

Unidos para siempre

Unir el aluminio y el acero ha sido siempre una tarea notoriamente difícil. Dos nuevas técnicas permiten ahora crear un vínculo fiable entre estos metales tan distintos.

Katja Lüers
Fuente: Fraunhofer Magazine

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7991>

Algunas veces se necesita un poco de ayuda exterior para crear una unión fiable. El aluminio y el acero, por ejemplo, rara vez pueden ser convencidos para crear una relación duradera. Y precisamente esta combinación de materiales es de enorme interés para la reducción de peso en los componentes, especialmente en la industria automotriz, donde el aluminio es un metal ligero muy apreciado. Es el caso de las carrocerías de automóvil que no pueden ser construidas enteramente sin acero. En otras palabras, las combinaciones de los dos diferentes materiales son necesarias y, de hecho, están siendo utilizados cada vez en mayor medida. El principal problema radica en las zonas de unión porque, hasta ahora, las piezas hechas de dos materiales diferentes han

sido remachadas, agrafadas o unidas por adhesivo. La desventaja de estos métodos es que requieren un cierto solapamiento entre las partes a unir. Sería mejor si las dos piezas se uniesen a tope con una junta apropiada. Esto no sólo permitiría reducir o incluso eliminar la necesidad de solape o brida de unión, sino también garantizar una mayor resistencia del conjunto.

Sin embargo, conseguir la unión de acero y aluminio no es nada sencillo. Antes de que los metales se puedan unir, debe eliminarse la capa de óxido estable que existe sobre la superficie del aluminio. Esto se puede realizar mediante el calentamiento de la superficie a una temperatura extremadamente alta o mediante la aplicación de disolventes químicos. Ninguna de estas soluciones es ideal. La exposición a temperaturas excesivamente altas, da lugar a la formación de una dura pero frágil fase intermetálica que reduce la capacidad de resistencia de la unión. Esta es la razón por la que no es viable el uso de técnicas de soldadura térmica convencional. Y el problema con disolven-

tes químicos es que a menudo presentan un peligro para la salud humana o el medio ambiente, y en algunos casos pueden afectar negativamente a la calidad de la superficie del componente acabado.

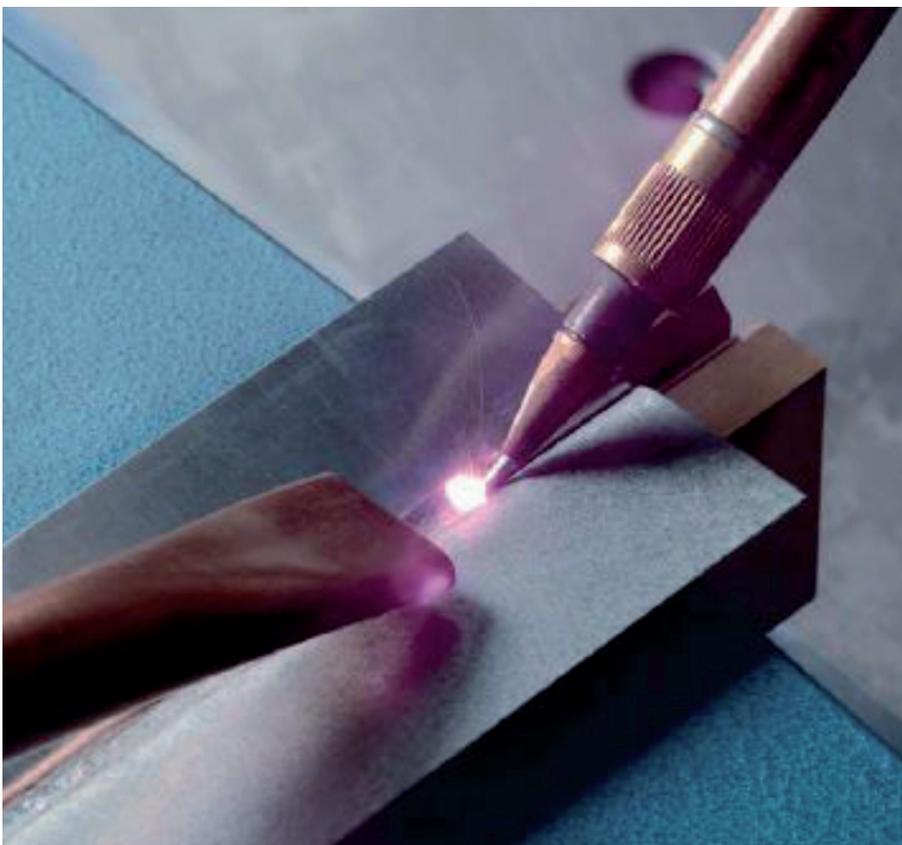
CORDONES DE PERFECTA CALIDAD SUPERFICIAL

Los científicos en los Institutos Fraunhofer para Materiales y Tecnología Beam IWS en Dresde y para la Tecnología de Producción IPT en Aachen, han resuelto el dilema mediante el desarrollo de dos métodos diferentes para su uso en distintas aplicaciones de unión. En IPT, el equipo dirigido por el Dr.-Ing. **Kristian Arntz** ha basado su solución sobre una técnica de soldadura por doble haz láser que produce uniones fuertes entre las piezas de acero y aluminio. Este resultado se obtiene combinando un haz láser pulsado y un haz láser de onda continua.

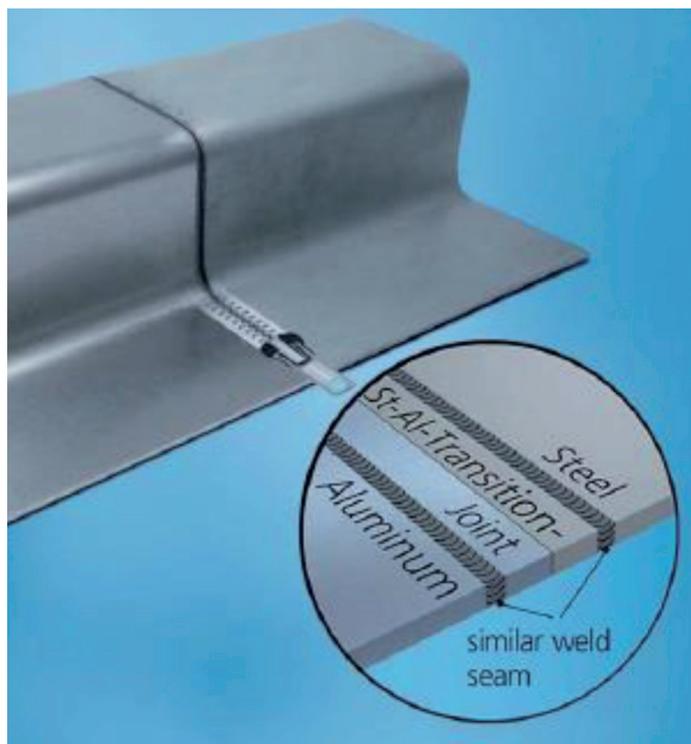
Como en los procesos convencionales de soldadura láser, un haz láser continuo se emplea para calentar la superficie de los dos materiales a unir. A continuación, el segundo (de láser pulsado) se utiliza para destruir la densa y resistente al calor, capa de óxido en la superficie del aluminio. Esto hace posible fundir la superficie metálica utilizando materiales de aportación como el aluminio o aleaciones de zinc. «De esta manera, el aluminio puede ser rápidamente unido con el acero a una temperatura relativamente baja, sin usar de disolventes peligrosos para el medio ambiente», explica Arntz.

Esta tecnología es especialmente idónea para uniones de chapa en aplicaciones que exigen superficies de cordón de alta calidad, una fuerte adhesión permanente y un mínimo de post-procesamiento. «Por ejemplo, una vez que el coche ha sido pintado, los cordones de soldadura no son visibles», dice Arntz. Por este logro, fue reconocido recientemente en la biennial Premio Erlangen a la Innovación en las Tecnologías Ópticas, que está dotado por la Asociación para la Promoción de la Tecnología Láser en la Universidad Friedrich-Alexander de Erlangen-Nuremberg.

Sus colegas en el Instituto Fraunhofer IWS en Dresden han encontrado otro método alternativo para unir el acero y el aluminio. Aquí la clave del éxito es



Método con doble láser



Detalle de soldadura

un proceso de fabricación de dos pasos. El primer paso consiste en fabricar una cinta bimetalica que posteriormente, en un segundo paso, se suelda al sustrato de aluminio o al de acero. «De esta manera, podemos crear juntas con excelentes propiedades mecánicas», dice el Dr. Axel Jahn, quien dirige el grupo de Diseño de Componentes del Instituto.

UNIÓN CON LA AYUDA DE UNA CINTA BIMETÁLICA

Para fabricar la cinta bimetalica, los investigadores empiezan calentando los dos materiales utilizando un rayo láser especialmente formado que les lleva a una temperatura intermedia de unión. Luego pasan por un proceso de laminación entre cilindros en el que las dos superficies se

unen. «Esto produce una fuerte pero también dúctil unión entre los dos metales que apenas contiene ninguna fase intermetálica frágil», explica Jahn. Luego los investigadores sueldan el componente de acero por el lado de acero de la cinta bimetalica y el componente de aluminio por el lado de metal ligero. «Podemos incluso preparar juntas para soldaduras, como sean necesarias para producir uniones a medida», explica Jahn.

La nueva tecnología también puede ser utilizada para la fabricación de productos semi-acabados compuesto de aluminio y acero, que pueden constituir productos híbridos, sin necesidad de más pasos de procesamiento. Otra ventaja de este enfoque es que reduce el peso del componente sin comprometer la seguridad en los choques. «A pesar de su bajo peso, el choque del componente no ve afectada su resistencia gracias a sus propiedades mecánicas mejoradas», concluye Jahn.

Los equipos de investigadores del Instituto Fraunhofer en Aachen y Dresde están ahora trabajando junto con socios industriales en el desarrollo de aplicaciones comerciales para estas nuevas tecnologías. Para la industria de construcción con pesos cada vez más ligeros, el mensaje es claro: el acero y el aluminio son ahora compañeros inseparables.

Respuesta estructural de cartílago viscoelástico de rodilla en un ciclo de caminata

■■■■
Agustín Vidal-Lesso¹, Leonel Daza-Benítez²,
Elías R. Ledesma-Orozco¹, Raúl Lesso-Arroyo³

¹ UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO (Méjico)

² IMSS (Méjico)

³ INSTITUTO NACIONAL DE MEXICO (Méjico)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8061>

1. INTRODUCCIÓN

Diversos tejidos del cuerpo humano tienen un comportamiento estructural no lineal complejo, lo cual hace que su simulación por elemento finito se considere

en algunos casos con modelos lineales. El cartílago articular es un tejido con comportamiento natural no lineal viscoelástico, el cual actualmente se sigue simulando a través de modelos elástico lineales isotrópicos en modelos de elemento finito de rodilla. Por lo anterior, el objetivo de este informe es presentar la aplicación de un modelo no lineal viscoelástico para el cartílago en un modelo de elemento finito transitorio de rodilla.

El modelo creado consideró un modelo viscohipoelástico reportado previamente y

basado en datos experimentales de cartílago humano para reproducir el comportamiento mecánico estructural del tejido [1]. Adicionalmente, se consideró el efecto de relajación cortante y volumétrica a través de las funciones Kernel y series de Prony, lo cual es un comportamiento estructural característico de todo material viscoelástico.

El modelo consideró, además de cartílago, huesos y tejidos fundamentales como fémur, tibia, ligamentos laterales, ligamentos cruzados, meniscos y cuernos meniscales. Los ligamentos y meniscos fueron modelados como materiales hiperelásticos sabiendo que estos tejidos experimentan grandes deformaciones. Los huesos del fémur y tibia fueron simulados con un comportamiento rígido, debido a la gran diferencia en propiedades

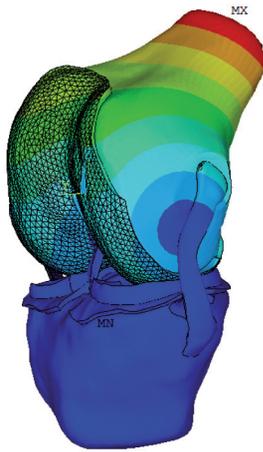


Fig. 1: Desplazamientos totales obtenidos en el modelo tridimensional de rodilla durante el ciclo de marcha

respecto a los tejidos blandos que existe, simplificando así el modelo de elemento finito y tiempo de computadora. La hiperelasticidad fue modelada a través de la función de energía de deformación de Mooney-Rivlin cuyas constantes han sido reportadas previamente [2], este modelo permite modelar deformaciones de hasta 100% en tensión y 30% en compresión. El modelo geométrico de los huesos y tejidos tiene una posición alineada de 174.7° y fue creado a partir de resonancias magnéticas por el laboratorio de Biomecánica de la Clínica de Cleveland.

La rodilla naturalmente experimenta cargas que el cuerpo y un ciclo de caminata normal le transfiere y por su geometría inestable se ejercen diversas fuerzas que permiten mantener su estabilidad. Las cargas y condiciones de frontera aplicadas al modelo, fueron obtenidas de la norma ISO-14243-1 que establece las curvas a través del tiempo para el ángulo de flexión, la fuerza axial, la fuerza anteroposterior y el torque rotacional para un ciclo de caminata.

Para simular la interacción entre los huesos y tejidos blandos, se crearon pares de contacto que permiten transferir las cargas y simular la interacción progresiva y deslizante entre las superficies en contacto. Numéricamente fue necesario utilizar un algoritmo que permitiera detectar la interacción mencionada, lo cual se logró a través del método aumentado de Lagrange.

La simulación estructural tridimensional de la rodilla fue realizada a través de un análisis dependiente del tiempo para considerar el efecto viscoelástico de relajación de esfuerzos del cartílago. Los resultados obtenidos permitieron observar el comportamiento estructural de cartílagos, meniscos y ligamentos, obteniendo

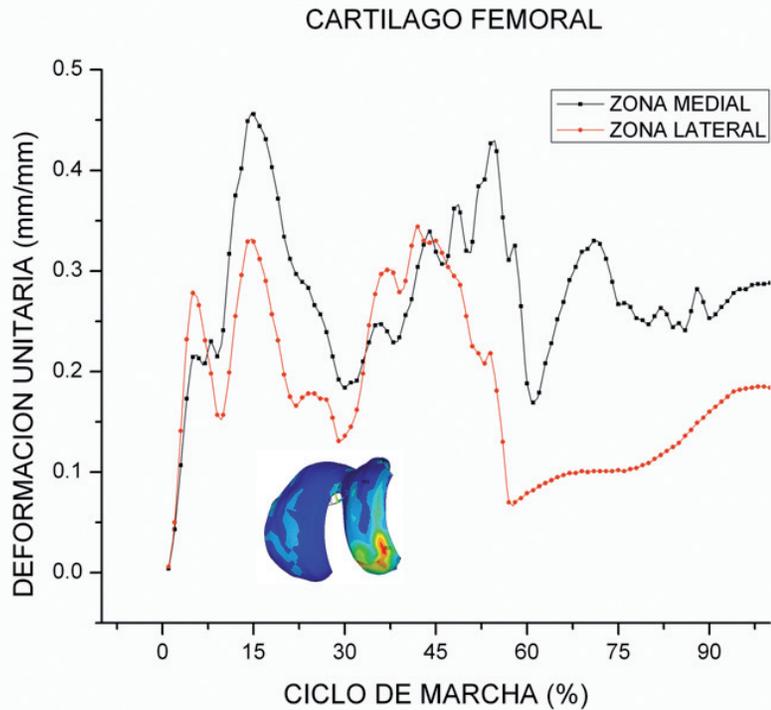


Fig. 2: Comportamiento de las deformaciones unitarias von Mises en cartílago de rodilla durante el ciclo de marcha

el comportamiento de las deformaciones, desplazamientos y esfuerzos a través del ciclo de caminata. Se obtuvieron esfuerzos máximos durante este ciclo de hasta 2.5 MPa en el cartílago medial de fémur y hasta 4.25 MPa en cartílago lateral de tibia, ambos valores están por debajo del rango de daño reportado para cartílago de 5-10 MPa [3]. Las deformaciones unitarias máximas obtenidas fueron 0.45 mm/mm en la zona medial de cartílago de fémur y hasta 0.8 mm/mm en cartílago de tibia. Los resultados en cartílago permitieron comparar los resultados obtenidos en este reporte contra aquellos reportados por otros autores, obteniendo diferencias de hasta 235% en los esfuerzos obtenidos en cartílago por D.S.Liu et. al. [4] quienes consideraron un modelo isotrópico lineal con módulo de elasticidad de 20MPa y razón de Poisson de 0.45.

Los resultados de este trabajo permiten observar el comportamiento estructural de los diversos tejidos de la rodilla durante un ciclo completo de caminata considerando el comportamiento del cartílago viscoelástico (véase Fig. (1)). Además, estos resultados mostraron que considerar el efecto viscoelástico afecta los resultados y comportamiento estructural del tejido encontrando diferencias significativas con simulaciones realizadas por otros autores que consideraron modelos isotrópicos lineales. Por otra parte, se lograron identificar zonas críticas de esfuerzos, deformaciones y desplazamientos del cartílago articular

cuando es sometido a un ciclo completo de caminata (véase Fig. (2)). Además, se establecieron parámetros de contacto, comportamientos no lineales de materiales y criterios de convergencia que permiten tener un modelo de elemento finito útil para estudiar adicionalmente diversos factores como variaciones de peso, ángulo de alineación y desgaste de cartílago que generan enfermedades que afectan el comportamiento estructural de la rodilla.

REFERENCIAS

- [1] VIDAL-LESSO, Agustín, DAZA-BENITEZ, Leonel, LEDESMA-OROZCO, Elias Rigoberto et al. EFFECTS OF NONLINEAR VISCOELASTIC MODELS OF CARTILAGE IN FINITE ELEMENT ANALYSIS OF KNEE JOINT. DYNA New Technologies, Enero-Diciembre 2016, vol. 3, no. 1, p.0. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/NT7984>
- [2] Peña, E., Calvo, B., Martínez, M.A and Doblár, M. "A Three Dimensional Finite Element Analysis of the Combined Behavior of Ligaments and Menisci in the Healthy Human Knee Joint". J Biomech. Vol: 39-9 p. 1686-1701. doi:10.1016/j.jbiomech.2005.04.030
- [3] Thambyah A. Goh JCH, De SD. "Contact stresses in the knee joint in deep flexion" Medical Engineering and Physics. Vol: 27-4 p 329-335. doi:10.1016/j.medengphy.2004.09.002
- [4] D.S. Liu, Z.W. Zhuang, S.R. Lyu. "Relationship between medial plica and medial femoral condyle, a three-dimensional dynamic finite element model". Clin Biomech. Vol: 28-9 p. 1000-1005. doi:10.1016/j.clinbiomech.2013.09.012