

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

602-4 DETERMINACION DE FINURA EN LOS CEMENTOS POR PERMEABILIDAD

F. Capella Canals - Ex-Jefe de Laboratorios de Materiales Hidráulicos GRIFFI.- Jefe Químico de la C. A. Venezolana de Cementos, (Planta de Pertigalete).

S i n o p s i s

Especialmente enviado para Últimos Avances, desde Venezuela, tenemos el gusto de presentar el trabajo del Sr. Capella - Canals, en el que se muestra el diseño de un aparato sencillo para medidas de permeabilidad en polvo de cemento, es decir, para determinaciones de superficie específica. Dada la dificultad de lograr en estos momentos aparatos comerciales de tipo Blaine o fluorómetros, creemos ha de ser de gran interés para nuestros cementeros el presente artículo.

Agradecemos al Sr. Capella su deferencia por su trabajo original y es de desear podamos contarle en el futuro, entre nuestros colaboradores. (N. de la R.)

Generalidades.-

Este nuevo aparato que voy a presentar, no en su aspecto comercial sino utilitario, es sumamente sencillo, práctico y apto para el manejo de cualquier laborante medianamente cuidadoso en los laboratorios de las fábricas de cementos.

Su simplificación y constancia de resultados, contrastados por millares de pruebas realizadas en Laboratorios de todo el mundo, han inducido a las Normas A.S.T.M. de EE. UU. a proponerlo para su adopción definitiva una vez de acuerdo todas las recomendaciones procedentes de sus asociados. Sea pues por ello,

y dada la gran aceptación por todas partes, que trataré de presentar este artículo haciendo lo posible para su buen entendimiento y comprensibilidad, y a la vez, también quisiera poner con ello algún grano de arena a la idea de posible petición a que sea pronto adoptado el sistema, oficialmente, por el fabricante español, puesto que el rápido control de finuras, hoy día completamente necesario para la obtención de las totales posibilidades de los aglomerantes fabricados, se hace indispensable para lograr las mejores calidades a la vez que los mejores rendimientos económicos de los molinos de cemento. Este aparatito permite la práctica total de una manera rápida, precisa y cómoda en menos de diez minutos, lo que significa la posibilidad de establecer controles horarios de finuras a todos los molinos de cemento.

Por otra parte, supongo no sería muy difícil a alguna empresa especializada y autorizada para ello, la fabricación de este aparatito, siendo hoy por hoy la importación de los Wagner y similares, prohibitivas por su precio, y más, como también se podrá comprobar, de mejor, fácil, económica y ventajosa substitución de éstos dada la sencillez de su manejo, la exactitud de sus determinaciones, la rapidez de la práctica, etc. etc. en comparación con cualquier otro de los medidores de áreas de superficie usuales.

Así pues, trataré de describir el aparato, la práctica ó ensayo de la permeabilidad y algún ejemplo aclaratorio de completa o posible imitación por el interesado en ello, pero, no se incurra en la confusión de inventiva ni comercialidad por mi parte dado que, la intención de este artículo, es presentar al usuario español las ventajas que disfrutaban infinidad de Laboratorios particulares y oficiales de América en general, Africa y muchísimos de Europa, con la adopción de este tan simple artificio de -

fácil fabricación, adquisición lógica muy económica y de resultados sumamente precisos y concordantes que seguidamente voy a describir:

Permeabilímetro.-

En primer lugar tengase en cuenta que este aparato da valores propios de permeabilidad Blaine, que son posibles de convertir, al multiplicarlos por el factor correspondiente, en valores equivalentes de superficie específica Wagner.

Tampoco se olvide que en casi todos los análisis de los centros investigadores particulares y oficiales de los EE.UU. ya dan como norma corriente los valores obtenidos con el Permeabilímetro y su equivalencia -en muchos casos- en superficie específica Wagner. Los valores obtenidos en transformación a superficie específica Wagner mediante el permeabilímetro Blaine, dan diferencias mínimas con los valores obtenidos mediante la práctica corriente de la superficie Wagner con el aparato de este nombre.

Este aparato, y como su nombre ya indica, está basado en el principio de la permeabilidad al aire ó aeropermeabilidad. Es muy análogo al viscosímetro de tubo en U, en el cual, el líquido contenido en este tubo en U sirve para producir la diferencia de presión y el volumen de paso.

Su inventor parece ser Mr. Raymond L. Blaine y los fabricantes de los aparatos son varios.

En un principio se diseñó el aparato pensando en que solo se le daría un uso comparativo, pero, más tarde, al comprobarse sus excelentes resultados y posibilidades se ha pensado en el uso cotidiano y frecuente para la determinación de superficies

específicas partiendo de la base de unas constantes del Permeabi-
límetro.

El aparatito original, usado en un principio para la finalidad comparativa, muy poco ó nada se diferencia del actual. Solo han variado un algo sus medidas, que en realidad en nada al-
teran el método, y algún material accesorio usados en su confec-
ción, que en la actualidad se han buscado resistentes al conti-
nuo desgaste y manejo.

La figura (1) muestra en sus detalles el conjunto del aparato. Todo él es de vidrio resistente excepto la celda de -
permeabilidad o depósito del polvo que es de acero. Uno de los extremos del tubo en U se ajusta exactamente al molde de acero ó celda de permeabilidad. En esta junta el vidrio es esmerilado y el acero no es pulido. Este mismo extremo tiene soldada una lla-
ve de vidrio que facilita la succión y obtura el aire que poste-
riormente ha de pasar desde la cámara de polvo ó celda de permea-
bilidad para restablecer la diferencia de presión producida por la diferente altura del líquido en los brazos del tubo en U. -
Tanto la llave como la unión entre la celda de permeabilidad y -
el tubo en U estarán perfectamente ajustadas mediante alguna gra-
sa extendida en ténue capa.

El molde de acero llamado indiferentemente celda de -
permeabilidad, cámara de polvo, cama ó depósito de polvo, etc. -
etc., es hueco, cilíndrico y pulido por su interior. En su par-
te inferior tiene una ranura donde se asienta un disco de acero
agujereado. Sus medidas son: altura 65 mm., altura desde el -
disco interior agujereado, 61 mm., diámetro interior 13 mm. Su
parte superior es plana y se le asienta perfectamente la otra -
pieza llamada ajustador. Su forma externa ya se puede ver en la

figura 1.

El disco movable de acero que se coloca al fondo del cilindro de la celda de permeabilidad, es agujereado por 37 agujeros de un calibre muy aproximado al milímetro. Su diámetro es de 12,75 mm. y su grosor algo menor del milímetro.

El ajustador, llamado así por obrar como cierre de la celda de permeabilidad, es macizo y de acero. Su calibre es de tal forma que pasa rozando las paredes del cilindro de la celda de permeabilidad y solo permite el paso del aire por una angostura plana realizada tangencialmente a lo largo del ajustador; esta angostura tiene la superficie plana de unos 3,5 mm. de largo. El ajustador entra dentro de la celda de permeabilidad unos 47 mm. y su longitud total es de 60 mm. La cabeza del ajustador, que se sienta sobre la parte superior de la celda de permeabilidad, tiene un pequeño diente rebajado a fin de permitir el paso del aire por la angostura tangencial del mismo. El cuello de unión entre el cilindro ajustador y su cabeza que sobresale al exterior es de diámetro inferior y hace las veces de cámara de aire.

El tubo de vidrio en U tiene las dimensiones siguientes, aproximadas: Alto de los tubos desde el vértice inferior hasta los extremos 34,5 cm. y 31 cm.; diámetro aproximado del tubo 6,75 mm. y en la parte de unión con la celda de permeabilidad que es de forma tronco-cónica tiene sus bases 16 y 19 mm. de diámetro interior. La separación entre los brazos en U es de 11 mm.

El tubo de vidrio tiene cuatro señales de enrase todas en la misma columna. La primera de abajo sirve como nivel del líquido. Las dos siguientes para medida de la permeabilidad y la superior indica hasta donde ha de subir el líquido a fin de

provocar la depresión. Las distancias entre ellas contando desde el engrase superior es: Entre la primera y la segunda 4 cm.;- entre la segunda y la tercera 5,5 cm.; entre la tercera y la cuarta 1,5 cm. Desde el vértice inferior del tubo en U hasta la primera señal inferior hay unos 15 cm.

El líquido que se ponga en los tubos en U pueden ser varios pero es preferible que sea un aceite mineral liviano de baja presión de vaporización como el Stanolax americano, o bien el ftalato de butilo normal. A falta de estos puede usarse un lubricante de ligerísima viscosidad que se coloreará con algún pigmento a fin de apreciar mejor el movimiento del líquido en dichos tubos.

El conjunto del aparato se sujeta a un soporte que lo mantiene vertical.

Consideraciones teóricas.-

Teóricamente la deducción de este aparato partió de unos principios y ecuaciones que si bien son de sencillo final, para su deducción, un poco entretenida y larga, se han tenido que basar en infinidad de principios é hipótesis cuya exposición detallada sería tediosa en un artículo que sólo tiene por finalidad presentar la novedad. Generalmente parten de la ecuación de Carman que relaciona la superficie específica con la permeabilidad. Esta es:

$$S_o = \sqrt{\frac{g}{k K_v} \cdot \frac{e^3}{(1 - e)^2}} = 14 \sqrt{\frac{1}{K_v} \cdot \frac{e^3}{(1 - e)^2}}$$

en la que g es la aceleración de la gravedad; k es una constante hallada por Carman que suele tener el valor de 5; K es la permea

bilidad, o sea, aparente velocidad lineal de movimiento del líquido en cm./seg. por unidad gradiente hidráulica; e es porosidad, o sea, volumen del espacio de poros por unidad de volumen del depósito ó cama; ν es la viscosidad cinemática del fluido en Stokes - en $\text{cm}^2/\text{seg.}$; y S_0 es el área superficial por unidad de partículas en cm^2 por cm^3 .

Después de muchas salvaduras, consideraciones, etc. etc. llega a una expresión final sumamente simplificada que en la práctica es completamente cierta.

$$S_w = K \sqrt{T} \quad \text{donde}$$

S_w es la superficie específica o área de superficie en centímetros cuadrados por gramo; K es una constante y T es el tiempo.

Práctica de una Permeabilidad.

Para realizar una determinación de permeabilidad ó aero permeabilidad se procede de la siguiente manera:

Se pesan exactamente y con sumo cuidado 2,8 grs. de cemento. Se toma la celda de permeabilidad o cámara de polvos, se quita el ajustador, se cerciora de la buena colocación del disco agujereado y sobre éste se pone un papel de filtro, de calidad escogida siempre igual, cuidando de que esté bien ajustado al su dicho disco. Sobre este papel de filtro, y con ayuda de un em budo de cuello ancho, se pone el cemento procurando que no se pierda ninguna partícula. Sobre el cemento se pone otro filtro - de la misma calidad anterior cuidando que no quede cemento sobre su cara vista; Este papel de filtro se puede poner con ayuda del ajustador. Una vez cerciorados de su buena colocación se pone el

ajustador hasta el completo contacto con la celda de permeabilidad presionando con los dedos si es necesario.

Entre el disco agujereado y el ajustador queda un volumen muy cerca de 1,83 centímetros cúbicos suficiente para el contenido de la cantidad de cemento de la prueba.

Se coloca el conjunto de la celda de permeabilidad, en el extremo tronco cónico del tubo en U ajustándolo convenientemente a fin de privar el paso de aire a través de la junta. Con ayuda de la pera de succión, y abriendo la llave de paso, se extrae el aire para que el líquido suba hasta la última señal de enrarse; se cierra la llave de paso y se ajusta bien para privar el paso del aire que daría errores en la práctica. Cuando desciende el líquido por el tubo en U, y con ayuda de un cuenta segundos, se toma el tiempo que transcurre en el paso del menisco del líquido entre las dos señales de enrarse siguientes o sea la segunda y la tercera. Dada la rapidez de la operación es bueno repetir el paso del aire a través de la misma cantidad de cemento a fin de cerciorarse de la constancia del tiempo tomado en la prueba; Para este segundo pase del aire no precisa tocar nada fuera de volver a succionar con la pera y ajustar bien la llave como en el caso anterior. Si la lectura del tiempo es la misma las dos veces, se da por concluido el experimento. Se saca la celda de permeabilidad, se limpia con ayuda de algún pincel y, se deja preparada y limpia para las nuevas determinaciones posteriores.

A la cifra del tiempo transcurrido se le extrae la raíz cuadrada y se le multiplica por el factor de constancia del aparato y filtro. O sea, se emplea la fórmula antes mencionada de:

$$S_w = K \sqrt{T}$$

Determinación de constantes.-

Con esta última fórmula es posible calcular la superficie específica siempre y cuando conozcamos el valor de la constante K , que depende de cada aparato, calidad del líquido, filtros usados, etc. etc. pero, teniendo un cemento patrón de superficie específica y permeabilidad Blaine conocidas, ó un cemento cualquiera al que conozcamos esos mismo datos, nos será fácil hallar el valor de la incógnita, siempre constante para posteriores determinaciones empleando iguales filtros y en las mismas condiciones del aparato.

Para la determinación de esta constante se pesan exactamente 2,8 grs. del cemento patrón, ó del cemento que conozcamos su permeabilidad y superficie específica, y con él, obramos de la forma anteriormente explicada para realizar una simple permeabilidad. Conociendo el tiempo en segundos que tarda en pasar el líquido del permeabilmetro entre las dos señales fijas del tubo en U , y la superficie específica o permeabilidad del cemento ensayado, se calcula el valor de la constante K por simple división entre la S_w y \sqrt{T} .

Ejemplo práctico.-

Sea un aparato nuevo del que se desconoce el valor de la constante K é interesa ponerlo un marcha para la determinación y control de superficies específicas de cada hora en los molinos de cemento.

Para ello disponemos de un cemento del cual le conocemos su permeabilidad Blaine y su superficie específica Wagner:

Sea el área de superficie	Wagner	1780 cm ² /gr.
	Blaine	3230 cm ² /gr.

Escojemos la calidad de filtros que habremos de usar posteriormente en todas las determinaciones horarias de los molinos de cemento y con una matriz adecuada preparamos éstos al tamaño requerido de unos 13,10 mm., suficientes para cubrir el diámetro interior de la celda de permeabilidad sin sobrar nada en su ruedo. Pesamos los consabidos 2,8 grs. del cemento tipo, ponemos un filtro en la celda de permeabilidad, colocamos el cemento pesado anteriormente y, sobre éste, otro filtro de los preparados con la matriz anterior. Colocamos el ajustador, montamos el aparato y hacemos la permeabilidad corriente.

Sabiendo el tiempo, por ejemplo 74 segundos, se aplica la fórmula conocida y se obtiene:

$$K_{W.} = \frac{1780}{\sqrt{74}} = \frac{1780}{8,6023253} = 206,9$$
$$K_{Bl.} = \frac{3230}{\sqrt{74}} = \frac{3230}{8,6023253} = 375,4$$

Luego para las determinaciones posteriores corrientes de superficies específicas se multiplicará la raíz cuadrada del tiempo por el factor 206,9 y obtendremos la equivalencia de superficie específica Wagner. Para la superficie Blaine se multiplicará la raíz cuadrada del tiempo por el factor 375,4.

Precauciones.-

La primera y principal precaución es la pesada exacta en todas las determinaciones corrientes así como el procurar no perder ninguna partícula de cemento durante la operación.

Otra importante precaución es la buena colocación de los filtros a fin de que todo el cemento este contenido entre ellos. El filtro en contacto con el disco agujereado se procurará ajustarlo perfectamente a éste, si es preciso con ayuda de algún palito plano en su extremo.

Para las determinaciones corrientes es bueno entrenar a los operadores en las pesadas, colocación del cemento y filtros en la celda de permeabilidad, ajuste del aparato y visión de meniscos.

- - -

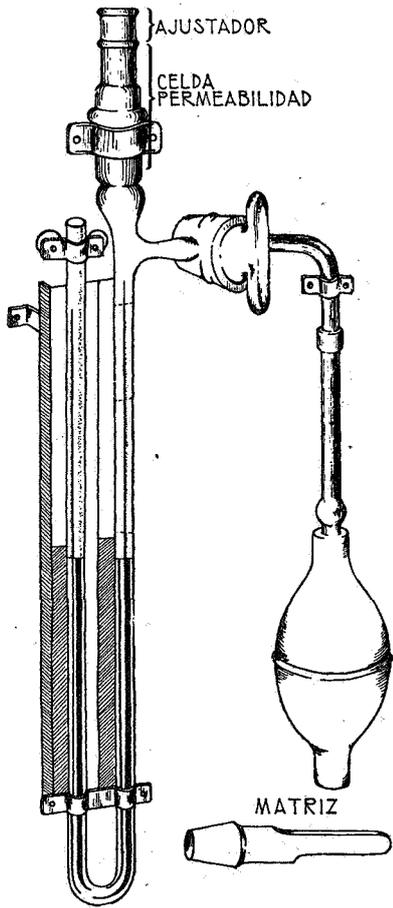


Fig. 1.

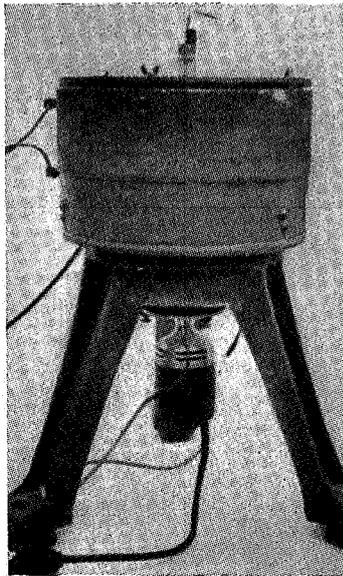


Fig. 2.

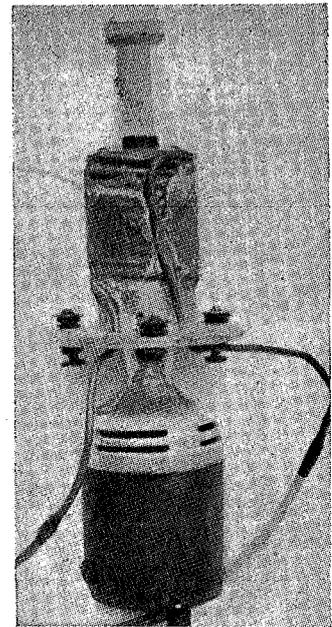


Fig. 3.

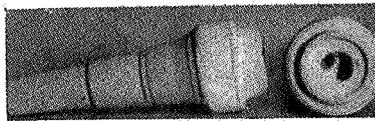


Fig. 4.

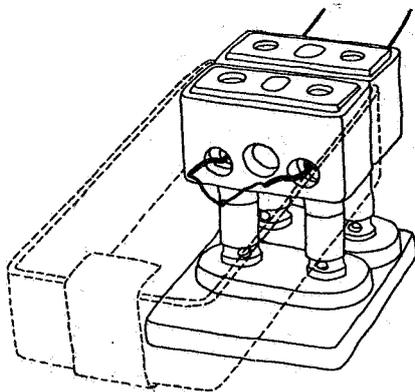


Fig. 5.

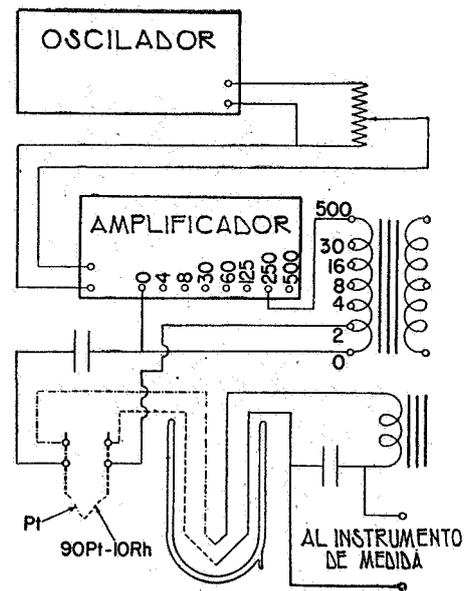


Fig. 6.