

Un nuevo enfoque para las juntas vidrio-metal

Los componentes que pueden encontrarse en la industria aeroespacial y militar con protecciones de acero inoxidable para su uso en ambientes extremos, necesitan conductores para el suministro de energía eléctrica y para las comunicaciones. A su vez, los conductores requieren unas juntas aislantes fiables que eviten el contacto con el alojamiento metálico y eventuales cortocircuitos en las líneas de alimentación y de señal. En las juntas estancas o herméticas, resulta crucial una fuerte adherencia entre los materiales

■■■
Sue Major Holmes
Sandia Labs (USA)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8019>

DISEÑANDO LA PRÓXIMA GENERACIÓN DE JUNTAS

El material que típicamente se utiliza para el aislamiento de las conducciones eléctricas es el vidrio o un compuesto de cerámica y vidrio, la vitrocerámica. El trabajo de **Steve Dai**, investigador principal de un proyecto para pegar vitrocerámica y acero inoxidable, pretende desarrollar los conocimientos fundamentales en materiales y procesado para un sellado de altas prestaciones y elevada fiabilidad entre vitrocerámica y acero. Estos fundamentos científicos podrían aplicarse posteriormente para el diseño, desarrollo y fabricación de la próxima generación de juntas.

El grupo de Steve presentó en noviembre una solicitud de patente provisional de óxidos de adhesión inter-facial para el sellado entre vitrocerámica y acero inoxidable. Una junta duradera necesita un enlace químico fuerte entre la vitrocerámica y el metal y una cierta coincidencia del coeficiente de expansión térmica (CTE) entre los materiales.

El CTE define cómo cambia el tamaño de un objeto con la variación de la temperatura. Una vitrocerámica con las fases cristalinas formadas dentro del cristal original incrementa el CTE para adaptarse mejor a la carcasa metálica y reducir tensiones térmicas.

Puesto que las uniones vidrio-metal deben ser procesadas a temperaturas muy altas, *"necesitamos gestionar con gran cuidado la discordancia térmica para asegurarnos de que durante cualquier etapa del proceso de sellado no aparecen esfuerzos o tensiones en el vidrio que pudiesen originar una grieta o la separación irrecuperable de la carcasa metálica"* dice Steve.

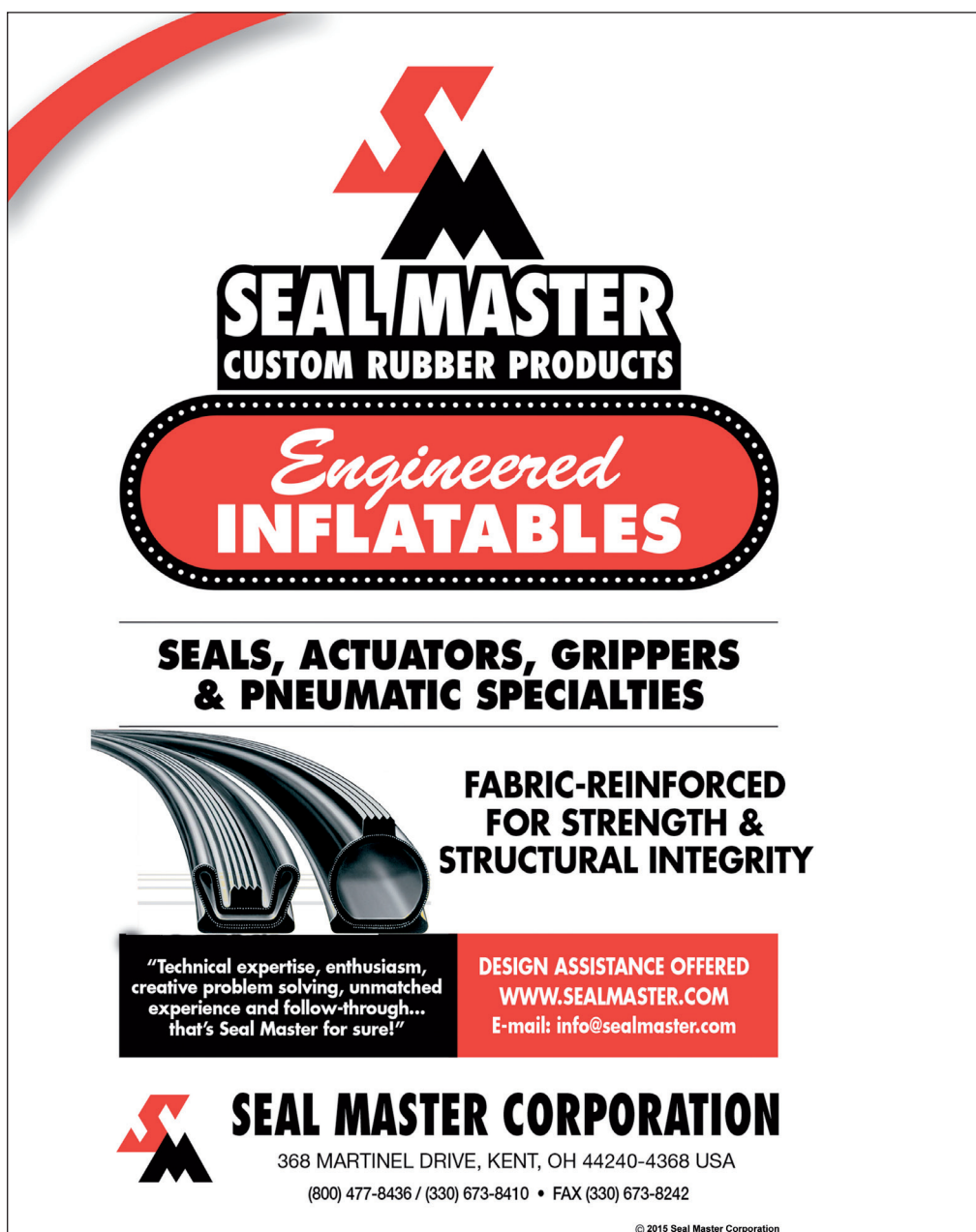
POSIBLES USOS INDUSTRIALES

Una junta resistente a altas temperaturas y presiones también tiene potencia-

les usos industriales, como en las pilas de combustible y en las aplicaciones aeroespaciales o militares que operan en ambientes extremos. El vidrio normal se contrae menos que el metal con altas temperaturas. La falta de coincidencia hace que el metal se ondule, comprimiendo la junta, lo que presenta ventajas y desventajas. *"Lo bueno es que no necesitas un pegado muy bueno, porque hay una compresión muy grande; lo malo es que la compresión podría ser excesiva, agrietando el cristal con el tiempo"*, comenta Steve.

Su equipo buscó hacer un enlace químico entre el metal y la vitrocerámica, sin agregar etapas a la producción, mediante el establecimiento de una capa de enlace inter-facial, un material intermedio que se adhiere tanto al acero como al vidrio. Explica Steve que *"es muy difícil, porque una pieza de acero y una pieza de vitrocerámica son dos materiales muy diferentes, que casi no comparten nada"*.

Las juntas vidrio-metal se elaboran en una atmósfera inerte desprovista de oxígeno, porque el metal lo atraparía, oxi-



SEAL MASTER
CUSTOM RUBBER PRODUCTS

Engineered
INFLATABLES

**SEALS, ACTUATORS, GRIPPERS
& PNEUMATIC SPECIALTIES**

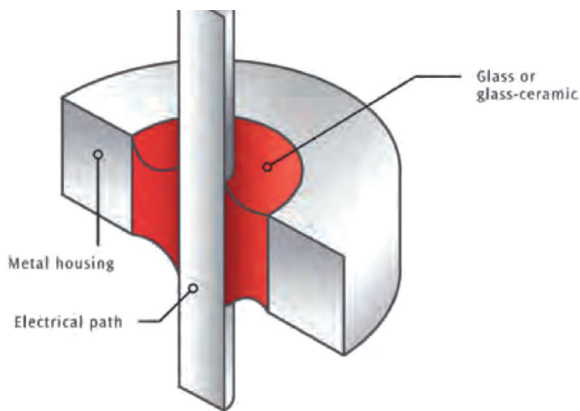
**FABRIC-REINFORCED
FOR STRENGTH &
STRUCTURAL INTEGRITY**

*"Technical expertise, enthusiasm,
creative problem solving, unmatched
experience and follow-through...
that's Seal Master for sure!"*

DESIGN ASSISTANCE OFFERED
WWW.SEALMASTER.COM
E-mail: info@sealmaster.com

SEAL MASTER CORPORATION
368 MARTINEL DRIVE, KENT, OH 44240-4368 USA
(800) 477-8436 / (330) 673-8410 • FAX (330) 673-8242

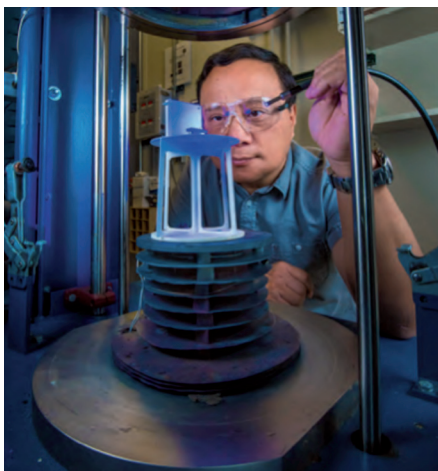
© 2015 Seal Master Corporation



El trazado eléctrico en los componentes necesita un sellado aislante con la envoltura de metal que lo rodea fiable. Sandia está trabajando en una nueva vitrocerámica con expansión lineal que tiene un mejor acomodo a la dilatación térmica de la envoltura metálica

dándose y corroyéndose. Pero este proceso tiene una contradicción inherente: la unión de un metal unido a la vitrocerámica requiere un óxido, por lo que la capa de enlace inter-facial es realmente una capa de óxido. "Ese es el reto fundamental, ¿cómo lo hacemos?" pregunta Steve. Algunos procesos previamente oxidan el metal, pero Sandia quería evitar ese paso adicional. El enfoque termodinámico de Steve fue la modificación de la vitrocerámica impurificando el sellante con un oxidante. El oxidante, actuando como un óxido metálico de sacrificio, se descompone y migra a altas temperaturas, proporcionando el oxígeno para oxidar el cromo en el acero inoxidable. El enlace de óxido de cromo formado en la interfaz entre la vitrocerámica y el metal forma una junta hermética.

El equipo preparó 24 posibles composiciones de vitrocerámica modificada, usando una serie de óxidos metálicos no tóxicos y razonablemente fáciles de manejar, como el óxido de cobalto. "La mayoría del trabajo consiste en decir, 'bien,



El investigador Steve Dai ha estado trabajando en el pegado de vitrocerámica al acero inoxidable. Unas uniones resistentes para las juntas estancas son importantes en campos que van de las aplicaciones aeroespaciales a las militares

¿cuántos metales de la tabla periódica podemos usar?, y, cuando impurifiquemos el vidrio con los óxidos metálicos de sacrificio, ¿qué cantidad necesitamos?» simplifica Steve.

Los investigadores necesitan el material vitrocerámico impurificado para dejar oxígeno en la interfaz, no en la superficie vitrocerámica. "La idea es dejar oxígeno en el lugar correcto. Es una precisión que tiene que ver con las propiedades de los materiales y la forma de procesarlos," aclara Steve.

El equipo identificó dos composiciones de vitrocerámica modificada que funcionaron mejor. Steve dice que no son perfectos, pero que son un gran paso adelante. "Básicamente, vemos un enlace químico entre la vitrocerámica y el metal, y es un vínculo muy fuerte", afirma. "Si lo rompemos, rompemos el cristal." Sandia también desarrolló un método para comprobar si se logró el enlace inter-facial y de ser así, si es lo suficientemente fuerte para asegurar que el cristal no se rompa.

OTROS FACTORES A TENER EN CUENTA

Han de tenerse en cuenta otros factores, ya que, sin una cuidadosa elaboración, el cristal se pega a otras superficies, así como a la caja metálica. Para evitarlo, mientras se está formando el enlace, el proceso de pegado utiliza grafito para las fijaciones que unen el metal y la vitrocerámica. Pero el grafito, como el acero inoxidable, captura oxígeno. Explica Steve que "básicamente, es una especie de competición termodinámica. Todo lo que quiero es que mi envoltura metálica consiga el oxígeno para formar el óxido de enlace. No es bueno que el grafito atrape el oxígeno. Ese delicado equilibrio de la reacción resulta muy estimulante».

Los dos primeros años del trabajo de Steve en el Laboratorio de Investigación Dirigida y Desarrollo (LDRD), el proyecto se centró en el proceso de pegado. El último año se estudió cómo controlar la cristalización vitrocerámica para garantizar el mejor equilibrio térmico. La financiación del LDRD ha terminado, pero el trabajo continúa con otros fondos debido a su potencial para la ayuda a la producción.

Aunque el proyecto no estaba destinado a una aplicación inmediata, los inves-

tigadores encontraron una oportunidad a corto plazo para ayudar a un equipo de producción de armas con un mejor equilibrio térmico entre la vitrocerámica y el metal. Durante el sellado, la vitrocerámica pasa por una fase de cristalización, que permite la formación de una fase cristalina de gran expansión, aumentando el CTE de la vitrocerámica para adaptarse mejor al alto CTE de metales como el acero inoxidable. Sin embargo, debido al brusco cambio de volumen asociado con esa fase cristalina, la expansión de la vitrocerámica no está bien distribuida en el cambio de temperatura que se produce durante el proceso. De esta forma, la tasa de carga térmica entre el metal y la vitrocerámica no coincide.

LA GESTIÓN DE LA FASE CRISTALINA, DIFÍCIL PERO IMPORTANTE

El equipo estaba interesado en la gestión del proceso de cristalización fraccionándolo para formar dos o tres fases cristalinas de alta expansión, en las que los bruscos cambios de volumen tienen lugar separadamente en cada fase a una temperatura de varios cientos de grados. El concepto requiere comprender qué temperaturas originan ciertas fases cristalinas.

"Tratamos de hacer dos o más cristalizaciones múltiples para suavizar la carga térmica de la vitrocerámica", dice Steve. "Como resultado, ya no tienes esa carga no lineal, casi gradual, en la vitrocerámica. Es una curva de carga casi lineal y coincide mucho mejor con la de los metales".

La gestión de múltiples fases de cristalización a temperaturas muy altas es un desafío. Aclara Steve que "Necesitamos aprender esa parte del proceso para estar seguros de que contamos con un buen equilibrio de todas las fases, que cristalizan todas en la secuencia correcta, e idealmente en la proporción adecuada". Él cree que el esfuerzo se traducirá en una manera coherente de mejorar las juntas herméticas.

Su equipo está desarrollando métodos de comprobación para ver si el proceso funciona en las aplicaciones de producción. A continuación, los investigadores estudiarán si el proceso siempre produce los resultados deseados. "Una vez que lleguemos a ese punto, nos aseguraremos de que las especificaciones correctas están en su lugar y que las piezas procesadas tienen ciertas propiedades para que la agencia de producción pueda hacer el proceso en forma continua utilizando sus equipos", concluye Steve.