

IMÁGENES INTROSPECTIVAS DE OBJETOS METÁLICOS

C. Moreno^{1,2}, A. Clause^{2,3}, M. Vénere^{2,3}, J. Martínez¹, R. Barbuza², M. Del Fresno², R. Llovera¹,
A. Tartaglione¹, S. Jaroszewicz¹

1 Dep. de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

2 PLADEMA Programa Interinstitucional de Plasmas Densos Magnetizados

3 CNEA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO, CONICET

e-mail: moreno@df.uba.ar

Se presentan imágenes radiográficas de piezas metálicas iluminadas con radiación X generada mediante una descarga eléctrica de alta potencia pulsada producida en una atmósfera de Deuterio a baja presión. La emisión X consiste fundamentalmente en radiación de frenado asociada a una pronunciada auto-focalización del plasma de Deuterio generado por la descarga. En lo que atañe a la obtención de imágenes la fuente de iluminación puede considerarse puntual, de unos 50 ns de duración, y de amplio espectro. Procesando 8 vistas angulares de una misma pieza, se ha logrado la reconstrucción tomográfica de la misma. Las potenciales aplicaciones que se vislumbran para este tipo de fuente de radiación son: defectoscopia metalúrgica, visualización de objetos ocultos en recipientes metálicos y radiografía ultrarrápida.

Radiographic images of metallic pieces illuminated with X radiation emitted by pulsed electrical discharges in Deuterium at low pressure are presented. The X ray emission comes basically from bremsstrahlung radiation associated to a strong auto-focalization of the Deuterium plasma generated by the discharge. Regarding the images, the light source can be considered as punctual, 50 ns duration, and having a broadband spectrum. By processing 8 angular views of the same piece we obtained a tomographic reconstruction of it. The potential applications that can be envisaged for this radiation source are metallic defectoscopy, visualization of objects hidden in metallic recipients and ultra-fast radiography.

I. INTRODUCCIÓN

Numerosas áreas de la tecnología pueden ser fuertemente potenciadas si cuentan con la posibilidad de obtener imágenes del interior de objetos metálicos. Considérese por ejemplo el caso de inspección interna de piezas metálicas, o de productos envasados en metal, o la detección de sustancias u objetos peligrosos ocultos en recipientes metálicos [1].

Las fuentes de radiación X convencionales, como las de aplicación en medicina por ejemplo, no tienen el espectro adecuado para penetrar metales. Otras fuentes de radiación, tales como emisores gamma de origen nuclear (fuentes isotópicas) o aceleradores de partículas, tienen el espectro adecuado pero son de manipulación peligrosa, o de costo muy elevado o simplemente no pueden transportarse hasta el área de interés. En la Física del Plasma por su parte se conocen los denominados equipos Plasma Focus y Z-pinch, entre otros, que también producen radiación X de amplio espectro. Estos equipos surgieron hace 40 años y fueron estudiados primariamente como potenciales reactores de fusión nuclear. En este aspecto, la línea de Z-pinches adquirió un gran impulso que llega hasta nuestros días [2]. Además de sus correspondientes perspectivas en el área de la fusión nuclear, ambos tipos de equipos producen intensa radiación X y pueden ser ventajosamente empleados como fuentes pulsadas de rayos X.

Se han propuesto diversos mecanismos para explicar la emisión de radiación por parte del plasma que se encuentra sujeto procesos de rápida compresión y posterior disrupción de la estructura formada durante dicha compresión [3]. La mayor parte de la energía radiada como consecuencia de estos procesos consiste básicamente en radiación de frenado de electrones que se aceleran en el seno del plasma y luego se frenan bruscamente, ya sea en el plasma mismo, o al chocar contra las paredes del recipiente o de los electrodos.

A pesar de que para la producción de rayos X de corta longitud de onda es conveniente trabajar con gases de alto número atómico [3], decidimos emplear Deuterio como gas de trabajo, previendo la posibilidad de obtener, en un futuro experimento, una radiografía y una neutrografía simultáneas del mismo objeto.

El empleo de equipos Plasma Focus para radiografiar pequeños especímenes biológicos se conoce desde hace ya 24 años [4] y continúa siendo de interés en nuestros días [5]. Sin embargo, la aplicación de estas descargas a la obtención de imágenes introspectivas de objetos metálicos es totalmente novedosa [6]. A continuación presentamos una descripción sucinta del equipo y del procedimiento empleados, algunas de las imágenes obtenidas y una reconstrucción tomográfica de una de las piezas radiografiadas.

II. MÉTODO

La fuente de rayos x

Como fuente de radiación se empleó un Plasma Focus de mediana energía y cámara compacta descrito detalladamente en [7]. El sistema se compone de un banco de capacitores de 10.5 μF cargados a 30 kV (4.7 kJ de energía almacenada) conectados a una cámara de descargas donde tiene lugar generación y focalización del plasma. La cámara es de acero inoxidable, con paredes de 3 mm de espesor. Cuando se trabaja a presiones de 4 a 5 mbar de Deuterio se obtienen corrientes de descarga aproximadamente senoidales, de 340 kA de corriente pico y 1.1 μs de semiperíodo. Los parámetros de diseño del equipo (capacidad del banco, tensión de trabajo, longitud y diámetro de los electrodos) se determinaron de modo tal que la focalización ocurra en los momentos en que la corriente alcanza su máximo, con el propósito de maximizar la producción neutrónica. En esos instantes se emiten pulsos de rayos X de 50 ns de duración, acompañados casi simultáneamente de pulsos de neutrones con duración temporal similar. El tamaño reducido de la cámara, cuyas paredes se encuentran a unos 5 cm de la zona de focalización, permite disponer de altas fluencias de radiación en el exterior de la misma en caso de que resulte necesario para las aplicaciones. Después de cada descarga la presión se incrementa 0.05 mbar debido a la liberación de impurezas de las paredes de la cámara. La eyección de impurezas se produce cuando el plasma aún caliente, luego de la focalización, incide sobre las superficies expuestas. El exceso de presión se reduce con bomba mecánica luego de cada disparo para mantener, en la medida de lo posible, las mismas condiciones de trabajo. El gas se renueva completamente luego de unas 10 descargas.

La obtención de imágenes

Las muestras se colocan fuera de la cámara de descargas, a 83.5 cm de la región de focalización del plasma. Se emplean películas radiográficas comerciales Curix ST-G2 de AGFA, junto con el revelador y fijador sugeridos por AGFA para este film. No se requieren tratamientos particulares más allá de los recomendados por el fabricante. La mencionada distancia de la fuente a la muestra se eligió para evitar la sobreexposición de la película en un sólo disparo. En la práctica, esto implica que se necesitan entre una y tres exposiciones para lograr una imagen.

Cuando se busca obtener radiografías simples, los objetos se colocan directamente sobre el receptáculo de la película para minimizar la distancia entre ésta y el objeto, y así favorecer la definición de la imagen. En tanto que si se desea obtener una tomografía, el receptáculo de la película se aleja 5 cm del objeto para permitir la rotación de éste, y así poder tomar vistas del mismo a diversos ángulos.

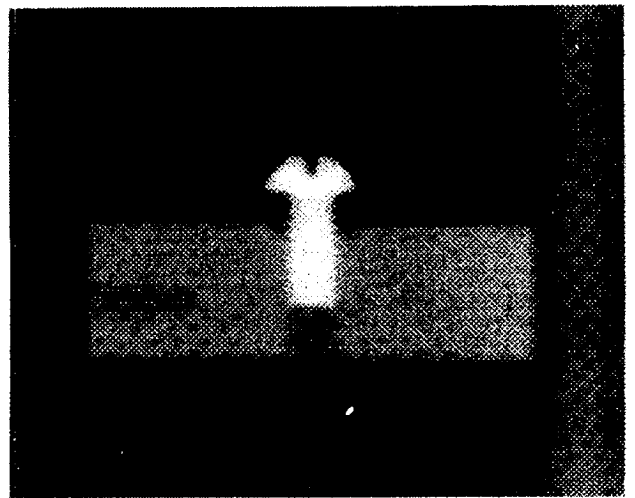


Figura 1 Imagen de Rayos X de un bloque de Aluminio con un tornillo 1/4-20 de bronce

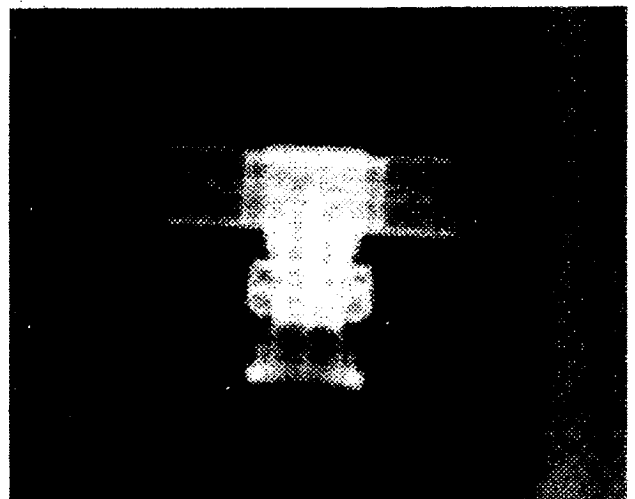


Figura 2 Imagen de un conector T BNC metálico.

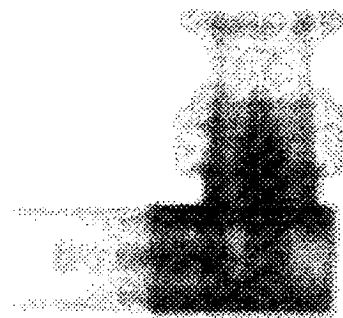


Figura 3 Radiografía de un conector BNC metálico.

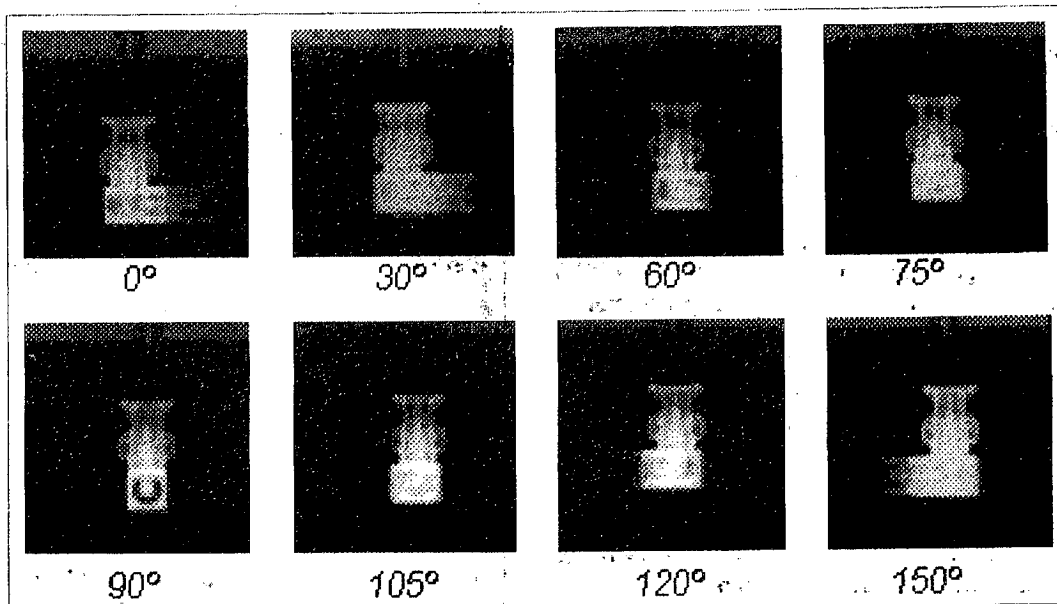


Figura 4. Radiografías de un conector BNC tomadas con un Plasma Focus

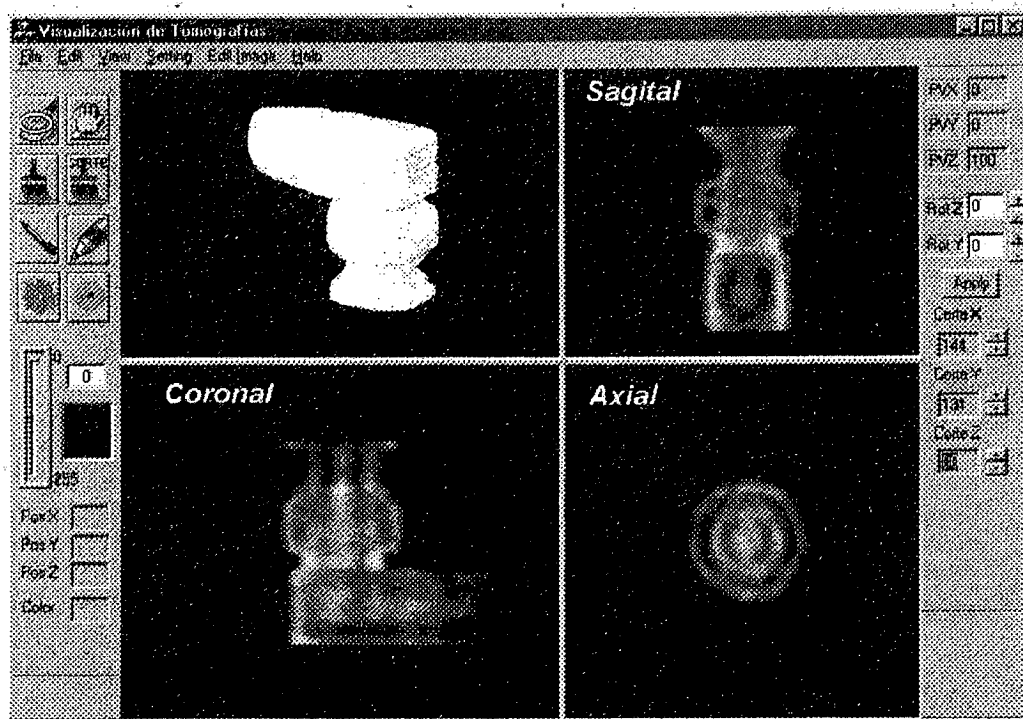


Figura 5. Vistas del Conector BNC

En cada caso las imágenes obtenidas sobre el film radiográfico son escaneadas para poder ser procesadas en forma digital.

Para monitorear tanto la producción de radiación X de alta energía, como la de neutrones, se emplea un tubo foto-multiplicador RCA 6342A acoplado a un plástico centellador de 5 cm de diámetro y 5 cm de longitud. La amplitud de la señal del foto-multiplicador permite determinar después de cada disparo, la conveniencia de revelar la película o superponer una nueva exposición sobre ella. El ancho a mitad de altura de la señal correspondiente a rayos X es típicamente de

50 ns como se mencionó, por lo cual la fuente de radiación puede considerarse de duración ultracorta para muchas aplicaciones (como referencia puede considerarse que las fuentes de uso en medicina deben irradiar normalmente durante decenas de ms para obtener una imagen, esto es, durante lapsos 6 órdenes de magnitud más prolongados)

Debe señalarse asimismo que pesar de que en algunos casos es necesario superponer más de un disparo, la calidad final de las imágenes es muy buena y resulta adecuada para reconstrucciones tomográficas. Si bien ello es atribuible en buena

medida a la corta distancia entre la película y el objeto comparada con la del objeto a la fuente, también señala que para los efectos de obtener imágenes radiográficas la fuente de radiación puede considerarse puntual y que su localización dentro de la cámara de descargas no cambia apreciablemente de un disparo a otro.

III RESULTADOS

En la Figura 1 se presenta una radiografía de un bloque de Aluminio de 4.93 cm de longitud y sección cuadrada de 1.56 cm de arista, con un tornillo de bronce 1/4-20 (6.35 mm de diámetro, 1.27 mm de paso). Pueden apreciarse detalles de la rosca del tornillo, del orificio pasante donde está enroscado, y de un segundo orificio, ciego, en el lado izquierdo del bloque. También se advierte un claro contraste entre los dos metales que componen el objeto, a pesar de sus diferentes espesores. Este efecto, que puede resultar de gran valor para las aplicaciones, se debe al amplio espectro de la radiación de sondeo.

En la Figura 2 se aprecia un conector "T" BNC metálico, donde pueden observarse claramente detalles submilimétricos de su conexionado interno. En la Figura 3 se muestra una radiografía de un conector BNC en forma de codo, donde también pueden observarse detalles internos. De esta pieza se tomaron 8 vistas a diferentes ángulos y con ellas se realizó una reconstrucción tomográfica. Las vistas individuales pueden verse en la Figura 4, mientras que en la Figura 5 se aprecian tres cortes de la reconstrucción tridimensional de la pieza.

IV CONCLUSIONES

Se ha empleado un equipo Plasma Focus de cámara compacta como fuente de radiación para obtener imágenes introspectivas de objetos metálicos. La calidad de las imágenes permite apreciar cómodamente detalles internos submilimétricos y también realizar reconstrucciones tomográficas basadas en un número reducido de vistas. El procedimiento

experimental para obtener las imágenes es muy simple y económico.

Agradecimientos: Este trabajo recibió el apoyo de: Fundación Antorchas (A-13838/1), PLADEMA-CNEA, UBA (JX64/99) y CONICET (PIP 4523/96).

Referencias

- [1] - E. Hussein and E. Waller. Review of one-side approaches to radiographic imaging for detection of explosives and narcotics, *Radiation Measurements*, 29 (6), 581, (1998).
- [2] - G. Yonas, Fusion and the Z Pinch, *Sci Am*, Aug 1998, 22. O ver: <http://www.sciam.com/featarch.html>
- [3] - D. D. Ryutov, M. S. Derzon, and M. K. Matzen, The physics of the Z-pinch, *Rev. Mod. Phys.*, 72 (1) 167 2000.
- [4] - G. Decker and R. Wienecke. Plasma Focus devices. *Physica* 82 C, 155-164, (1976).
- [5] - F. Castillo-Mejia, M. Milanese, M. Moroso, J. Pouzo and M. Santiago. Research on Dense Plasma Focus Hard X-ray Emission with Scintillator - Photomultiplier and TLD Measurements, 1998 ICPP and 25 EPS Conf. on Contr. Fusion and Plasma Physics, ECA 22C 2686 (1998).
- [6] - C. Moreno, J. Martínez, M. Vénere, A. Clause, R. Barbuzza and M. Del Fresno. Non-conventional radiographic and tomographic applications of a compact plasma focus. Regional Meeting on Plasma Research in 21st Century. Bangkok, Thailand, In Press, May 2000.
- [7] - C. Moreno, J. Martínez, H. Bruzzone y A. Clause. Operación de un plasma focus de cámara pequeña como generador compacto de neutrones y radiaciones, *Anales AFA*, 11, pp. 142-144, (1999).

CEILAP
CITEFA - CONICET
ZUFRIATEGUI Y VARELA
1603 - VILLA MARTELLI
REPUBLICA ARGENTINA