

MEDIDOR MANOMÉTRICO DE FLUJO PARA PEQUEÑOS VOLÚMENES DE GAS

Arnaldo González Arias

Universidad de La Habana

RESUMEN

Se discute la conveniencia de utilizar flujos de pequeño volumen al controlar la atmósfera a altas temperaturas y se describe un medidor capaz de trabajar satisfactoriamente en estas condiciones.

ABSTRACT

The convenience of using small gas fluxes when controlling atmosphere at high temperatures is discussed. A flux-meter able to work in such conditions is described.

En ocasiones, es indispensable medir pequeños flujos gaseosos en el laboratorio con determinada precisión. Por ej., durante la síntesis y tratamiento térmico de ciertos tipos de ferritas /1,2/ es necesario controlar el grado de oxidación de las muestras si se desea que el material obtenido como resultado de la síntesis tenga características determinadas. Este control se lleva a cabo regulando la presión parcial de oxígeno dentro del horno, y uno de los métodos más simples que se puede utilizar para obtener una presión parcial dada -y que necesita pocos recursos- consiste en establecer un flujo de gases de composición conocida a través de la cámara de trabajo del horno.

La influencia de la presión parcial de oxígeno durante la sinterización y el período posterior de enfriamiento de las muestras puede llegar a ser de gran importancia; las variaciones de la composición del gas dentro de un pequeño por ciento pueden originar variaciones apreciables en las propiedades del material producto. La composición óptima de la atmósfera durante el período de sinterización puede llegar a ser de solamente unas pocas partes de oxígeno por cada cien de gas inerte /3/. En el caso que la cámara de trabajo del horno sea pequeña y el gas se introduzca en la misma con una temperatura inicial del orden de la temperatura ambiente, como ocurre muchas veces en la práctica, el flujo total también debe ser pequeño; de lo contrario se

pueden originar gradientes de temperatura indeseables dentro del horno. Los medidores comerciales de flujo que aparecen en los catálogos más comunes no poseen generalmente sensibilidades por debajo de los 0.3-0.5 litros/minuto y, por ejemplo, para obtener una composición del orden del 5% de oxígeno en volumen en la cámara de trabajo, utilizando estos medidores a la presión de una atmósfera, es necesario añadir gas inerte hasta obtener un flujo total de 6-10 litros/min (un litro de gas cada 6-10 segundos). Se calcula fácilmente que la potencia necesaria para mantener el régimen dinámico de calentamiento del gas en estas condiciones, desde la temperatura ambiente hasta 1000 grados centígrados, es del orden de 0.12-0.2 kilowatts; si el gas es monoatómico el resultado es algo menor. Este valor no es despreciable si se tiene en cuenta que la energía no se consume de manera uniforme dentro del horno, sino en mucho mayor grado en la zona cercana a la entrada del gas.

Además de la ventaja de evitar los posibles gradientes de temperatura dentro del horno, el utilizar flujos de pequeña magnitud presenta ventajas manifiestas desde el punto de vista económico, sobre todo cuando es necesario llevar a cabo un gran número de determinaciones. A continuación se describen las características y comportamiento de un medidor capaz de detectar flujos de 0.02 litros/min y aún menores. Aunque el principio de funcionamiento está basado en medidas manométricas de la presión, éste difiere sustancial

mente de los métodos más comunes conocidos, en los que se utiliza la presión dinámica y no la estática como base del funcionamiento /4/.

Según Poiseuille /5/, el gasto del líquido que fluye a través de una tubería de radio r y longitud L , estando sometidos sus extremos a una diferencia de presión ΔP , viene dado por

$$G = \frac{\pi \Delta P r^4}{8L \eta}$$

dónde η es el coeficiente de viscosidad del líquido considerado. Esta expresión es válida solamente cuando el régimen es laminar, no turbulento, y no es válida para los gases, donde la variación de la densidad con la presión no es despreciable, como ocurre en el caso de los líquidos. Sin embargo, para pequeñas diferencias de presión, es posible obtener un estimado del comportamiento de un gas en condiciones similares a las que refleja la ley de Poiseuille. Sobre la base de estos razonamientos se ha diseñado el medidor que aparece en la figura 1.

Al establecerse una diferencia de presión ΔP entre los extremos del capilar, ésta es detectada por el manómetro, cuya lectura puede calibrarse midiendo el tiempo que demora el gas que sale por el capilar en desplazar un volumen determinado de líquido. La diferencia del diámetro de los

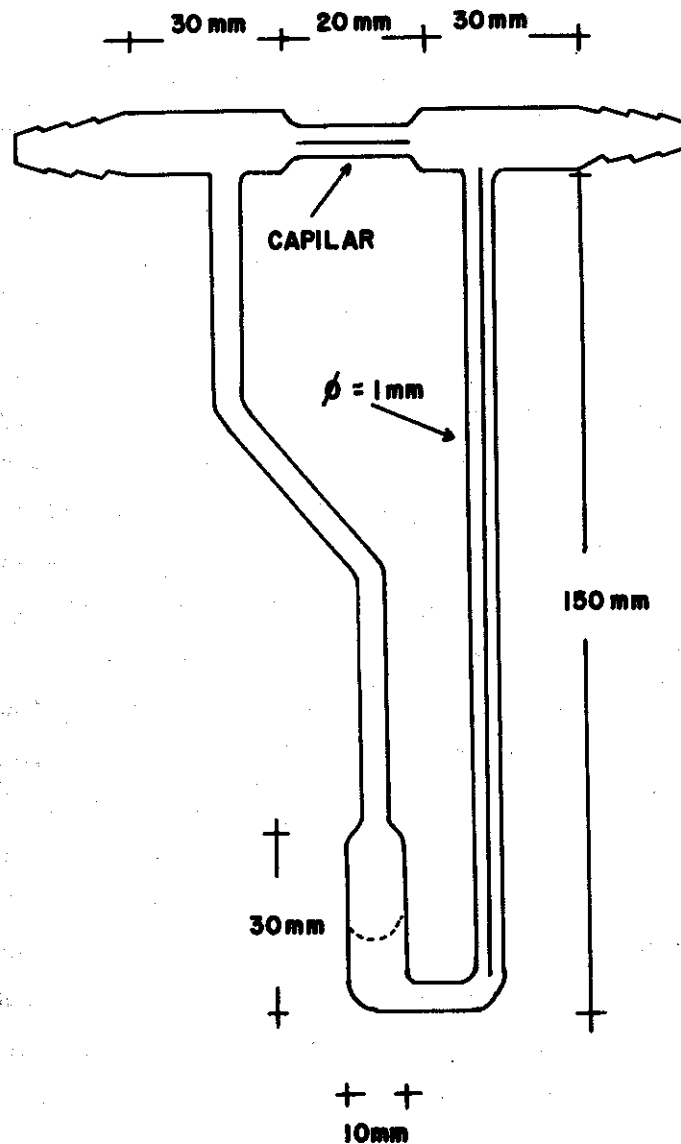


Figura 1

brazos del manómetro facilita las lecturas, ya que el nivel del líquido en el brazo de mayor diámetro prácticamente no se altera al variar la diferencia de presión en los extremos del capilar. En las figuras 2 y 3 se muestran las curvas de calibración para medidores de flujo con capilares de 0.6 y 0.4 mm de diámetro respectivamente, utilizando nitrógeno ($\eta \approx 180$ micropoises a 30°C) y aceite de silicona para bombas difusoras de alto vacío como líquido manométrico. Las lecturas presentan muy buena reproducibilidad, siempre y cuando se tome la precaución de esperar un tiempo prudencial entre lectura y lectura para que la presión se estabilice, así como para que el aceite alcance su posición de equilibrio. Para regular estos flujos tan pequeños es indispensable utilizar una llave de aguja de buena calidad.

En el gráfico de la figura 2 el orden de error máximo en las lecturas fue de 4-5 mililitros/min, que se corresponde con el límite de apreciación visual de la escala manométrica (aproximadamente 0.5 mm). Para un flujo de 200 ml/min esto representa entre un 2 y un 2.5% de error. En el caso del capilar de 0.4 mm de diámetro, cuya curva de calibración aparece en la fig. 3, los 0.5 mm de la escala manométrica se corresponden con 1 ml/min, lo que representa un error de un 5% para un flujo de 20 ml/min. No es posible disminuir el diámetro del capilar indefinidamente; en el caso del capilar de diámetro 0.4 mm la reproducibilidad fue deficiente por

encima de los 60 ml/min, debido posiblemente al establecimiento de un régimen de flujo turbulento en el capilar.

Se agradece la colaboración de P. Rodríguez, del taller de vidrio de la Facultad de Física-Matemática de la Universidad de La Habana, así como el interés mostrado en este trabajo por parte de los compañeros F. Quevedo y F. Calderón, del grupo de ferritas del Dpto. de Metales de esta Facultad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Smit J., Wijn H.P.J.: Ferritas, Biblioteca Técnica Phillips, 1965.
2. Hagenmüller P., Preparative Methods in Solid State Chemistry, 487, Academic Press, 1972.
3. Takama et al., Journal de Physique 38, C1-349, 1977.
4. Streeter V. L., Mecánica de los fluidos, Ediciones del Castillo, Madrid, 1963.
5. Frisch S., Timoreva A.: Curso de Física General, tomo 1, Editorial Mir, 1967.

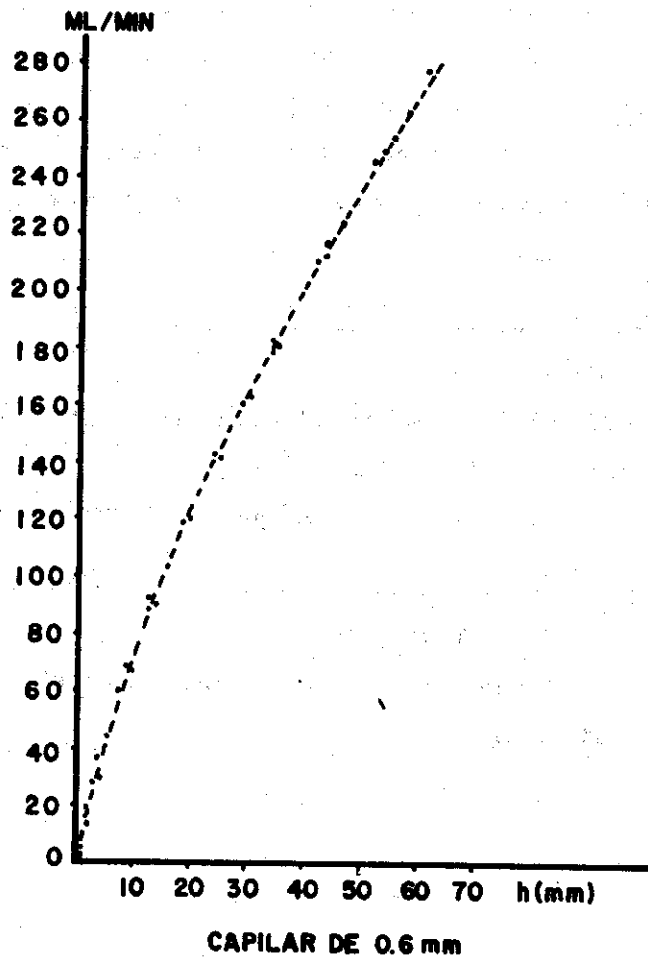


Figura 2

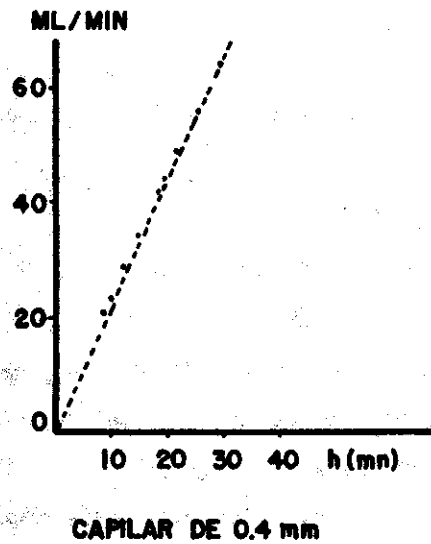


Figura 3

II SIMPOSIUM NACIONAL DE LA SOCIEDAD CUBANA DE FÍSICA

En el próximo mes de Enero se celebrará el II Simposium de la Sociedad Cubana de Física en las temáticas:

- Física Nuclear
- Física Teórica
- Física de los dispositivos semiconductores.
- Geofísica
- Física de los Metales.
- Optica y Espectroscopia
- Enseñanza de la Física

En el evento se celebrarán conferencias y mesas redondas sobre temas de actualidad en la Física.

Participa como ponente o delegado.

Próximamente saldrá una información más amplia sobre el Evento.

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

- Los artículos se presentarán en dos ejemplares mecanografiados a dos espacios en hojas de $8\frac{1}{2} \times 11$ (cortas).
- Los gráficos se adjuntarán en papel alba, por separado, de esta forma se remitirán las fotos y las tablas, debiendo tener todos leyendas que los hagan comprensibles.
- Las citas se enumerarán por orden de aparición. Se relacionarán al final consignando el autor, título de la publicación, editora y fecha de edición. Por ejemplo:
3. L. García Phys. Rev. A 13 1633 (1975).
- Por razones de espacio la longitud máxima de los artículos será de 14 páginas y las comunicaciones cortas de 4.
- Los artículos se estructurarán de la siguiente forma:
Título, nombre de los autores, institución donde labora, resumen en español e inglés, título en inglés, introducción, desarrollo del tema, conclusiones, citas bibliográficas, fotos, tablas y gráficos.

Los artículos, pueden ser enviados, para su publicación a:

C.D. Juan Fuentes
Facultad de Física Matemática
Universidad de La Habana