

NUEVOS AVANCES EN EL DESARROLLO DE TRANSDUCTORES MACROSÓNICOS DE PLACA ESCALONADA

F. Vázquez Martínez, G. Rodríguez Corral, C. Campos Pozuelo, L. Elvira Segura, J. A. Gallego Juárez

Instituto de Acústica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Serrano, 144, 28006 Madrid

ABSTRACT

NEW ADVANCES IN THE DEVELOPMENT OF STEPPED-PLATE MACROSONICS TRANSDUCERS

The stepped-plate transducer is a new type of macrosonic generator for sonic and ultrasonic applications in fluids and in multiphase media which holds high efficiency and directivity. The models so far developed of stepped-plate radiators have been of circular shape, axisymmetrically vibrating. Presently a new model of transducer with rectangular radiator is under development. The main problems in its design are related with the displacement and stress distribution. Finite element methods (FEM) have been used for the design of the prototype. It has been constructed and experimentally tested. The acoustic field radiated by the new transducer has been studied by boundary element methods (BEM) and measured.

INTRODUCCIÓN

Los transductores de placas escalonada vibrando a flexión constituyen un nuevo tipo de generadores macrosónicos para la aplicación de ultrasonidos de potencia en fluidos que presentan un alto rendimiento, elevada directividad (semejante a pistón plano) y una capacidad de potencia que depende de la superficie de la placa radiante y de la resistencia a la fatiga del material de la misma [1]. Hasta ahora, las placas desarrolladas han sido circulares, vibrando con simetría axial y realizadas en aleación de titanio forjado.

Para incrementar la superficie de la placa radiante, y por tanto la capacidad de potencia del transductor con vistas a aplicaciones industriales, resulta muy costoso mantener la forma circular, por

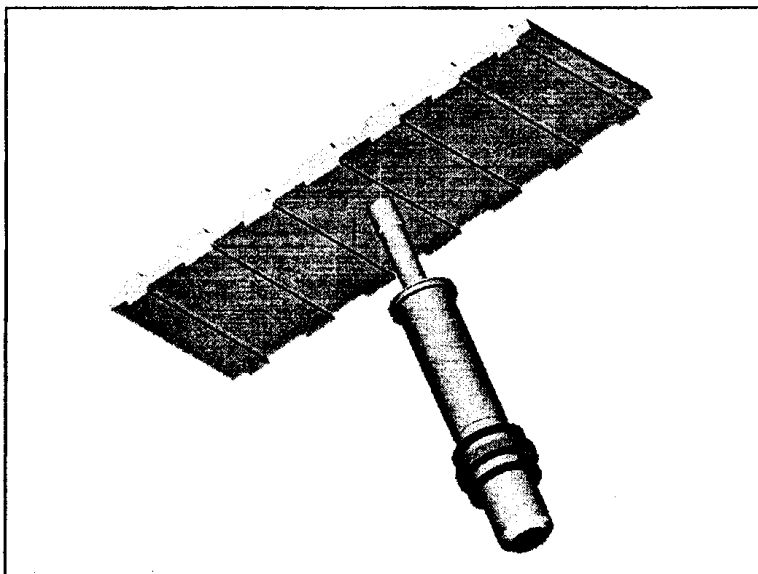


Figura (1)

la dificultad de fabricar discos forjados de más de un metro de diámetro. Para superar estos problemas prácticos, se está desarrollando un nuevo modelo de placas escalonadas de forma rectangular que permite la realización de los radiadores con material laminado de fabricación en serie.

La mayor problemática en el diseño de las placas rectangulares escalonadas vibrando a flexión y en modos altos estriba en conseguir una correcta

distribución de desplazamientos y tensiones en las mismas. Para ello se ha utilizado el método del elementos finitos con el que se ha conseguido modelar un primer prototipo que ha sido construido y caracterizado experimentalmente. Se ha estudiado asimismo, mediante elementos de contorno, la configuración del campo acústico y se han realizado medidas del campo de estos transductores para la validación del método numérico.

ESTRUCTURA DE LOS TRANSDUCTORES Y CRITERIOS DE DISEÑO

Estos transductores consisten básicamente en una placa rectangular escalonada por ambas caras vibrando a flexión con líneas nodales aproximadamente paralelas al ancho de la placa. Ésta es excitada en su centro por un vibrador piezoeléctrico (Fig.1)

La gran superficie de estas placas incrementa la impedancia de radiación y ofrece un buen acoplo de impedancias entre el vibrador y el medio. El perfil escalonado de las placas rectangulares por ambas caras permite el aprovechamiento de la radiación de la cara trasera mediante el uso de reflectores.

La capacidad de potencia de estos transductores está determinada por el máximo desplazamiento que se puede obtener sin llegar al límite de ruptura del material, así como en la superficie de la placa. Los diseños de transductores de placa escalonada han sido realizados hasta ahora con placas circulares [2]. La necesidad de incrementar la potencia radiada para aplicaciones industriales y las dificultades prácticas en la fabricación de discos forjados de más de un metro de diámetro han llevado al diseño y construcción de un primer prototipo con placas rectangulares escalonadas.

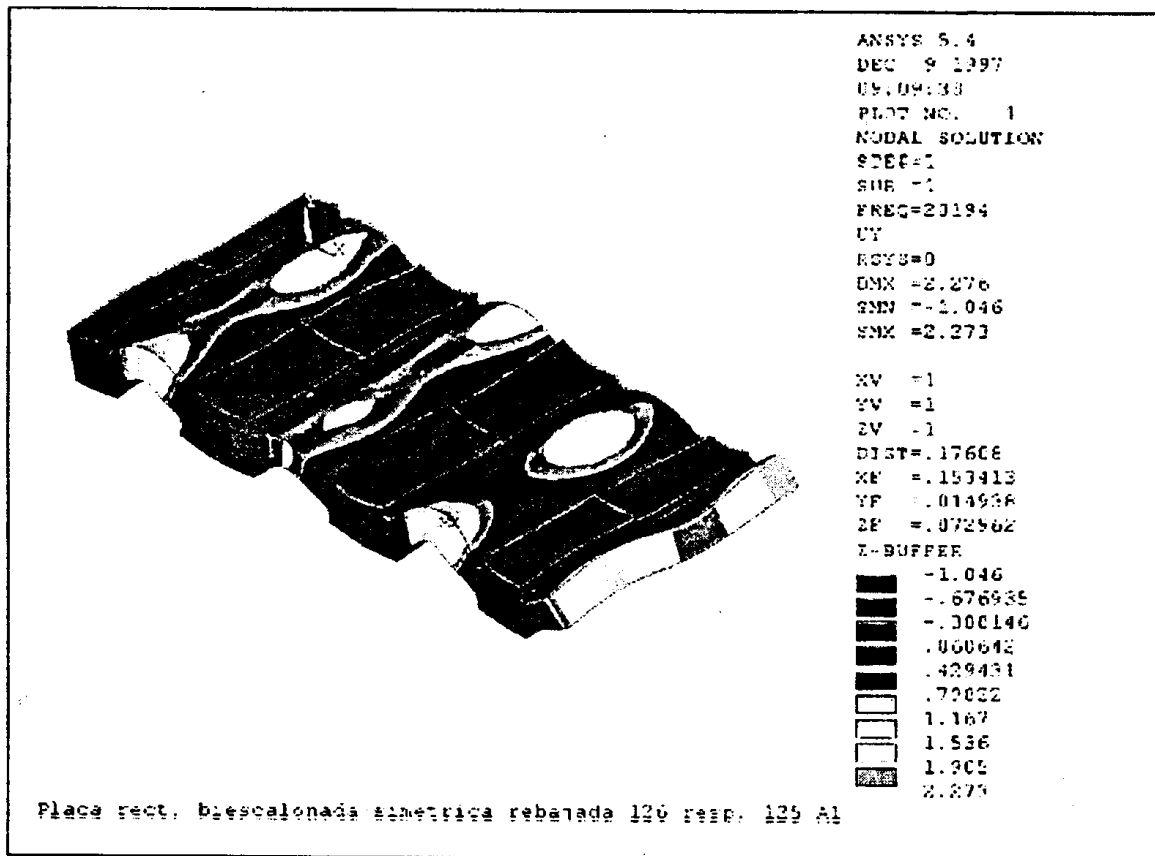


Figura 2

El estudio de las placas rectangulares escalonadas por ambas caras se ha realizado mediante el código Ansys © de elementos finitos. El método ha consistido en el estudio y optimización de la estructura vibrante para conseguir una distribución lo más uniforme posible de los desplazamientos así como la disminución de los esfuerzos soportados por la placa en los puntos críticos (esfuerzos máximos)

Se estudiaron múltiples geometrías de la placa rectangular biescalonada por este método numérico. En la figura 2 se puede observar la forma de vibración de la placa final. El modelo se refiere a un cuarto del total de la placa. Las dimensiones de ésta son de aproximadamente 600 x 290 x 30 mm, resonando a 20200 Hz con 14 líneas nodales paralelas al ancho de la placa.

La capacidad de potencia del radiador se calcula a través de la expresión:

$$\text{Pot} = k \iint \xi^2(x,z) dx dz$$

donde $k = 2 \rho_0 c_0 \pi^2 f^2$, $\xi(x,z)$ representa los desplazamientos obtenidos en la placa, ρ_0 es la densidad del aire, c_0 la velocidad del sonido en dicho medio y f la frecuencia.

Para el método de elementos finitos esta formulación quedará como:

$$1. \text{ potencia} = 2 \rho_0 c_0 \pi^2 f^2 \sum_x \sum_z \Delta x \Delta z \xi^2(x,z)$$

Para una placa rectangular biescalonada de 1600 x 750 x 80 mm, resonando a 7,5 KHz semejante al modelo de la figura 2, la potencia máxima, considerando el límite de ruptura dinámico del Ti en 200 MPa [3], se estima en más de 5 Kw. El incremento de la potencia radiada respecto a los transductores de placa circular de un metro de diámetro es superior a un 250 %.

CALCULO POR ELEMENTOS DE CONTORNO DEL CAMPO RADIADO

El campo radiado por el transductor en un dominio abierto ha sido calculado utilizando un código de elementos de contorno comercial (SYSNOISE). En este método el medio fluido se describe utilizando la bien conocida formulación integral de Helmholtz para problemas de radiación [Ac Ac] que permite reducir el cálculo al de la presión y su derivada normal en la superficie radiante. La discretización de dicha formulación conduce a un sistema lineal de ecuaciones para conocer, en base a la distribución de desplazamientos de la placa radiante y su geometría, el campo en cualquier punto del espacio así como los diferentes diagramas de directividad de la placa. La distribución de desplazamientos de la placa radiante se obtuvo por elementos finitos según la descripción del apartado anterior. Los resultados calculados referidos al campo próximo se muestran en la figura 3(a) comparados con los correspondientes experimentales figura 3(b). Puede observarse el buen acuerdo obtenido.

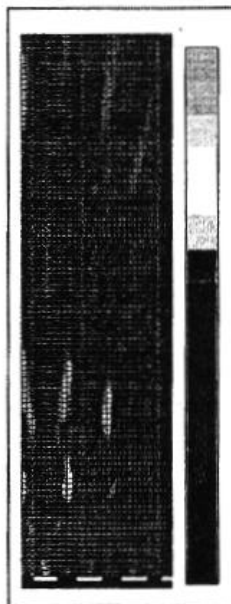


Figura 3 (a)

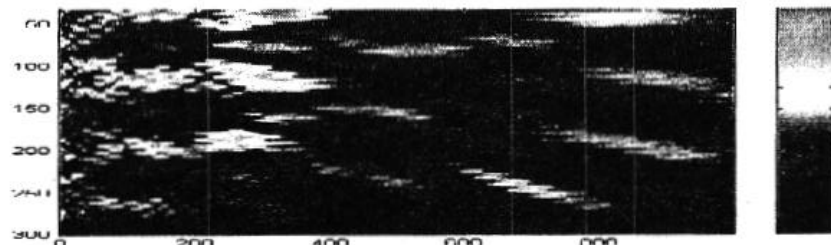


Figura 3 (b)

CONCLUSIONES

El desarrollo de nuevos transductores macrosónicos con placas rectangulares biescalonadas, vibrando a flexión en modos altos, con alto rendimiento (70 - 80 %), elevada directividad (similar a un pistón plano) y alta capacidad de potencia es posible de acuerdo a los primeros prototipos realizados a partir de diseños por el método de elementos finitos. De este modo se pueden construir transductores de gran tamaño y capacidad de potencia que permitirán la viabilidad técnica y económica de interesantes aplicaciones industriales tales como aglomeración acústica de partículas, secado acústico, atomización acústica, etc.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha llevado a cabo dentro del Proyecto del Plan Nacional CICYT Ref. AMB - 96 - 1211 - C02 - 01

REFERENCIAS

- [1] J. A. Gallego, G. Rodríguez, J. L. San Emeterio and F. Montoya
"Electroacoustic unit for generating high sonic and ultrasonic intensities in gases and interphases"
European Patent EP 450030 (1991)
- [2] F. Vázquez, G. Rodríguez, J. A. Gallego
"Improvements in the design of the stepped-plate transducer by the finite element method"
Proc. 11 th FASE Symposium, pp 61-64, Valencia 1994
- [3] C. Campos and J. A. Gallego
"Limiting strain of metals subjected to high intensity ultrasound"
Acustica / Acta Acustica 82 (1996) pp 823-28