

C.N.I. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº	AÑO
1	1979

04.79.10

RG

061.3:

620.179.1

C76

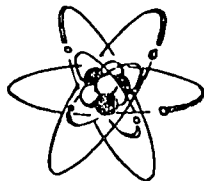
1979

NACIONES UNIDAS



PROGRAMA DE LAS N. N. U. U.  
PARA EL DESARROLLO

REPUBLICA ARGENTINA



COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA  
C. N. E. A.

ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS



O. E. A.

## I CONFERENCIA REGIONAL SOBRE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

CENTRO CULTURAL GRAL SAN MARTIN  
11 al 15 de Junio de 1979

### INSPECCION POR ULTRASONIDO DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES.

GRANOVSKY, Marta  
HARDOY, Claudio  
OBRUTSKY, Laura  
(CNEA, Argentina)

BUENOS AIRES  
Argentina

## INSPECCION POR ULTRASONIDO DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES.

### 1.- INTRODUCCION

Los elementos combustibles, en su proceso de fabricación, son inspeccionados por distintas técnicas de ensayos no destructivos.

El presente trabajo está referido al ensayo de los elementos combustibles correspondientes al reactor atómico tipo MTR, que se construye para Perú. Están compuestos por placas de 1.9 mm de espesor, constituidas por un núcleo intermetálico de  $UAl_x$  ( $x=2,3$  y  $4$ ), alúmina y aluminio, conteniendo un 40% de uranio enriquecido. Estas placas se fabrican partiendo de una pastilla sinterizada de 9 mm de espesor que va a constituir el núcleo. Para ello se la incluye dentro de un marco de aluminio de igual espesor y se cubre en ambos lados con dos placas de aluminio de 4.5 mm de espesor cada una. El conjunto unido por puntos de soldadura se lamina en caliente hasta 2.2 mm de espesor y luego en frío hasta el valor final mencionado.

También en este trabajo se estudian las condiciones de ensayo para placas combustibles del mismo tipo, que se encuentran en desarrollo para mejora de diseño y proceso.

Por métodos radiográficos se determinan las dimensiones del núcleo, su homogeneidad y las posibles fisuras originadas en el laminado.

Debido al tipo de construcción de las placas combustibles puede producirse falta de unión metálica entre el núcleo y las láminas de aluminio, lo que producirá modificaciones localizadas en la disipación térmica, originando recalentamientos dentro del reactor cuando entre en servicio.

### 2.- OBJETO DEL TRABAJO

Obtener información necesaria para poder especificar el método de inspección por ultrasonido, con técnicas de inmersión por transparencia, con registros de imagen por "barrido C".

### 3.- DESCRIPCION DE LAS TECNICAS

#### 3-1 Técnica de transparencia

Esta técnica se utiliza principalmente por transmisión, es decir, con dos palpadores uno de los cuales actúa como emisor y el otro, coaxialmente alineado en el lado opuesto de la muestra como receptor.

Calibrado el equipo en una zona libre de heterogeneidades y considerando la presión acústica recibida como 100%, si el haz es interceptado por una heterogeneidad, la presión acústica disminuirá proporcionalmente a la superficie del obstáculo.

### 3-2 Técnica de inmersión

En los ensayos por inmersión el medio de acoplamiento es el líquido que rodea a la muestra. Estos ensayos se realizan sumergiendo la misma en una cuba de manera que entre el palpador y la superficie de la muestra quede siempre una columna continua de líquido. Si se emplea agua como medio de transmisión, se debe añadir a la misma un agente humectante para evitar además la formación de burbujas, especialmente en la superficie del palpador, los cuales interfieren la transmisión del haz ultrasónico.

Los ensayos por inmersión están particularmente indicados cuando se requiere examinar lotes de gran número de piezas o de dimensiones relativamente grandes.

Debido a que no se requiere en este caso contacto directo entre el palpador y la muestra, se elimina presión y rozamiento entre ellos; lográndose por lo tanto :

- Eliminar los riesgos de rotura y desgaste del cristal oscilador, por lo que no se precisa el empleo de suela protectora.
- Emplear frecuencias más altas (cristales de espesor más delgado).
- Aumentar la velocidad de ensayo; por lo que este tipo de ensayos están especialmente indicados para ser realizados en forma automática.

Entre las limitaciones se debe mencionar el efecto de curvatura de la muestra que se elimina en parte utilizando palpadores focalizados.

### 3-3 Palpadores focalizados

El principio de los palpadores focalizados se basa en las leyes de refracción aplicadas a superficies curvas, con lo que, al igual que en la óptica se logran los efectos convergentes o divergentes del haz ultrasónico mediante una lente, en este caso "acústica".

La distancia focal viene dada por la relación

$$df = r \frac{n}{n-1}$$

r = radio de curvatura.

n = índice de refracción del material de la lente en el líquido (agua).

Alrededor del foco se logra concentrar la energía y presión acústica, por lo tanto se mejora la sensibilidad y poder de resolución; reduciéndose además los ecos perturbadores ocasionados por las características microestructurales de la muestra debido a que se examina un menor volumen de material.

#### 4.- DESCRIPCION DEL EQUIPAMIENTO

El sistema de inspección utilizado, marca MECCASONICS Ltd. es un prototipo provisto a la CNEA, por el PNUD.

El sistema está compuesto por los siguientes equipos:  
(Fig. 1 - 2 y 3).

- Equipo convencional de ultrasonido, D-120, que posee dos unidades enchufables, las que permiten trabajar en los rangos de frecuencia 1-10 MHz y 10-20 MHz respectivamente.
- Sistema de representación "barrido C" formado por un equipo de control de compuertas G-411 y un cuantificador de tonos Q-501 de 6 canales.

El control de compuertas está sincronizado con el equipo de ultrasonido; siendo posible elegir entre dos modos distintos de operación mediante un selector. En el modo principal la compuerta analógica se fija en la posición deseada de la pantalla, en forma independiente de la posición de las señales; se usa cuando el camino recorrido por el haz en el medio acoplante es constante. El otro modo permite fijar la compuerta a una distancia constante de una señal de referencia, de esta forma es posible obtener el registro aún cuando la distancia entre el palpador y la superficie de la muestra varíe.

El pulso seleccionado con la compuerta genera una tensión proporcional a su amplitud. Esta tensión conectada al cuantificador genera seis niveles discretos y variables de corriente, los que corresponden a cada uno de los canales. Esto permite registrar sobre papel electrosensible en seis tonos distintos. En el registro obtenido los ejes x e y se corresponden, en escala 1:1, con las coordenadas de la placa a examinar, el eje z del registro corresponde a los tonos del cuantificador. Se obtiene así una proyección plana correspondiente a un examen volumétrico.

- Tanque de inspección serie M 100, formado por una cuba para inmersión con un sistema de barrido automático x-y, al cual está ensamblada la punta registradora.
- Módulo de control del sistema de barrido automático x-y C-601, que brinda la posibilidad de variar el paso, la velocidad y la amplitud de barrido.

## 5.- UTILIZACION DE LAS TECNICAS

Las placas combustibles son inspeccionadas con el ensayo Blister, (\*), con el cual se pueden detectar zonas con falta de unión metálica, al formarse ampollas en el material; pero esto se produce solo en los casos en que hay desprendimientos gaseosos. Por ende este ensayo no es definitivo y se hace necesaria la inspección por ultrasonido para obtener una información más completa.

Las técnicas utilizadas se eligieron teniendo en cuenta que se requería un sistema automático por la gran cantidad de placas a ensayar, y que el espesor final de las placas combustibles hacía imposible el uso de técnicas por pulso-eco a la frecuencia elegida. Por esta última razón fue necesario el empleo de técnicas por transparencia.

### 5-1 Construcciones accesorias

Para mantener los elementos combustibles suspendidos en el líquido se construyó un soporte constituido por una base que sostiene dos mordazas, las que se pueden desplazar de acuerdo a las distintas longitudes de las chapas. Para evitar la flexión se adosó un punto de apoyo central.

El soporte de los palpadores está formado por dos brazos que sostienen a cada uno de ellos de manera que queden enfrentados y coaxialmente aliveados. La distancia entre ellos se puede variar hasta un máximo de 15 cm.

### 5-2 Medio de acoplamiento

Se utilizó como líquido acoplante agua con un 0,5% de tensoactivo en solución. Para asegurar la desgasificación se dejó reposar la solución durante una semana. Adicionalmente, para eliminar las burbujas formadas al sumergir cada una de las placas a inspeccionar, se adosaron dos escobillas, para barrer la chapa en forma simultánea con los palpadores. Las burbujas se registraban con iguales características que un defecto (Fig. 4).

### 5-3 Elección de la frecuencia y palpadores

Se utilizaron palpadores MBS TPF 20 marca KRAUTKRAMER, focalizados (distancia focal = 3,5 cm) de frecuencia 5 MHz. A esta elección se llegó después de considerar los siguientes factores:

(\*) El ensayo Blister consiste en calentar la muestra a 550°C durante 1 hora e inspeccionar visualmente después de enfriado en aire.

Con frecuencia de 10 a 20 MHz, se detectaban pequeñas inhomogeneidades en la composición del material, mucho efecto de borde y una excesiva diferencia de atenuación entre el núcleo y los bordes de aluminio, lo cual enmascaraba los efectos buscados.

Frecuencias menores fueron descartadas debido a que su resolución es inferior a 1 mm.

No se usaron los palpadores pertenecientes al equipo por ser estos de gran diámetro y foco poco definido.

#### 6.- EXPERIENCIAS E INFORMACIONES OBTENIDAS

El calibrado se realizó de modo de obtener una señal del núcleo cubriendo el 100% de la pantalla; se graduaron los niveles de los canales, de manera tal que quedaran diferenciados en los registros atenuaciones superiores a los 2 db.

Se detectaron diversos tipos de discontinuidades en las placas.

Se encontró que los despegues detectados por Blister en el aluminio daban una atenuación del orden de 15 db (Fig. 5). Esto se tradujo en el registro como manchas blancas bien definidas.

En otras chapas se registraron discontinuidades en el núcleo de tamaño mucho mayor y con similares características que las anteriores, pero de atenuaciones superiores a 25 db (Fig. 6). Se puede suponer entonces que esas zonas corresponden a falta de unión metálica.

Se registraron también discontinuidades en el núcleo con atenuaciones de 3 a 5 db, pero de tamaño mucho menor y bordes menos definidos. En algunos se vieron pequeñas manchas blancas aisladas dentro de un núcleo homogéneo, que podrían ser atribuidos a despegues, dado que su homogeneidad había sido comprobada por ensayo radiográfico (Fig. 7).

En otras, en cambio dichas manchas se encontraban en gran cantidad y distribuidas aleatoriamente en todo el núcleo, las que podrían ser consideradas inhomogeneidades del material (Fig. 8). Esto se pudo afirmar en casos en que aparecieron manchas blancas, alargadas en la dirección del laminado. Debemos mencionar que estas placas contenían un polvo muy fino en el cual se aglutinaron granos de óxido de uranio que se deformaron con el laminado (Fig. 9). En éstos dos últimos casos las radiografías mostraron inhomogeneidades.

En una de las placas se registró un despegue en el borde del núcleo, extendido hacia ambos lados, el que había sido indicado

por Blister. Dentro del núcleo se observó gran variedad de zonas blancas o de muy baja intensidad, lo que señalaba anomalías en la placa, que fueron causadas por un despegue total en el proceso de laminado, y por lo tanto no se produjo una unión metálica uniforme (Fig. 10).

Desde el punto de vista ultrasónico el contorno del núcleo se presenta como una discontinuidad, debido a que se produce efecto de borde, motivo por el cual la señal se atenúa en aproximadamente 8 db. Esto dió como resultado en los registros una franja de tono similar al de los despegues. Por esta razón pequeñas faltas de adherencia en esta zona eran muy difíciles de discriminar. (Fig. 11).

### CONCLUSIONES

En base a las experiencias realizadas hasta el momento, se puede afirmar que el método adoptado para la detección de falta de adherencia es adecuado y que el barrido C permite localizar exactamente la posición del defecto buscado y su magnitud, pudiéndose archivar cada registro para controles posteriores.

El problema fundamental que se presentó se debe a que la gran sensibilidad del equipo dificulta la interpretación de los resultados, quedando enmascarados, en algunos casos, los defectos buscados por características propias de las piezas inspeccionadas.

Para constatar los resultados del presente trabajo y precisar dimensiones de las discontinuidades encontradas es necesario realizar metalografías en las zonas de interés, trabajo que está en ejecución.

Cuando las especificaciones de las discontinuidades que deben ser consideradas como defectos sean fijadas, se podrá definir el umbral máximo de atenuación aceptable. Con este dato se recalibrará el equipo de manera de obtener registros en tres tonos : negro el aluminio, gris el núcleo y blanco todas aquellas zonas que tengan atenuaciones mayores que dicho umbral y que son por lo tanto defectos.

Esta nueva calibración permite una interpretación más sencilla de los resultados eliminando los detalles que no son de interés.

REFERENCIAS

- RAMIREZ GOMEZ, Francisco y otros. "Introducción a los métodos de END de control de calidad de los materiales". - Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial. Madrid 1976.
- Metals Handbook - Vol. 11. 1976.
- Mc MASTER, Robert. Nondestructive Testing Handbook - Vol. 2. 1963.

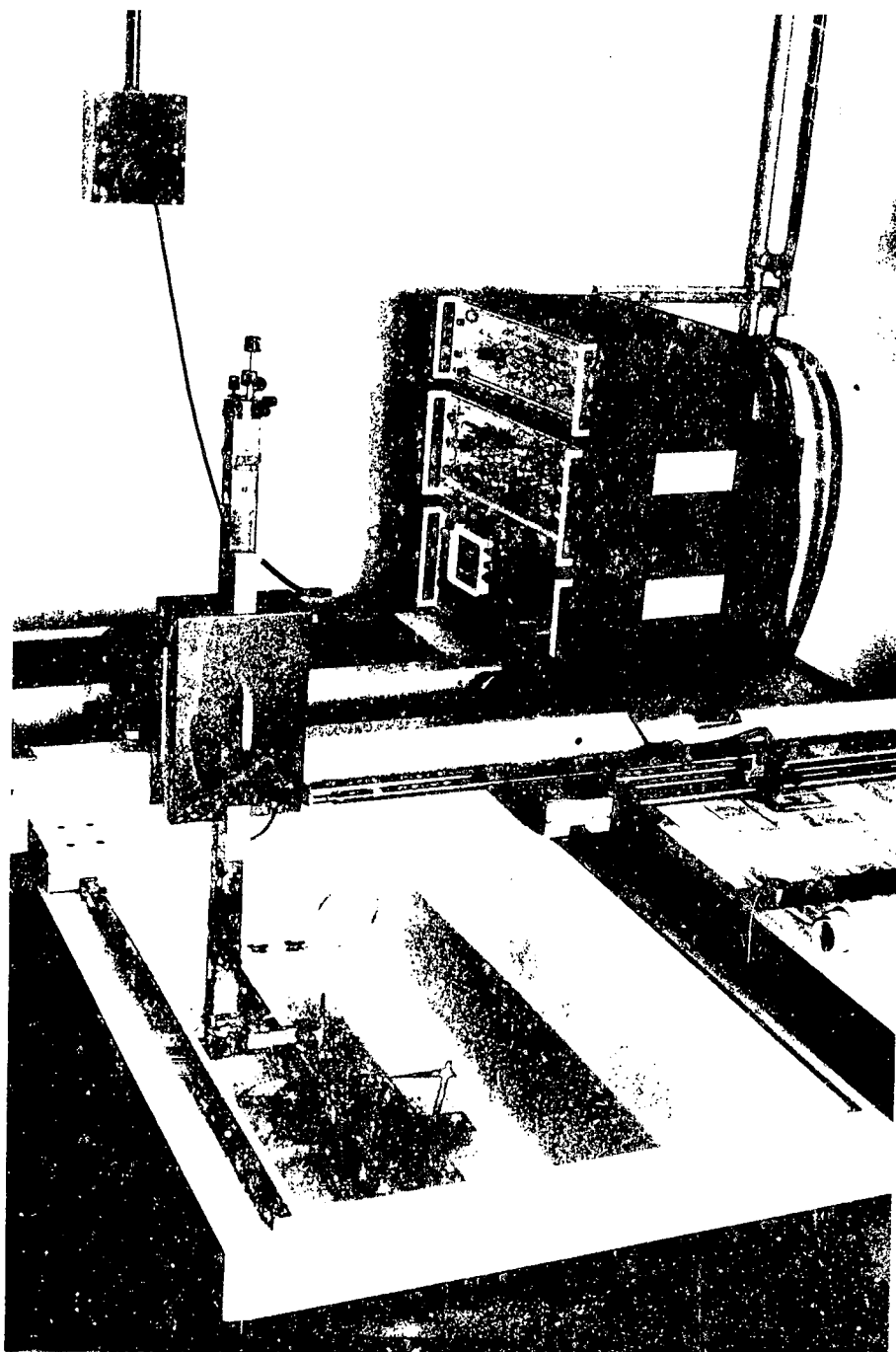


Fig. 1 - Vista General del equipo.

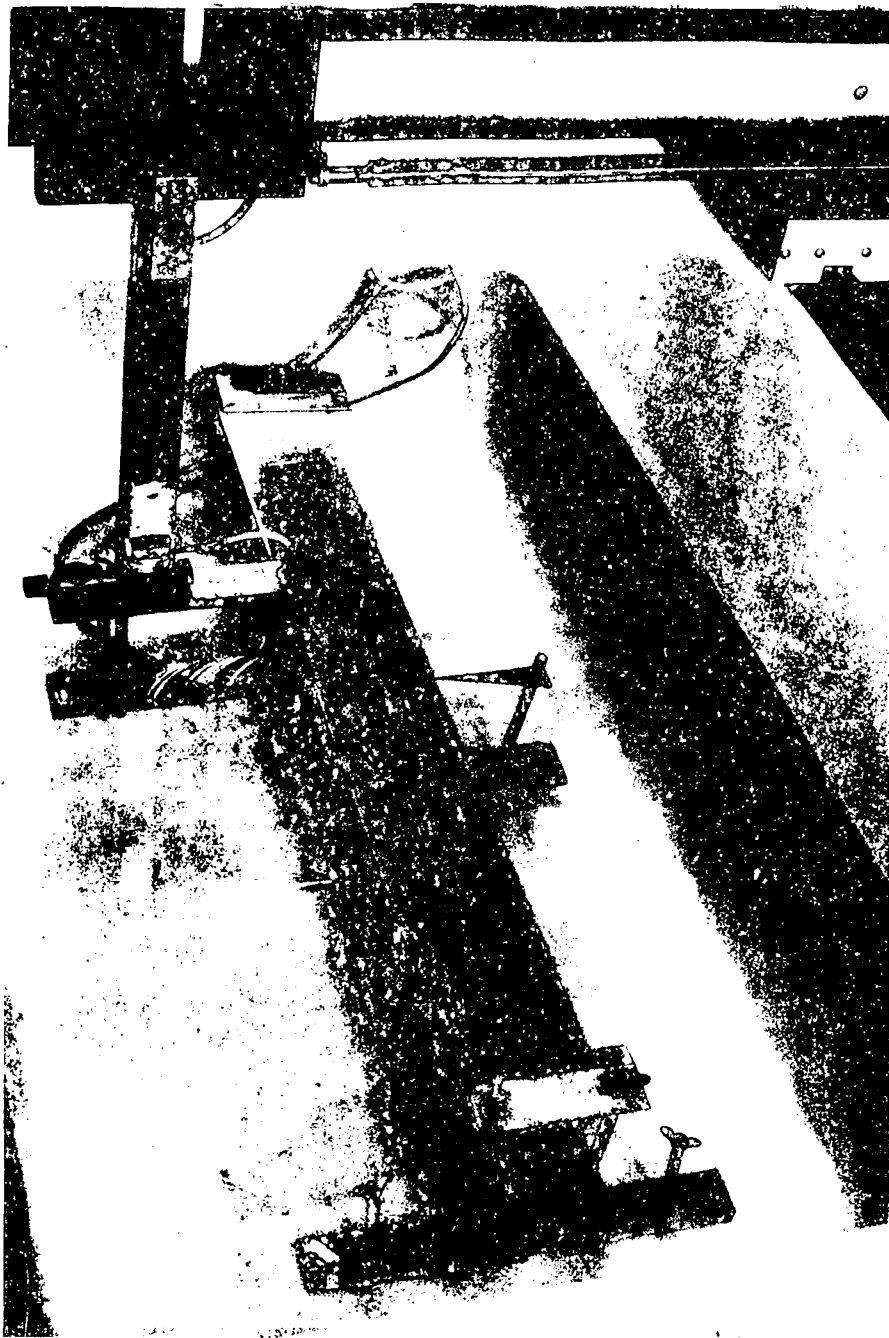


Fig. 2 - Disposición de transductores respecto de la placa combustible.

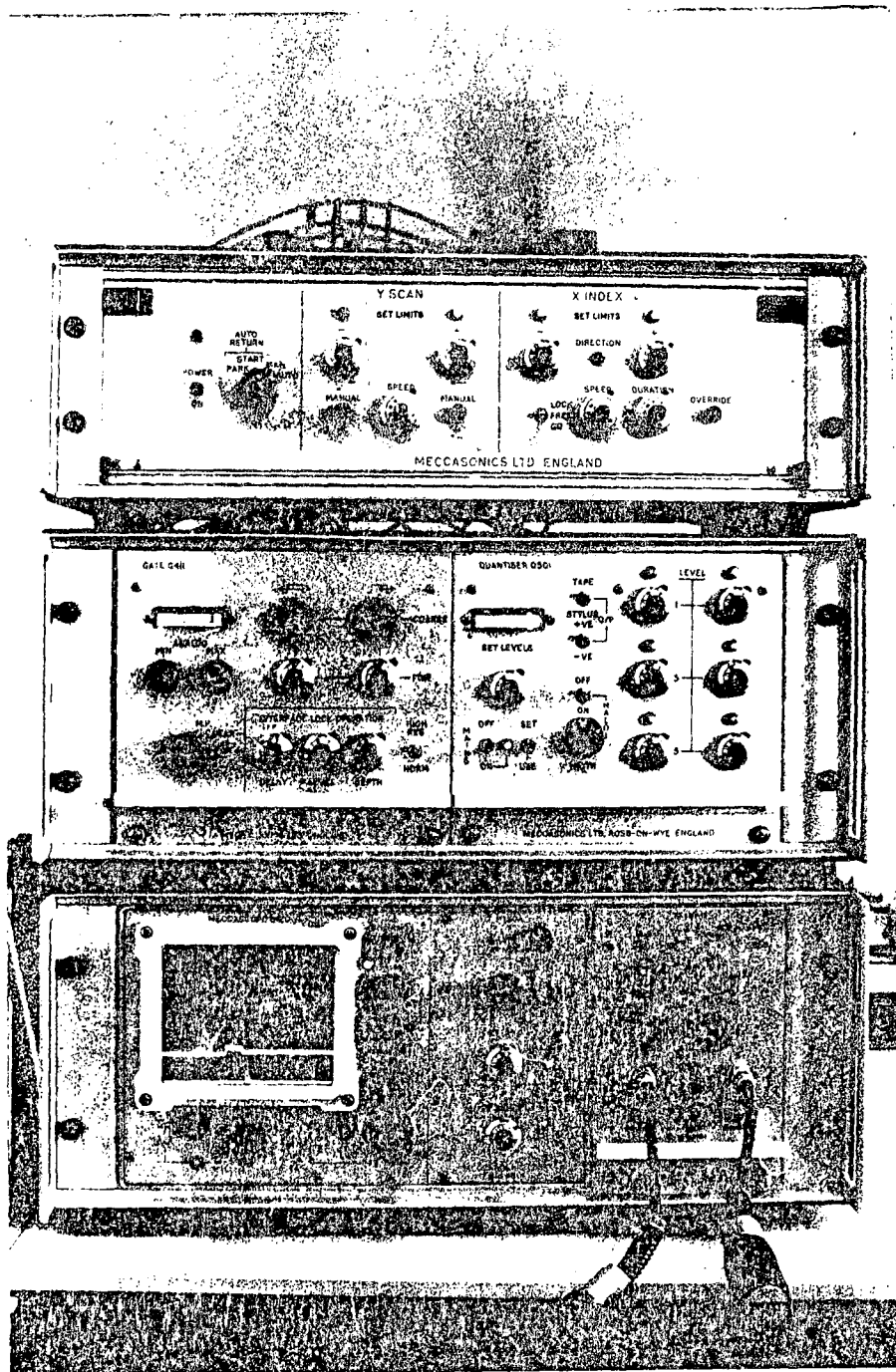


Fig. 3 - Equipamiento electrónico

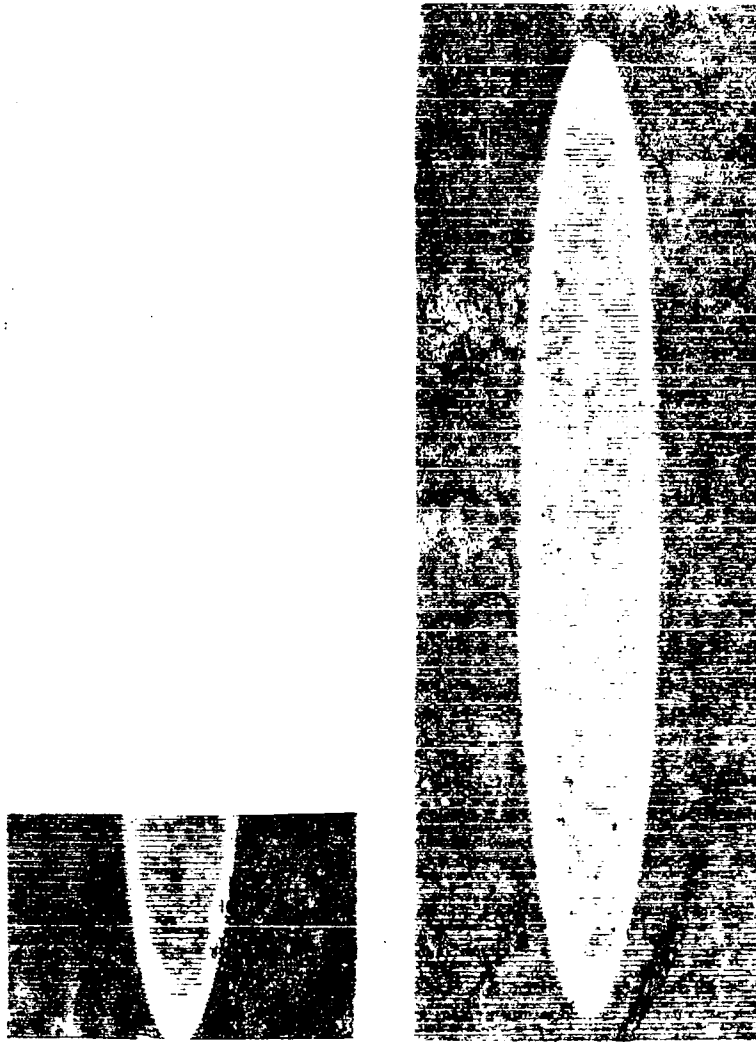


Fig. 4 - A Efecto de burbujas adheridas a la placa.  
B La misma zona sin burbujas

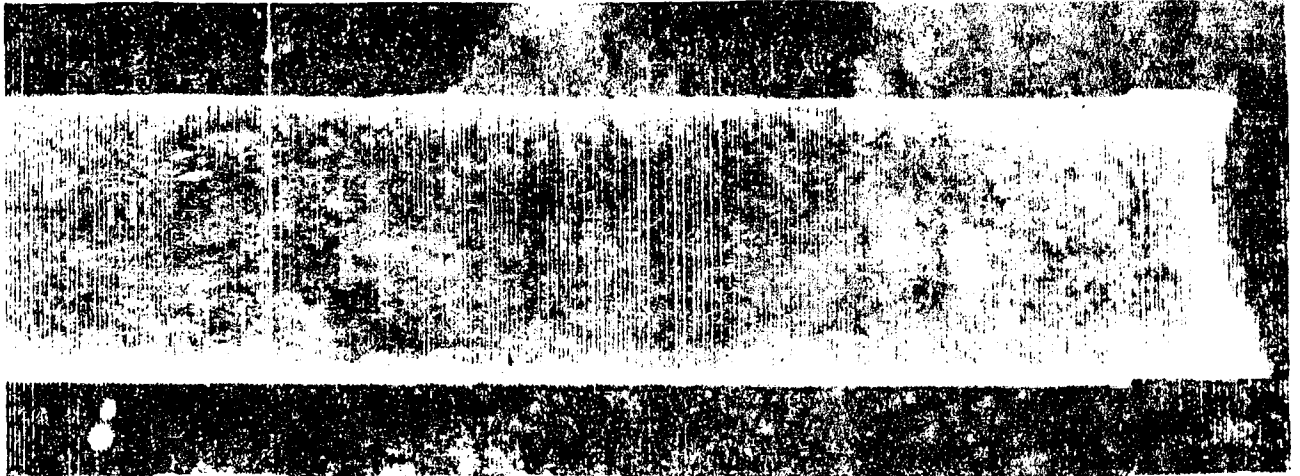


Fig. 5 - Despegues en el aluminio con atenuaciones de 15 db.



Fig. 6 - Discontinuidades en el núcleo con atenuaciones mayores que 25 db.

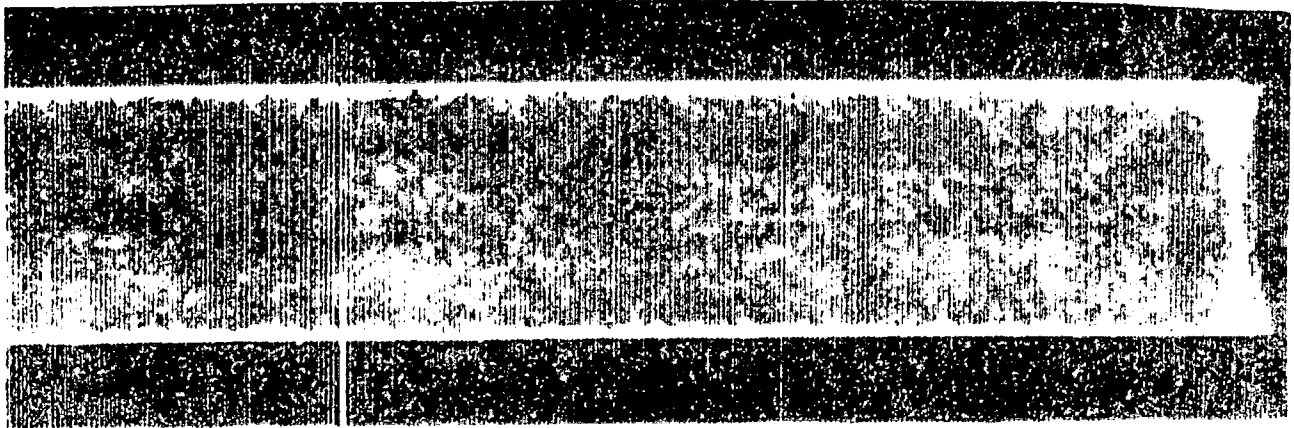


Fig. 7 - Discontinuidades aisladas en un núcleo homogéneo.



Fig. 8 - Discontinuidades distribuídas aleatoriamente en todo el núcleo.

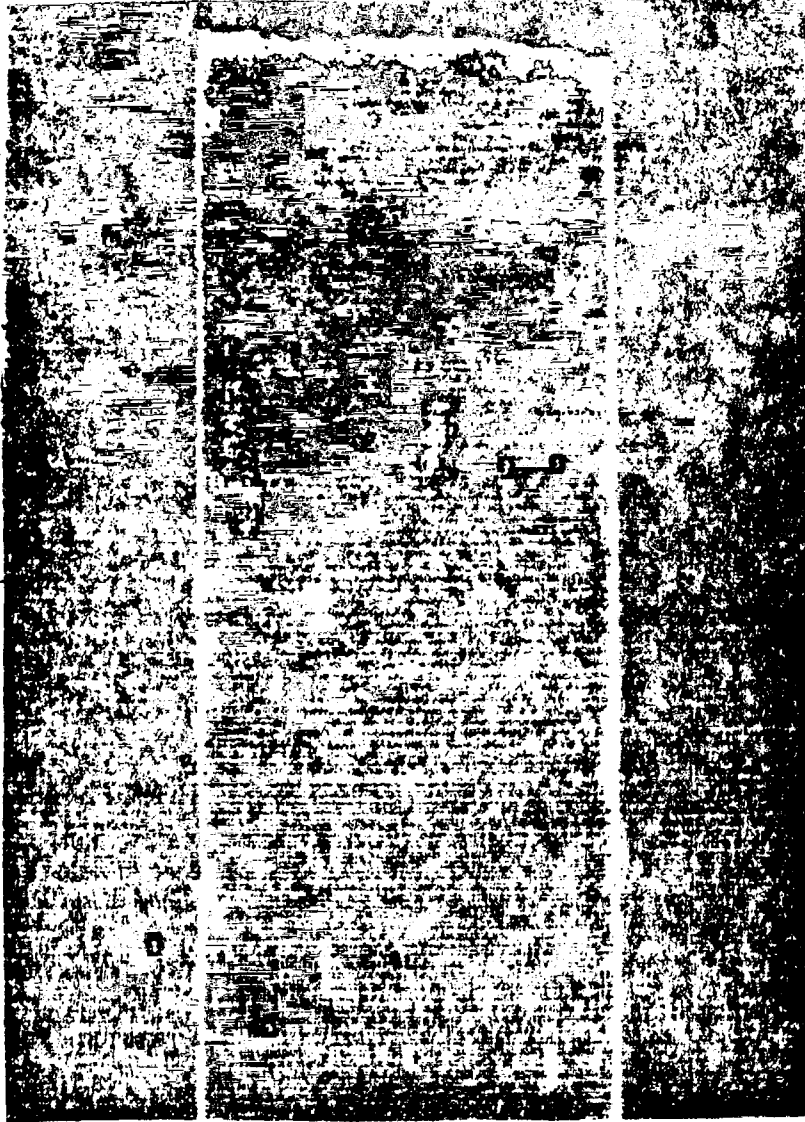


Fig. 9 - Falta de homogeneidad en el núcleo.

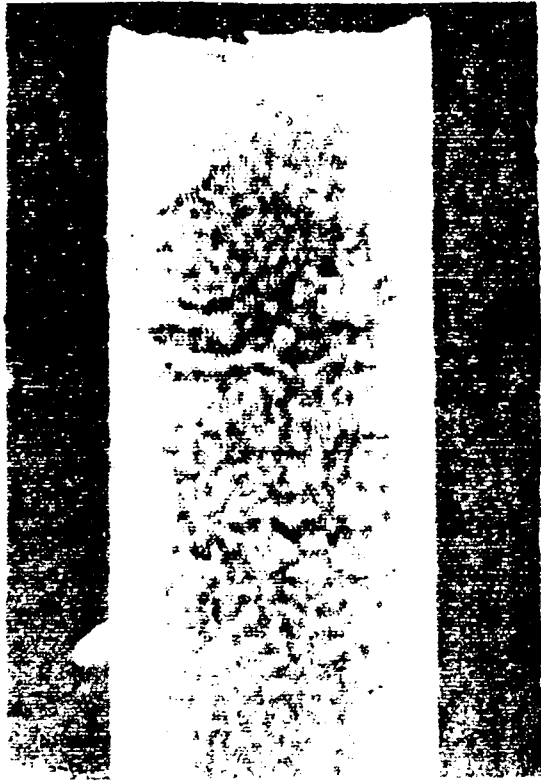


Fig. 10 - Registro de una placa con despegue generalizado.

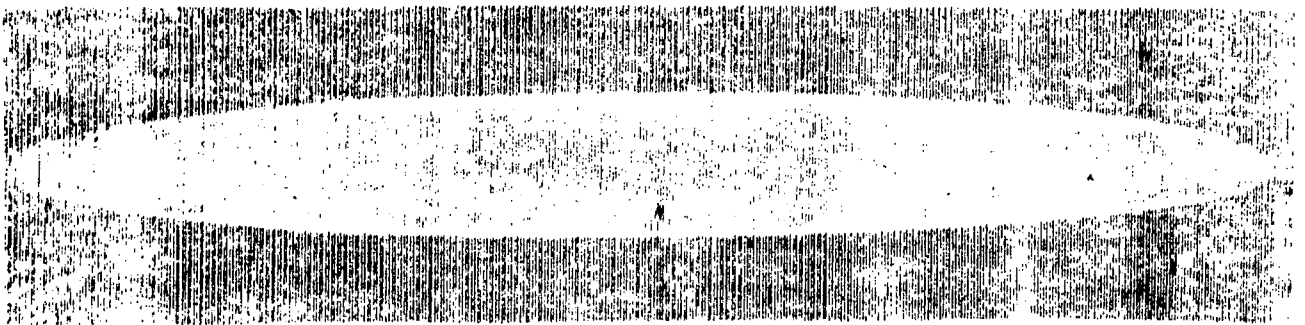


Fig. 11 - Efecto de borde en el contorno del núcleo.