

Sistema ultrasónico para el lavado continuo de textiles

J.A Gallego, G. Nájera*, G. Rodríguez*, F. Vázquez**
P. v. d. Vlist+

** S.S.T. Ultrasónicos. Instituto de Acústica. C.S.I.C. Serrano, 144 28006 Madrid*
+ Unilever Research Laboratorium Vlaardingen

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones sobre el empleo de los ultrasonidos en el lavado de textiles constituyen un tema actual de gran interés tecnológico. La acción de limpieza de los ultrasonidos de alta intensidad puede ser atribuida a los efectos asociados a la cavitación acústica (formación e implosión de burbujas) tales como agitación, erosión, dispersión, etc. Las técnicas de limpieza ultrasónica están bien establecidas para objetos sólidos rígidos como rodamientos, circuitos electrónicos, lentes, joyas, etc. Sin embargo hasta la fecha no se ha comercializado ningún sistema eficaz para limpieza de textiles. Esto es debido a una serie de características propias de los tejidos que hacen que el proceso de limpieza presente importantes diferencias. Por una parte la estructura reticular de los tejidos y la porosidad de los hilos, facilita la retención de aire lo que influye en la atenuación de las ondas acústicas; por otra, la naturaleza flexible del material hace disminuir los efectos erosivos de la cavitación.

El presente trabajo describe un prototipo de un sistema para el lavado industrial continuo de textiles desarrollado en el Instituto de Acústica del CSIC, en colaboración con Unilever Research Laboratorium Vlaardingen (Holanda). El objetivo de conseguir un sistema para la limpieza industrial de tejidos impone una serie de condicionamientos diferentes a los necesarios para el desarrollo de una lavadora doméstica, problema que fue estudiado anteriormente por nuestro grupo [1], [2], [3].

Actualmente la mayoría de las lavanderías industriales utilizan procesos de lavado por lotes que suponen en general, un gran consumo de agua, detergente y energía y un sistema de manipulación bastante elaborado. Los procesos continuos que podrían paliar estos inconvenientes, han sido prácticamente abandonados por los mediocres resultados de limpieza alcanzados. Los requerimientos que hemos exigido a nuestro sistema de lavado son: proceso continuo, bajo consumo de agua y detergente, bajo consumo energético, uso de baja temperatura y obtención de un buen grado de limpieza y que el lavado sea uniforme.

MECANISMOS

El principal mecanismo responsable del lavado es la cavitación transitoria, que consiste en la implosión de burbujas formadas por gas y vapor del líquido como consecuencia de un campo acústico de suficiente intensidad en un medio líquido. En la implosión, el interior de la burbuja alcanza temperaturas de unos 10 000 K y presiones del orden de 10 000 bar, emitiéndose ondas de choque y chorros de líquido a gran velocidad (200 m/s) y un rango de acción de decenas o centenas de micrómetros. Estas ondas de choque y chorros pueden provocar el rápido desprendimiento de la suciedad ligada a las fibras.

Además en un fluido en cavitación existen otros fenómenos que influyen directamente en la limpieza. Uno de los más importantes es el de los movimientos de fluido (corrientes acústicas) producidos por efectos no lineales en el interior y exterior de la capa límite de las interfases sólido-líquido. Estos movimientos favorecen la extracción y transporte de los contaminantes. También el campo acústico disminuye el espesor de la capa límite.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En un proyecto de investigación desarrollado previamente (BRITE BE-'3009'), se estableció como factor más influyente en el lavado el uso de agua desaseada. Sin embargo industrialmente es complicado conseguir la desgasificación de la solución debido al continuo aporte de gas que supone la inmersión de la tela.

Por esto, en este nuevo sistema, además de los requerimientos comentados anteriormente, se ha establecido la premisa de tratar de evitar el uso de agua desgaseada. Con estos condicionantes el procedimiento desarrollado ha consistido en hacer pasar el tejido en contacto o quasi-contacto (a pocos milímetros) con el radiador ultrasónico, evitándose absorción de la energía ultrasónica por burbujas alejadas de la tela. Esta configuración permite además usar una pequeña capa de líquido. De esta forma se elimina el volumen cavitante fuera de la tela, volumen que supone una pérdida de energía por cavitación que no es utilizada para producir efectos útiles y que es una barrera para la penetración ultrasónica.

Los generadores ultrasónicos desarrollados para la aplicación de este nuevo procedimiento son del tipo de radiador de placa vibrante a flexión. Estos generadores están esencialmente constituidos por discos cerámicos piezoeléctricos montados en configuración sandwich entre dos cilindros metálicos, pretensados mediante un tornillo axial y solidariamente unidos a un amplificador mecánico que produce un incremento del desplazamiento vibratorio. El amplificador mecánico va unido a una placa rectangular que vibra flexionalmente y que constituye el elemento radiante. La superficie de la placa se calcula de modo que se consigan intensidades en torno a los 2 W/cm^2 , suficientes para producir una cavitación fuerte en los líquidos de lavado habituales (agua con detergentes). Además las placas se diseñan para que, a la frecuencia de resonancia del conjunto transductor y contenedor, la forma de vibración responda a modos de vibración regulares con alto grado de simetría. De esta forma se consigue más fácilmente la homogeneidad en el lavado. Las frecuencias de trabajo utilizadas han estado en el rango de 20 a 30 kHz

Existen varias disposiciones posibles para la renovación del líquido. Una disposición probada consiste en unas entradas de la solución detergente por el fondo del recipiente, mientras que el líquido sucio escapa por la superficie libre.

Se han diseñado varias placas rectangulares para el elemento emisor. Para el prototipo de demostración que lava de forma continua telas de hasta 22 cm de ancho, la placa radiante tiene una longitud de 22 cm y un ancho de 5 cm. Está parcialmente sumergida en el líquido de modo que se puede considerar cargada solamente en una cara, ya que, comparativamente, las pérdidas de energía por radiación al aire son muy pequeñas. La frecuencia de trabajo es 20 kHz.

Por último existen unos cilindros de tracción conectados a un motor de velocidad variable que permiten el movimiento de la tela.

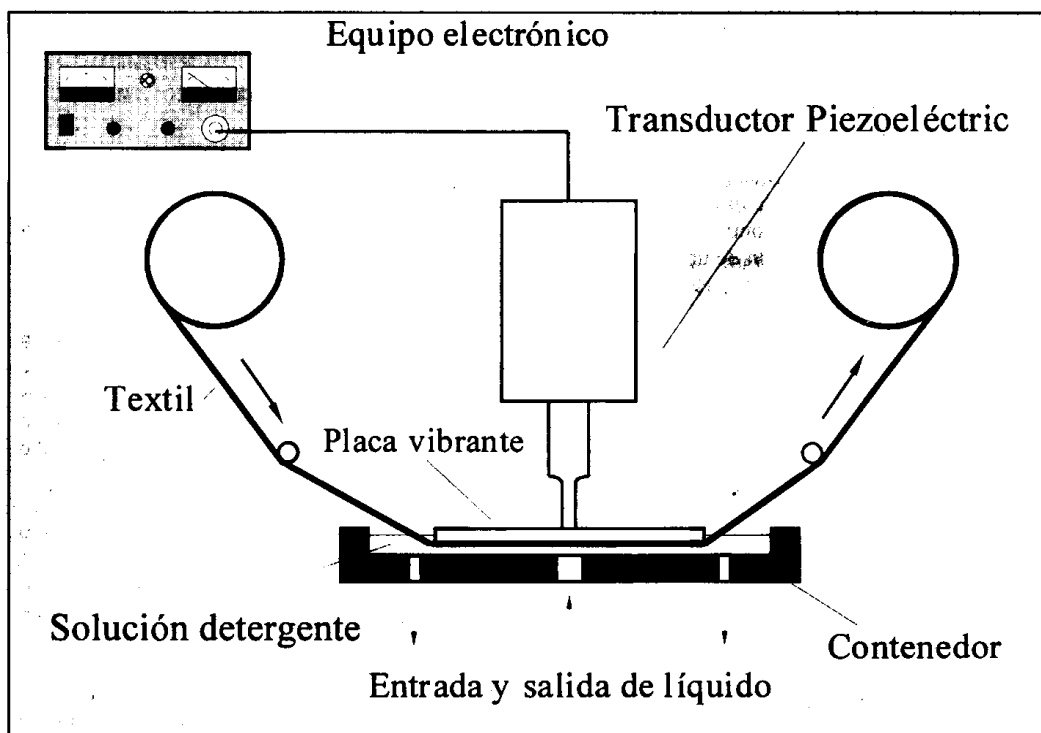


Figura 1: Esquema del sistema ultrasónico de lavado.

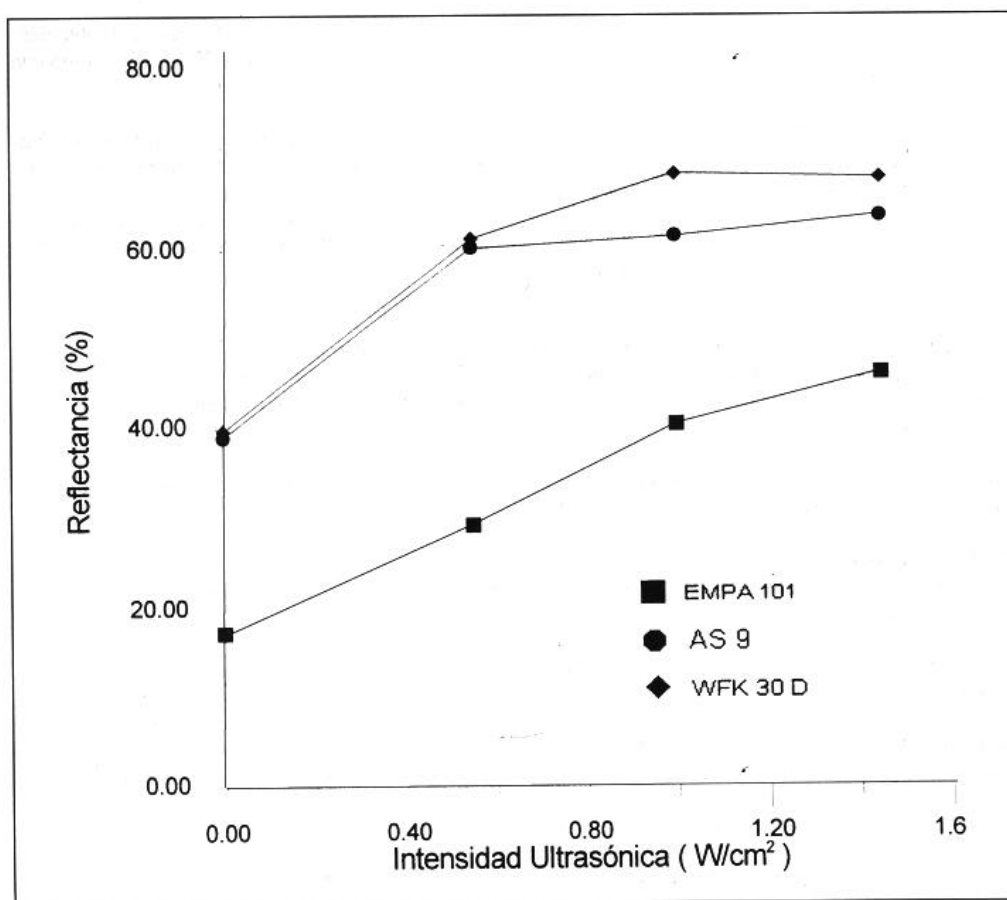


figura 2: Resultados de limpieza para diversos tejidos en función de la intensidad ultrasónica aplicada.

RESULTADOS

Las pruebas que vamos a comentar se han realizado con agua tomada directamente del grifo y, por tanto, no sometida a un desgaseado y a 25°C. Como detergente se ha utilizado una mezcla de 3.75 gr/l de STP y 1.75 gr/l de Na-Dobs. La velocidad de movimiento de la tela fue de 2 cm/s. La renovación del líquido fue muy baja, habiéndose realizado series de pruebas sin renovación y en las que no se observaron diferencias en el lavado respecto las realizadas renovando la solución. Las muestras normalizadas, manchadas uniformemente, utilizadas han sido: EMPA 101 (algodón manchado con partículas sólidas y un poco de material graso), AS 9 (algodón con una mezcla de material graso y partículas sólidas) y WFK 30D (poliéster manchado con partículas sólidas y grasa de la piel). La placa utilizada en estas pruebas fue de 22 x 5 cm², lo que implica un tiempo de tratamiento de 2.5 segundos, y una superficie radiante de 110 cm².

En pruebas anteriores se ha determinado que el proceso de limpieza es muy rápido, produciéndose en unos 2 segundos. Si continúa la exposición a los ultrasonidos el lavado sigue progresando pero mucho más lentamente y el lavado obtenido es sólo ligeramente mejor. El grado de limpieza se midió por reflectividad luminosa: se iluminan las muestras con una luz de xenon y se mide la luz reflejada. El índice de reflectancia es mayor cuanto más suciedad se haya eliminado. En la figura 2 se muestran la reflectancia conseguida para las 3 muestras comentadas en función de la intensidad acústica. Se aprecia que el efecto de lavado es muy dependiente de la potencia aplicada, aumentando con ésta. Los valores de reflectancia obtenidos con 1 W/cm² son muy buenos para los tres tipos de muestras superando claramente a los obtenidos en una lavadora convencional. Los valores de reflectancia obtenidos en una lavadora convencional con la misma concentración de detergente, temperatura de 25 °C y 30 minutos de lavado son de 23% para EMPA101, 54% para AS9 y 63% para WFK30D.

Los consumos de energía en kWh por kg de tela lavada están entre 0.06 kWh/kg y 0.19 kWh/kg, lo que supone una disminución entre 3 y 6 veces respecto a los procedimientos de lavado convencional.

También se han efectuado pruebas con manchas reales (césped, sangre, tinta de bolígrafo, etc), obteniéndose en tan sólo un minuto de tratamiento, un lavado que, en todos los casos, es superior al conseguido con una lavadora doméstica después de 30 minutos.

Finalmente hay que subrayar que, aunque la cavitación puede producir importantes efectos erosivos en sólidos rígidos, los textiles, por ser materiales flexibles, no son afectados o lo son en mucha menor medida. La posible influencia de los ultrasonidos sobre la estructura del tejido y sobre sus resistencia se ha estudiado mediante ensayos de tracción de muestras lavadas con la máxima potencia y mediante observaciones con el microscopio electrónico. Ambos estudios han demostrado que no existe una erosión significativa, siendo comparable a la que se da en las lavadoras domésticas.

CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un procedimiento y un prototipo para el lavado en continuo que consigue muy buenos resultados de limpieza a temperatura ambiente, con consumos energéticos de 3 a 6 veces menores que los de los sistemas convencionales. Otras facetas a destacar son los bajos consumos de agua y detergente y el elevado grado de limpieza obtenido.

Este sistema puede servir también para otros procesos o tratamientos de superficies como por ejemplo limpieza de filtros flexibles, superficies plásticas, etc.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto VALUE II AC-279/93 'Application of ultrasonics as a complementary tool in semi-industrial washing systems' subvencionado por la Unión Europea.

Agradecemos la muy valiosa colaboración técnica de Eduardo de Andrés y de Juan Carlos Gálvez, del Instituto de Acústica del CSIC.

REFERENCIAS

- [1] G. Rodríguez Corral, J. A. Gallego Juárez, "Cavitation Effects in Ultrasonic Cleaning of Textiles" Ultrasonics International 93, Viena (Austria), July93. UI 93 Conference Proceedings, Ed. Butterworth-Heinemann Ltd. (ISBN: 0750618779), pp. 181-184
- [2] J. A. Gallego Juárez, G. Rodríguez Corral, J. C. Gálvez Moraleda, "Investigaciones sobre la limpieza ultrasónica de textiles" Tecniacústica, Valladolid Nov. 93, Libro de Comunicaciones: Jornadas Nacionales de Acústica. Ed. Univ. Valladolid y S.E.A., pp 271-274
- [3] J. A. Gallego Juárez, G. Rodríguez Corral, S. Willemse, M. Warmoeskerken, "Sistema Ultrasónico para lavado de textiles", Patente española, nº solicitud: 9401960, Sept. 1994