

Optimización en la soldadura por rotación de poliamidas

A. Vivaldo-Vicuña¹, L. Cortez-Calderon¹, A. Márquez-Vázquez¹, E. Aquino-Díaz¹

Resumen— Dentro de la industria automotriz se utiliza una gran cantidad de materiales para la fabricación de diferentes componentes y en años recientes se emplean los materiales de poliamidas. Los componentes por analizar se utilizan para enfriar el aceite de la línea de transmisión en autos de diferentes marcas.

La razón de la publicación de este artículo es dar a conocer cómo se mejoró el proceso de soldadura por rotación, del conector en el tubo.

El objetivo consiste en reducir los tiempos de ciclo en ese proceso dentro de la empresa Veritas Automotive que oscilaban entre 1 minuto con 15 segundos, hasta 1 minuto con 20 segundos por cada pieza.

Los resultados obtenidos fueron: reducción del tiempo de ciclo, disminución del rechazo de las piezas, y se obtuvo una mayor producción.

Palabras claves— línea de transmisión, poliamidas, soldadura por rotación.

Abstract— Within the automotive industry a large number of materials are used to manufacture different components and in recent years polyamide materials are used. The components to be analyzed are used to cool the transmission line oil in cars of different brands.

The reason for the publication of this article is to show how the rotary welding process, from the connector to the tube, was improved.

The objective is to reduce cycle times in this process within Veritas Automotive, which ranged from 1 minute 15 seconds to 1 minute 20 seconds for each part.

The results obtained were: reduction of the cycle time, reduction of the rejection of the pieces, and a higher production was obtained.

Keywords— polyamides, rotary welding, transmission line.

I. INTRODUCCIÓN

Los polímeros son un tipo particular de macromolécula, que se caracteriza por tener una unidad que se repite a lo largo de la molécula (López, 2004), el polímero se utiliza como sinónimo de plástico (Castells, 2012), las poliamidas son

adecuadas para la inyección y extrusión de piezas técnicas (Juarez, 2018).

Los conectores fabricados para la industria automotriz son de Poliamida 610 (PA610) con fibra de vidrio al 30% para darle una mayor resistencia mecánica y dureza. Las PA610 el número 6 se refiere a la cantidad de átomos en el carbono, estos materiales están compuestos de aproximadamente 60% de recursos renovables (Plastic Agents, 2007) Las principales aplicaciones para esta PA 610 son (Polymer, 2018): Partes Industriales, Monofilamentos, Componentes estructurales, Tubo de extrusión

El problema a resolver es el alto tiempo ciclo de soldado, debido a que tienen una alta producción y no se dan abasto para cumplir con la demanda de los clientes. Se requiere hacer un análisis para reducir los tiempos en el proceso de soldado por rotación y realizar las mejoras necesarias.

Se utilizan distintas tecnologías de unión para piezas mecánicas, en este trabajo se utilizó la soldadura por rotación, la técnica consiste en una herramienta rotante con una geometría particular que se inserta en una junta soplada permaneciendo un periodo de tiempo y siendo finalmente extraída (Piccini, 2017), cuando se hace la inserción de la herramienta se produce calentamiento en el material por la fricción, en el otro extremo el pin agita el material generando la soldadura sólida en ambas piezas (Lathabai S., 2006) (Tran, 2009) (Quevedo R., 2020). Este proceso de soldadura se destaca por la relación de calor por fricción combinado por presión (Schafer, 2014)

El objetivo de este artículo fue realizar la optimización en la soldadura por rotación de poliamidas.

Los trabajos previos en este ramo son mínimos debido a que el proceso es relativamente nuevo y no se encuentra información en la literatura.

s/n San Lucas Atoyatenco, San Martín Texmelucan, Puebla, México
C.P.74120
araceli.vivaldo@smartintecnm.mx

¹ Profesor de Tiempo completo en TECNM campus San Martín Texmelucan Adscrita a Ing Electromecánica con dirección en calle barranca de pesos

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

METODOLOGÍA

1. Se realiza una inspección visual de la máquina y se toman videos para analizar los movimientos y tiempos que realiza en cada conector.
2. Poner en práctica los conocimientos del comportamiento de las Poliamidas.
3. Proponer mejoras que ayuden a reducir el tiempo de ciclo.
4. Realizar las pruebas necesarias para comprobar la funcionalidad.
5. Documentar las actividades realizadas
6. Implementar PDCA

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se emplea el método PDCA (Plan, Do, Check, Act) que es uno de los diferentes métodos que se emplean para optimizar procesos:

- Se planea lo que se va hacer
- Hacer la implementación
- Verificar que funciona
- Actuar por si tiene que realizar algún ajuste final

La figura 1 muestra las cabinas donde se realiza el monitoreo de movimientos, parámetros y ajustes de la máquina para poder evaluar lo que pudiera estar ocasionando el problema de malas soldaduras y tiempo de ciclo elevados.



Figura 1. Cabinas de soldadura

Después de recabar la información se analizan los datos y se realizan propuestas para mejorar los tiempos de ciclo y hacer más eficiente el proceso.

En la figura 2 se muestra el esquema de como se realiza la soldadura para los conectores, se tienen dos cabinas de soldado alienadas y cada una de ellas realiza la soldadura de

un conector específico para el extremo del tubo, los parámetros se comparten y son universales, es decir, que se pueden invertir las herramientas y siguen funcionando igual.

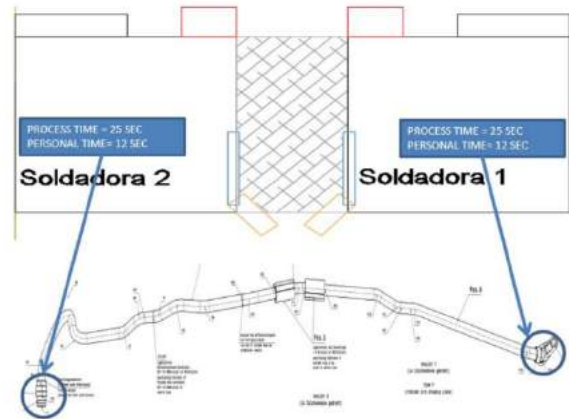


Figura 2. Esquema de las cabinas

En la figura 3 Se observa que el abocardador que posee la máquina no expande de manera adecuada el tubo junto con el proceso de calentamiento que también es deficiente, lo que provoca todas las fallas actuales y que las piezas sean scrap por mala soldadura.



Figura 3. Abocardador

Se realiza una muestra de 50 piezas de producción y se nota que a rpm menores a 8 y mayores a 14 es cuando existe el mayor índice de rechazo como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1
Scrap por malas soldaduras

VALOR ACEPTABLE 8-14 RPM		
RPM	PIEZAS	% SCRAP
6	2	4%
7	6	12%
15	18	36%
16	15	30%
17	2	4%
18-	7	14%
	50	100%

Para solucionar el problema de alto scrap en las piezas soldadas, se propone un diseño nuevo de abocardador de metal con las especificaciones especiales de acuerdo a las dimensiones y características de la máquina, los cuales son hechos en Catia y mandados a fabricar con proveedor de maquinados.

En la figura 6 se observa que el pin del lado izquierdo es el diseño original que no funciona adecuadamente y del lado derecho está el nuevo diseño propuesto.

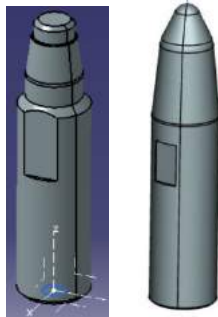


Figura 6. Diseño de abocardadores

Con el nuevo diseño ya fabricado se procede a montarlos en la máquina y se verifico los ajustes y tolerancias mecánicas manualmente para validar que no hubiera conflictos de colisión y/o daños con otros componentes.

Se ajusto con parámetros los movimientos para que concordarán a las nuevas dimensiones del abocardador y los tiempos de calefacción, así como las posiciones en las que se debería activar dicha resistencia.

Se verificó el correcto funcionamiento de la máquina con varias pruebas de soldadura y revisando las conexiones visualmente y con pruebas de laboratorio de pull-off para validar y liberar el proceso para producción en serie.

Se monitoreo durante 3 meses toda la producción de serie y se registró el aumento en la eficiencia de la estación pasando de un 70% a un 88%.

III. RESULTADOS

Despues de realizar el análisis PDCA se fabricó el abocardador con dimensiones diferentes y el mismo material de acero H13, siendo de mayor longitud y diseño diferente al usado de fabricación como se muestra en la figura 7, se procede a realizar las pruebas para poder validar los resultados.



Figura 7. Abocardador de acero H13

En la figura 8 se muestra el abocardador con nuevo diseño que está haciendo una correcta expansión del tubo precalentado previamente. La expansión se hace lentamente para evitar deformar el tubo.

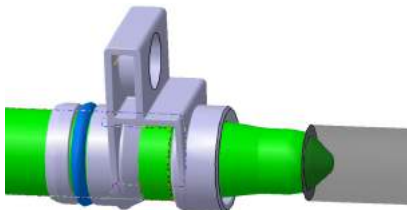


Figura 8. Expansión de tubo

En la figura 9 se mide el nivel de expansión del tubo conseguido, que fue 1.4 mm mayor al diámetro original 14 mm; lo cual es buen resultado para la inserción del conector.



Figura 9. Diámetro externo del tubo.

Después de soldar varios conectores se realizan cortes axiales como se muestra en la Figura 10 para validar que la soldadura entre el tubo y el conector se hizo de manera correcta, esta inspección es visual y posteriormente se intenta separar el conector del tubo halando con pinzas para tratar de separarlos.



Figura 10. Cortes axiales

Si los componentes se llegaron a separar Figura 11, significa que no se está soldando correctamente y se tiene que mejorar los parámetros en la máquina.



Figura 11. Corte axial mal soldado

Para tener una base fundamentada sobre la calidad de la soldadura se realiza prueba de “Pull-off” (separación) con un tensiómetro calibrado y los resultados que arroja se muestran en la tabla 2 que indica los valores aceptables serán los mayores a 1500N.

Tabla 2

Características por cumplir de la prueba

Test report

Customer : BMW
 Test standard : Criterio de aceptacion >1500 N @ 50 mm/min
 Note : Validacion
 Machine data : Tensometro Marca: Zwick/Roell
 Modelo: Z010
 Celda de carga: 10 KN

La especificación del cliente se obtiene del dibujo siendo esta de 1500Nm, en la Tabla 3 se observan los resultados obtenidos los cuales superan en un 60% el valor requerido.

Tabla 3.

Resultados obtenidos

Nr	Identificación de la muestra	N
1	R25342Ca-F28065I-a	2470
2	R25342Ca-F28065I-a	2330
3	R25342Ca-F28065I-a	2440

Todas las pruebas se realizaron bajo supervisión de calidad y todas piezas tuvieron una inspección visual por rebabas y posteriormente por medio de un tensómetro se validó la fuerza de la soldadura que cumpliera con la especificación del cliente mayor a 1500N

En la tabla 4 se muestra una corrida de producción en serie después de la implementación y se observa que prácticamente las piezas rechazadas han desaparecido, en otras palabras, de un total de producción de una cabina de soldado de 706 piezas solo se rechazaron 7 lo que nos da un porcentaje de scrap del 0.99%.

Para la otra cabina 2 de 699 piezas totales no hubo ningún rechazo lo que deja un porcentaje de scrap de 0%.

Tabla 4.

Producción de piezas en las cabinas 1 y 2 en un turno

LINEA 1 27198CA		Piezas por hora = 95			
LIDER DE LINEA Carlos					
PRIMER TURNO	PRODUCCION	PIEZAS OK	PIEZAS NO OK	TIEMPO MUERTO	
6:30	C1 93	93	0	0	
7:20	C2 93	93	0	0	
7:30	C1 95	95	0	0	
8:30	C2 95	95	0	0	
8:30	C1 65	65	0	20min	
9:30	C2 65	65	0	20min	
9:30	C1 93	93	0	0	
10:30	C2 93	93	0	0	
10:30	C1 96	93	3	0	
11:30	C2 93	93	0	0	
11:30	C1 96	93	3	0	
12:30	C2 93	93	0	0	
12:30	C1 93	92	1	0	
13:20	C2 92	92	0	0	
13:30	C1 73	73	0	15min	
14:30	C2 73	73	0	15min	
TOTAL	C1 706	699	7	35min	
	C2 699	699	0	35min	

IV. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Con el uso del DOE (Diseño de Experimentos), con una buena planeación y con personal técnico capacitado fue posible mejorar el proceso e incluso optimizarlo más allá de lo planeado teniendo un resultado que superó las expectativas originales. La importancia de tener y desarrollar un buen perfil profesional puede hacer que se hagan muchas cosas que parecen difíciles de resolver.

El tiempo de ciclo final fue de 35 segundos a 40 segundos logrando un incremento en la producción del 80% en relación al rechazo de piezas inicialmente estaba en 25% se logra bajar al 5%.

Los resultados fueron muy favorables, y el mejorar el proceso de soldadura por rotación dio ventajas económicas a la empresa.

Cabe señalar que este proceso de soldadura por rotación tiene muy poca información debido a que no es muy común su empleo, es más común usar la inserción de los componentes

La ventaja de usar este método tolera más el desgarre, tiene mayor fuerza de desprendimiento en los componentes soldados.

RECOMENDACIONES

Se recomienda usar una resistencia por infrarrojo para mejorar el precalentado del tubo y así obtener un calentamiento uniforme y homogéneo lo que garantizará una adecuada soldadura.

V. REFERENCIAS

Castells, J. E. (2012). Reciclaje de Residuos Industriales. 25, 18.

Juarez, A. S. (2018). Diseño e implementación de un dispositivo para Ablandamiento de tubería Automotriz PA6 con case a la Norma DIN 16773-1. 18-27. Obtenido de http://www.ecorfan.org/handbooks/Science_of_Technology_and_Innovation/Science_of_Technology_and_Innovation_2.pdf

Lathabai S., P. M. (Noviembre de 2006). Friction spot joining of an extruded Al-Mg-Si alloy. *Elsevier*, 55(10), 10. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2006.07.046>

López, F. (2004). Fundamentos de polímeros. *ResearchGate*, 3-15. doi:DOI: 10.13140/RG.2.1.2573.0000

Piccini, J. M. & Svoboda, H. G. (2017). Efecto de la velocidad de rotación y la indentación en soldadura de punto por fricción agitación de aleaciones de aluminio disimilares. *Revistade Metalurgia*, 53(1), 2. Obtenido de <https://doi.org/10.3989/revmetalm.090>

Plastic Agents. (2007). *Poliamidas biobasadas*. Alemnia: Plastic Agents. Recuperado el 26 de febrero de 2021, de <https://www.plasticagents.com/poliamidas-biobasadas-pa-6-10/>

Polymer, A. T. (2018). *Poliamida 610*. ARKEMA.

Quevedo R., F. T. (2020). Soldadura disimil por rotación continua entre una plancha de acero inoxidable y una barra de AISI 1045. *Científica Estudiantil del ISMM*, 1.

Schafer. (2014). Soldadura por fricción. *Biblio-Libros*, 24.

Tran, V. P. (2009). Effects of processing time on strengths and failure modes of dissimilar spot friction welds between aluminum 5754-O and 7075-T6 sheets. *Elsevier*, 3.

VI. BIOGRAFÍA



Valdo-Vicuña Araceli originaria de Puebla, con estudios de ing Electrónica (2000) y maestría de dispositivos Semiconductores (2003) egresada de la BUAP en la ciudad de Puebla, México.

Ella actualmente labora en el TecNM campus San Martín Texmelucan del estado de Puebla como Profesora de Tiempo Completo adscrita a Ingeniería Electromecánica, la instrumentación y el control son los

temas de investigación de interés del autor.

M. C Vivaldo ha impartido diplomados a docentes del TecNM campus San Martín Texmelucan, ha participado en torneos de robótica, jurado en eventos académicos, forma parte del comité revisor de la revista institucional.



Aquino-Díaz Erikssen, originario de San Matías Tlalancaleca, Puebla, con estudios de ingeniería electromecánica (2008) en el instituto tecnológico superior de San Martín Texmelucan y estudios de maestría en automatización de procesos industriales en la Universidad Politécnica de Puebla, actualmente es catedrático del tecnológico superior de San Martín Texmelucan.

Desempeña varios proyectos de investigación que involucran las energías renovables y la implementación de dispositivos de control de última generación.



Cortez-Calderón Luis, originario de la ciudad de San Martín Texmelucan, nacido el 27 de mayo de 1992 en la ciudad de Puebla, Puebla. Cuenta con estudios de Licenciatura en Ingeniería Electromecánica, por el Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan, ubicado en la ciudad de San Martín Texmelucan, Puebla, México en el año 2014. También cuenta con estudios de Maestría en Ingeniería

Electrónica, por el Instituto Tecnológico de Orizaba, ubicado en la ciudad de Orizaba, Veracruz, México en el año 2018.

El actualmente se encuentra laborando en el TecNM Campus San Martín Texmelucan (ITSSMT), ubicado en la ciudad de San Martín Texmelucan, Puebla, México. Es Profesor de Tiempo Completo Adscrito a la Carrera de Ingeniería Electromecánica, Presidente de Academia de Ingeniería Electromecánica, Líder del Cuerpo Académico de Investigación de Ingeniería Electromecánica y Encargado del Programa de Robótica PROMETEC. Las líneas de interés de investigación son: bioelectrónica, instrumentación electrónica, control, automatización, instrumentación industrial y robótica.

M.I.E. Cortez tiene perfil deseable PRODEP, ha sido jurado evaluador de proyectos de innovación tecnológica en nivel medio superior, ha participado en torneos de robótica nacionales, es árbitro en el comité revisor de la revista institucional 100CIA TEC, ha participado como asesor en encuentros estatales de investigación.



Marquez-Vázquez Alfredo, originario de la ciudad de Tlaxcala, Tlaxcala, nacido el 18 de septiembre de 1981 en la ciudad de Tlaxcala, Tlaxcala. Cuenta con estudios de Licenciatura en Ingeniería Electromecánica, por el Instituto Tecnológico de Apizaco, ubicado en la ciudad de Apizaco, Tlaxcala, México en el año 2003.

Actualmente esta en proceso de titulación en los estudios de Maestría en Ingeniería Mecatrónica, por el Instituto Tecnológico de Apizaco.

El actualmente se encuentra laborando en el TecNM Campus San Martín Texmelucan (ITSSMT), ubicado en la ciudad de San Martín Texmelucan, Puebla, México. Es Profesor de Tiempo Completo Adscrito a la Carrera de Ingeniería Electromecánica. Las líneas de interés de investigación son: Diseño mecánico, control, automatización, instrumentación industrial y robótica.