BOLETIN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
Cerámica y Vidrio
ARTICULO

Puesta a punto de un horno de fibrado de laboratorio para la obtención de fibra de vidrio

A. DE PABLOS, A. DURÁN, M.I. NIETO
Instituto de Cerámica y Vidrio, C.S.I.C., Arganda del Rey 28500, Madrid

En el presente trabajo se aborda la puesta a punto de un horno de obtención de fibra de vidrio a escala de laboratorio, y se estudian las condiciones de fibrado de diferentes vidrios en función de su viscosidad, de la temperatura y de la velocidad de extracción. A partir de los resultados obtenidos, se discute la influencia de los diferentes parámetros en el diámetro de las fibras obtenidas y se expone la metodología que permite la optimización del proceso.

Palabras clave: fibra de vidrio, horno de fibrado

Adjusting of a laboratory filature furnace for obtaining fibreglass

In this work, the adjusting of a laboratory filature furnace to obtain fibreglass is studied, together with the conditions of fibring for different glasses as a function of the viscosity, temperature and withdrawal rate. The effect of the different parameters on the fibreglass diameter is discussed from these results, exposing the methodology that allows the optimizing of the process.

Key words: fibreglass, filature furnace

1. INTRODUCCIÓN

Si se analizan las tendencias actuales dentro del área de los materiales, se puede destacar como una de las grandes líneas de investigación la relativa al diseño y obtención de materiales compuestos reforzados con fibras. En este amplio grupo se encuentran los FRP (fibre-glass reinforced polymers) y los GRC (glass fibre reinforced cement), en los que el reforzamiento es de fibra de vidrio.

Según la aplicación del material compuesto en cuestión, se requieren diferentes características de las fibras a utilizar. Así, en el caso de los FRP, cuyas aplicaciones fundamentales se encuentran tanto en la industria automovilística, aeroespacial, naútica y de material deportivo, como en la fabricación de soportes para componentes electrónicos, se requieren buenas propiedades mecánicas o propiedades eléctricas adecuadas (1,2).

La problemática de los GRC es bien diferente, ya que se requiere que las fibras presenten, además de unas buenas propiedades mecánicas, una alta resistencia alcalina, puesto que el medio fuertemente básico del cemento las ataca con el tiempo, degradándose las propiedades mecánicas iniciales del material obtenido, tal y cómo se describe ampliamente en la bibliografía (3,4).

En ambas aplicaciones se utiliza fibra obtenida por el método clásico de fibra continua, cuyo diámetro puede variar entre 5 y 25 μm.

En todos los casos, resulta imprescindible que, junto a las propiedades requeridas, se determinen y efectúen los tratamientos superficiales adecuados, que permitan la incorporación de los agentes de acoplamiento para los FRP, o que incrementen la resistencia alcalina en el caso de los GRC.

En el desarrollo de los FRP, está perfectamente definida y seleccionada la fibra de vidrio E como la idónea para su aplicación, tanto por sus propiedades mecánicas, como por las eléctricas. Las líneas de investigación se centran, por tanto, en la modificación superficial y el estudio de las interfases creadas entre la fibra de vidrio, el agente de acoplamiento y la matriz (5).

En cuanto a los GRC, se ha registrado una gran actividad de investigación y desarrollo en los últimos 15 años (6,7), ya que la introducción de ZrO_2 en la composición de vidrio, necesaria para alcanzar la resistencia alcalina requerida, eleva la viscosidad del vidrio y con ella, las temperaturas de fusión y de fibrado del mismo, lo que encarece el producto. Por esta razón, las investigaciones se centran, tanto en el desarrollo de nuevas composiciones, como en los tratamientos y recubrimientos de las fibras obtenidas, para su protección frente al medio generado por el cemento.

La otra gran aplicación de la fibra de vidrio abarca el campo de la fibra óptica. La utilización de fibras aisladas o conjuntos de fibras ópticas permite por ejemplo: transportar la luz a través de ejes flexibles, permitiendo la iluminación de regiones inaccesibles a la visión directa, modificar el perfil de una superficie de imagen, recibir y transportar la luz a grandes ángulos con alto rendimiento fotométrico, actuar como guía de onda activa o pasiva, propagar y/o acoplar entre fibras adyacentes la energía bajo la forma de modos discretos de guías de onda.

Entre las aplicaciones destacan las del campo de la medicina (cirugía, cauterización, diagnósticos IR, tomografía interna, técnicas de imagen: endoscopias, gastroscopias, etc.), las medidas de corriente de alta tensión, metrología, procesos láser, sensores, óptica no lineal, codificación, etc. Sin embargo, la aplicación más importante se encuentra en el área de las telecomunicaciones. La saturación de los canales de microondas

por el desarrollo de la red de TV e informática se resuelve utilizando frecuencias cada vez más elevadas; los sistemas de gran capacidad funcionan entre 10^9 y 10^{12} Hz y es necesario pasar a $\nu \sim 10^{15}$ Hz. Los problemas que se plantean son la fuente de luz y la trasmisión de la señal luminosa. El láser aporta la solución al primer problema y el empleo de fibras ópticas es la mejor solución al segundo, siempre que se mejore la transparencia de las mismas, disminuyendo al mínimo la atenuación (8,9).

Tecnológicamente, la producción de estas fibras es complicada y sus características dependen fuertemente tanto de la homogeneidad de la composición como del proceso de producción de las mismas. El espesor de las fibras se sitúa entre 50 y 200 μm y, dependiendo de su composición, pueden usarse como elementos pasivos - transmisores de luz o imagen - o activos, como en el caso de fibras láser.

Por todo lo expuesto, resulta de la mayor importancia para la investigación en el campo de los materiales vítreos y compuestos, disponer de un equipo para la obtención de fibra de vidrio a nivel de laboratorio. Esto permitirá estudiar la mejora de las distintas propiedades buscadas en función de sus aplicaciones, junto a la optimización de las condiciones de fibrado en distintos sistemas de composición.

Un horno de estas características ha sido desarrollado en la Stazione Sperimentale del Vetro de Murano (10). Se trata de un equipo constituido esencialmente por un crisol monohilera de platino-rodio insertado entre los terminales del circuito secundario de un transformador con regulación por dispositivos eléctricos y electrónicos. Teniendo en cuenta la experiencia de este laboratorio se encargó la construcción de un horno similar a los mismos fabricantes (Rigamonti Aldo & Figli s.n.c. Via delle Industrie, 8. 22060 Sirtori (Co.), introduciendo mejoras importantes en los mecanismos de regulación, ahora enteramente electrónicos, y también un dispositivo para la producción de fibra gruesa.

El objetivo de este trabajo ha sido la puesta a punto, calibración y estudio de las condiciones de fibrado de este horno de producción de fibra de laboratorio.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Diseño del horno de fibrado de vidrio

El equipo para producción de fibra continua de vidrio está constituido por un crisol monohilera de platino-rodio insertado entre los terminales del circuito secundario de un transformador, que trabaja con tensiones de 1 a 2 V y corrientes entre 500 y 1500 A. La regulación electrónica asegura un calentamiento uniforme del crisol hasta 1650°C con $\Delta T = \pm 1$°C, con visualización digital de la temperatura. El crisol, construido en una aleación de Pt-Rh con alta resistencia a la deformación, tiene en el fondo un orificio por el cual sale el flujo de vidrio que asegura la constancia dimensional rigurosa del filamento. El termopar, de Pt/Pt-Rh 90/10, se sitúa muy cerca de este orificio para controlar la temperatura real del vidrio en el momento de fibrar, Figura 1. La armadura de cobre que sostiene el crisol se encuentra refrigerada por agua, Figura 2.

La regulación de las distintas funciones del equipo - regulación y control de la temperatura, control de la velocidad de giro, condiciones de seguridad - es totalmente electrónica. Las foto de la Figura 3 muestra el equipo completo.

Desde el punto de vista del proceso de fibrado, el diámetro

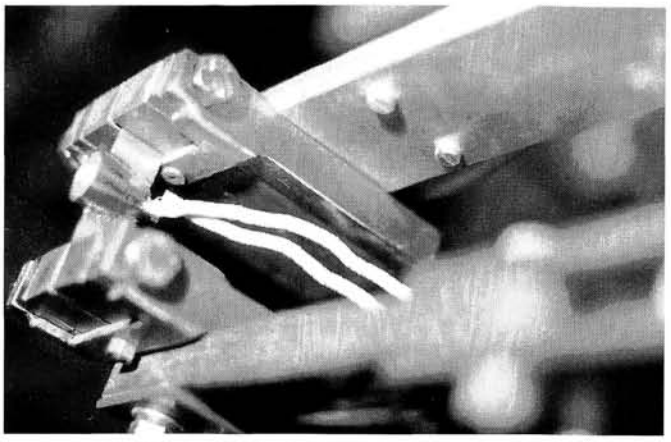


Fig. 1. *Detalle del crisol de fibrado y termopar de control.*

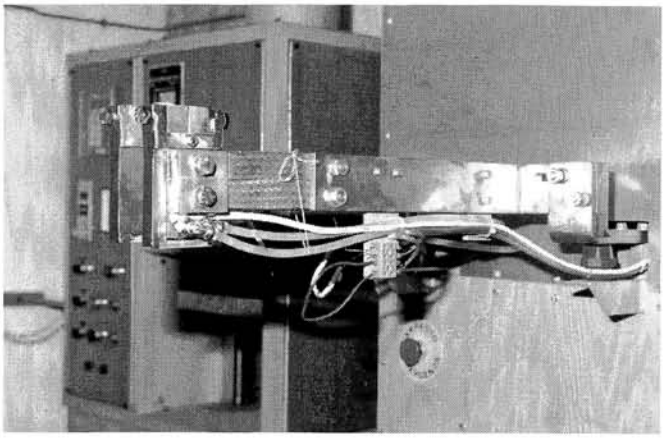


Fig. 2. *Armadura de cobre y sistema de refrigeración.*

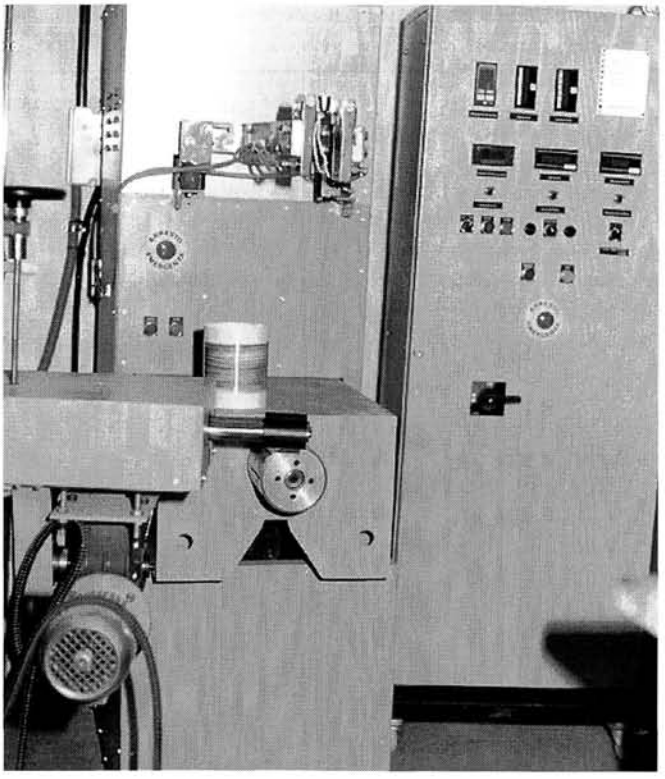


Fig. 3. *Horno de fibrado con sus accesorios y sistema de control electrónico.*

de la fibra de vidrio obtenida depende de los siguientes parámetros:

- diámetro del orificio
- composición del vidrio
- temperatura del vidrio
- forma y diseño del crisol
- velocidad del tambor sobre el cual se enrolla la fibra
- nivel del vidrio en el crisol

El diámetro del orificio de salida se ha diseñado teniendo en cuenta el intervalo de diámetros de fibra que se quieren obtener (entre 5 y 400 µm), a partir de la experiencia adquirida en el laboratorio de la SSV de Murano, básicamente con vidrio E. La elección de la forma y diseño del crisol también se ha basado en la experiencia de este laboratorio.

La variación de la velocidad de fibrado se rige a través de un tambor de 12,5 cm de diámetro, colocado a 50 cm del orificio del crisol, que gira con velocidad constante entre 100 y 5000 rpm en el caso de fibra continua fina. El dispositivo para producir fibra gruesa (50-400 µm) consta de un reductor de velocidad - 5 y 30 rpm - y el flujo de vidrio pasa entre dos rodillos de caucho en lugar de enrollarse sobre el tambor. Detalles de ambos sistemas de tracción se muestran en la Figura 4.

El nivel de vidrio en el crisol debe mantenerse constante mediante una alimentación regular del mismo con fragmentos de vidrio. Es necesario asegurar tras cada carga el perfecto afinado y homogeneización del vidrio antes de comenzar el fibrado para evitar la aparición de burbujas o defectos en la fibra.

El efecto de la composición del vidrio, de la temperatura del horno y de la velocidad de giro se determina para cada vidrio particular. La calibración del equipo debe hacerse con varios vidrios utilizados como patrón y es conveniente repetirlo regularmente para comprobar las condiciones tanto del equipo como del crisol.

2.2. Determinación de las condiciones de fibrado

Los vidrios utilizados para el estudio de las condiciones de fibrado y puesta a punto del horno, son dos vidrios industriales, vidrio E y vidrio calcosódico, y un vidrio experimental, con buena resistencia alcalina, diseñado con el fin de estudiar su posible utilización en GRC. La composición nominal de todos estos vidrios se recoge en la Tabla I.

La determinación de las curvas de viscosidad-temperatura de los tres vidrios se ha efectuado utilizando un microscopio de alta temperatura Leitz, con probetas confeccionadas por

TABLA I. COMPOSICIÓN DE LOS VIDRIOS ESTUDIADOS

	Vidrio E	Vidrio C	Vidrio GNA
SiO_2	55.2	72.0	63.0
Al_2O_3	14.8	2.5	---
B_2O_3	7.3	0.5	---
ZrO_2	---	---	17.0
MgO	3.3	0.9	2.4
CaO	18.7	9.0	7.6
Na_2O	0.3	12.5	10.0
K_2O	0.2	1.5	---
Fe_2O_3	0.3	0.5	---
F_2	0.3	---	---

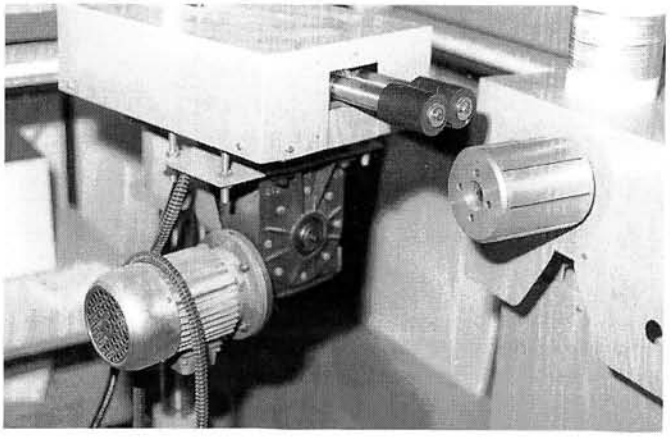


Fig. 4. *Detalle de los dos dispositivos para la obtención de fibra fina y gruesa.*

TABLA II. VALORES DE LAS TEMPERATURAS CORRESPONDIENTES A LOS PUNTOS DE VISCOSIDAD

log [viscosidad (dPas)]	10	6.0-7.6	4.2-4.5	3.0-3.5
Vidrio E	805	892	1015	1147
Vidrio C	670	767	996	1176
Vidrio GNA	800	900	1100	1260

presión de las muestras en polvo, y de acuerdo con la metodología descrita por Scholze (11). Siguiendo este sistema y utilizando un vidrio patrón, DGG-1, de curva de viscosidad conocida, es posible fijar las temperaturas correspondientes a cuatro puntos de viscosidad, definidos como: principio de contracción (10^{10} dPas), reblandecimiento (10^{6}-$10^{7.6}$ dPas), semiesfera ($10^{4.2}$-$10^{4.7}$ dPas) y fluidez ($10^{3.0}$-$10^{3.5}$ dPas). Los valores así determinados se presentan en la Tabla II.

Puesto que la viscosidad adecuada para fibrar se encuentra fuera del intervalo de viscosidades caracterizado por este método, es necesario establecer una ecuación que se ajuste a las curvas obtenidas, con objeto de extrapolar el valor de la temperatura correspondiente a una viscosidad entre $10^{2.3}$ y $10^{2.7}$ dPas. De las diferentes ecuaciones que intentan reproducir la variación experimental de la viscosidad con la temperatura, la ecuación de Vogel-Fulcher-Tamman (12), o en abreviatura ecuación VFT, es la más utilizada, porque, siendo sencilla, representa con bastante exactitud la curva de variación de la viscosidad con la temperatura de los vidrios, por debajo del punto de Littleton (viscosidad = $10^{7.6}$ dPas).

La expresión de dicha ecuación es:

$$\log \eta = A + \frac{B}{T-T_o} \qquad [1]$$

A partir de los datos de viscosidad - temperatura, se han calculado los parámetros A, B y T_0 de las curvas VFT correspondientes a los tres vidrios estudiados, con los resultados siguientes:

VIDRIO E:

$$\log \eta = -1{,}544 + \frac{4197}{T-270{,}8} \qquad [2]$$

VIDRIO C:

$$\log \eta = -2{,}032 + \frac{3700{,}16}{T-468{,}1} \qquad [3]$$

VIDRIO GNA:

$$\log \eta = 0{,}445 + \frac{1374{,}5}{T-761} \qquad [4]$$

Los datos obtenidos por este método han sido comprobados tomando como referencia las curvas viscosidad-temperatura determinadas con un viscosímetro de alta temperatura Haake RV20 en la Stazione Sperimentale del Vetro.

A partir de estas curvas, se han determinado los intervalos de temperatura adecuados para la obtención de fibras de los tres vidrios, que se recogen en la Tabla III.

TABLA III: VALORES DE LAS TEMPERATURAS EN EL INTERVALO ADECUADO PARA EL FIBRADO

Viscosidad (dPas)	$10^{2.3}$	$10^{2.7}$
Vidrio E	1325	1250
Vidrio C	1350	1250
Vidrio GNA	1500	1375

Para cada vidrio, se ha procedido a la obtención de fibras a distintas temperaturas comprendidas en los intervalos expuestos y para cada temperatura se han seleccionado diferentes velocidades de extracción, reguladas por la velocidad de giro del tambor, con objeto de determinar la influencia de ambos parámetros en el diámetro de la fibra obtenida.

2.3. Medida del diámetro de las fibras

El diámetro de las fibras obtenidas se ha medido utilizando un Analizador de Imagen IMAGIST V6, Princeton Gamma-Tech Ind., que toma los datos directamente de la imagen obtenida mediante un microscopio óptico de luz reflejada, Zeiss, modelo H-P1. Un ejemplo se recoge en la Figura 5.

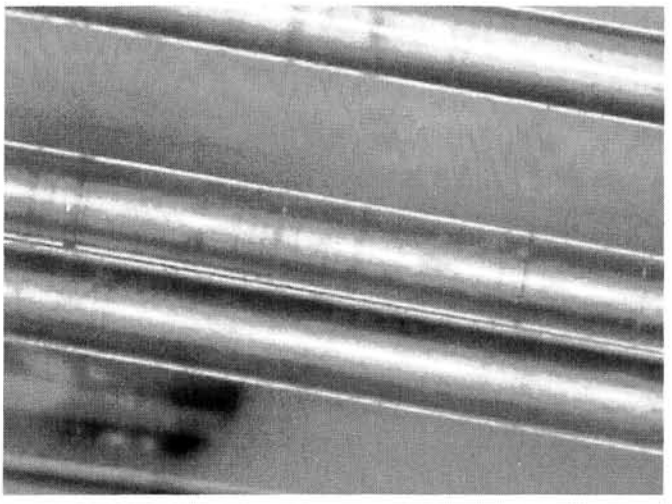


Fig. 5. *Fotografía obtenida por MOLR de fibras delgadas.*

De cada una de las condiciones seleccionadas de temperatura y velocidad de extracción, se han medido entre 10 y 15 fibras, efectuándose 3 o 4 determinaciones de cada fibra. Las dispersiones calculadas son inferiores al 4% para las fibras de menor diámetro (7-25 μm) y ~2% para las fibras más gruesas (150-350 μm).

3. RESULTADOS

En la Figura 6 se representan las curvas viscosidad - temperatura calculadas según la ec. VFT de los tres vidrios, en el intervalo de viscosidad entre 10^5 y 10^2 dPas.

La Figura 7 recoge las variaciones del diámetro de las fibras en función de las diferentes velocidades de giro, a las temperaturas seleccionadas para los tres vidrios estudiados.

El análisis de estas curvas muestra que, en todos los casos, según se incrementa la velocidad de giro del tambor, el diámetro de la fibra obtenida disminuye con un hábito aproximadamente hiperbólico. Puesto que, a una temperatura fija, la viscosidad de cada vidrio permanece constante, la cantidad de vidrio que se extrae ha de ser constante. De hecho, Barbon et al.

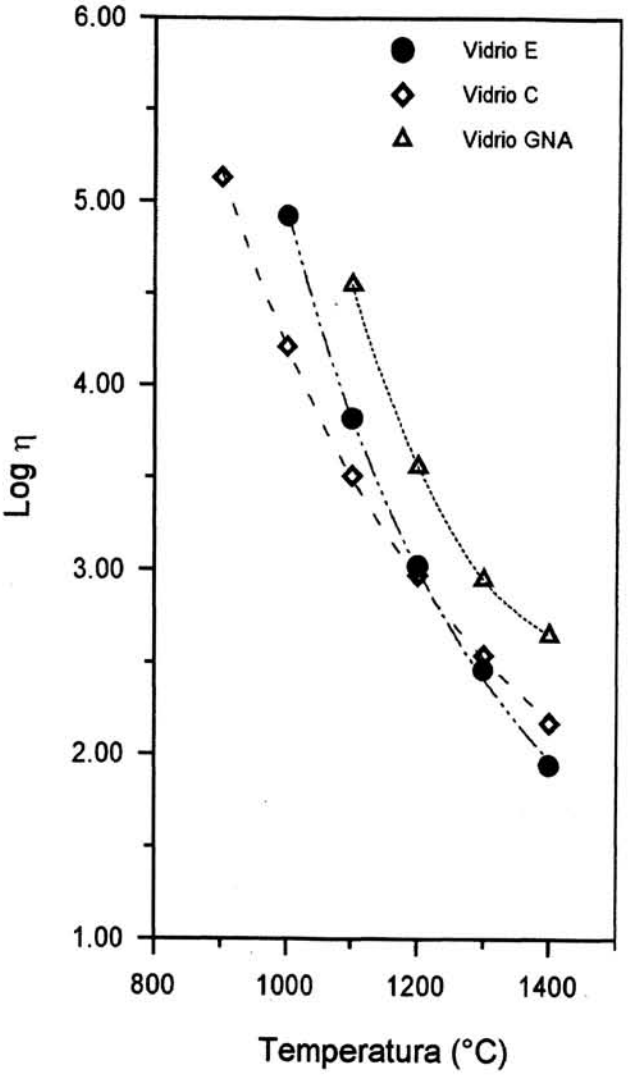


Fig. 6. *Curvas viscosidad-temperatura de los vidrios E, C y GNA.*

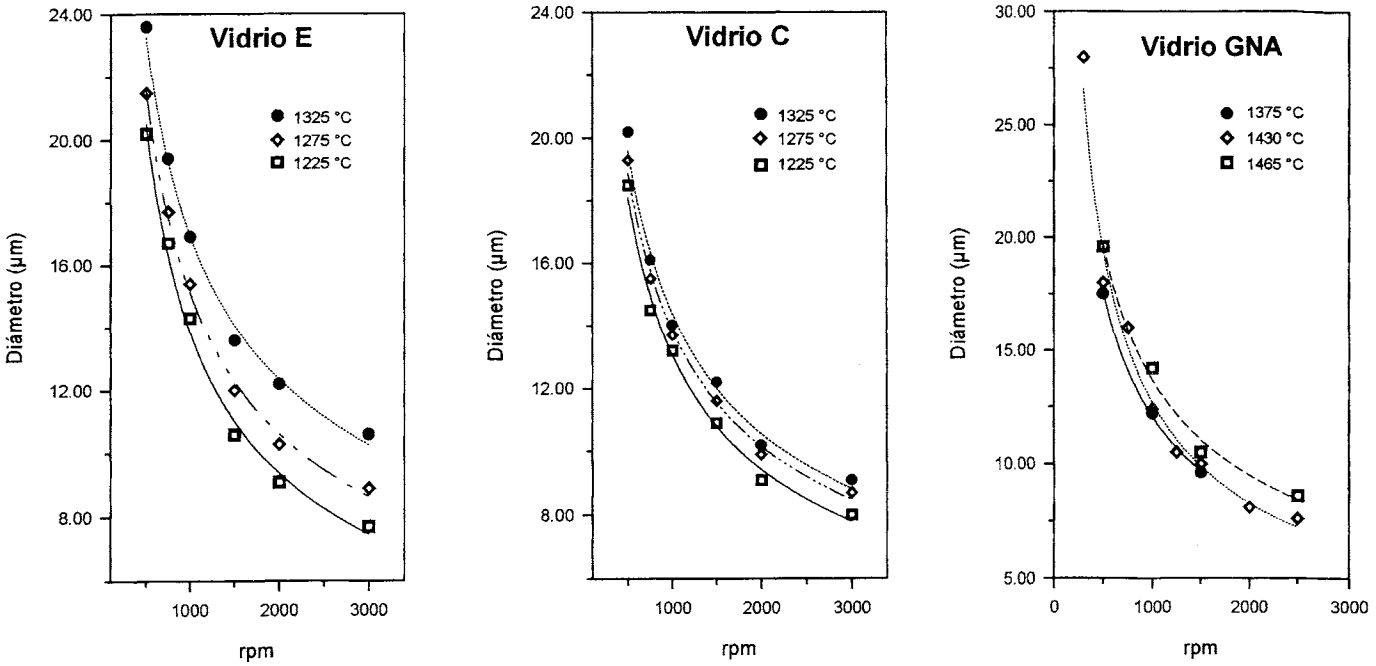


Fig. 7. *Variación del diámetro de las fibras delgadas en función de la velocidad de fibrado y a diferentes temperaturas, para los vidrios E, C y GNA.*

(10) han demostrado experimentalmente que la cantidad de vidrio extraida por unidad de tiempo a una temperatura fija es independiente de la velocidad de giro del tambor. O sea,

$$\log \eta = 0{,}445 + \frac{1374{,}5}{T-761} \qquad [5]$$

La longitud de la fibra obtenida es proporcional a la velocidad de giro del tambor, de donde:

$$\frac{\pi}{4} D^2 l = cte \qquad [6]$$

Por tanto,

$$D = \frac{cte}{\sqrt{v}} \qquad [7]$$

En la figura 8 se representan los puntos experimentales de diámetro en función de la velocidad de giro para dos temperaturas del vidrio C; la línea continua corresponde al ajuste derivado de la ecuación 7. El buen ajuste confirma la bondad del modelo propuesto para los vidrios C y E; un ajuste peor se observa en el vidrio GNA. Esta diferencia de comportamiento podría atribuirse a fenómenos de separación de fases que den lugar a un comportamiento reológico distinto en este último vidrio.

Cuando se utiliza el dispositivo de fibra gruesa, las curvas obtenidas siguen el mismo hábito, según se observa en la Figura 9. Sin embargo, el reductor de velocidad produce un intervalo de velocidades de giro (5-25 rpm) bastante más pequeño que el del tambor original (500 - 5000 rpm). Esta es la causa por la cual los diámetros de las fibras gruesas presentan una variación muy pequeña con la temperatura.

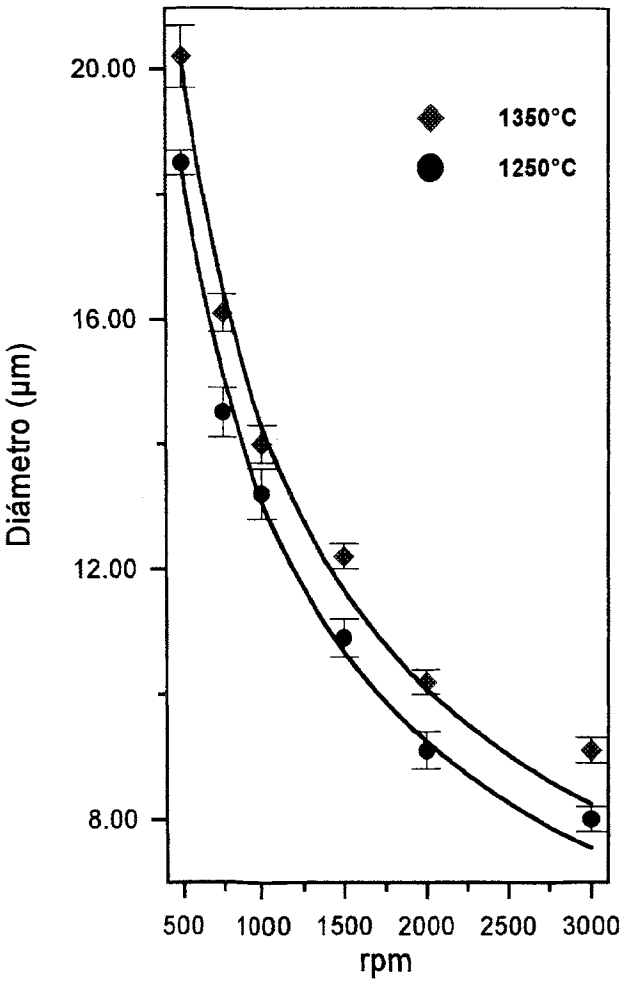


Fig. 8. *Ajuste de los valores experimentales de variación del diámetro con la velocidad de extracción al modelo propuesto en la ecuación 7.*

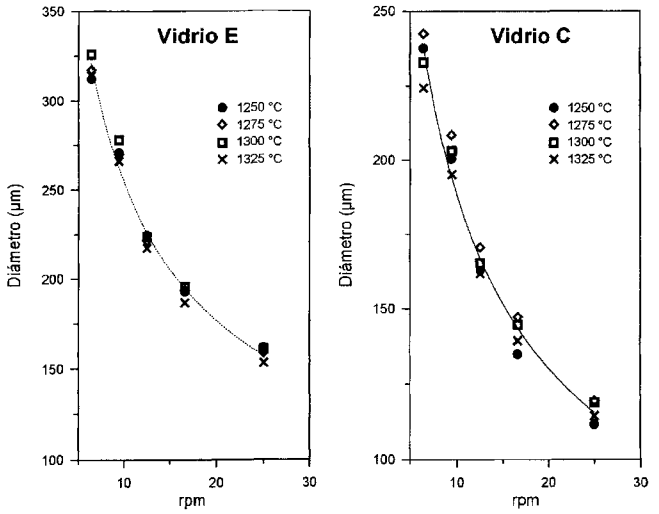
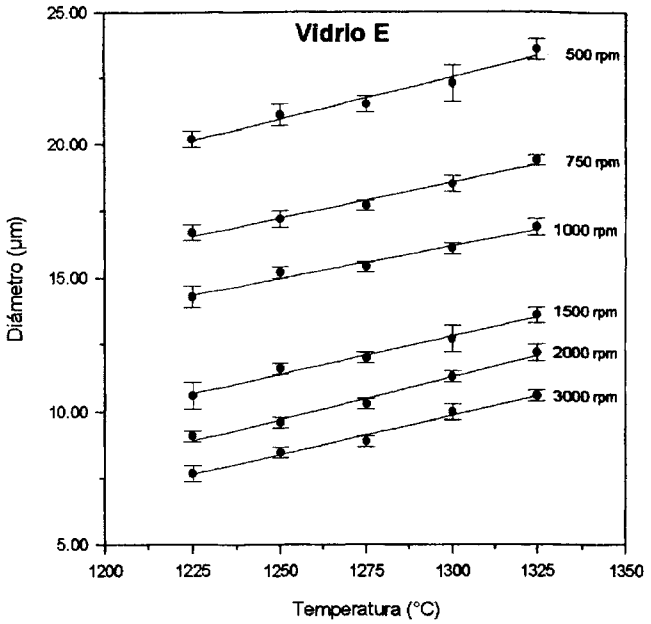


Fig. 9. *Variación del diámetro de las fibras gruesas en función de la velocidad de fibrado y a diferentes temperaturas, para los vidrios E y C.*



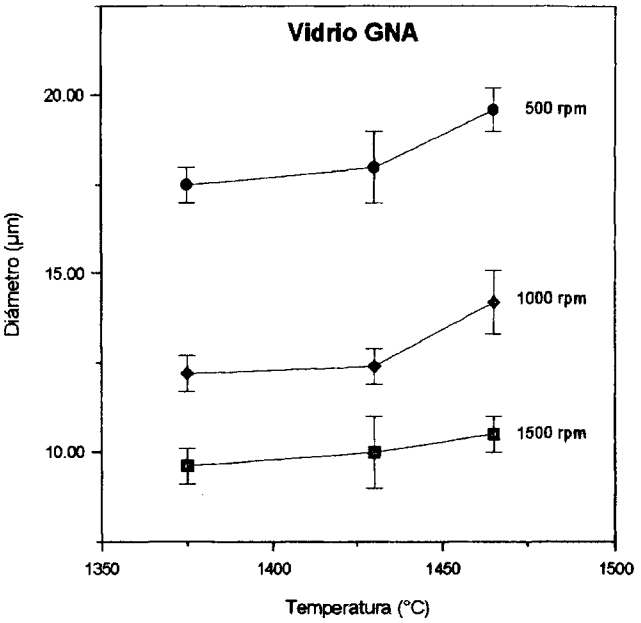


Fig. 10. *Variación del diámetro de fibras delgadas en función de la temperatura y a diferentes velocidades de fibrado, para los vidrios E, C y GNA.*

En la Figura 10 se presentan las curvas de variación del diámetro de las fibras como función de la temperatura de fibrado, para las distintas velocidades de giro. Puede observarse que el diámetro aumenta de forma lineal con la temperatura de fibrado, salvo en el vidrio GNA. El incremento de la temperatura produce una disminución de la viscosidad del vidrio y por tanto un aumento de la cantidad de vidrio extraído, lo cual justifica el aumento del diámetro con la temperatura. Si la viscosidad tiene un comportamiento cuasi-lineal con la temperatura en el intervalo estudiado, la variación del diámetro de las fibras obtenidas será también lineal. Si la curva viscosidad-temperatura se aleja de la linealidad en este intervalo, el comportamiento del diámetro de las fibras dejará de ser lineal, como se observa en el caso del vidrio GNA.

Cuando se trata de obtener fibra gruesa, aplicando velocidades de extracción muy pequeñas, la variación del diámetro de las fibras con la temperatura, Figura 11, no muestra el mismo comportamiento. Las variaciones del diámetro son muy pequeñas y además se observa un máximo por encima del cual el diámetro disminuye con la temperatura. En estos casos, además del efecto del incremento de la cantidad de vidrio extraído según aumenta la temperatura, hay que considerar un efecto de gradiente térmico en el hilo de vidrio. Para diámetros pequeños, el enfriamiento brusco del vidrio al salir del crisol produce la solidificación cuasi-instantánea de toda la fibra. Sin embargo, al crecer el diámetro por encima de ciertos valores, se hará apreciable un gradiente de temperaturas, y por tanto de viscosidades, en la fibra. Este efecto podría contrarrestar el producido por el aumento de la temperatura.

4. CONCLUSIONES

1. Se ha puesto a punto un horno a escala de laboratorio que permite la obtención de fibras de vidrio de diferentes diámetros en función de la velocidad de extracción y de la temperatura.

2. Se han determinado las curvas viscosidad - temperatura de tres vidrios , dos comerciales y uno diseñado en el laboratorio, y a partir de las mismas, se han establecido las temperaturas correspondientes al intervalo de viscosidad adecuado para fibrar.

3. En los vidrios con un comportamiento relógico normal a alta temperatura, el diámetro de las fibras obtenidas disminuye con el incremento de la velocidad de extracción con un hábito hiperbólico. Se ha propuesto una relación entre diámetro y velocidad de extracción que ajusta bien dicha variación.

4. En la obtención de fibras de diámetros entre 5 y 30 µm, la temperatura utilizada es un valor crítico, y manteniendo constantes el resto de los parámetros, el diámetro de las fibras aumenta continua y notablemente con la temperatu-

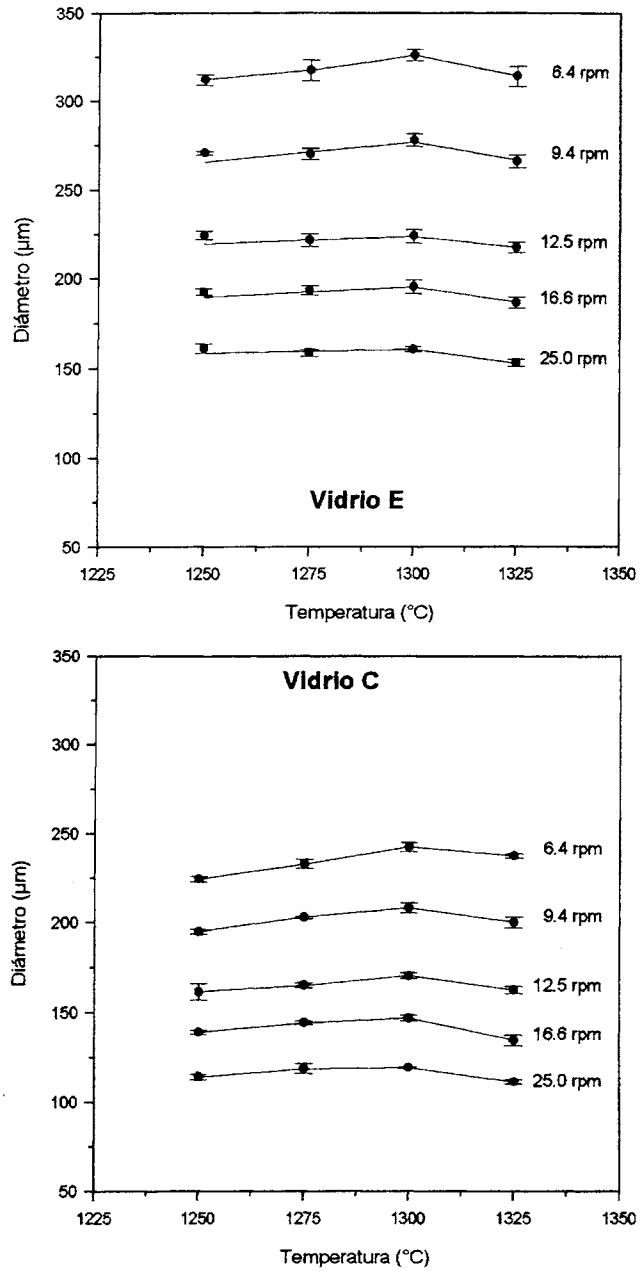


Fig. 11. *Variación del diámetro de fibras gruesas en función de la temperatura y a diferentes velocidades de fibrado, para los vidrios E y C.*

ra. Este incremento es mayor cuanto mayor sea la pendiente de la curva viscosidad - temperatura en el intervalo de fibrado.

5. En el caso de obtención de fibras de diámetro más grueso, entre 100 y 400 µm, la influencia de la temperatura es mucho menor, ya que debe considerarse un efecto de gradiente térmico radial, y por tanto de viscosidad, que contrarresta el producido por el aumento de la temperatura.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a la Stazione Sperimentale del Vetro de Murano y muy especialmente a D. Franco Barbon por su asesoramiento y colaboración. ◆

BIBLIOGRAFIA

1. F.H. Green. "Continous filament fiberglass: Materials and application for the 1990s". Ceram. Eng. Sci. Proc. 12 (1991), 3-4, pp 416-425
2. E.P. Plueddemann. "Interfaces in polymers matrix composites". E.P. Plueddemann. Ed. Academic Pess. New York (1974)
3. A.J. Majumdar; J.F. Ryder. "Glass fibre reinforcement of cement products". Glass Techn. 9 (1968), 3, pp 78-84
4. V.T. Yilmaz; F.P. Glasser. " Reaction of alkali resistant glass fibres with cement. Part 1. Review, assessment and microscopy" Glass Techn. 32 (1991), 3, pp 91-98
5. J. Sanchez; M.A. Rodriguez; J.L. Oteo; L. Martín. "Estudio del sistema vidrio agente de acoplamiento-resina en materiales multicomponentes (I)". Rev. Plast. Modern. 307 (1982), pp 90-66
6. B.A. Proctor; D.R. Dakley; K.L. Litherland. "Developments in the assessment and performance of GRC over 10 years" Composites 13 (1982), pp 173-179
7. M.I. Nieto; E.A. Mari. "Situación actual y perspectivas del uso de las fibras de vidrio para el refuerzo de materiales cementicios" Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr. 29 (1990), 5, pp 331-337
8. R.M. Klein. "Optical Fiber Waveguides", en Glass Science and Technology, Ed. D.R. Uhlmann y N.J. Kreidl, Vol. 2 (1984), pp 285-339
9. Y. Asahara. "Glass and Optical materials for lasers". J. Ceram. Soc. Japan. 99 (1992), pp 881-888
10. B. Locardi; F. Barbon; A. Zambon; G. Soraru. "Indagini preliminari per lo sviluppo in laboratorio di fibre di tipo vetroceramico". Rivis. Staz. Sper. Vetro. 3 (1982), pp 101-108
11. V.H. Scholze. "Der Eisfluß von viskosität and Oberflächens-pannunf auf erhitz un gsmikroskopische Messungen an Gläsern". Ber. Dtsch. Keram. Ges. 39 (1962), pp 63-68
12. J.M. Fernández Navarro "El vidrio. Constitución, fabricación y propiedades", Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid (España). 1991

Recibido: 28-1-97
Aceptado: 2-6-97

◆◆◆

INNOVACIONES Y AVANCES EN EL SECTOR DE LAS ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES

Manuel Regueiro y González-Barros y Manuel Lombardero Barceló
Editado por el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

El ICOG se complace en presentar esta obra, que recoge la mayoría de los principales avances en la extracción, procesado y aplicaciones de las rocas y minerales industriales (**RMI**).

Áridos, piedra natural y minerales industriales, constituyen los tres grandes grupos de las **RMI,** que ha adquirido en los últimos tiempos una importancia indiscutible en todo el mundo desarrollado.

En España el crecimiento de este subsector minero ha sido constante en los últimos años, según ponen en evidencia los datos estadísticos de 1995, ya que en dicho año, *el valor de la producción a pie de cantera de las* **RMI,** *superó, por primera vez en la historia de la minería española, al conjunto de los minerales metálicos y recursos energéticos.*

La bibliografía en español sobre estas sustancias minerales es muy escasa. Sin embargo, en los últimos tiempos se han producido importantes avances técnicos, que hacen de este libro una aportación actualizada al conocimiento de las principales rocas y minerales industriales utilizados en multitud de aplicaciones hoy en día.

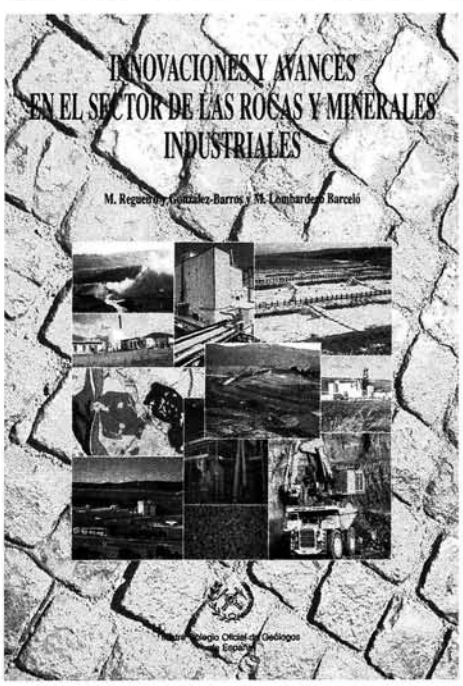
El texto refleja también las innovaciones en desarrollo y las perspectivas de futuras aplicaciones de algunas de las sustancias descritas, por lo que representa una ventana abierta al previsible futuro del amplio mundo de los nuevos materiales.

Esta obra está dirigida a geólogos, técnicos y especialistas, explotadores, transformadores y consumidores de **RMI.** Es un libro de fácil lectura también para estudiantes y personas no familiarizadas pero interesadas en el mundo de las **RMI.**

Si es de su interés adquirir el libro **Innovaciones y Avances en el sector de las Rocas y Minerales Industriales,** sírvase rellenar y enviar la tarjeta de petición adjunta, junto con el justificante de pago, por correo o fax (91) 5330343, por correo electrónico a **icog@telprof.eurociber.es** y se lo remitiremos inmediatamente.

Contenido: Introducción. Las Rocas y Minerales Industriales. Investigación y Desarrollo. Arcillas Rojas. Arcillas de cocción blanca. Áridos. Carbonato cálcico. Cargas para la industria de los plásticos. Cargas minerales para papel. Cerámica Técnica. Dolomía. Feldespato. Grafito. Leonardita. Litio. Rocas Ornamentales. Tierras Raras. Sulfato Sódico. Sepiolita. Minerales de Titanio. Yeso. Zeolitas. Separación magnética criogénica. Control de camiones por GPS. Cogeneración. Nuevas técnicas de perforación en terrenos sueltos.

80 páginas a todo color. Febrero de 1997



TARJETA DE PETICION

Les ruego me envíen ..... ejemplares, al precio de 3.500 ptas. ❒ No colegiados
+ 700 ptas. para gastos de envío 2.500 ptas. ❒ Colegiados

TOTAL .....

CIF o DNI: .....
NOMBRE: .....
EMPRESA: .....
CALLE: .....
POBLACION: .....
CP: ..... TFNO.: .....
FECHA: ..... Firma:

FORMAS DE PAGO

A nombre del Colegio Oficial de Geólogos de España

❒ Adjunto cheque por ..... ptas.

❒ Transferencia Bancaria a la C/C n.º 0601372378 BANCO POPULAR (Ag. 0075). Glorieta de Cuatro Caminos, n.º 4. 28003 MADRID. (Adjuntar fotocopia)

Se ruega remitan sus pedidos a: ICOG, Avda. Reina Victoria, n.º 8, 4.º B.