

TR11: AR 92.0012.2

INIS-mf--13293

INMOVILIZACION DE RESIDUOS NUCLEARES DE ALTA ACTIVIDAD EN
VIDRIOS SINTERIZADOS. FABRICACION DE BLOGUES A ESCALA
SEMI-INDUSTRIAL POR LA TECNICA DE Prensado en CALIENTE

FOR

D.O. RUSSO, N.B. MESSI DE BERNASCONI, R. RIQUELME
M.E. STERBA y M.A. AUDERO

Centro Atómico Bariloche
Comisión Nacional de Energía Atómica
República Argentina

Trabajo a ser presentado a la XVIII Reunión Anual de
la Asociación Argentina de Tecnología Nuclear, 22-26
octubre de 1990 en Buenos Aires, Argentina.

These are the only two cases in which the government has been held liable for the actions of its employees.

The Supreme Court's decision in *Imbler* was a landmark ruling that established the principle of qualified immunity for government officials. The Court held that government officials are not liable for damages for actions taken in their official capacity unless they acted in a "clearly established" manner that violated a constitutional right. This decision was a significant victory for the government and its employees, as it provided a strong defense against lawsuits.

The Court's decision in *Imbler* was based on the principle of separation of powers. The Court argued that allowing lawsuits against government officials would interfere with the executive branch's ability to perform its duties.

The Court's decision in *Imbler* was a landmark ruling that established the principle of qualified immunity for government officials. The Court held that government officials are not liable for damages for actions taken in their official capacity unless they acted in a "clearly established" manner that violated a constitutional right.

The Court's decision in *Imbler* was based on the principle of separation of powers. The Court argued that allowing lawsuits against government officials would interfere with the executive branch's ability to perform its duties.

The Court's decision in *Imbler* was a landmark ruling that established the principle of qualified immunity for government officials. The Court held that government officials are not liable for damages for actions taken in their official capacity unless they acted in a "clearly established" manner that violated a constitutional right.

The Court's decision in *Imbler* was based on the principle of separation of powers. The Court argued that allowing lawsuits against government officials would interfere with the executive branch's ability to perform its duties.

THE MATHS OF THE WORLD

1999

10

The mathematics of the world is a vast and complex subject, encompassing a wide range of disciplines and applications. It is a field that has shaped human civilization and continues to drive progress in the modern world. From the ancient Greeks to the modern era, mathematics has been a cornerstone of knowledge and discovery. The study of mathematics allows us to understand the natural world, solve complex problems, and create new technologies. It is a discipline that is both challenging and rewarding, and one that is essential for anyone who wants to understand the world around them. The mathematics of the world is a testament to the power of human intellect and the ability to create something new and meaningful. It is a field that is constantly evolving and expanding, and one that is sure to continue to shape the future for many years to come.

INMOVILIZACION DE RESIDUOS NUCLEARES DE ALTA ACTIVIDAD EN VIDRIOS
SINTERIZADOS: FABRICACION DE BLOQUES A ESCALA SEMI-INDUSTRIAL POR
LA TECNICA DE PENSADO EN CALIENTE.

D.O.RUSSO, N.B.NESSI DE BERNASCONI, R.RIQUELME,
M.E.STERBA y M.A.AUDERO.

Div. Materiales Nucleares - Dto. Investigación Aplicada.

CENTRO ATOMICO BARILOCHE

I. INTRODUCCION

En nuestra División, hemos estudiado el proceso de sinterizado bajo presión de vidrios, como alternativa al de fundición, con el objeto de obtener un material monolítico apto para retener los residuos nucleares de alta actividad.

En el marco de un Convenio de Cooperación con la República Federal de Alemania, se ensayaron varios materiales vítreos: tres de origen alemán y un vidrio natural proveniente de la zona de Pilcaniyeu, Provincia de Río Negro. Se evaluaron distintas propiedades de los productos obtenidos [1]-[9], seleccionándose un material en base a los resultados alcanzados [6],[8].

A estos ensayos de laboratorio, indispensables para caracterizar el material y el proceso, se hizo necesario complementarlos con otros a fin de evaluar la posibilidad de producir probetas del tamaño definido en los estudios de ingeniería del repositorio.

El objetivo del presente trabajo fue el desarrollo del equipamiento y la puesta a punto del proceso para la obtención de bloques de tales dimensiones.

II. EXPERIMENTAL

La técnica utilizada requiere la aplicación simultánea de presión y temperatura.

Previamente habíamos determinado que la presión óptima, era de 1 MPa aproximadamente, y la temperatura máxima de 750 C.

Dado que las dimensiones del recipiente mencionado en los estudios argentinos son: 35 cm. de diámetro y 120 cm. de altura, y que las muestras que habíamos obtenido en el laboratorio eran de 3,5 cm. de diámetro y 4 a 5 cm. de altura, un salto de escala razonable pareció ser un factor 5. Esto implicó bloques de 15 a 18 cm. de diámetro y 20 a 25 cm. de alto.

Se modificó un horno eléctrico refrigerado por agua, hecho en nuestro laboratorio con anterioridad [10], para adaptarlo a una prensa existente, que reunía las características necesarias para los ensayos planeados (Foto 1).

Para la construcción del punzón y las matrices, se fijó el criterio de que el diseño debía adaptarse al material existente y disponible en el Centro Atómico. Fue así que se consiguió un tubo de acero inoxidable, de pared adecuada, de 12 cm. de diámetro. Con él se construyeron tres matrices de 55 cm. de altura. El punzón se fabricó del mismo material. En la foto 2 se observan estos elementos. La cabeza del punzón está diseñada para facilitar su extracción sin perder la capacidad de autoalineación.

A los efectos de evitar la reacción del vidrio con la matriz se utilizó una manga de tela recubriendo la pared interna. Este material, al aumentar la temperatura, se carboniza cumpliendo el efecto de protección buscado y permitiendo un deslizamiento libre del vidrio durante la contracción que se produce al sinterizar.

El ciclo de sinterizado consistía en, con el punzón colocado pero sin presión, aumentar la temperatura a 100 C/h hasta 400 C, manteniéndola durante 2 ó 3 horas para permitir la carbonización de la tela; se continuaba luego a 150 C/h hasta la temperatura de sinterizado. A 550 C se aplicaba la carga, la que se mantenía hasta el final del sinterizado punto donde al intentar hacer avanzar el pistón, la presión se incrementaba notablemente. El descenso se realizaba a 100 C/h hasta temperatura ambiente.

Se realizó un ensayo llenando la matriz a su máxima capacidad (6 kg. de material, aproximadamente). De este modo se obtuvo una probeta de 23 cm. de altura, la que se extrajo cortando la matriz. No se evidenció ninguna señal de interacción entre el vidrio y el metal, y el llenado fue completo. Como la matriz se cortó primero en forma transversal por encima de la probeta, quedó un trozo de tubo de 30 cm. de longitud con el que se fabricó otra matriz mediante el simple recurso de soldar una tapa a dicho tubo.

Dado que la contracción que experimenta el material desde el estado de polvo al de compacto sinterizado es del 60% aproximadamente, para la obtención de un bloque de 120 cm. de longitud en un solo ciclo se debería disponer de un horno de más de 240 cm. de longitud calefactora y de una prensa con casi 5 m. de luz. A esto hay que agregar la dificultad de obtener una distribución homogénea de presión en todo el compacto, con el consiguiente gradiente de densidad que se presentaría. Para solucionar estos problemas, se ideó un método consistente en realizar sucesivos ciclos en la misma matriz. El material se coloca en bolsas de tela que se van agregando luego de finalizado cada ciclo de sinterizado.

Realizamos entonces, un ensayo con la matriz de 30 cm., de cuatro ciclos de sinterizado, en cada uno de los cuales procesamos alrededor de 1,5 kg. de vidrio. Se obtuvo un bloque compuesto, del mismo tamaño que el del primer experimento (Foto 3).

Finalmente se realizó un ensayo con una matriz de 55 cm. donde se sinterizó la carga completa (6 kg.), y sobre ella se realizaron dos ciclos más a fin de obtener un bloque de mayor altura (Foto 4).

III. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados han sido altamente satisfactorios. Los bloques sinterizados alcanzaron densidades del 92 al 95% DT. No se hubo reacción entre el vidrio y la matriz. Se logró un excelente contacto entre ambos materiales, con un llenado completo de la matriz.

Con el método de ciclos consecutivos, se obtiene un apilamiento de bloques densos que, si bien no están adheridos entre sí, mantienen un muy buen contacto, habiendo prácticamente desaparecido la interfase de tela carbonizada entre ellos.

El único factor a ajustar es la velocidad de enfriamiento, ya que hemos detectado algunos problemas de fracturas por tensiones térmicas remanentes en los bloques que fueron extraídos de la matriz y sometidos a diversos manipuleos durante los ensayos de caracterización. Cuando la probeta permanece en la matriz, no presenta ningún tipo de alteración visible.

IV. CONCLUSIONES

Hemos demostrado la factibilidad de la técnica de prensado en caliente en el procesamiento de los residuos nucleares, fabricando bloques que están muy cerca de las dimensiones del recipiente mencionado en los estudios argentinos no existiendo a priori, dificultades en obtener probetas de ese tamaño.

El equipamiento es de bajo costo y de fácil construcción, en caso de imposibilidad de adquisición en el mercado nacional.

El método de ciclos consecutivos elimina el problema del sinterizado de compactos muy esbeltos, simplifica el transporte del polvo y disminuye su dispersión durante la carga en la matriz.

V. AGRADECIMIENTOS

Al Dr. D. Esparza, que nos cedió gentilmente la prensa. A Alejandro Arce y Simón Prastalo, que realizaron el cálculo y la construcción de las matrices y el punzón. A Miguel Sanfilippo, que realizó el trabajo de fotografía. A Arturo Heredia, que colaboró en la realización de los ensayos y medición de las muestras.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] D.O. RUSSO, N. MESSI de BERNASCONI y M.A. AUDERO. "FIJACION DE RESIDUOS RADIOACTIVOS". Informe interno de la Div. Materiales Cerámicos y Carbones Industriales del Depto. de Investigación Aplicada. Bariloche, 1984.
- [2] D.O. RUSSO. "SINTERIZADO BAJO PRESION DEL VIDRIO GP 98/12. ESTUDIOS INICIALES DEL VIDRIO SIMIL VG". Informe interno idem anterior, pero de Diciembre de 1986.
- [3] D.O. RUSSO, N. MESSI de BERNASCONI y M.A. AUDERO. "FIJACION DE RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD EN MATRIZ VITREA SINTERIZADA". XII REUNION CIENTIFICA DE LA AATN y III ENCUENTRO LATINOAMERICANO SOBRE TECNOLOGIA NUCLEAR. Buenos Aires, 1984.
- [4] A.M. BEVILACQUA, D.O. RUSSO, N. MESSI de BERNASCONI y M.A. AUDERO. "INMOVILIZACION DE RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD EN VIDRIOS SINTERIZADOS: PROCESO DE PENSADO A TEMPERATURA AMBIENTE". XIII REUNION CIENTIFICA DE LA AATN. Buenos Aires, 1985.
- [5] D.O. RUSSO, N. MESSI de BERNASCONI y M.A. AUDERO. "INMOVILIZACION DE RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD EN VIDRIOS SINTERIZADOS: PROCESO DE PENSADO EN CALIENTE". XIII REUNION CIENTIFICA DE LA AATN. Buenos Aires, 1985.
- [6] N. MESSI de BERNASCONI, D.O. RUSSO y M.A. AUDERO. "INMOVILIZACION DE RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD EN VIDRIOS SINTERIZADOS: ESTUDIO DE UN VIDRIO DE ORIGEN VOLCANICO". XVI REUNION CIENTIFICA DE LA AATN, realizada en noviembre de 1988 en Mendoza.
- [7] A.M. BEVILACQUA, N. MESSI de BERNASCONI y M.A. AUDERO. "INMOVILIZACION DE RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD EN VIDRIOS SINTERIZADOS: VIDRIO DE PRODUCCION NACIONAL". XIV REUNION CIENTIFICA DE LA AATN y PRIMERAS JORNADAS SOBRE CICLO DE COMBUSTIBLES. 1986.
- [8] A.M. BEVILACQUA, N. MESSI de BERNASCONI y M.A. AUDERO. "INMOVILIZACION DE RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD EN VIDRIOS SINTERIZADOS: RESIDUOS SIMULADOS TIPO HWR EN VIDRIO DE NUEVA FORMULACION". XV REUNION CIENTIFICA DE LA AATN, IV ENCUENTRO LATINOAMERICANO y I JORNADAS SOBRE CENTRALES NUCLEARES. Bariloche, 1987.
- [9] A.M. BEVILACQUA. "INMOVILIZACION DE RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD EN VIDRIOS SINTERIZADOS: DETERMINACION DEL FACTOR DE INTENSIDAD CRITICA DE TENSION K_{IC} MEDIANTE INDENTACIONES VICKERS Y KNOOP". XVII REUNION CIENTIFICA DE LA AATN. Buenos Aires, 1989.
- [10] D.O. RUSSO, A.L. NIKOLIC Y M.A. AUDERO. "RECUPERACION POR VIA SECA DE MATERIAL RECHAZADO EN LA FABRICACION DE PASTILLAS SINTERIZADAS. II: IMPLEMENTACION DE UN REACTOR DE LECHO FLUIDO PARA SER INSTALADO EN CAJAS DE GUANTES ESTANCAS. RESULTADOS PRELIMINARES". IX REUNION CIENTIFICA DE LA AATN. Bariloche, 1980.

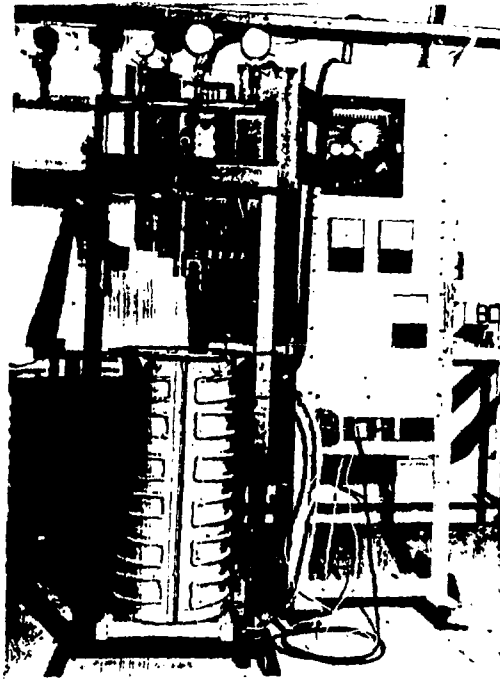


Foto 1: Equipo utilizado. El horno mide 80cm de alto. La distancia entre la base y el pistón de la prensa es de 120 cm.



Foto 2: Punzón en el centro, con la cabeza hacia arriba. A la derecha se observa la matriz y a la izquierda un corte longitudinal de la matriz corta, luego de extraída la probeta ya sinterizada.

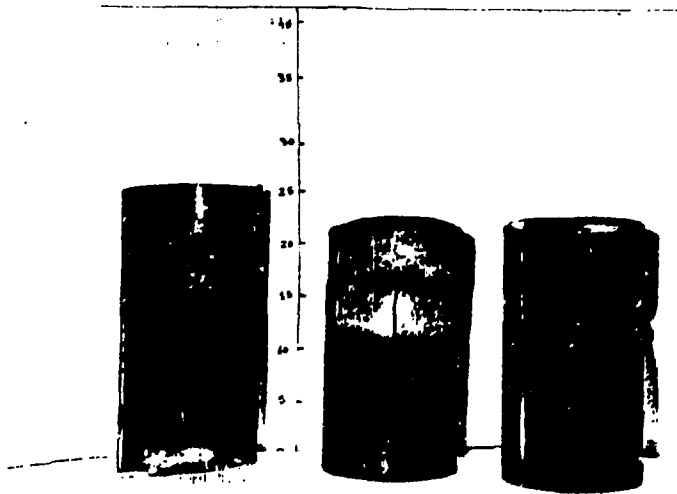


Foto 3: De izquierda a derecha, corte longitudinal de la matriz de 30 cm., bloque obtenido con el método de ciclos sucesivos y bloque obtenido con un solo ciclo. Se muestra un corte hasta el centro del primer bloque.

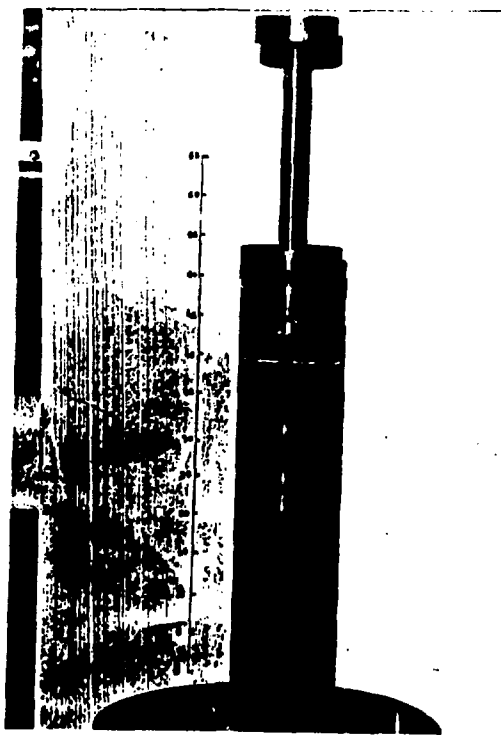


Foto 4: Matriz y punzón al final del ensayo de tres ciclos. Se indica con una línea blanca la altura de la probeta, aún en el interior de la matriz.