



Conciencia Tecnológica

ISSN: 1405-5597

contec@mail.ita.mx

Instituto Tecnológico de Aguascalientes
México

Arellano Rangel, Héctor; Cuazitl Sánchez, David; Elena Baltazar, Ma.
Eliminación de Burbujas en Sensores de Presión Automotriz (SPA)
Conciencia Tecnológica, núm. 38, julio-diciembre, 2009, pp. 62-66
Instituto Tecnológico de Aguascalientes
Aguascalientes, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94412327011>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Eliminación de Burbujas en Sensores de Presión Automotriz (SPA)

Reporte de proyecto

M. C. Héctor Arellano Rangel¹, Ing. David Cuazitl Sánchez², Ing. Ma. Elena Baltazar².

(1) Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Instituto Tecnológico de Aguascalientes

Av. López Mateos No. 1801 Ote. Fracc. Bona Gens, Aguascalientes, Ags.

Tel: (014) - 9-10-50-02, Fax (014)-9-70-04-23, e-mail: harellanor@hotmail.com

(2) Sensata Technologies

Resumen

En este reporte de proyecto se presenta el proceso de eliminación de burbujas en los sensores de presión automotriz (SPA), fabricados en la empresa Sensata Technologies.

Con el presente proyecto se redujo en un 95% el porcentaje de material retrabajado de la estación denominada retrabajo de RTV (Vulcanizado a temperatura ambiente), con lo que se reactivó el flujo de materiales y se restablecieron los niveles normales de producción de sensores.

Aquí solo se muestra el proceso de solución a la problemática que se aborda, debido a que, por las políticas internas de la empresa, no es posible difundir los datos y los procesos empleados, lo que impide realizar un análisis más profundo de la información.

Palabras clave: Sensores de presión automotriz (SPA), Hexport, RTV (Vulcanizado a temperatura ambiente).

Abstract

This report of project presents the process of the elimination of bubbles in the automotive pressure transducers (ATP), manufactured by the company Sensata Technologies.

With this project was reduced in 95% the percentage of reworked material of the station called, rework of RTV (Room Temperature Vulcanization), reactivating the flow of materials and restoring the normal levels of production of sensors.

Here only appears the process of solution to the problem, because internal politics of the company prevent from divulging the data and the processes used, by what a deep analysis of the information is not possible

Key words: Automotive transducer pressure (ATP), Hexport, RTV (Room Temperature Vulcanization).

Introducción

Sensata Technologies es una empresa líder a nivel mundial en la producción de sensores automotrices y sus productos son diseñados empleando su propia tecnología, es por ello que cuando se requiere el rediseño o mejora de los mismos no se tiene referencia o estudios externos, por lo que es necesario efectuar dichos cambios tomando como base, únicamente la información propia.

Con respecto al proceso de vulcanizado a temperatura ambiente [1], que es el que se emplea en el sellado de los sensores, existe actualmente información del mismo con respecto a sus características generales, principios de operación, campos de aplicación, etcétera, pero no en cuanto a la generación de burbujas durante el proceso de sellado y mucho menos de algún procedimiento para la eliminación de las mismas.

Dentro de los productos que elabora la empresa Sensata Technologies, se encuentran los sensores de presión automotriz, dispositivos que se emplean en los sistemas de control que regulan la operación del aire acondicionado de los automóviles [2].

Las partes que componen un sensor de presión son las siguientes.

1.-*Cse*: Elemento cerámico que contiene en su interior el dispositivo sensible a la presión.

2.-*Base*: Conector externo de tres terminales (voltaje de salida, voltaje de alimentación y tierra).

3.-*Módulo*: Circuito electrónico que tiene la función de convertir una variación de presión a voltaje.

4.-*Hexport*: Encapsulado metálico.

5.-*O-ring*: Anillo plástico que evita fugas.

En la figura 1 se muestra la composición de un sensor de presión.

En la fabricación de los sensores se utilizan hexport de diferentes metales, dependiendo del tipo de sistema de aire acondicionado al cual van dirigidos, los metales utilizados son aluminio, acero y latón.

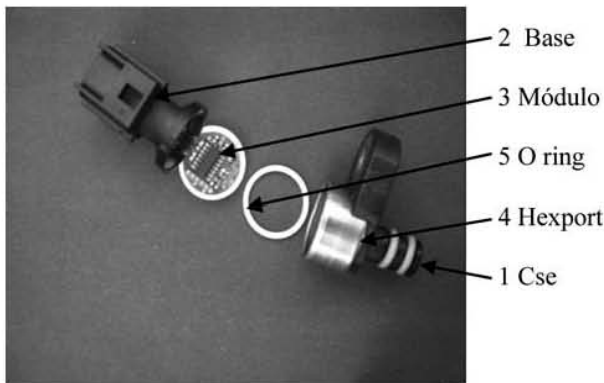


Figura 1. Elementos de un sensor de presión.

La línea de producción de los sensores de presión está formada por las siguientes estaciones de trabajo:

- Soldadura.
- Pad (Preensamble).
- Crimper.
- Horno de banda.
- Calibración.
- RTV.
- Retrabajo de RTV.
- Prueba de escapes.
- FFT (Final Function Test).
- Visión checker.
- Empaque.

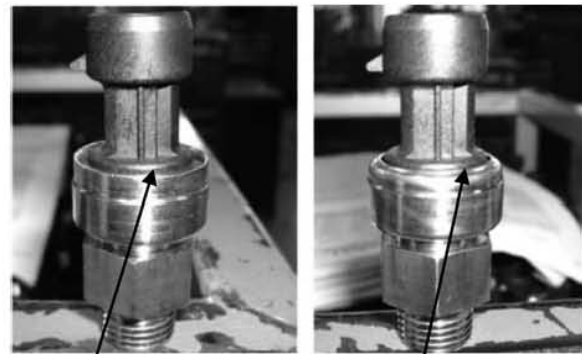
La operación de soldadura consiste en unir el módulo electrónico, el cse y la base, mientras que en la operación de Pad, el conjunto previamente soldado es colocado dentro del hexport.

En la estación de trabajo denominada Crimper, se realiza un doblez al hexport para que las partes que componen al sensor queden unidas y le den la rigidez necesaria. En la figura 2 se pueden observar dos piezas, una con dobles y otra sin el.

Una vez que se ha realizado el doblez, el sensor se traslada a la estación de trabajo denominada Horno de banda, en la cual es colocado en un horno a una temperatura de 135 grados, con el objeto de relajar el material y dejarlo en condiciones adecuadas para el proceso de calibración, donde se le realizan los ajustes necesarios para que cumpla con los parámetros de operación especificados.

En la estación de trabajo denominada RTV, se aplica un sellador a base de silicón en el área donde se efectuó el doblez, con el propósito de evitar que el dispositivo sensible a la presión se contamine y puedan alterarse sus condiciones de operación.

Durante la aplicación del sellador es frecuente que se produzcan burbujas en el material, las cuales son generadas debido al aire alojado dentro del sensor, en la figura 3 se muestra una pieza con una burbuja.



a) Sin doblez

b) Con doblez

Figura 2. a) Sensor sin doblez b) Sensor con doblez.

Para corregir el defecto mencionado, los dispositivos son sometidos a la operación de retrabajo de RTV.

En la estación prueba de escapes, se verifica que el sensor no tenga fugas, mientras que en la estación FFT se simula su operación dentro de un sistema de aire acondicionado y se verifica su funcionamiento.

Finalmente en las operaciones de Visión checker y Empaque, el dispositivo se somete a una inspección para detectar la falta de alguno de sus componentes y es empacado para su entrega al cliente.

Metodología

El proyecto surge como consecuencia de la detección de una sensible baja en la producción de sensores de presión automotriz.

La primera acción que se llevó a cabo para determinar la causa de la disminución en la producción de sensores, fue la de verificar las condiciones de operación de las líneas de producción, específicamente para conocer la cantidad de material retenido en cada una de las estaciones de trabajo, para ello se inspeccionó en primer lugar, la línea de producción de sensores con hexport de aluminio durante un periodo de análisis de 11 semanas, dicho periodo es un estándar establecido por la empresa para asegurar la veracidad de los resultados, esto de acuerdo a su experiencia en el manejo de sus líneas de producción.

Durante el periodo mencionado, se tomaron las mediciones correspondientes, observándose que en todas las estaciones, la cantidad de material retenido estaba dentro de los parámetros señalados por la empresa, excepto en la estación de retrabajo de RTV en la cual se presentaba una gran acumulación de material debido a que se estaba realizando en promedio, un retrabajo de dispositivos del 98%, provocado por la presencia de burbujas.

Una vez detectado el lugar donde se estaba teniendo la mayor cantidad de material retenido, el siguiente



Figura 3. Sensor con burbuja.

paso fue determinar si este fenómeno se estaba presentando en el resto de las líneas de producción, para ello se efectuó en cada una de ellas una acción similar a la descrita anteriormente. Los resultados establecieron que en la línea de producción de sensores con hexport de latón, la mayor cantidad de material retenido se presentaba precisamente en la estación de retrabajo de RTV debido a un retrabajo promedio de dispositivos del 97%, mientras que en la línea de producción de sensores con hexport de acero el flujo de material era normal y el porcentaje de retrabajo en la estación de retrabajo de RTV era de tan solo el 1.5%. En la figura 4 se puede apreciar la gráfica donde se muestra el porcentaje de material retrabajado en las estaciones de retrabajo de RTV, en cada una de las líneas de producción de sensores.

Con los resultados obtenidos la atención se centró en los sensores con hexport de aluminio y latón. Como ya se conocía que el origen de la burbuja era por el aire atrapado dentro del sensor, las primeras pruebas que se realizaron fueron las de medir la distancia de separación entre la base y el hexport y poder establecer, si existía un hueco lo suficientemente grande por el cual pudiera salir el aire contenido en la parte interna del sensor y producir la burbuja.

Las mediciones indicaron que existía una separación promedio de 1 mm entre el hexport y la base, espacio suficiente para que el aire pudiera escapar al momento del sellado. De la observación del proceso se pudo determinar que dicho espacio se genera, por que el doblado se llevaba a cabo en un ángulo de 45 grados, evitando que el material del hexport hiciera contacto con la base, generando el hueco antes mencionado.

Una solución al problema detectado, fue la de diseñar un sistema que proporcionara un doblado de 90 grados al hexport y con ello asegurar un sellado más efectivo, de tal manera que al momento de sellar el dispositivo no se generará la burbuja. En la figura 5 se muestra el doblado a 45 y 90 grados respectivamente.

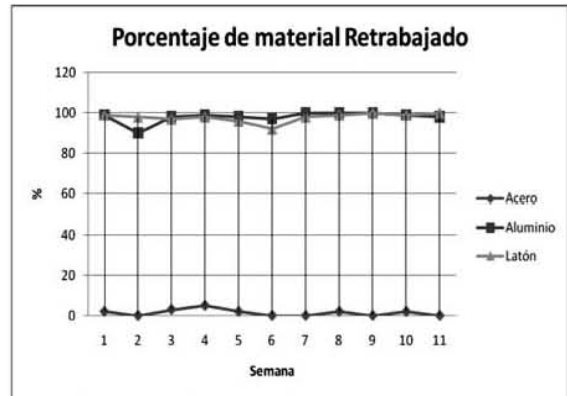


Figura 4. Porcentajes de material retrabajado.

Una vez diseñado el sistema para efectuar el doblado a 90 grados, se realizó el maquinado de 100 piezas de prueba, analizándose cada una de ellas para observar la posible presencia de burbujas, así mismo se analizaron 100 piezas de referencia con el doblado a 45 grados, de tal manera que se tuviera un punto de comparación y establecer la efectividad del método. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Piezas con doblado a 45 grados:

Con burbujas	30
Sin burbujas	70

Piezas con doblado a 90 grados:

Con burbujas	80
Sin burbujas	20

Con los resultados anteriores se pudo establecer que el procedimiento implementando no resolvía el problema de la burbuja, antes bien lo empeoraba, por lo que se buscaron nuevas alternativas.

El material con el cual se lleva cabo el sellado de los dispositivos es un material que cuenta con la particularidad de ser muy elástico [3], además de que al incrementar la temperatura disminuye su viscosidad [4]. Esta última característica dio la pauta para implementar un sistema de precalentamiento de la pieza, de tal manera que al momento de aplicar el sellador y dada su baja viscosidad, pudiera llenar el hueco entre el hexport y la base del sensor de una manera más uniforme y rápida, evitando la formación de la burbuja.

Para la realización de las pruebas lo primero que se estableció fue la temperatura y el tiempo de calentamiento, para el caso de la temperatura se tomó en cuenta el valor máximo de operación del sensor, en relación a los tiempos de calentamiento y a los incrementos de temperatura, quedaron establecidos en función de las características de operación de los equipos con los que se realizaron las pruebas. Por las limitaciones anteriores, se consideraron temperaturas de 25, 55, 95 y 135 °C y tiempos de 5 y 10 minutos.

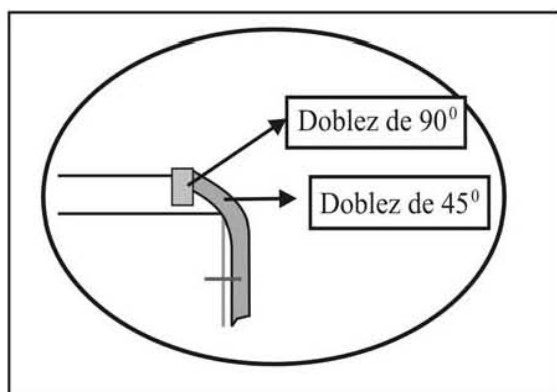


Figura 5. Dobleza a 45 y 90 grados

Resultados y discusión

El primer sensor que se sometió al procedimiento fue el de hexport de aluminio, empleando 50 piezas para cada temperatura y tiempo establecido, con los resultados que se presentan en la tabla 1.

De los resultados obtenidos se pudo establecer que la máxima reducción de burbujas, se presenta cuando el material es sometido a un precalentamiento de 10 minutos, a una temperatura de 135 °C.

Tabla 1. Resultados con hexport de aluminio.

Tem. °C	Tiempo minutos	Cantidad	P/Sin burbuja	P/Con burbuja
25	0	50	1	49
55	5	50	39	11
55	10	50	40	10
95	5	50	41	9
95	10	50	43	7
135	5	50	47	3
135	10	50	49	1

El mismo procedimiento se realizó con los dispositivos con hexport de latón, con los resultados que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados con hexport de latón.

Tem. °C	Tiempo minutos	Cantidad	P/Sin burbuja	P/Con burbuja
25	0	50	2	48
55	5	50	49	1
55	15	50	50	0
95	5	50	50	0
95	15	50	50	0
135	5	50	50	0
135	15	50	50	0

Los resultados obtenidos en este caso son mejores, que en el anterior, ya que se logró reducir sensiblemente el número de dispositivos con burbujas a temperaturas y tiempos de precalentamiento más bajos.

Una vez conocidos los resultados de las pruebas se llevó a cabo el rediseño de la estación de trabajo de RTV, tanto en equipo, distribución y en procedimientos, de tal manera que en el caso de los sensores de aluminio se llevara a cabo un precalentamiento de 10 minutos a una temperatura de 135 °C, mientras que para los sensores de latón se precalentaran 5 minutos a una temperatura de 135 °C.

La elección de los parámetros mencionados para el caso de los sensores de latón, se tomó considerando que en la estación de trabajo Horno de banda, se cuenta con los equipos necesarios para el calentamiento de las piezas a la temperatura y tiempo indicados.

De acuerdo a los datos de la tabla 1, en los sensores con hexport de aluminio se tuvo un retrabajo del 98% de las piezas a temperatura ambiente, mientras que con las precalentadas durante 10 minutos a 135 °C, el retrabajo fue de tan solo 2 %, con lo que se alcanza una reducción del 96 %.

En cuanto a las piezas con hexport de latón, el retrabajo de acuerdo con los datos de la tabla 2, fue para las piezas a temperatura ambiente de un 94% y de un 0% en las precalentadas 5 minutos a una temperatura de 135 °C, obteniéndose una reducción de un 94% en el proceso de retrabajo.

Considerando los resultados obtenidos, se puede decir que en promedio, se reduce en un 95% el porcentaje de material retrabajado, de la estación de retrabajo de RTV.

Con el propósito de darle un mayor sustento al trabajo, se realizó un análisis de varianza [5], con el fin de establecer estadísticamente, si al someter a los dispositivos a diferentes temperaturas, existían indicios de una diferencia significativa en la generación de burbujas. El análisis se realizó para los sensores con hexport de aluminio y con hexport de latón.

Como primer paso se plantearon la hipótesis nula y la hipótesis alternativa, posteriormente se efectuó una primera estimación de la varianza, la cual consistió en calcular la varianza entre las medias muestrales, después se realizó una segunda estimación de la varianza, es decir el cálculo de la varianza dentro de las muestras. Con estos datos se procedió a determinar el valor de la razón denominada F, luego se calcularon los grados de libertad tanto del numerador como del denominador, con estos datos y con un valor de significancia de .05, se obtuvo de las tablas correspondientes el valor del estadístico F, procediéndose a compararlo con el valor calculado para la razón F, con el propósito de aceptar o rechazar la hipótesis nula.

En el caso de los sensores con hexport de aluminio, el valor calculado para F, fue de 93.30 y el valor obtenido en tablas fue de 3.07, con lo cual se rechazó la hipótesis nula, concluyéndose que según la temperatura a la cual se someten los sensores con hexport de aluminio, existe evidencia estadística de una diferencia significativa en la generación de burbujas.

En lo que respecta a los sensores con hexport de latón la conclusión es la misma, ya que el valor calculado para F fue de 768.11, mientras que el valor en tablas fue de 3.07.

Se llevó a cabo también, el cálculo del índice de capacidad de proceso (Cp) [6], con el propósito de establecer si los procesos de producción implementados tenían la habilidad para cumplir las especificaciones del producto. En este caso particular y debido a que se tiene un proceso con solo una especificación y la naturaleza de la variable de salida es del tipo *entre más grande mejor*, se determinó el índice para la especificación inferior (C_{pi}), que para el caso de los sensores con hexport de aluminio fue de 1.61 y para los sensores con hexport de latón fue de 2.31, valores que en ambos casos indican que los procesos están funcionando de una manera satisfactoria.

Conclusiones

Con el desarrollo del proyecto se logra disminuir de una manera muy importante la generación de burbujas en el proceso de sellado de los sensores de presión automotriz, reduciendo en promedio un 95% el porcentaje de material retrabajado y evitando la acumulación de material en la estación denominada, retrabajo de RTV, con lo cual se reactiva el flujo normal de materiales y se restablecen los niveles de producción de sensores.

En forma general se puede establecer que, con la implementación del procedimiento de precalentamiento, se normalizan los parámetros de operación de la línea de producción de sensores de presión y al personal se le brinda un mejor ambiente de trabajo, específicamente en la estación de retrabajo de RTV, ya que se regulariza su actividad, lo que redundará en un mejor desempeño de su quehacer cotidiano.

Referencias

- [1] García D., (2006) *Revista Iberoamericana de Polímeros*, volumen #7, No. 2, p. 127- 141, España.
- [2] Sensata Technologies, "Automotive Pressure Sensor (APT)", [http:// www.sensata.com/sensors](http://www.sensata.com/sensors).
- [3] Carraher, C. E., (1995) *Química de los polímeros: introducción*, Reverté, México.
- [4] Billmeyer, F. W., (2001), *Ciencia de los polímeros*, Reverté, México.
- [5] Levin, D.M., (2001), *Estadística para Administradores*, Prentice Hall, México.
- [6] Gutiérrez, P. H., (2009), *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*, Mc Graw Hill, México.