

- 14 -

611-11 LA FINURA DEL CEMENTO PORTLAND
(Fineness of Portland Cement)

A.R. Steinherz

De: "ROCK PRODUCTS," 100, Octubre 1949.

De un modo general, puede afirmarse que la molturación del clinker y del yeso añadido, para formar el polvo de cemento, se hace con la finalidad de aumentar la "reactividad" del portland y el agua. Como esta reactividad depende de la superficie específica de las partículas obtenidas en el proceso de molienda, interesa realizar el análisis de finura del cemento para comprobar si la superficie específica requerida ha sido lograda. Existen varios métodos para el análisis de finura, algunos de ellos recomendados por las especificaciones al uso. El autor se ha propuesto determinar cuál de dichos métodos se ajusta mejor a las propiedades hidráulicas del cemento portland, determinadas por ensayos mecánicos sobre probetas de mortero seco o plástico.

En una instructiva tabla del original (que no reproducimos por su extensión) se comparan los datos siguientes, correspondientes a 7 muestras de cemento: Tipo de molturación (circuito abierto y circuito cerrado con separador de aire), distribución de partículas por tamaños (desde 89 a 2,5 micrones) según las especificaciones británicas, determinación de superficie específica (métodos del permeabilímetro, turbidimétrico y con "aparato de pipeta"), resistencias a la tracción de mortero seco a los 3 y 7 días (normas inglesas), resisten-

- INSTITUTO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO -

cia a la flexión a los 3 y 7 días (especificaciones suizas), resistencias a la compresión para probetas de mortero plástico normal a los 3 y 7 días (normas suizas), peso específico del cemento y determinación de cal libre.

Se trata, en definitiva, de observar la relación entre las cualidades hidráulicas del cemento (determinadas por las resistencias), y los datos del análisis granulométrico dados por los ensayos de finura. La tabla mencionada hace que salten a la vista, de forma muy clara, importantes anomalías. Así, cementos con superficie específica menor dan iguales (o mayores, en algunos casos) resistencias que otros de mayor desarrollo superficial. Ello indica que hay otros factores tales como forma de los granos, composición química, profundidad de cocción del clinker etc., que también intervienen en la resistencia del cemento.

El tamaño de partícula, o, mejor dicho, la distribución granulométrica por tamaños, es el criterio general para los análisis de finura. Usualmente, se propone relacionar el volumen de los granos de cemento, de formas irregulares, con el volumen de formas geométricas sencillas, tales como la esfera o el cubo. Parece preferible, sin embargo, relacionar el tamaño de las partículas con el diámetro de esferas "que caigan o se sedimenten con la misma velocidad". Esto, que se basa en la ley de Stokes (caída de sólidos en el seno de un fluido), ha sido probado experimentalmente, comprobándose que, partículas de formas irregulares, que se depositan con una -

cierta velocidad, tienen la misma área superficial que las esferas cuyo diámetro, calculado por la Ley de Stokes, corresponda a dicha velocidad de sedimentación.

Para comprender mejor el criterio de finura, calcularemos la superficie total para un cierto tamaño de partículas, suponiendo que los granos son de forma esférica. Si llamamos dN al número de partículas de diámetro X contenidas en una mezcla, y, dS a su superficie total, se cumplirán las relaciones siguientes:

$$dS = dN \cdot X^2 \pi \quad ; \quad dC = dN \frac{X^3 g \pi}{6} \quad ; \quad dS = \frac{6 dC}{g X}$$
$$S = \frac{6}{g} \int_{X_{\min}}^{X_{\max}} \frac{dC}{X} \quad (1)$$

siendo dC el peso de las dN partículas y g el peso específico del cemento.

dC/X representa la variación del porcentaje en partículas de un cierto tamaño, en función del diámetro de los granos (en micrones). Como C se representa siempre en % y X en micrones, para obtener la superficie en cm^2/gramo , hay que multiplicar la integral de (1) por 100.

La relación entre la distribución granulométrica de un material pulverulento (en porcentajes) y la inversa del diámetro ($1/X$), es la curva granulométrica que adopta la forma general representada en la fig. 3. En esta gráfica se han representado, en abscisas los valores $100/X$ en lugar de $1/X$.

En la ecuación (1), los límites de la integral X_{\max} y

X_{\min} pueden ser cualesquiera, pero, por conveniencia práctica, se adopta para X_{\min} , el valor 2,5 micrones, que es el tamaño usual más pequeño de grano. El valor X_{\max} se puede obtener fácilmente por extrapolación de la curva de la fig. 3, en el punto en que $C = 100$ por 100.

La superficie "hidráulicamente eficaz" de un cemento, viene dada, por tanto, por la expresión:

$$S_{2,5} = \frac{600}{g} \left[\int_{2,5}^{X_{\max}} \frac{dC}{X} + \frac{C_{2,5}}{2,5} \right] \quad (2)$$

El área $G = OABCD$, de la fig. 3 es, por ello, proporcional al corchete de la fórmula (2). El valor numérico del área hidráulicamente activa, será:

$$S_{2,5} = \frac{6}{g} G \quad (3)$$

Estos valores numéricos concuerdan bastante bien, según se deduce de las experiencias del autor, con las cifras que expresan el área superficial, obtenidas según el método del turbidímetro de Wagner, (especificación C 115-38T).

Sin embargo, para las consideraciones anteriores se ha hecho el supuesto de que las partículas son de forma esférica y esto está bastante lejos de la realidad. En la práctica, la mayor parte de los granos de cemento son de formas más bien planas, lo cual altera los cálculos. Las notables diferencias encontradas en las determinaciones de superficie específica,

por el método del permeabilímetro y los demás procedimientos pueden tener su origen en ese falso supuesto de la esferidad.

El autor, tras de comentar detalladamente las distintas formas de distribución de partículas por tamaños, haciendo resaltar la importancia de la fracción comprendida entre - 2,5 y 40 micrones, pasa a describir el ensayo de Andreasen, o de la pipeta, por sedimentación de una suspensión de cemento en el seno de etanol anhidro, adicionado de 0,1 gr. de cloruro cálcico.

De las experiencias realizadas puede colegirse que, para realizar determinaciones de finura de cementos, dentro de un margen de exactitud razonable, es preciso emplear métodos de sedimentación, entre los cuales vá muy bien el de Andreasen. Para el cálculo de la superficie específica, se hace uso de la fórmula (3), en la cual G puede hallarse por integración mecánica o por el método de la pesada del papel.
