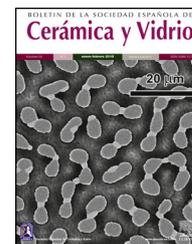




BOLETIN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
Cerámica y Vidrio

www.elsevier.es/bsecv



Modelado de transductores ultrasónicos piezoeléctricos para fisioterapia

Elvira Iglesias^{a,*}, José de Frutos^b y Francisco Montero de Espinosa^a

^a DAEND, ITEFI, CSIC, Madrid, España

^b POEMMA-CEMDATIC, ETSIT-UPM, Madrid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 22 de julio de 2015

Aceptado el 22 de octubre de 2015

On-line el 29 de octubre de 2015

Palabras clave:

Ultrasonidos

Transductores piezoeléctricos

Fisioterapia

Keywords:

Ultrasound

Piezoelectric transducers

Physiotherapy

R E S U M E N

Son bien conocidas las aplicaciones de los ultrasonidos en tratamientos médicos y estéticos de piel y de movilización subcutánea de tejidos grasos. El transductor tipo utilizado consta de un disco piezoeléctrico adherido a una línea de retardo metálica en forma de cápsula. El diseño de la cápsula es un punto crítico, ya que el elemento piezoeléctrico por sí solo, la cápsula independientemente y los 2 elementos adheridos presentan modos de vibración que, si no son estudiados y aprovechados convenientemente, pueden provocar diseños muy ineficientes y con distribuciones de vibración muy irregulares. Esto último debe ser o conocido o evitado para no insonificar en forma incorrecta con distribuciones de presión acústica y calor que podrían ser ineficientes o dañinas.

En este trabajo, usando herramientas de elementos finitos y de análisis vibracional por interferometría láser, se ha llegado a una solución de vibración tipo pistón que permite aplicar correctamente las dosis de presión acústica.

© 2015 SECV. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Modeling piezoelectric ultrasonic transducers for physiotherapy

A B S T R A C T

Applications of ultrasound are well known in medical and aesthetic skin and subcutaneous fatty tissue mobilization treatments. The basic transducer used consists of a piezoelectric disk adhered to a metal delay line in capsule shape. The capsule design is critical since the two bonded elements have vibration modes which can cause very inefficient designs and vibration distributions very irregular if they are not properly studied and utilized. This must be known to avoid distributions of heat and sound pressure that could be ineffective or harmful.

In this paper, using Finite Element Method and laser interferometric vibrational analysis, it has reached a piston-type solution that allows properly implement sound pressure vibration dose.

© 2015 SECV. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: eiglesia.jml@gmail.com (E. Iglesias).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.bsecv.2015.10.002>

0366-3175/© 2015 SECV. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

Hoy en día la fisioterapia es una disciplina muy importante dentro del marco de la salud. Dentro de ella, los tratamientos por ultrasonidos son muy habituales. Desde hace más de 5 décadas este tipo de tratamiento es uno de los más empleados por los profesionales del mundo de la fisioterapia y, sin embargo, es uno de los que más dudas suscita [1,2].

Este tratamiento consiste en aplicar una señal ultrasónica, o lo que es lo mismo, una señal cuya frecuencia está por encima de 20 kHz, límite superior del rango de audición humano. En el caso de los ultrasonidos, en fisioterapia la frecuencia más habitual es 1 MHz, pudiendo llegar en algunos equipos comerciales hasta 3 MHz. Los transductores están constituidos principalmente por una cerámica piezoeléctrica de PZ26 pegada a una membrana metálica que es la parte del mismo en contacto con el paciente.

Durante los últimos años se han realizado numerosos estudios sobre el funcionamiento de esta técnica, y parece que no puede demostrarse su utilidad terapéutica a pesar de los datos científicos *in vitro* que muestran una correlación dosis/beneficio [3-7]. Uno de los principales problemas es la dificultad para comparar las condiciones de medida y criterios usados en cada estudio [3], ya que en este tipo de tratamiento influyen numerosas variables; unas son controlables porque son las referentes al equipo, como pueden ser la frecuencia de la señal o la intensidad que proporciona el transductor, pero otras no son controlables, ya que son las que tienen que ver con el tejido donde se aplica o con la anatomía del cuerpo.

Teoría y modelo comercial

Por lo tanto, no se tiene una idea clara de por qué este tratamiento funciona unas veces y otras no. La idea motriz de este trabajo es sostener que uno de los factores que falla en este tratamiento es el del patrón de vibración y, por lo tanto, la distribución de presión acústica de los transductores comerciales. A pesar de que las normas internacionales tienen en cuenta que el patrón de vibración puede producir niveles de presión anormales que tienen que ser localizados en la caracterización de los mismos, los equipos comerciales no dan información de ello normalmente y, en todo caso, dan un valor genérico de la no uniformidad de la presión emitida (*beam non-uniformity ratio*).

Cuando se adquiere uno de estos transductores se supone que el patrón de vibración es similar al de un pistón [8] en el que todos sus puntos vibran en fase y con la misma amplitud. Si esto fuera así, existen modelos teóricos para predecir tanto el comportamiento electromecánico de los mismos como el patrón de insonificación (difracción). Se puede predecir a qué frecuencia vibrará el transductor y la impedancia eléctrica con el conocimiento de la geometría del mismo y de los datos de los materiales (tabla 1).

El estudio de estos transductores con modelos monodimensionales clásicos ayuda a entender su funcionamiento y sus propiedades, pero es solo un paso inicial. Así, se puede usar un modelo circuital clásico como es el KLM [9], que permite simular la impedancia eléctrica de entrada de un

Tabla 1 – Datos de los materiales de los transductores

	Espesor (mm)	Velocidad del sonido (m/s)	Densidad (kg/m ³)
Aluminio	0,8	6.400	2.700
PZ26	2	4.080	7.700

resonador piezoeléctrico en un modo puro monodimensional conociendo las propiedades del material y la dimensión relacionada con dicho modo. En la figura 1 se muestra el módulo de la impedancia de la cerámica piezoeléctrica simulado con el modelo teórico, KLM, donde se ve que el mínimo de la impedancia eléctrica de esta cerámica de 2 mm de espesor y 30 mm de diámetro está casi en 1 MHz.

Pero este modelo monodimensional solo tiene en cuenta el modo a espesor de la cerámica. Cuando se mide la impedancia eléctrica de forma experimental de uno de estos resonadores piezoeléctricos aparecen en las gráficas de módulo y fase una gran cantidad de modos de vibración que se corresponden con los modos radiales. Estos modos están originados por la dimensión finita asociada al diámetro. El efecto del contorno de la cerámica y su simetría se pueden apreciar claramente en la figura 2.

Si además se considera el caso del conjunto formado por la cerámica piezoeléctrica y la cápsula metálica, el comportamiento en resonancia es aún más complicado. En la figura 3 se muestran las gráficas del módulo y la fase de la impedancia eléctrica de un transductor comercial tomado como referencia (cerámica de diámetro 35 mm y espesor 2 mm, diámetro de la membrana 50 mm y espesor de membrana 1 mm). En dicha figura se aprecia que existen modos radiales ahora asociados a toda la estructura cápsula & piezocerámica, así como la resonancia asociada a la vibración «a espesor» que disminuye debido a la cápsula de aluminio que actúa como una línea resonante unida a la cerámica.

En la figura 4 la imagen de la izquierda muestra la foto del transductor comercial, en el que se diferencia su membrana de aluminio, que contiene pegada en su cara interior la cerámica piezoeléctrica, y a la derecha se ve la superficie de vibración del transductor medida con un vibrómetro láser (POLITEC OFV-505 Sensor Head) al excitarlo a su frecuencia de resonancia

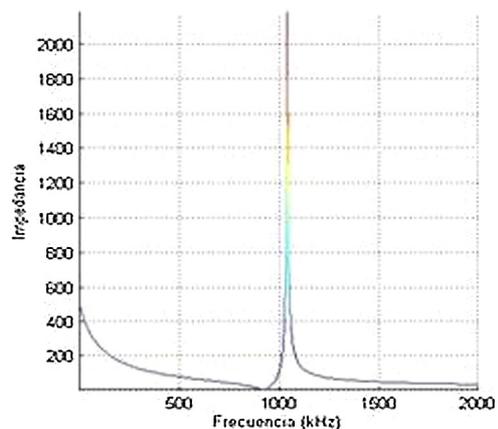


Figura 1 – Modelo monodimensional del módulo de la impedancia eléctrica de una cerámica piezoeléctrica con los datos de la tabla 1.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/1454186>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/1454186>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)