

MODELING OF MAG WELDING PROCESS USING DATA MINING TECHNIQUES.

Pedro Roldán-Villanueva, Martín Ibarra-Murillo

Universidad Pública de Navarra

Rubén Lostado-Lorza, Andrés Sanz-García

Grupo EDMANS. (www.mineriadatos.com). Universidad de la Rioja

Abstract

The manufacture of mechanical components by welding is a process that is successfully applied in various sectors since the early twentieth century (Automotive, Construction, Aviation ...). This manufacturing process has always the disadvantage of inducing component produced on the very high residual stresses and strains, forcing a subsequent machining to be able to adjust to the design tolerances.

The subsequent machining is always an extra on the total price of the component manufacturing soldier, raising this to the degree of machining required.

This paper describes the experience gained in MAG welding process modeling using data mining techniques. The main objective is to find predictive models of angular deformations and thickness of the welding seams according to the settings of the welding machine (intensity, speed, angles, etc..) And identify factors most influential in generating residual stresses and strains.

Keywords: *MAG welding, Data Mining*

Resumen

La fabricación de componentes mecánicos mediante soldadura eléctrica es un proceso que se lleva aplicando con éxito en diferentes sectores desde comienzos del siglo XX (Automoción, Construcción, Aeronáutica...). Este proceso de fabricación presenta siempre el inconveniente de inducir sobre el componente fabricado elevadísimas tensiones y deformaciones residuales, obligando a un mecanizado posterior hasta poder ajustar a las tolerancias de diseño.

El mecanizado posterior supone siempre un sobrecoste en el precio total de fabricación del componente soldado, aumentando este según el grado de mecanizado requerido.

En este trabajo se expone la experiencia adquirida en la modelización del proceso soldadura MAG mediante técnicas de Minería de Datos. El objetivo principal es encontrar modelos predictivos de deformaciones angulares y de los espesores de los cordones de las soldaduras en función de los parámetros de configuración de la máquina de soldeo (intensidad, velocidad, ángulos, etc.), así como identificar los factores mas influyentes en la generación de las tensiones y deformaciones residuales.

Palabras clave: *Soldadura MAG, Minería de datos.*

1. Introducción

La situación de crisis económica actual ha propiciado que muchas empresas fabricantes y diseñadoras de productos soldados se planteen desarrollar una metodología o procedimiento que facilite el diseño y la ejecución de soldaduras. La fabricación por MAG presenta siempre el inconveniente de generar tensiones y deformaciones residuales sobre los productos fabricados.

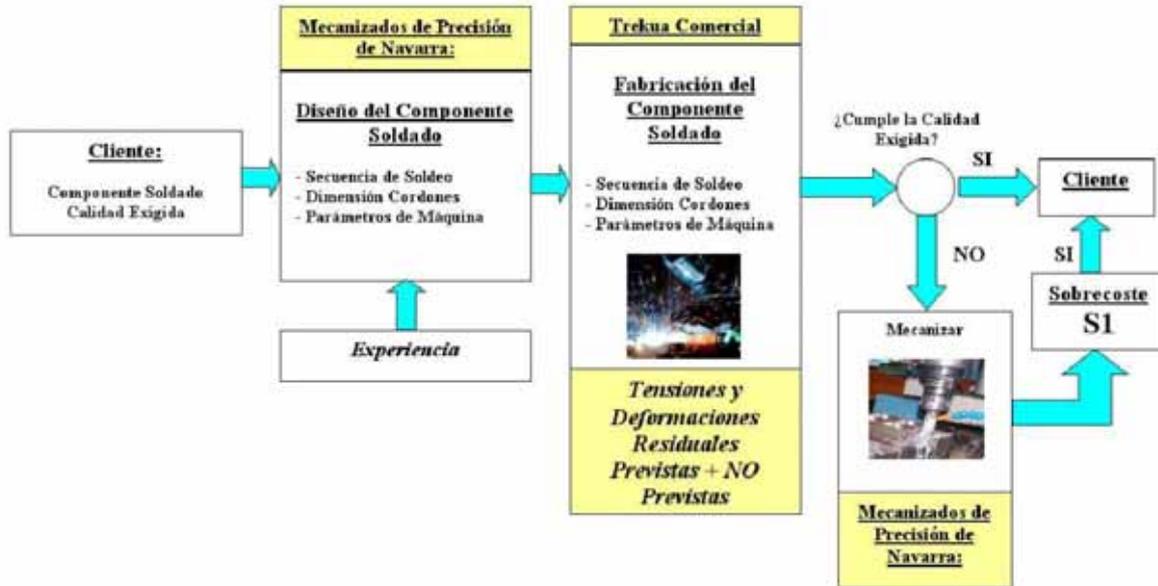
Estas tensiones y deformaciones residuales pueden hacer que las dimensiones del producto final queden fuera del rango de tolerancias admisibles, requiriendo de un mecanizado final hasta conseguir hacer válido al producto. La mayoría de veces, es una mala planificación en la secuencia de soldeo la causante de la aparición de deformaciones residuales NO previstas, lo que supone un grado de mecanizado y un sobre coste mayor.



Figura 1: Producto soldado mediante soldadura MAG. Cortesía de Cortesía de Mecanizados de Precisión de Navarra

Actualmente, la empresa Mecanizados de Precisión de Navarra basa el diseño y la fabricación de sus productos en la experiencia de sus profesionales en lugar de una metodología aplicada, por lo que muchos de estos productos presentan tensiones y deformaciones residuales previstas + NO previstas, las cuales requieren de un sobre coste de mecanizado S1 (ver Figura 2) para cumplir con la calidad exigida.

Figura 2: Procedimiento de diseño y fabricación actual. Cortesía de Mecanizados de Precisión de Navarra



Debido al sobrecoste causado por el mecanizado posterior S1 necesario, la empresa Mecanizados de Precisión de Navarra, en colaboración con Soldaduras Trekua, la Universidad de la Rioja y la Universidad Pública de Navarra tiene por mejorar la calidad y disminuir el coste total de fabricación de sus productos soldados con MAG.

Con el fin de tener un mejor conocimiento del grado de tensión residual adquirida en el proceso de soldeo, se plantea la modelización utilizando técnicas de minería de datos del ángulo entre caras una vez realizada la soldadura, del valor de la panza del cordón y del valor de la penetración del mismo.

2. Preparación de las probetas para el ensayo

El ensayo fue planteado con pares de placas de acero St-3702 de 6 mm de espesor. El robot empleado fue un ABB 1500 IRB con maquina Soldar ESAB 180. Así mismo, la composición del gas empleado en la soldadura MAG fue de: AR=72%, CO₂=8%, NO= 275 ppm.

Las placas fueron mecanizadas con un ángulo de 45° hasta la mitad de su espesor, y posteriormente fueron montadas sobre una superficie refractaria. Una de las placas fue fijada con una mordaza sobre la superficie refractaria, y la otra permaneció libre para girar por la retracción térmica originada por las tensiones residuales. En la Figura 2, se aprecia el proceso de mecanizado y el montaje de las placas antes de ser soldadas.

El ensayo consistió en el “relleno” del chaflán variando los parámetros de configuración del robot.

Estos parámetros fueron:

- Velocidad
- Intensidad
- Voltaje

Y los resultados obtenidos fueron los del ángulo entre caras, longitud de panza y longitud de penetración del cordón de soldadura.

**Figura 2: Preparación de las probetas para ser soldadas mediante Robot ABB 1500 IRB.
Cortesía de Soldaduras Trekua**

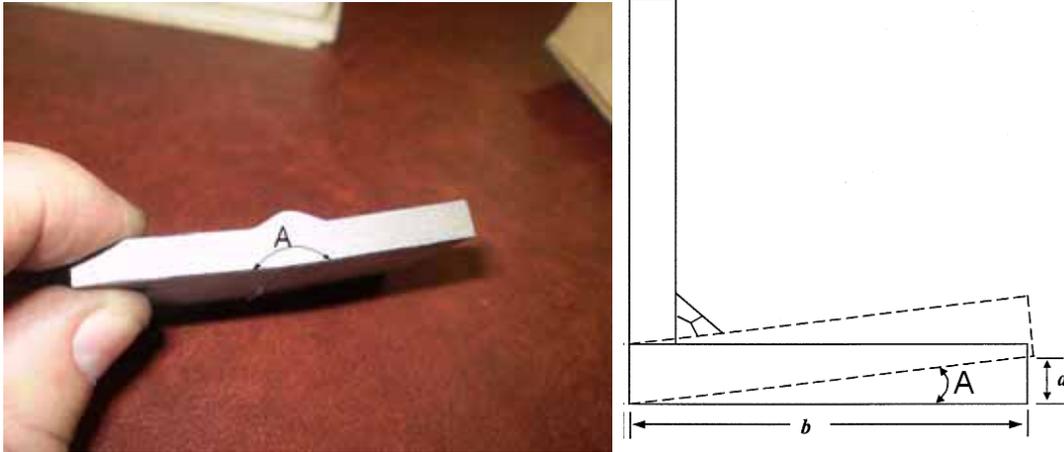


2.1 Medida de la Tensión Residual en la soldadura

La tensión residual en el cordón de soldadura fue estimada a partir del ángulo final que alcanzan las 2 placas partiendo inicialmente desde una posición inicial de 180° sobre la superficie refractaria.

La tensión residual es originada por el efecto que presenta cualquier metal al cambiar de fase, y pasar de un estado inicial líquido (ocupando un gran volumen) a estado final sólido (ocupando un menor volumen).

Figura 3: Variación del ángulo formado entre caras una vez realizado el cordón de soldadura



Una vez que las probetas han sido soldadas y enfriadas lentamente, se procede a medir el ángulo entre caras mediante una máquina de medir coordenadas.

Figura 4: Máquina de medir coordenadas utilizada en el proceso de medida del ángulo entre caras. Cortesía de Mecanizados de Precisión de Navarra

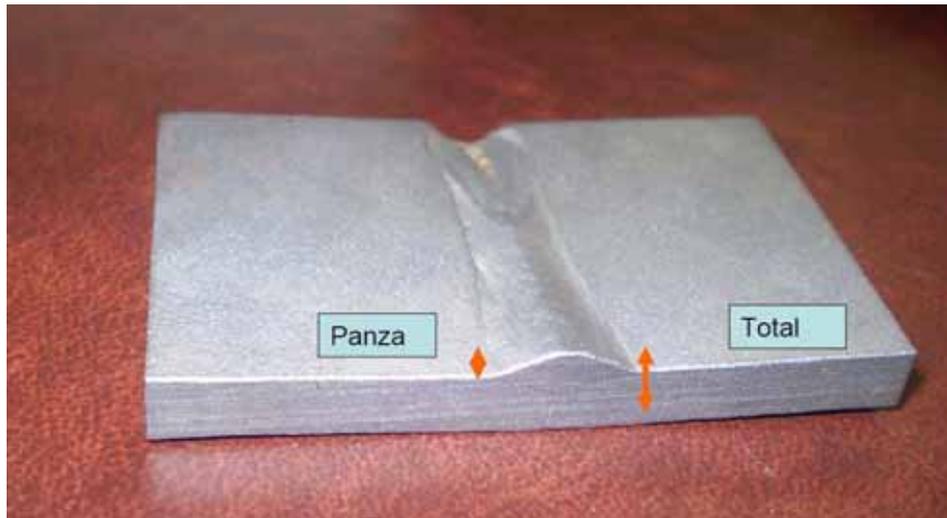


2.2 Medida de la profundidad de penetración del cordón

Las probetas una vez soldadas, son cortadas por el centro de manera que sea posible medir la penetración del cordón y la altura de la panza sin que se vea afectada por la proximidad del borde de la placa.

Una vez cortadas, son tratadas con ácido nítrico para resaltar la penetración del cordón y la zona afectada por la soldadura (HAZ).

Figura 5: Perfil de las probetas cortadas y atacadas con ácido nítrico



Los valores de la altura de la panza y la penetración del cordón, son obtenidas por medición directa usando

3. Modelos de Predicción Obtenidos

Los datos obtenidos del ángulo entre caras, de la longitud de la panza y de la penetración son mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Distribución de tamaños para los distintos tamaños de partículas

Prueba	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Velocidad (mm/sg)	Angulo °	Panza (mm)	Penetración (mm)
p1	23	120	2	4,2346	1,9	3,4
p2	29	120	2	4,2156	2	2,1
p3	22	120	2	4,1237	2,1	4,2
p4	23	118	2	4,2438	1,8	2,4
p5	27	132	2	2,8795	2,3	2,5
p6	24	125	5	4,2157	0,7	2,7
p7	28	131	5	3,4783	0,7	2,4
p8	25	130	5	3,2163	0,6	3,5
p9	23	148	5	3,2682	1,1	2,6
p10	37,5	270	11	4,2587	2,1	3,7
p11	27	145	7	4,5783	1,4	2,7
p12	29	215	7	4,5892	1,6	3,4
p13	31	273	7	5,2749	1,6	3,7
p14	34	255	7	4,8479	2,5	3,5

Con estos datos, se plantea un modelo de "Regla de asociación" que consiste básicamente en descubrir hechos que ocurren en común dentro del conjunto de datos.

Reglas de Asociación

Las reglas de asociación son expresiones del tipo "Si X entonces Y", donde X e Y son conjuntos de elementos. Para seleccionar reglas interesantes del conjunto de todas las reglas posibles se utilizan restricciones sobre diversas medidas de "significancia" e "interés":

- El soporte o cobertura se define como el porcentaje de instancias en la base de datos que contiene dicho conjunto de ítems.
- La confianza o precisión puede interpretarse como el porcentaje de instancias que contienen a X y a Y de entre todas aquellas que cumplen el antecedente (X).
- Por último, se utiliza otra medida (lift) para determinar la importancia de cada regla de asociación. Dicha medida indica cuál es la proporción entre el soporte observado de un conjunto de productos respecto del soporte teórico de ese conjunto dado el supuesto de independencia. Un valor de lift = 1 indica que ese conjunto

aparece una cantidad de veces acorde a lo esperado bajo condiciones de independencia. Un valor de lift > 1 indica que ese conjunto aparece una cantidad de veces superior a lo esperado bajo condiciones de independencia (por lo que se puede intuir que existe una relación que hace que los productos se encuentren en el conjunto más veces de lo normal). Un valor de lift < 1 indica que ese conjunto aparece una cantidad de veces inferior a lo esperado bajo condiciones de independencia (por lo que se puede intuir que existe una relación que hace que los productos no estén formando parte del mismo conjunto más veces de lo normal).

Tabla 2. Resultados obtenidos con la regla de asociación planteada

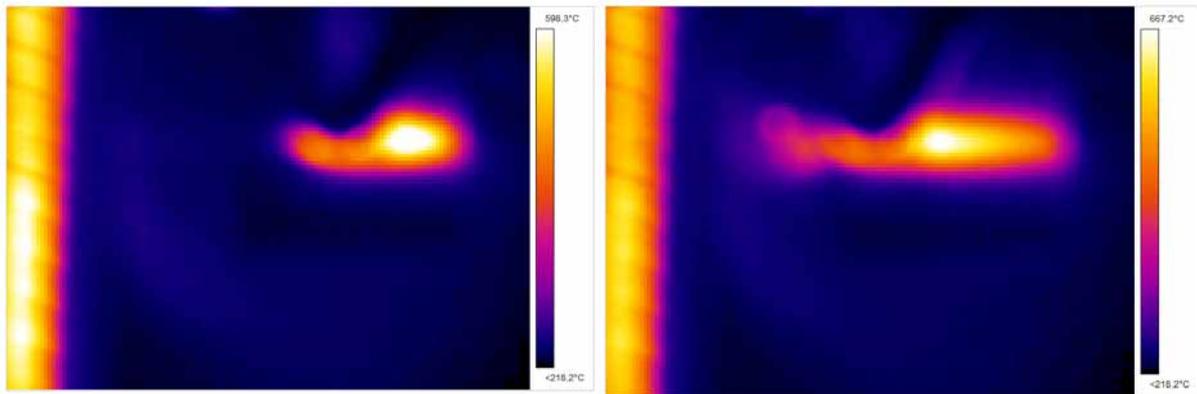
Regla	Soporte	Confianza	Lift
SI Intensidad=270 Y Velocidad=7 ENTONCES Ángulo=(4.71,5.14]	14.29%	100%	7.00
SI Intensidad=270 Y Velocidad=7 ENTONCES Penetración=(3.68,4.1]	14.29%	100%	4.67
SI Intensidad=132 Y Velocidad=7 ENTONCES Panza=(0.498,0.899]	14.29%	100%	4.67
SI Intensidad=125 Y Velocidad=2 ENTONCES Angulo=(3.86,4.29]	21.43%	100%	4.67
SI Intensidad=125 Y Velocidad=2 ENTONCES Panza=(1.7,2.1]	21.43%	100%	2.80
SI Velocidad=2 ENTONCES Panza=(1.7,2.1]	28.57%	80%	2.80

4 Trabajos Futuros

Como trabajo futuro se prevé la modelización mediante técnicas de minería de datos del proceso de enfriamiento del cordón de soldadura, así como una caracterización microestructural y de dureza del cordón y de las placas soportes del soldeo.

Hay que tener en consideración, que en función de la temperatura inicial y en función de la velocidad de enfriamiento, se conseguirá una u otra estructura cristalina con diferente dureza y microestructura.

Figura 6: Evolución del cordón y de la temperatura de soldeo obtenida mediante cámara termográfica



5 Referencias

Tso-Liang, T., Chin-Ping, F., Peng-Hsiang, Ch., Wei-Chun Y. (2001) Analysis of residual stresses and distortions in T-joint fillet welds. International Journal of Pressure Vessels and Piping 78: 523-538.

Puchi-Cabrera E. S., Saya-Gamboa R. A., La Barbera-Sosa J. G., Staia M.H., Ignoto-Cardinale V., Berríos-Ortiz J. A., Mesmacque G. (2007) Vida a la fatiga de juntas soldadas del acero inoxidable AISI 316L obtenidas mediante el proceso GMAW. Revista de metalurgia, 43 (3).

Pascual, M., Salas, F., Carcel, F. J., Perales, M., Sánchez A. (2010) TIG AISI-316 welds using an inert gas welding chamber and different filler metals: Changes in mechanical properties and microstructure. Revista de metalurgia 46 (6) 493-498.

C.J. Múñez*, M.V. Utrilla*, A. Ureña* y E. Otero* (2007) Influencia del material de aporte en la resistencia a corrosión por picadura en uniones soldadas de un acero inoxidable dúplex 2205(-). Revista de metalurgia 43 (4) 245-251.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Rubén Lostado Lorza.
Departamento de Ingeniería Mecánica
Universidad de La Rioja
C/ Luis de Ulloa, 20
Edificio Departamental
26004 Logroño, La Rioja
Área de proyectos.
Phone: +34 941299274
E-mail : ruben.lostado@unirioja.es