

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
NO 1	AÑO 1965

07.65.01

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ESTUDIO DE DESGASTE DE REFRACTARIOS EN SIDERURGIA
UTILIZANDO RADIOISOTOPOS
J. N. Báez, O. Wortman, Z. Zaretsky



Departamento de Metalurgia
Buenos Aires - Argentina

ESTUDIO DE DESGASTE DE REFRACTARIOS EN SIDERURGIA UTILIZANDO RADIOISOTOPOS

J. N. Báez*, O. Wortman*, Z. Zaretsky**

1 INTRODUCCION

Los sistemas de detección de desgaste de refractario en altos hornos y mezcladores de arrabio, usando indicadores radiactivos, son en la actualidad de empleo bastante generalizado (1)(2)(3)(4). La utilidad de su aplicación es evidente, pero no existe aún criterio uniforme ni experiencia suficiente en cuanto se refiere al tipo de encapsulamiento del radioisótopo y a la forma más conveniente de resolver el problema referido al desgaste del crisol en altos hornos.

2. INDICADORES RADIATIVOS PARA EL CONTROL DE DESGASTE DE REFRACTARIO EN UN MEZCLADOR DE ARRABIO DE 500 Tn.

En mezcladores de arrabio el control de desgaste del refractario por medición de temperatura es usual, pero de poca confiabilidad en las zonas de mayor desgaste correspondientes a la boca de descarga. En esta zona la sensibilidad se ve disminuida por la geometría compleja de la superficie exterior, en la cual se encuentra la estructura de hierro del vertedero y muy próximo todo al sistema de rodamiento para el giro del mezclador.

A fin de evitar accidentes es aconsejable instalar en dichas zonas sondas radiactivas. Estas sondas, instaladas en el límite entre la capa de desgaste y la capa de seguridad, pueden ser detectadas fácilmente desde el exterior por medio de un simple monitor de radiaciones con tubo Geiger-Müller. Cuando la erosión alcanza la posición de la sonda, ésta es arrastrada por el arrabio y desaparece su señal radiactiva en la posición de medida habitual. De esta manera se tiene una indicación muy precisa con respecto al momento en que debe hacerse la reparación o renovación del revestimiento refractario.

2.1. Trabajo realizado y resultados

El mezclador en el cual se colocaron las sondas radiactivas tiene forma cilíndrica, horizontal, con una boca de carga y otra de descarga, dos quemadores laterales y una capacidad nominal de 500 Tn.

El revestimiento, hasta algo por encima del nivel máximo de carga es de ladrillo de magnesita distribuido en dos capas concéntricas, una de desgaste y otra de seguridad. Entre la capa de seguridad y la carcasa exterior tiene una capa aislante de chamota. La bóveda es de refractario sílico aluminoso (Fig. 1).

* Departamento de Metalurgia de la Comisión Nacional de Energía Atómica Argentina

** Ceramica HAEDO S.A.

2.1.1. Radioisótopo empleado

No existe una variedad muy amplia de radioisótopos disponibles para estos fines. Por considerarlo el más apropiado se usó el cobalto 60, cuyas características principales son:

Período de semidesintegración	: 5,2 años
Radiaciones	: gamma 1,17 MeV 1,33 MeV beta 0,31 MeV
Producción	: por reacción nuclear (n, γ)

2.1.2. Número y actividad de las cápsulas radiactivas instaladas

De acuerdo con los datos disponibles respecto de las zonas críticas de desgaste, se ubicaron tres cápsulas radiactivas en las posiciones que se indican en la Fig. 1.

El cálculo de actividad se hizo en base a las curvas dadas por G. Summerkorn (3) para el caso de altos hornos, usando cobalto 60 y detectores Geiger-Müller. Los valores obtenidos de estas curvas se corrigieron teniendo en cuenta la distancia entre cápsula y el detector en cada posición y además la diferencia de densidad entre ladrillos de magnesita del mezclador y los sílico-aluminosos de alto horno.

Se prepararon dos cápsulas con una actividad de 5 mC y una con 10 mC usando cobalto metálico en forma de alambre de 0,5 mm de diámetro irradiado hasta una actividad específica de 0,2 mC/mm.

2.1.3. Preparación de las cápsulas

Las altas temperaturas junto con la presencia de gases capaces de combinarse con cobalto pueden producir la migración de éste a través del refractario y hacia las zonas de menor temperatura con respecto al lugar de implantación del indicador. Diversos tipos de encapsulamiento han sido propuestos para evitar este problema pero los resultados no han sido siempre satisfactorios.

De acuerdo con la experiencia recogida en ensayos realizados usando cobalto metálico sin activar en cápsulas de distintos materiales y con temperaturas de hasta 1600°C se realizó el encapsulado en la siguiente forma:

El cobalto 60, en forma de alambre de 0,5 mm de diámetro, con actividad específica de 0,2 mC/mm, se cierra al vacío en un tubo de cuarzo de 6 mm de diámetro y 20 mm de largo. Este tubo que contiene cobalto se coloca en una cápsula de mullite impermeable de 10 mm de diámetro interno por 60 mm de largo, llenando completamente el espacio interior con polvo fino de SiO₂ y Al₂O₃ puros en proporción del 95 y 5%, respectivamente. El extremo de la cápsula se tapa con un disco de mullite y se

sella con una mezcla cruda de un cerámico con punto de ablandamiento de 1420°C . Luego se lleva a una temperatura de 1450°C para lograr una buena fusión del sello cerámico (Fig. 2).

2.1.4. Colocación de las cápsulas radiactivas en el mezclador

El nivel en el cual se colocaron las cápsulas corresponde al de oscilación de la superficie de arrabio líquido durante la carga y descarga. El momento para la colocación de las cápsulas fué determinado por el avance de la reposición del refractario hasta dicho nivel.

Se hicieron entonces en los ladrillos correspondientes los cortes necesarios, se asentaron luego en su posición, se completó la hilera en todo el nivel y recién entonces se alojaron las cápsulas en los orificios dejados por los cortes. Estos orificios de $3 \times 3 \times 10$ cm se sellaron con mortero de magnesita. Inmediatamente se hicieron colocar en forma definitiva los ladrillos correspondientes a dos hileras siguientes en la zona de cada cápsula a fin de disminuir dosis de exposición para los operarios.

2.1.5. Detección

Para la detección de las cápsulas radiactivas se utiliza un monitor portátil cuya sonda de detección con tubo Geiger Müller va alojada en una lanza de aluminio de 1 m de largo con aislación térmica de telgopor para el detector (Fig. 3). En las posiciones de medida se sueldan eléctricamente sobre la carcasa del mezclador apoyos para ubicar la lanza en el momento de la lectura. Estas lecturas, que se hacen en forma periódica, se anotan en planillas, simultáneamente con el valor de radiactividad medido para un patrón de referencia. Este patrón se hizo incluyendo $0,05 \mu\text{C}$ de $\text{Co } 60$ metálico, en una pastilla de plástico de 25 mm de $\varnothing$ por 10 mm de alto. En dicha planilla se deja indicada además la relación entre la lectura obtenida en cada posición y la lectura correspondiente al patrón de referencia, de esta forma se elimina la dependencia con la calibración del monitor y el decaimiento radiactivo. Además esto permite conocer si hay desplazamiento o migración del cobalto en el transcurso del tiempo. En la Tabla I se transcriben los valores medidos en el momento de completarse la carga del mezclador.

2.1.6. Dosimetría

Durante las operaciones de encapsulamiento y colocación de las fuentes radiactivas se hizo un control de la dosis de exposición a que estuvo expuesto el personal. Las exposiciones medidas y dosis integradas fueron las siguientes:

Durante el encapsulamiento

Exposición (nivel del cristalino)

200 mr/h

Dosis integrada

6 mrem

para la fuente de 10 mC

Exposición (a nivel del cristalino)	90 mr/h
Dosis integrada	2,5 mrem

para cada una de las fuentes de 5 mC.

Exposición media, cristalino	6 mr/h
gónadas	3 mr/h

para las cápsulas con 5 mC y el doble para la cápsula con 10 mC.

La dosis integrada recibida por el encargado de manipular las cápsulas durante la colocación fué de aproximadamente 20 mrem.

La dosis estimada para los operarios que trabajaron en la colocación del refractario hasta que las cápsulas quedaron cubiertas con dos hiladas de ladrillos fueron:

turno de la mañana	8 mrem
turno de la tarde	16 mrem

Contaminación del arrabio

En el caso más desfavorable, la contaminación del arrabio por el Co 60 sería del orden de $40 \mu\text{C}/\text{Tn}$. Según experiencias y cálculos expuestos por Metcalf (5) desde el punto de vista sanitario ningún peligro puede esperarse de aceros con $50 \mu\text{C}$ de Co 60 por Tn y aún con varias veces dicho valor.

2.2. La aplicación del método de dilución isotópica para la medición del desgaste del crisol en altos hornos.

La técnica de los indicadores radiactivos descripta en la primera parte de este trabajo es, como dijimos, de aplicación generalizada para seguir el desgaste de refractarios en altos hornos. Sin embargo presenta limitaciones en cuanto se refiere a la posibilidad de seguir el desgaste del crisol. Para este caso se han propuesto algunas variantes al método aplicando distintos radioisótopos en la masa del crisol y midiendo la radiactividad en el arrabio para detectar su disolución (2) o bien se han propuesto otros métodos no radiactivos (6). Sin embargo estas soluciones presentan inconvenientes de índole práctica.

El desgaste de crisol en altos hornos conduce a la retención de cantidades crecientes de arrabio dentro del mismo, por lo tanto se ha considerado que el problema del control de dicho desgaste puede ser resuelto por medición periódica del volumen de arrabio retenido. El conocimiento de este dato sería además de mucho interés para un mejor control de la producción. Reconsiderando las posibilidades que ofrecen los radioisótopos se pensó que el método de dilución isotópica, por su simplicidad y sensibilidad podría ser una herramienta adecuada. A fin de evaluar esta posibilidad se estableció la metodología a aplicar en estos casos.

2.2.1. Principio del método

Si luego de una colada que llamaremos C_0 , agregamos por la piquera del alto horno una cantidad $\underline{m}$ de radioisótopo dejamos operar el alto horno y hacemos una nueva colada C_1 en la que extraemos una cantidad Q_{C_1} , la dilución del radioisótopo en esta colada será:

$$D_{C_1} = \frac{m}{Q_x + Q_{C_1}} \quad (1)$$

Q_x : cantidad de arrabio retenida en el crisol

Dejamos operar nuevamente el alto horno y hacemos la colada siguiente C_2 , cuya cantidad de arrabio designamos Q_{C_2} . En esta colada la nueva dilución será

$$D_{C_2} = \frac{m - \frac{m}{Q_x + Q_{C_1}} \cdot Q_{C_1}}{Q_x + Q_{C_2}} = \frac{m Q_x}{(Q_x + Q_{C_1})(Q_x + Q_{C_2})} \quad (2)$$

eliminando entre las ecuaciones 1) y 2) el valor de $\underline{m}$ podemos despejar la cantidad buscada Q_x .

$$\frac{D_{C_1}}{D_{C_2}} = \frac{Q_x + Q_{C_2}}{Q_x} \quad Q_x = \frac{Q_{C_2}}{\frac{D_{C_1}}{D_{C_2}} - 1}$$

Este cálculo puede ser repetido sobre muestras tomadas sobre las coladas sucesivas hasta que la dilución sea tal que resulte dificultosa la medición de las actividades ya que la relación D_{C_1}/D_{C_2} es igual a la relación de conteo de dos muestras tomadas respectivamente de dos coladas sucesivas C_1 y C_2 y medidas en las mismas relaciones de geometría.

2.2.2. Secuencia de operaciones

- 1) Introducción de una cantidad $\underline{m}$ de radioisótopos al final de una colada;
- 2) operar el horno como es habitual y sacar muestras de cada una de las cuatro coladas siguientes. Anotar en cada caso, con la mejor aproximación el peso total de cada colada;
- 3) medir la actividad de las muestras;
- 4) calcular el valor de Q_x para cada par de valores;
- 5) Representar el valor de Q_x en función del número de colada a fin de controlar la validez del ensayo.

2.2.3. Discusión sobre la validez del método propuesto

Las condiciones indispensables para que el método sea válido son las siguientes:

- a) El radioisótopo a emplear debe tener un comportamiento isotópico con el hierro, el cual debe actuar como portador del mismo dentro del crisol.
- b) Debe existir un mezclado eficiente del arrabio dentro del crisol.

El cumplimiento de la condición a) queda asegurado con el empleo de Fe 59 como trazador radiactivo. En este caso el hierro del arrabio actuará como portador y las pérdidas por intercambio con el refractario y la escoria se reducen al mínimo.

En cuanto a las condiciones de mezclado del arrabio debemos referirnos a los trabajos de Kohn (7) Looz y Weber (8) quienes mediante el uso de radiotrazadores como el Au 198, La 140 y P 32 verificaron que el hierro en el crisol del alto horno sufre una activa agitación particularmente en sentido vertical debido a corrientes de convección. Según ensayos realizados por Kohn inyectando Au 198, por la tobera, en el crisol de un alto horno dos horas antes de la colada, la actividad medida en probetas a lo largo de la misma se mantiene constante.

El método ofrece la posibilidad de verificar en cada caso si se ha obtenido un mezclado eficiente ya que las muestras para la medición de radiactividad pueden ser numerosas y tomadas a lo largo de toda la colada.

Además inyectando cantidad suficiente de radioisótopo se puede trazar simultáneamente la curva de "lavado" del mismo y de las anomalías que presente dicha curva calculada, si existen espacios muertos o "by pass" dentro del crisol.

TABLA I
Planilla de control para indicadores radiactivos instalados en mezclador de arrabio de 500 Tn.

Fecha	Equipo	Posición	Lectura div.	Factor $\frac{\text{mr/h}}{\text{div.}}$	Exposición mr/h	Relación $\frac{\text{indicador}}{\text{testigo}}$	Observaciones
12/II/67	Monitor "Nuclear"	Testigo	15	0,1	1,5		Estas mediciones se hicieron antes de terminar la instalación del revestim. del mezclador
		A ₁	25	0,1	2,5	1,66	
		B ₂	7,5	0,1	0,75	0,50	
		C ₃	5	0,1	0,5	0,33	
4/V/67	Monitor "Nuclear"	Testigo	15	0,1	1,5		Mezclador en estado de régimen y carga normal
		A ₁	20	0,1	2,0	1,33	
		B ₂	5,5	0,1	0,55	0,36	
		C ₃	16	0,01	0,16	0,106	

BIBLIOGRAFIA

- (1) VOICE, E. W. , JISI, 167, 157 (1951)
- (2) KOHN A. Metallurgical Review, 3, No. 10 (1958).
- (3) SOMMERKORN , Stahl U. Eisen, 84, 1197/2 023 (1964).
- (4) COURTOIS G. , HOURS R. y otros , "Les problemes de Sécurité dans l'emploi des sources radioactives pour l'étude de l'usure des revêtements réfractaires" Comm. de l'Energie Atomique, Saclay, Francia.
- (5) METCALF A. , JISI March 1960.
- (6) GOMEZ, M.P. , RECA, N.W. de, ZARETZKY, A. , "Refractarios silico aluminosos de alta densidad para cucharas y altos hornos. Control del desgaste por radioisótopos", CNEA 1965.
- (7) KOHN, A. , Paper 194 "Inst. Conf. on Radioisotopes in Scientific Research" UNESCO, 1957, Paris.
- (8) LOORZ, W. , WEBER, H. Stahl U. Eisen (1955) 75 , 1241.

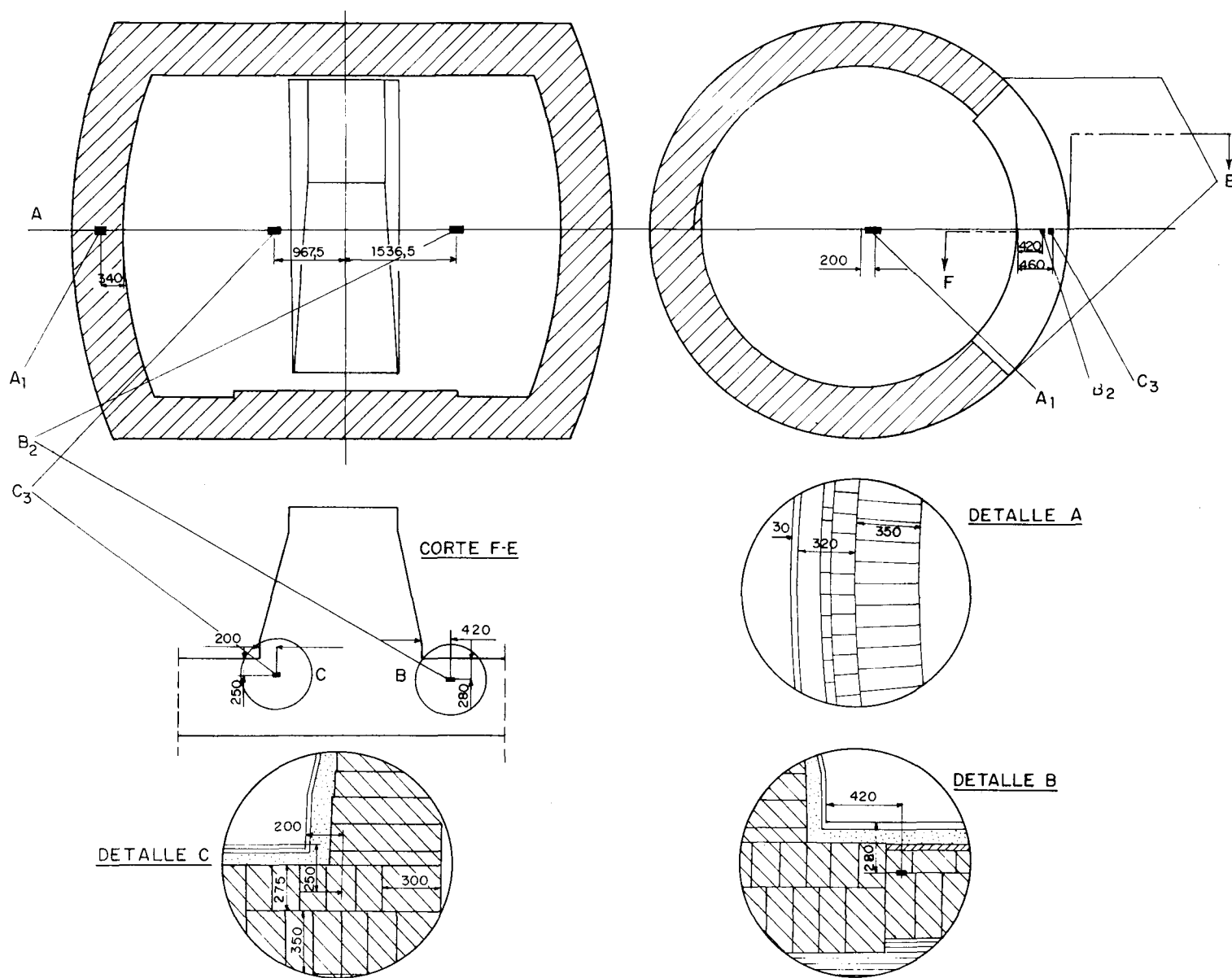


Fig. 1 - MEZCLADOR DE ARRABIO Y POSICION DE CAPSULAS CON Co 60

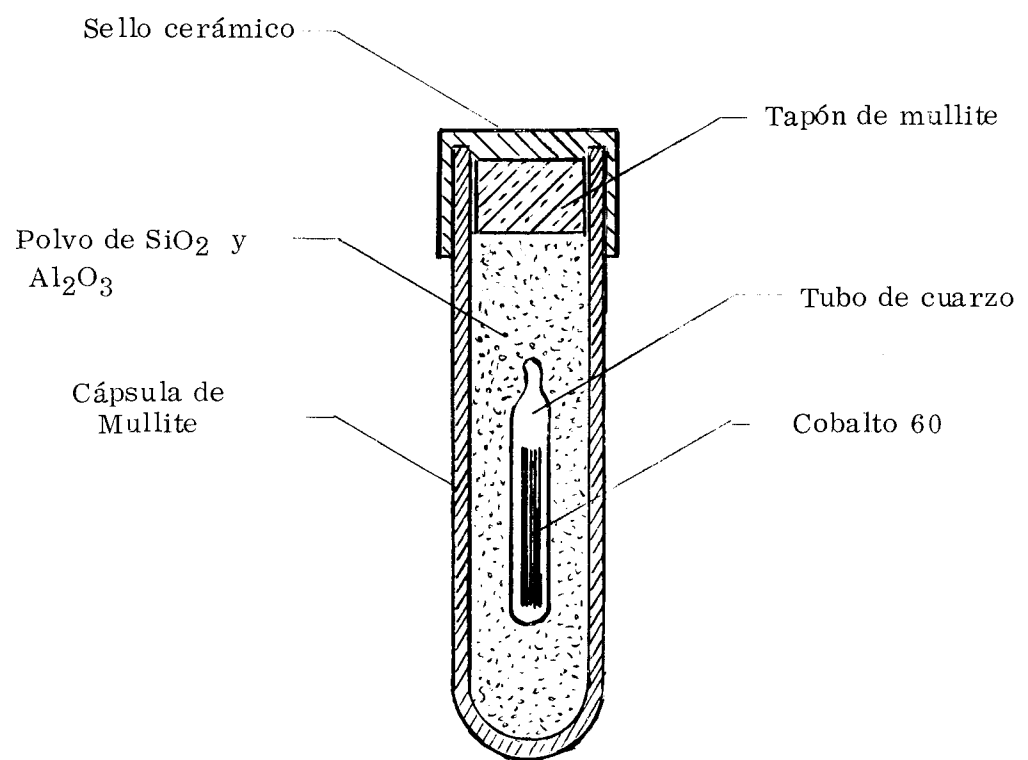


Fig. 2 - Esquema de las cápsulas radiactivas usadas como indicadores de desgaste en mezclador de arrabio.

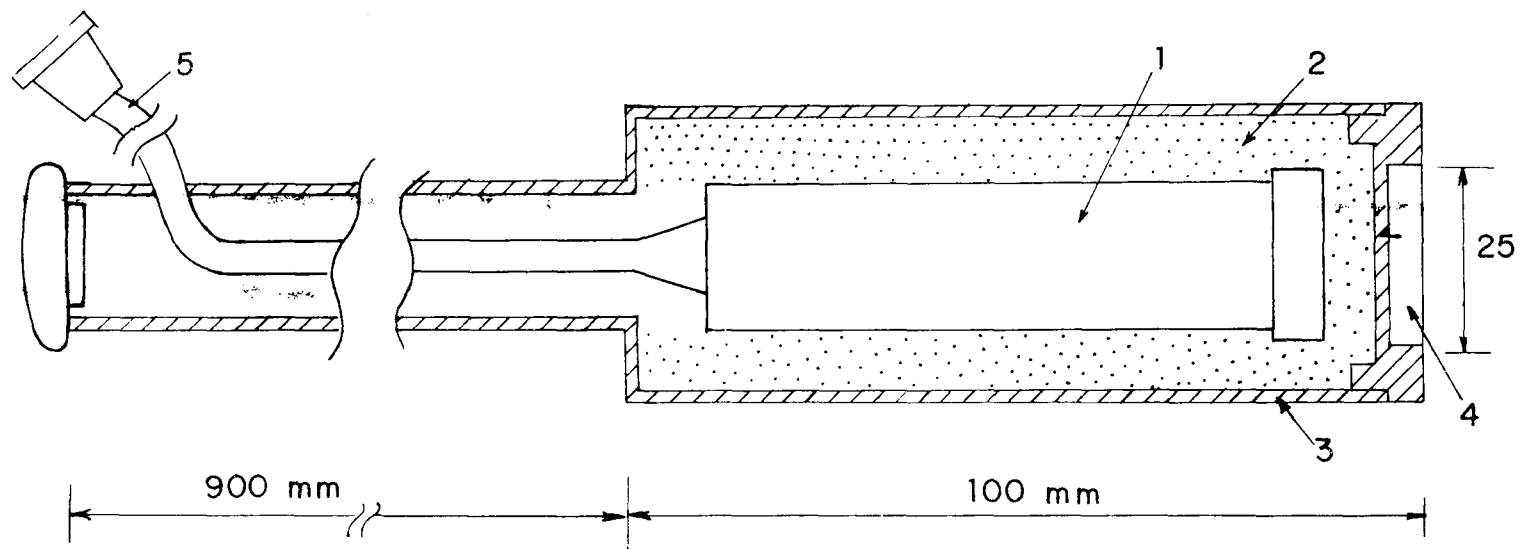


Fig. 3 - Sonda para detección de indicadores radiactivos en mezclador de arrabio.

- 1) Tubo Geiger Muller; 2) Telgopor; 3) Vaina de aluminio pulido; 4) Lugar para pastilla de calibración; 5) Conexión al monitor.