

ESTUDIO DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR DEL PROCESO DE PEGADO

Segoviano Gallardo Ernesto (1), Gallegos Muños Armando (2)

1 [Licenciatura en ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [e.segovianogallardo@ugto.mx]

2 [Departamento de ingeniería Mecánica, División de ingenierías, Campus Irapuato Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [gallegos@ugto.mx]

Resumen

En este trabajo se llevó a cabo el estudio de la distribución de temperatura en el proceso de pegado de piezas de plástico, apoyados en el uso de una cámara termográfica. Para el estudio fueron recolectadas imágenes de un caso práctico de la industria y se analizaron en un software especializado. Los resultados encontrados mostraron algunos de los factores que resultan importantes de monitorear y variar. Esto creó una nueva necesidad, realizar pruebas experimentales con parámetros ambientales y mecánicos controlados. La gran mayoría de los adhesivos utilizados en la industria son de fusión en caliente (HMA, del inglés Hot-Melt Adhesive), por lo cual tuvimos nuestro nuevo punto de partida en construir un prototipo con la capacidad de fundir e inyectar el adhesivo. Con este prototipo se planea controlar la temperatura de inyección y así realizar las pruebas convenientes monitoreando parámetros ambientales lo cual ayudará a estudiar el efecto de estos parámetros en la distribución de temperatura y a su vez sobre la capacidad de sujeción del adhesivo.

Abstract

This publication was carried out the study on the temperature distribution in the process of bonding plastic parts, supported by the use of a thermo graphic camera. For this study were collected images of a industry case and analyzed in a specialized software. Tests shed some of the factors that is important to monitor and vary. This created a new need, experimental trials with controlled environmental and mechanics parameters. The vast majority of adhesives used in industry are hot melt adhesives, so we had our new starting point to build a prototype with the ability to melt and inject the adhesive. With this prototype is desired to control the injection temperature and thus perform the appropriate tests to monitor environmental parameters which help to study the effect of these parameters on the temperature distribution and turn on the holding power of the adhesive.

Palabras Clave

Adhesivo 1; Temperatura 2; HMA 3; Curado 4; Sustrato 5.

INTRODUCCIÓN

El uso de materiales adhesivos proporciona diversas ventajas entre las que se puede resaltar las uniones de sustratos con diferentes geometrías, tamaños y naturaleza, reducción de peso del producto, eliminación de corrosión asociada a la unión de metales diferentes con distinto potencial galvánico y gran flexibilidad en el diseño de los productos. Estas y más ventajas, hacen que el uso de los adhesivos y su tecnología tenga mayor auge y un crecimiento enorme en su uso dentro de las áreas de construcción, fabricación y mantenimiento.

El sector de la industria automotriz, tal vez sea el que más confianza está demostrando en esta tecnología de adhesión como un componente fijo de sus líneas de producción. En cada vehículo, un promedio de 15 kg de diferentes adhesivos es usado para ensamblar y montar una gran variedad de piezas. Todo esto tiene una importancia relevante, ya que en el estado de Guanajuato actualmente operan más de 180 empresas, tanto armadoras como proveedoras. Esto brinda una gran oportunidad a la División de Ingenierías y a la Universidad de Guanajuato en general de poder satisfacer las necesidades de esta industria en crecimiento.

Aunque fue a partir del siglo XVIII donde se comienza el estudio y aplicaciones como tales de los materiales adhesivos como medio de unión. Hoy en día nos encontramos en un punto de apogeo en el estudio de la tecnología pues existe un sinnúmero de factores que afectan la durabilidad de las propiedades de los adhesivos epoxi, ésta a menudo limitada por los efectos del curado. Dependiendo de las condiciones de envejecimiento, tales como la humedad y la temperatura, diversas propiedades estructurales de los adhesivos pueden ser fuertemente influenciados. Sin embargo, los mecanismos subyacentes en la primera etapa de curado no se han entendido suficientemente [1].

Requerimientos para una buena unión

A lo largo de la investigación se estará señalando terminología relacionada con la eficiencia y falla de las uniones por lo cual es importante señalar los requerimientos básicos para efectuar una buena unión de adhesivos, los cuales son: [2, 3]

- Elección adecuada de adhesivo.
- Correcto diseño de juntas.
- Preparación de superficie adecuada.
- Humedad.
- Apropiado proceso de curado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Pruebas de campo

Las siguientes capturas fueron tomadas en diferentes días, hora y temperatura la cual fue monitoreada.

El primer paso a realizar fue capturar imágenes en una empresa dedicada a la prestación de servicios de unión y armado de piezas de plástico la cual presentaba fallas en piezas sujetas con adhesivos.

El proceso de unión de piezas a analizar consiste en:

- Las piezas a unir se pre calientan y se insertan en una posición donde un sensor las detecta y da la orden de inicio de ciclo.
- Una manguera inyecta a través de una boquilla una cantidad de adhesivo de manera sostenida a lo largo de una trayectoria pre definida. Esto tiene un tiempo entre en inicio y final de la inyección de adhesivo de 15 segundos.
- Una prensa sujeta entre si las piezas a unir durante 3 segundos a una presión pre definida.
- Las piezas unidas se retiran y se suspenden de una percha durante un par

de minutos para asegurar el proceso de curado.

Prueba 1. Caída de temperatura durante el ciclo de aplicación del adhesivo

Para la primera prueba se muestran imágenes de la aplicación de adhesivo en distintas partes del ciclo, en las cuales se señalan 3 puntos de interés y se realiza un seguimiento de estos en intervalos de 3 segundos.

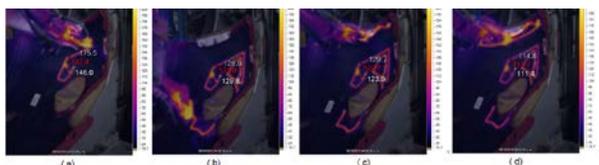


IMAGEN 1: Seguimiento de la temperatura de 3 puntos en distintas partes del ciclo de inyección de adhesivo.

En la IMAGEN 1 (a) (tomada a las 4:52:29 am) muestra la pistola de adhesivo aplicando éste a una temperatura de 175.5°C (punto señalado con el color gris), también muestran dos puntos señalados con rojo y blanco a 147.4 y 146 °C respectivamente a los cuales se dio seguimiento. La IMAGEN 1 (b) se señala los mismos puntos que en la anterior. Aquí se muestra una caída de temperatura de 16.2°C en el blanco y 16.4°C en el punto rojo. El punto gris muestra una preocupante caída de temperatura de 48.6°C. En la IMAGEN 1 (c) se observa una caída de entre 6.2°C en el punto gris, 6.8°C en el punto blanco y 8.6°C en el punto rojo. En la IMAGEN 1 (d) se observa una caída de 5.9°C en el punto gris, 11°C en el rojo y 11.6°C en el blanco.

Prueba 2. Caída de temperatura al contacto con el sustrato

El siguiente análisis se realizó buscando identificar el origen de la caída de temperatura al aplicar el

adhesivo en el sustrato. Esto se logró realizando una toma del momento en que el adhesivo sale de la boquilla.

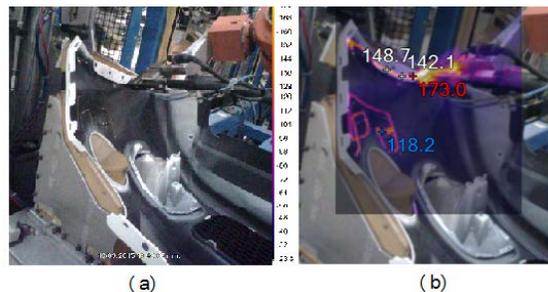


IMAGEN 2: Momento de la aplicación de adhesivo.

En la IMAGEN 2 (a) podemos observar la aplicación del adhesivo sin filtro. En la IMAGEN 2 (b) podemos observar que el adhesivo sale de la boquilla a una temperatura de 173°C. Los puntos señalados con blanco son aquellos en los que la boquilla deposita el adhesivo una fracción de segundo antes a una temperatura similar a los 173°C; sin embargo éstos han sufrido una disminución de temperatura de entre 24.3 y 30.9°C.

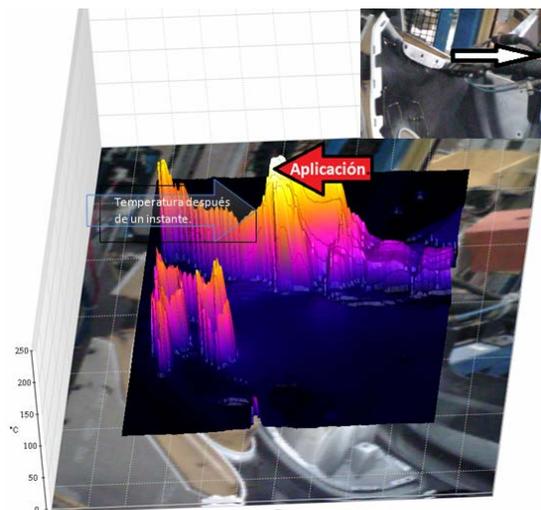


IMAGEN 3: Grafica en 3D de la temperatura al momento de la aplicación de adhesivo.

De la misma toma mostrada en la IMAGEN 2 podemos obtener una gráfica en 3 dimensiones del infrarrojo. En la IMAGEN 3 señalamos con la

flecha roja con líneas negras el punto exacto donde la pistola recién aplica el adhesivo a una temperatura ya señala de 173°C. Inmediatamente después de la aplicación el adhesivo sufre una caída de temperatura hasta el punto señalado con la flecha transparente de líneas azules cuya temperatura es de 148°C.

Prueba 3. Temperaturas de trabajo

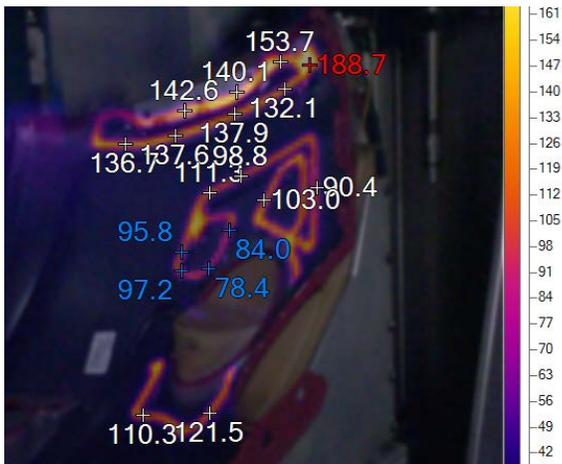


IMAGEN 4: Temperatura en diversos puntos un instante antes que la prensa una los sustratos.

La IMAGEN 4 resulta muy interesante ya que fue capturada fracciones de segundo antes que la prensa sujete los sustratos. Esto quiere decir que se están señalando las temperaturas a las cuales estará trabajando el adhesivo. En ésta se puede observar que el adhesivo es inyectado a una temperatura aproximada a los 188.7°C y en algunos puntos señalados con color azul la temperatura se redujo alrededor del 50%. Se puede observar que la pérdida de temperatura no es completamente uniforme a lo largo del cordón y varía en función del tiempo en que el adhesivo fue aplicado pero también de la zona en la que fue aplicado ya que esto tiene relación con el grosor del cordón. Se puede observar que en las partes donde la trayectoria cambia de dirección se inyecta una mayor cantidad. Las consecuencias del aumento del grosos del cordón se pueden observar en la IMAGEN 5.

Prueba 4. Tasa de disminución de temperatura diferentes según la zona del cordón.

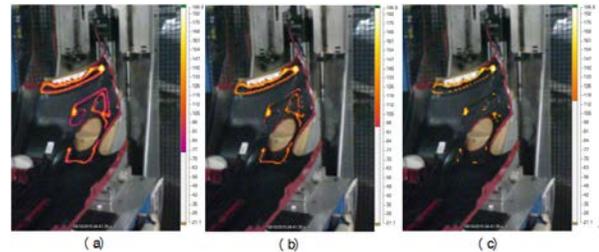


IMAGEN 5: Selección de rangos de temperatura visibles en infrarrojo.

Para la IMAGEN 5 enfatizamos las partes del cordón que se encuentran a una temperatura determinada. En la IMAGEN 5 (a) podemos observar que todo el cordón se encuentra entre una temperatura de 75 a 186.8°C. Para la IMAGEN 5 (b) se seleccionó un rango de temperatura de 95 a 186.8°C, en éste se comienzan a observar partes del cordón que salieron del rango lo cual nos indica las zonas de mayor pérdida de temperatura y donde pueden existir problemas de curado. En la IMAGEN 5 (c) se seleccionó un rango de temperatura de 115 a 186.8 °C. En éste se observa que la mayor parte del cordón salió del rango exceptuando algunas zonas que como se menciona anteriormente tienen relación con un aumento en el grosor del cordón.

Diseño del prototipo para fundir e inyectar adhesivo

Una vez analizadas las pruebas podemos detectar y enumerar los factores que son deseables monitorear e intentar usar como variables en futuras pruebas de laboratorio:

- Condiciones ambientales.
- Temperatura de sustrato.
- Temperatura de inyección de adhesivo.

- Temperatura de trabajo del adhesivo.
- Cantidad de adhesivo aplicado (grosor del cordón de adhesivo).
- Tiempo transcurrido desde la aplicación hasta que se unen los sustratos.

Para poder realizar pruebas y variar los factores antes mencionados, encontramos la oportunidad de comenzar con el diseño y fabricación de un prototipo para la fundición e inyección de adhesivo. Las piezas del prototipo son las siguientes:

- Jeringa Inyectora.

Se realizaron 3 diferentes modelos cambiando la conicidad de una de las piezas. Los 3 modelos se hicieron con ángulos de 0°, 30° y 60° con la horizontal. Éste análisis se realizó con el software ANSYS-FLUENT, identificando la geometría que permita llevar a cabo la inyección del pegamento sobre probetas de plástico que se construirán para el depósito del pegamento. Los resultados se muestran en la IMAGEN 6

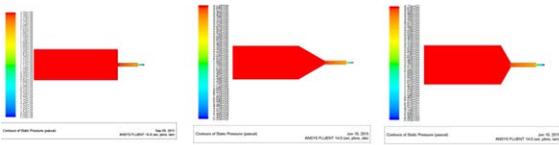


IMAGEN 6: Análisis de geometrías propuestas para la jeringa inyectora.

La geometría con mejor rendimiento fue la que tiene 60° con la horizontal. El diseño de la jeringa hermanado con la boquilla se muestra a continuación:

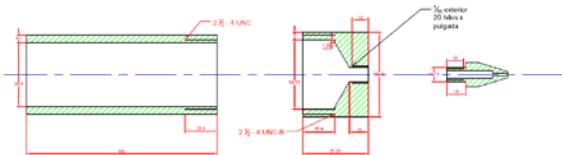


IMAGEN 7: Jeringa y boquilla inyectora.

- Pistón para eyección del adhesivo

Cuya presión de trabajo será determinada por la viscosidad del adhesivo y la forma de la jeringa. Una vez obtenida la forma de la jeringa se tiene la presión de trabajo que deberá proveer el pistón. La simulación se tomó a una velocidad de entrada de 0.015 m/s y se requieren de 473 pascales para desarrollar ésta.

- Marco para sujetar la jeringa

Se tomó un marco estructural prefabricado, y se adaptó para tener el espacio adecuado que permita colocar las probetas y piezas de plástico que se utilizarán.

- Cinta calefactora

Se seleccionó esta cinta para alcanzar la temperatura deseada en el adhesivo. Se cotizaron distintos tipos de cintas y con distintas propiedades pero la que cumplió de con especificaciones deseadas fue una cinta calefactora de 0.5 in x 8 ft que funciona con 120v, con densidad de potencia de 13 w/in² con un recubrimiento especial que la hace adecuada para trabajar con metal.

El diseño conceptual del prototipo se muestra en la IMAGEN 8

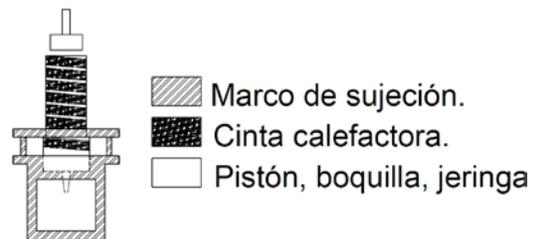


IMAGEN 8: Diseño completo del prototipo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al inicio de este trabajo se mencionaron los 5 requerimientos básicos para efectuar una buena unión, en base a estos se realizaron las pruebas presentadas. Esto nos permite señalar como factores determinantes para las fallas en el

proceso a la incorrecta preparación de superficie y a problemas en el proceso de curado. Como se puede observar en la prueba 2, la temperatura del adhesivo disminuye de manera abrupta en cuanto toca el sustrato, esto se puede evitar o reducir con un correcto precalentamiento de éste. Los adhesivos de curado físico disponen del polímero base ya formada pero disuelta, necesitando la aplicación de efectos físicos como la temperatura o la presión para que se genere el fenómeno de adhesión y cohesión del adhesivo [3]. Dichos efectos se están saliendo de los parámetros adecuados, como podemos observar en todas las pruebas (principalmente en la 3) las temperaturas de trabajo del adhesivo no están siendo las correctas.

Para esto se propone continuar el estudio del adhesivo donde lo ideal es describir o identificar de forma fácilmente comprensible los métodos de prueba empleados para determinar las propiedades de la adhesión y del adhesivo a emplear, para ello se plantea utilizar los métodos de ensayo estándar [4, 5 y 6] así como las técnicas propuestas por Duncan y Mera [7].

CONCLUSIONES

El estudio de los adhesivos es un tema de actualidad y en el que hemos descubierto un área de oportunidad. Por esto y más razones se planea continuar desarrollando el tema, terminar la fabricación del prototipo y a mediano plazo, poder ofrecer consultorías para la industria y nuevas investigaciones para el sector científico.

AGRADECIMIENTOS

Dedico este trabajo a mi familia, especialmente a mis padres quienes han tenido paciencia y sabiduría para acompañarme y guiarme en el camino. También al Dr. Armando Gallegos por ser un ejemplo a seguir además de un gran mentor.

REFERENCIAS

- [1] Wulff Possart, (2005). Adhesion. Current Research and Application. Weinheim, Baden-Württemberg, Germany, WILEY-VCH
- [2] Edwards, H.W., M.F. Kostrzewa and G.P [1995]. Pollution Prevention Assessment for a Manufacture of Pressure Sensitive Adhesive Tape, Environmental Res. Brief, National Risk Management, Washington DC, United States.
- [3] Ebnasajjad, Sina, (2008). Adhesives technology handbook. Norwich, NY, United States. William Andrew.
- [4] ASTM D 4497, (1994) Standard Test Method for Determining the Open Time of Hot Melt Adhesives (Manual Method), West Conshohocken, PA, United States.
- [5] ASTM D 1876, (2001) Standard Test Method for Peel Resistance of Adhesives (T-Peel Test), West Conshohocken, PA, United States.
- [6] ASTM D 1002, (2001) Standard Test Method for Apparent Shear Strength of Single-Lap-Joint Adhesively Bonded Metal Specimens by Tension Loading (Metal-to-Metal), West Conshohocken, PA, United States.
- [7] Duncan, B, Mera, R [2005]. Techniques for characterising the wetting, coating and spreading of adhesives on surfaces, Teddington, Middlesex, UK. National Physical Laboratory