o no, sí dan motivo para indicar que en caso de reclamaciones siempre se coincide en que las inclusiones de cal hasta de 10 mm, e incluso más, son la causa de daños.

Desgraciadamente gran parte de estos daños resultan de fallos evidentes en la trituración. Hay que destacar que todas las medidas posibles dependen del tamaño de grano de las inclusiones calizas. Aunque más adelante ya no se hace hincapié en esta afirmación, todas las consideraciones tienen que partir de este hecho.

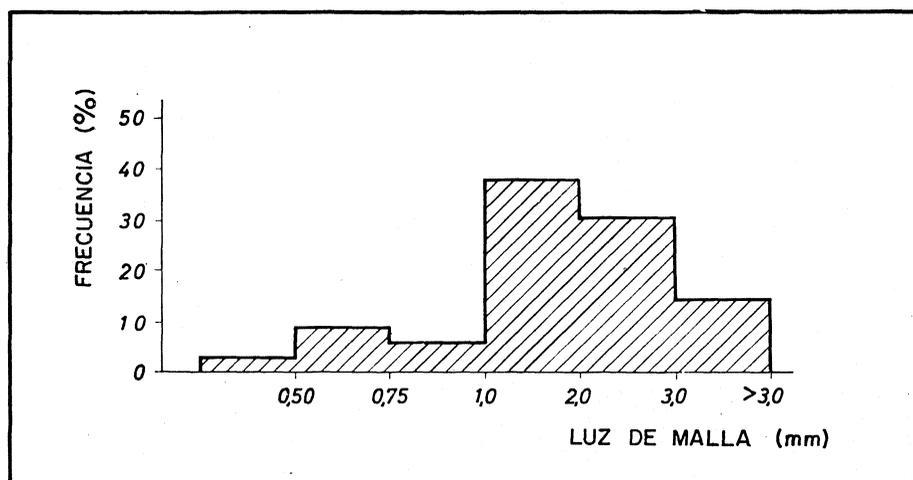


Figura 14.—Distribución de frecuencias en el límite de explosión de la cal.

Para hacer patente la influencia del tamaño de grano, hay que recordar el ejemplo conocido del cubo. Un cubo de 10 mm de arista tiene una superficie de 600 mm². Pero si este cubo se parte en cubos de 1 mm de arista, aparecen 1.000 cubos con una superficie de 6 mm² cada uno y una total de 6.000 mm². Es decir, la superficie atacable ha aumentado diez veces.

Refiriendo este ejemplo a la realidad práctica en el caso del caliche, las posibilidades de éxito se duplican cuando en vez de granos de 2 mm sólo se tienen de 1 mm y que se cuadruplican cuando son de 0,5 milímetros.

Además, en granos más pequeños la fuerza explosiva es más baja siempre, por las razones mencionadas en 2.2.; de esta forma, posibles transformaciones, tales como la silicatización, sólo tienen que alcanzar profundidades bajas (compárese también 2.4.) para lograr resultados favorables. La trituración más fina posible, por tanto, debe ser la condición previa fundamental de todas las medidas que se van a discutir.

Aunque en la preparación en húmedo ciertos tamaños de grano no pueden reducirse con garantía, también en este aspecto son posibles ciertas mejoras. Esto lo confirma, por ejemplo, el desarrollo de los laminadores a gran velocidad.

Un método verdaderamente seguro para reducir más los límites de explosión más bajos y con eso evitar los daños debidos a la cal por defecto de trituración, es su preparación en seco y pasarla por colador.

Todo este complejo —que siempre merece la mayor atención— no puede terminarse sin indicar que también la trituración puede ser peligrosa cuando en vez de pocas explosiones grandes se producen varias pequeñas.

4.2. La inmersión

Como confirma la encuesta, la segunda medida importante es la inmersión de los ladrillos recién calcinados. Aparte de las desventajas conocidas, como es el aumento de peso en el transporte, y lo que es más grave, en algunos casos, la producción de eflorescencias, de la encuesta se desprende que el éxito en bastantes casos es insatisfactorio, y en la mayoría de los casos nunca es de un 100 por ciento.

Además de la dependencia del tamaño del grano, la causa de esto seguramente se encuentra en la estructura de los ladrillos, que determina con qué rapidez y en qué cantidad el agua llega a las inclusiones. Por otra parte, influye el tipo de cal, o sea, la forma en la que se encuentra después de la calcinación.

Pero a pesar de estas cualidades del material que no pueden modificarse, una gran parte de los fracasos se deben a la realización del método. Así hay razones para pensar que el tiempo de inmersión necesario es extraordinariamente variable y, sobre todo, en algunos casos debe ser más elevado de lo que corresponde a los tiempos aplicados, en general, hoy en día.

Una empresa realizó investigaciones en este sentido y llegó al resultado de que un éxito aceptable sólo se consigue con un tiempo mínimo de inmersión de 5 horas (6). Con una inmersión prolongada se ha conseguido un aumento del efecto. Aunque aquí se trate de un caso especial, el ejemplo demuestra lo mucho que pueden variar las exigencias. Por eso, es recomendable, en aquellos casos en que no se consiguen buenos resultados, investigar también esta cuestión.

Podría hacerse la objeción de que tales tiempos de inmersión tan largos son irrealizables en la práctica. Pero esto no es cierto, ya que pueden encontrarse posibilidades técnicas para lograr estos tiempos de inmersión de manera económica.

También en el caso de cales que se apagan rápidamente son posibles ciertas mejoras en relación con la forma de exponer los ladrillos individuales en el baño de inmersión. Así el agua llega más de prisa y de forma más homogénea que si la inmersión se hace en paquetes más o menos compactos. Tampoco en esto hay límites para nuevos métodos.

4.3. Adiciones de cloruro

Ya se ha mencionado la forma de fijar la cal durante la calcinación: silicatización o “calcinación a muerte”. En principio estas medidas no son nuevas, como ya se indicó en la expresión antigua de los fabricantes de ladrillo. Hay una serie de publicaciones de hace años que, entre otras cosas, ya han tratado este problema.

En cambio, es relativamente reciente el fomento de la silicatización mediante adición de cloruro. Según los resultados de la encuesta, un 6 % de las empresas en cuestión aplican este método.

Pero este método, aunque todavía desconocido hace algunos años, tampoco es verdaderamente nuevo en la práctica. Ya en 1928 Hirsch menciona la posibilidad de influir químicamente de la silicatización (7).

En el año 1935, Lössnitz consiguió una patente para la adición de cloruro (8). Desgraciadamente se ignora si se ha aplicado este método en la práctica. Las primeras noticias conocidas después de la guerra proceden de Inglaterra en el año 1956 (9) y de Italia en 1957 (10), donde se realizaron ensayos con cloruro sódico. Pero no se apoyan en Lössnitz, sino en un trabajo ruso que publicó Blumen en 1943 (11). Este trabajo no hace alusión a la patente de Lössnitz.

En Alemania, la primera noticia de aplicación industrial surge en 1959, empleando cloruro de calcio como adición, apoyándose en ensayos efectuados durante la guerra (12). Aquí también se desconoce si existe alguna relación con la patente de Lössnitz. Los derechos de esta patente se extinguieron en el año 1950.

En este Instituto, en 1960, se realizaron ensayos comparativos sobre el efecto de los cloruros de calcio y de sodio (13). La finalidad de este trabajo era averiguar si había diferencias entre los dos cloruros en cuanto a la eficacia y, más aún, en cuanto a los posibles efectos secundarios nocivos.

En el trabajo inglés ya mencionado se señala que el cloruro sódico puede producir manchas, mientras que según el ensayo industrial alemán, también antes mencionado, el cloruro cálcico, aunque considerablemente más caro, no tiene esta tendencia.

Las figuras 15 y 16 muestran dos ejemplos extremos del cambio de color producido por el cloruro sódico.

La figura 15 se refiere a un material amarillo por calcinación, que en la superficie resultó completamente rojo, en tanto que las zonas de contacto con los granos de cal quedaron amarillas. Claro está que este cambio de color excluye la aplicación de este cloruro.

Lo mismo ocurre en el segundo caso, presentado en la figura 16, donde un material rojo por calcinación tiene manchas amarillas en las zonas de contacto.

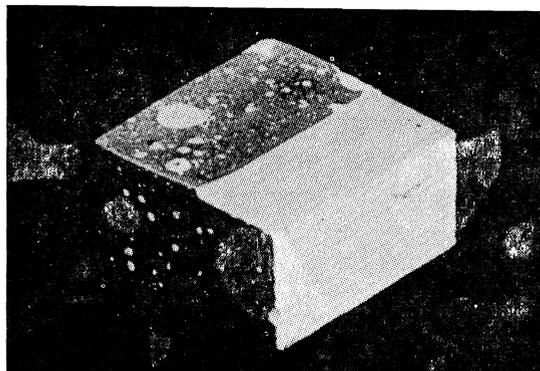


Figura 15.—Fuerte coloración roja por adición de cloruros, en un ladrillo que cuece normalmente con color amarillo, presentando manchas amarillas en la zona de contacto con los granos de cal.

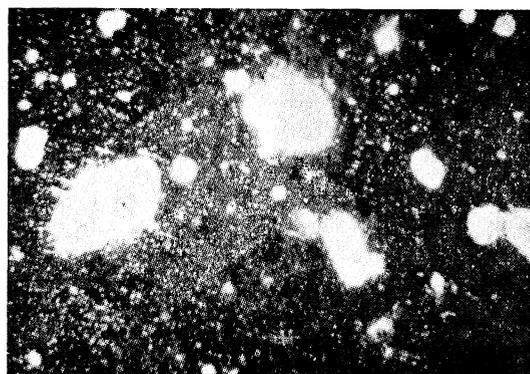
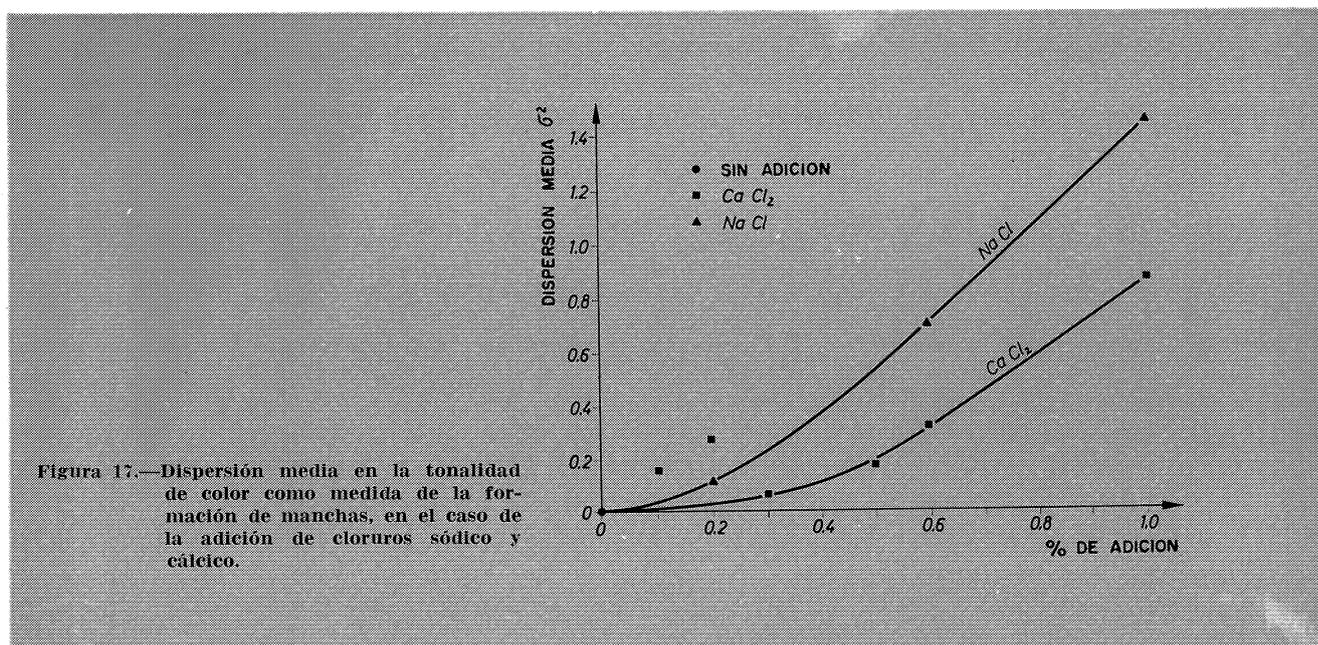


Figura 16.—Manchas claras producidas por adición de cloruros en un material que cocido normalmente es de color rojo.

Del ensayo comparativo resultó que, en el fondo, los dos cloruros pueden causar efectos de cambio de color, siendo, sin embargo, los efectos del cloruro sódico mucho más grandes que los del cloruro cálcico.

En los ensayos a base de exámenes fotométricos se calculó, como índice de la formación de manchas, la dispersión matemática de la profundidad del color. En la figura 17 se ve el resultado de una de las muestras. Se observa que el grado de cambio de color aumenta al crecer las adiciones de cloruro y que en el caso de cloruro sódico es notablemente más elevado que con cloruro cálcico.



Pero hay que destacar que sólo con ciertas materias primas se producen cambios de color, mientras que con otras —probablemente en la mayoría— no se dan estos efectos. En el cambio de color probablemente interviene la composición del material del casco.

La segunda cuestión del ensayo comparativo es la eficacia. Prácticamente no existe ninguna diferencia entre los dos cloruros. Para los ensayos se hicieron ladrillos-muestra con adiciones de cal definidos en los tamaños máximos de 1, 2 y 3 mm. A su vez se añadieron cloruros en proporción creciente.

La figura 18 representa parte de los resultados obtenidos. Como medida de la destrucción se emplea el porcentaje de superficie afectada por las explosiones de cal. En las muestras sin adición (o de abscisa) completamente destruidas se emplea como referencia toda la superficie del ladrillo-muestra (100 por ciento).

Como demuestran las curvas, para 1 y 2 mm, pequeñas adiciones pueden evitar ya los desconchados; con granos de 3 mm, esto sólo se consigue mediante cantidades elevadas de cloruro.

La figura 19 presenta otro caso. Muestra que, a pesar del hecho de que las explosiones en las muestras sin adición eran mucho menos frecuentes que en la figura 18, no pueden evitarse todas las explosiones aun con porcentajes de adición elevados.

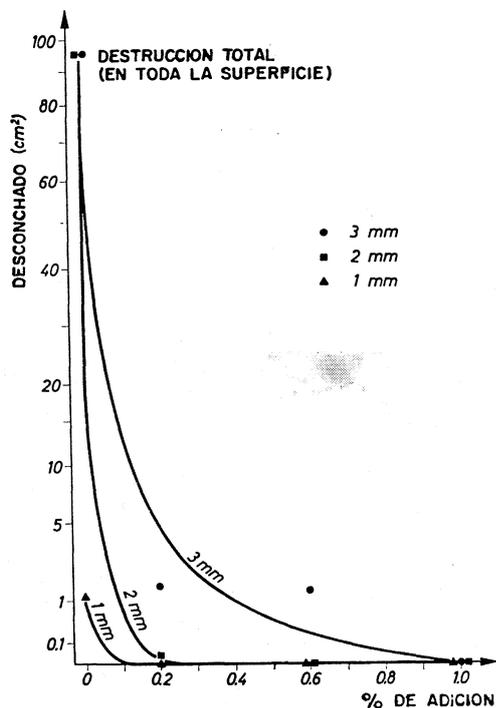


Figura 18.—Desaparición de los daños producidos por la cal al añadir cloruros en cal bien silicificada.

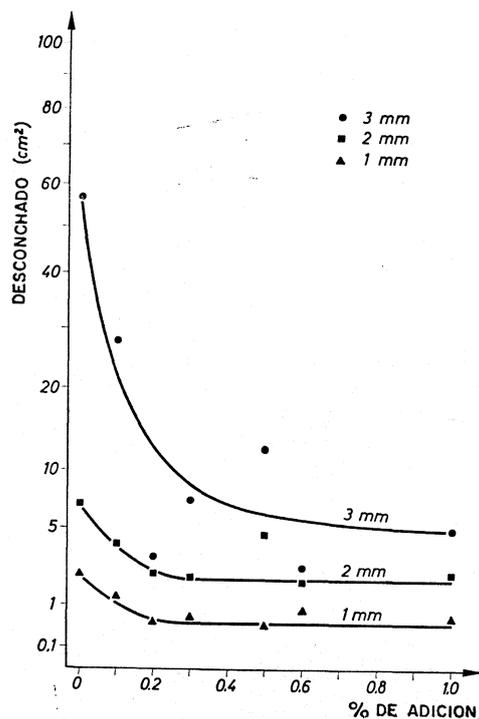


Figura 19.—Desaparición de daños producidos por la cal al añadir cloruros en cal de lenta silicificación.

4.4. Otras adiciones químicas eficaces

En el ensayo anterior se trabajó con cuatro combinaciones de cal-arcilla y en todos los casos pudo comprobarse un efecto favorable —aunque no siempre del 100 %— de los cloruros.

En ensayos posteriores, y por encargo de diferentes fábricas de ladrillo, se dieron casos en los que los cloruros no producían ningún efecto. Vamos a mostrar esto mediante dos microfotografías de la zona de contacto de los granos de cal con el casco. En la figura 20 se ve claramente una zona de reacción entre grano y casco (verde oscuro), mientras que en la figura 21 se reproduce un caso en donde no se ve ni la más mínima reacción.

Este comportamiento variable es uno de los problemas a tratar en los trabajos que mencionaremos a continuación. Por consideraciones teóricas se deduce que la cal es responsable, en parte, del comportamiento en la reacción, pero en primer lugar se encuentra la composición del casco. Según esto, será posible aumentar la reacción por medio de nuevas adiciones.

Como la reacción se debe en su mayor parte a la formación de una fase líquida, se ensayaron una serie de mezclas de cal y arcilla con y sin adiciones en el microscopio de

calentamiento y se fijó como punto de fusión el llamado punto semiesférico (formación de una gota semiesférica).



Figura 20.—Formación clara de una capa de reacción entre los granos de cal y el casco arcilloso (Vista microscópica).



Figura 21.—Grano de cal, sin reacción con el casco arcilloso (Vista microscópica).

En la figura 22 se demuestran los diferentes grados de reacción de cales iguales con diferentes arcillas.

Del gráfico se desprende que las temperaturas de fusión de la cal M, en principio son más elevadas que las de la cal B, con lo que se detecta una característica de la cal. En cuanto a las tres arcillas se dan resultados notablemente diferentes.

Lo más destacado es que la arcilla "l" con la cal M da el punto de fusión más alto y con la cal B el más bajo.

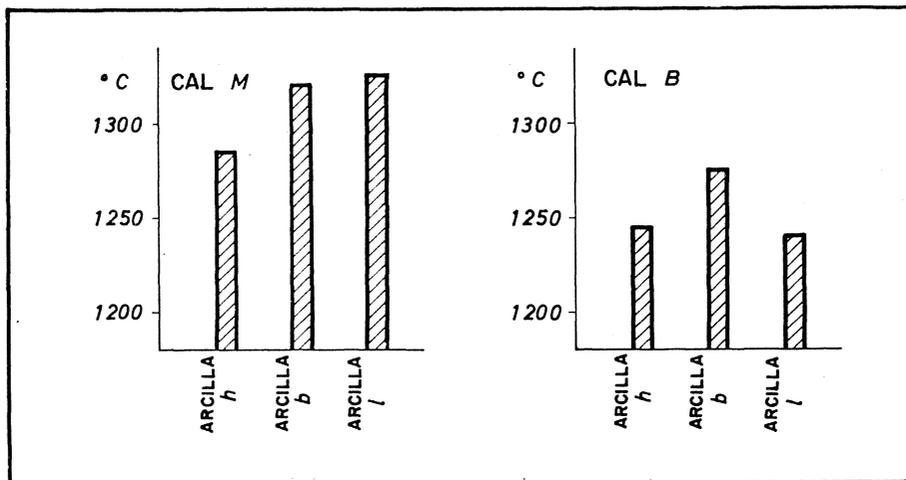


Figura 22.—Comportamiento a la fusión de dos tipos de cal con tres arcillas diferentes.

Por anteriores observaciones se sospechaba que, entre otras cosas, la ausencia de sílice de grano finísimo podía ser la causa de la poca tendencia a reaccionar. Parecían indicados ciertos materiales para provocar un efecto fundente. Por eso se adicionaron a las mezclas de cal-arcilla diferentes sustancias, adecuadas tanto desde el punto de vista técnico como económico. El resultado se observa en la figura 23. En comparación con dos muestras patrón, se muestra el comportamiento a la fusión con adiciones de sílice, escoria de fósforo, polvo de vidrio y basalto molido. Los mejores resultados se consiguieron con el ácido silícico y el basalto molido.

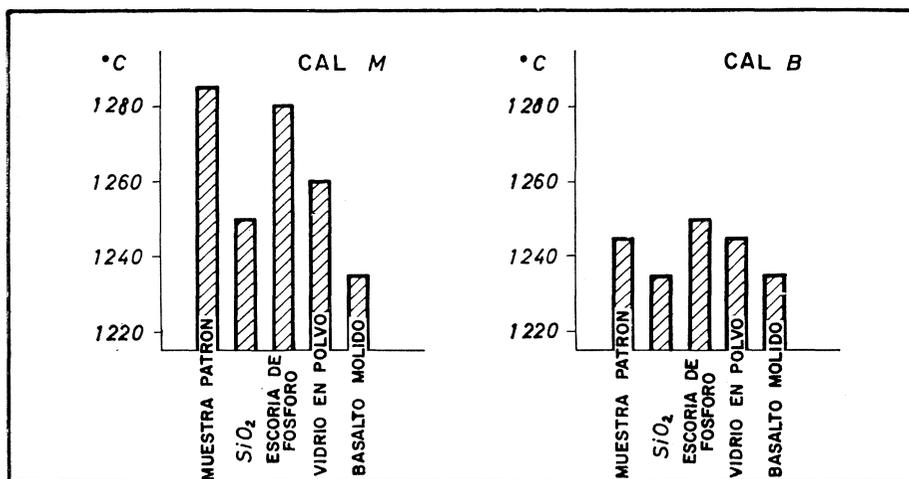


Figura 23.—Influencia en el comportamiento a la fusión de mezclas cal-arcilla de diferentes aditivos.

Llama la atención el que en ambos casos los valores mínimos conseguidos sean iguales, a pesar de los diferentes puntos de partida. Esta observación se comprobó en otros ensayos en los que el valor final conseguido (1.235°C), que puede considerarse como índice de una inclinación favorable a reaccionar, no se puede rebajar notablemente.

En otra serie de ensayos se comprobó el efecto de los cloruros y el de una combinación de cloruros y sílice de grano fino. Como se deduce de la figura 24, con la simple adición de cloruro se consiguió llegar al valor mínimo de 1.235°C mencionado anteriormente, mientras que con la combinación se pudo incluso reducir sólo a 1.230°C.

En resumen, estos ensayos son una clara confirmación de que con las adiciones se aumenta la inclinación a reaccionar, y hay que esperar que en ciertos casos individuales sea una posibilidad para luchar contra los daños causados por la cal.

4.5. El efecto de una atmósfera reductora exterior e interiormente

Hace ya muchos años se estudió y aplicó prácticamente otro camino, tendiendo a lograr los mismos efectos. Se trata de la influencia en la reacción de la cal, creando una atmósfera reductora exterior e interiormente. A este respecto, también se realizaron ensayos comparables en el microscopio de calentamiento.

Para conseguir la atmósfera reductora exterior se coció la muestra en una atmósfera artificial de nitrógeno con apr. un 3 % de CO. Para conseguir la reducción interior, según una antigua patente de Heuer del año 1928 (14), se adicionó polvo fino de carbón.

Como demuestran los resultados de la figura 25, la atmósfera de CO y, más todavía, la del polvo de carbón, han conseguido reducir considerablemente la temperatura de fusión. En el último caso, una vez más se alcanzó un valor mínimo de 1.230°C, hecho que indica una reaccionabilidad muy elevada.

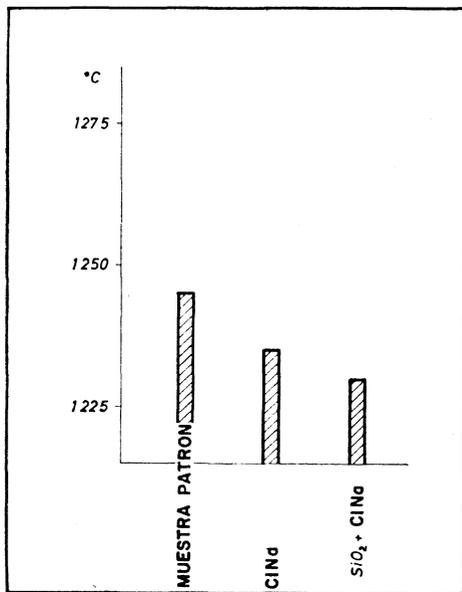


Figura 24.—Influencia en el comportamiento a la fusión de mezclas cal-arcilla, de la adición de cloruros, acompañados o no de ácido silíceo.

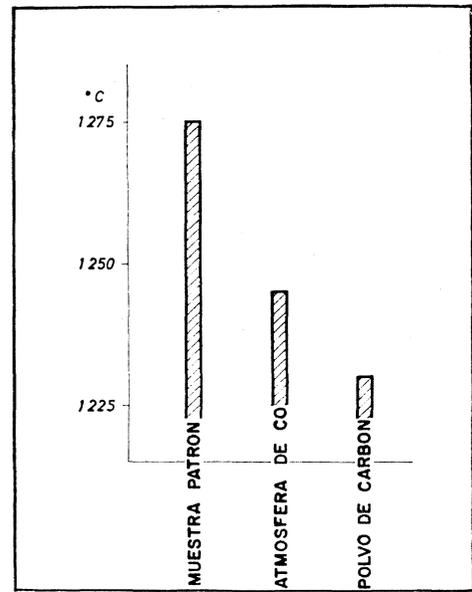


Figura 25.—Influencia en el comportamiento a la fusión de mezcla cal-arcilla por reducción exterior e interior.

A consecuencia de estos ensayos, es de suponer que esta posibilidad de adicionar polvo de carbón sea una medida que para muchos casos resulte una solución de mucho porvenir y que se puede realizar fácilmente.

4.6. Influencia del tiempo de permanencia en el horno

Las observaciones acerca de la posibilidad de fomentar la silicatización no terminan sin señalar que todas las medidas mencionadas —excepto el tamaño de grano— deben de considerarse relacionadas con el tiempo de exposición al fuego, ya que toda reacción que se quiera llevar hasta cierto punto requiere un tiempo imprescindible.

Esto se observa en la figura 26, que representa el resultado de un ensayo. Hace patente cómo la prolongación del tiempo de permanencia de 4 a 12 y luego a 24 horas re-