

SISTEMA PREDICTIVO DE ESTIMACIÓN DE LA RUGOSIDAD EN UNA SKIN PASS.

Francisco J de Cos Juez.^{1,p}; José Valeriano Álvarez Cabal¹; M^a Teresa Rodríguez M.²; Adolfo González Valdés¹

¹UNIVERSIDAD DE OVIEDO; Área de Proyectos de Ingeniería;

²UNIVERSIDAD DE OVIEDO; Área de Matemática Aplicada;

RESUMEN

El sistema actualmente utilizado por Aceralia Corporación Siderúrgica para dotar al material galvanizado de las propiedades mecánicas finales de adherencia y rugosidad consiste en una caja de laminación situada al final de la línea y controlada por un operador que es informado de las características de la banda a y debe calcular de forma manual la tensión de la banda y la fuerza a aplicar, parámetros que determinan la rugosidad final obtenida, ante los múltiples problemas que el control manual provoca se hace necesario un sistema que automatice este proceso, con el fin de desaprovechar la menor longitud posible de banda

El presente artículo describe el desarrollo de un sistema basado en técnicas inteligentes que, utilizando las variables disponibles, permita un ajuste exacto del apriete y que además estime de manera continua y acertada la rugosidad final obtenida.

ABSTRACT

The main objective of this paper is to present a model based on advanced intelligent techniques to determinate the forces to apply at the skin-pass of the Galvanization Line Number 2 at Aceralia-Avilés. The second objective is to determine a method capable to predict the rugosity as a function of the estimated strength. Main problem found when trying to develop an intelligent model for the skin-pass is the inexistence of a clear and measurable objective during the process because unlike other galvanization lines, where process objectives are quantitatively clearly defined, the

only objectives to reach at the skin pass are proper rugosity and correct strip mechanical properties, both impossible to measure during strip processing.

1 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO INDUSTRIAL

1.1 Línea de Galvanizado Continuo

Se denomina CHAPA GALVANIZADA a la obtenida haciendo pasar banda de acero, acondicionada superficialmente, por un baño de cinc de forma continua, adhiriéndose y reaccionando éste con el acero base dando lugar a una capa de cinc de espesor variable, una vez solidificado.

La Galvanización es uno de los procesos más efectivos para proteger el acero de la corrosión atmosférica.

Aceralia Corporación Siderúrgica, en sus líneas de galvanización en continuo de Avilés, Echévarri y Sagunto, produce chapa y bobina galvanizada a partir de las distintas calidades de la banda de acero base laminada en frío, de acuerdo al uso final requerido del producto.

1.2 El Skin-Pass

El Skin-Pass es una caja de laminación de tipo cuarto –2 cilindros de trabajo y dos de apoyo–, con apriete hidráulico, accionada mediante motores de c.a. de frecuencia variable, y con capacidad para utilizar dos tamaños de cilindros de trabajo (440mm y 650mm), situada, tras los tanques de enfriamiento, posteriores a su paso por el baño de cinc líquido.

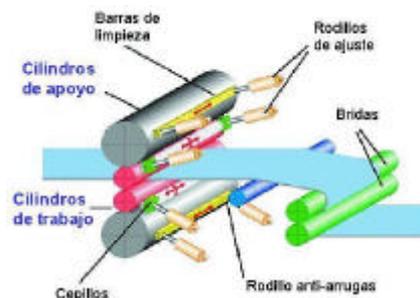


Fig.1 – Detalle de los rodillos del Skin-Pass

1.3 Objetivos del Skin-Pass

Eliminación del Palier: Como es bien sabido, el ensayo de tracción consiste en someter una muestra del material a un esfuerzo de tracción provocando la

deformación de la probeta hasta llegar a su rotura. Durante este ensayo se obtiene un gráfico que relaciona los esfuerzos realizados por la máquina y la deformación o alargamiento sufrido en cada momento por el material.

Inicialmente la gráfica es una recta, es decir, la relación entre el esfuerzo unitario y el alargamiento provocado, permanece constante. Este es el denominado *período elástico*, y el punto E se conoce como *Límite Aparente de Elasticidad*.

Una vez que la tensión supera el valor de E se entra en una zona donde, sin incremento aparente del esfuerzo, se produce un alargamiento de la probeta, es el alargamiento al límite de fluencia o Palier. El alargamiento al límite de la fluencia es indeseable, y evitarlo será la misión fundamental del Skin-Pass

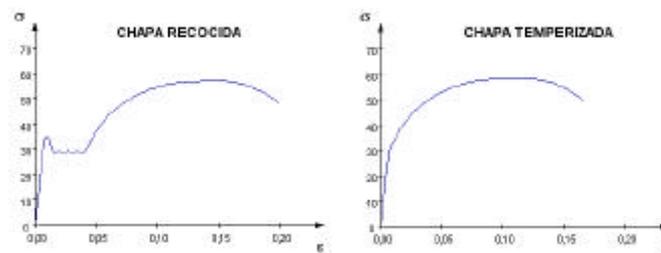


Fig.2 – Ensayos de tracción para chapa recocida y chapa temperizada

Para eliminar este palier es preciso someter la banda galvanizada a un pequeño grado de deformación en el Skin-Pass. Esta pequeña deformación altera el diagrama de tracción en el sentido indicado en la figura.

Modificación de las Características Mecánicas: Un segundo objetivo que se plantea en el Skin-Pass tiene que ver con la modificación de las características mecánicas.

Aunque las distintas gamas de dureza se obtienen controlando la composición química de los aceros -a mayor dureza se aumentan los contenidos en carbono, nitrógeno y manganeso-, existe una segunda alternativa consistente en partir de una gama menos amplia de aceros, y utilizar el Skin-Pass para variar sus características mecánicas aplicando altas deformaciones.

Adecuado Acabado Superficial: El tercer objetivo, inherente al Skin-Pass, consiste en dar al material el acabado superficial deseado por el cliente, generalmente especificado por la rugosidad.

2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

2.1 Funcionamiento Previo.

El funcionamiento del Skin-Pass, hasta la implementación del sistema, era completamente manual en lo que se refería al cálculo de la tensión de la banda y de las fuerzas de laminación de los rodillos. La secuencia tradicional de operación era como sigue.

El operario recibe en el programa unos objetivos de alargamiento y rugosidad (el parámetro fundamental es la rugosidad). En este mismo programa recibe distintos datos de la bobina, tales como: número de bobina, tipo de acero, formato de banda, ciclo de recocido etc.

- El primer paso es calcular las tensiones entre bridas, en función del formato de banda (ancho y espesor) y del ciclo térmico, mediante las especificaciones anteriores.
- El segundo paso consistía en fijar el apriete de los cilindros sobre la banda. Aquí era donde se determina el valor que tanto alargamiento como rugosidad tendrían al finalizar el proceso de skin-pasado.

El objetivo buscado es la rugosidad pedida por el cliente. Aunque el alargamiento, teóricamente, tiene que estar entre 0.6 y 0.8%, en la práctica se obtienen alargamientos mayores válidos. La cuestión es conseguir la rugosidad pedida, manteniendo las propiedades mecánicas del acero.

Cuando los cilindros están desgastados, se debe realizar un mayor apriete para conseguir la misma rugosidad. Esto lleva consigo un mayor alargamiento, que puede estar fuera de los límites teóricos. Cuando los alargamientos son tales que dan lugar a límites elásticos del material no admisibles, los cilindros son cambiados.

2.2 Metodología Utilizada.

2.3 Análisis de Datos

De entre aproximadamente 650 parámetros tomados de la línea nº2 de ACERALIA –Avilés, se procedió a una primera selección mediante técnicas estadísticas y de análisis de influencia.

Del espacio multivariante resultante se obtuvieron varias proyecciones en espacios bidimensionales con el fin de identificar zonas de funcionamiento y realizar una

primera detección de anomalías. Dichas proyecciones fueron clasificadas según los tipos de acero de trabajo para una mayor aproximación a la realidad del proceso. Algunos de los resultados obtenidos pueden verse en la figura 3.

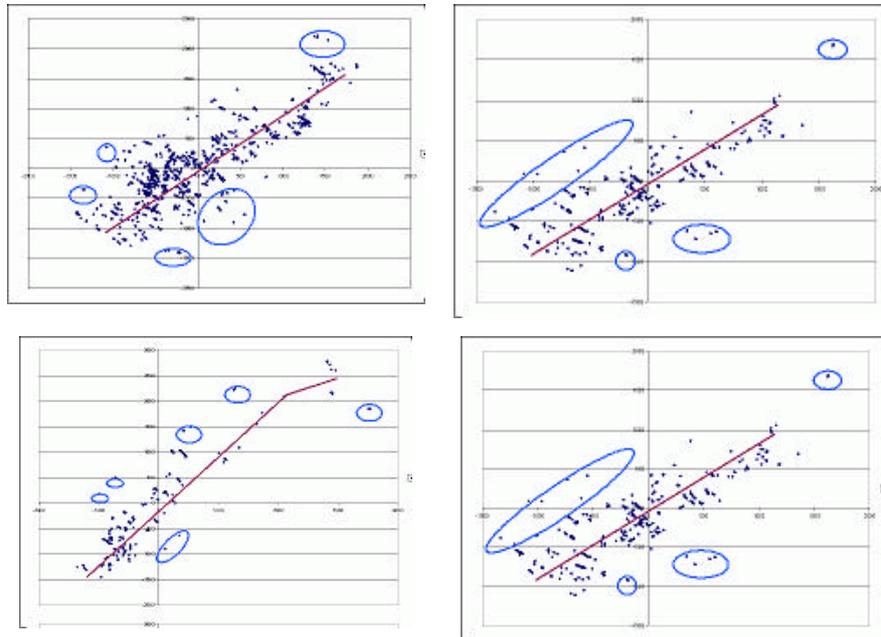


Fig.3– Proyecciones bidimensionales del espacio de trabajo

Tras un pormenorizado estudio se descartaron aquellas variables cuya influencia en los objetivos a controlar podía considerarse nula o muy pequeña, resulta significativo destacar que las variables que tenían una influencia apreciable en el proceso final no eran únicamente las variables utilizadas por lo operadores, por lo que, a priori, el modelo tiene mas información que el operador para toma de decisiones.

2.4 Modelo Neuronal

Las redes neuronales representan una forma especial de procesamiento de la información. Una red neuronal es una estructura compuesta por muchas unidades, muy simples, de procesamiento o *neuronas*, cada una con memoria local, habitualmente pequeña. Las neuronas se conectan mediante canales de comunicación denominados *conexiones*, que manejan datos numéricos.

La mayoría de las redes neuronales tienen algún tipo de regla de aprendizaje, de forma que los pesos de las conexiones se ajustan dependiendo de los patrones presentados. Actualmente existen muchos métodos de aprendizaje y su número se incrementa día a día.

Con el fin de simplificar el modelo resultando se decidió realizar un modelo para cada uno de los diferentes tipos de acero utilizados, en lugar de un único modelo. El proceso seguido es el que se muestra en la siguiente figura adjunta.



Fig.4 – Proceso para el desarrollo del modelo neuronal del Skin-Pass

La topología seleccionada, tras numerosas pruebas es la de red tipo perceptrón multicapa, con entrenamiento backpropagation A-B-C, es decir, A neuronas en la capa de entrada (una para cada variable de entrada), B neuronas en la capa oculta, y C neuronas en la capa de salida.

El modelo actualmente implementado en el sistema de consignas Skin-pass consta de 4 redes dedicadas a la estimación del preset de fuerza discriminadas por los tipos de acero y modos de funcionamiento y de 2 redes independientes destinadas a predecir la rugosidad obtenida en función de la fuerza estimada. La topología de las 4 primeras redes destinadas a dar un preset de fuerzas puede verse en la figura 5. Las redes destinadas a predecir la rugosidad (una por cada cara de la banda) tienen una topología muy similar destacando como variación principal que una de sus entradas es la fuerza estimada en las anteriores cuatro redes.



Fig.5 – Topología de la red neuronal 10-20-1

1. Descarga al operador del trabajo del cálculo de las tensiones y de las fuerzas de laminación, pudiendo concentrarse este, en otras operaciones necesarias, tales como comprobación de la calidad del proceso, calidad de la rugosidad de los cilindros, funcionamiento correcto de los diversos equipos, etc.
2. Al calcular de forma automática las fuerzas de laminación se evita tener que sanear la bobina por haber sido tratada con unas fuerzas de laminación inadecuadas, reduciendo el coste de la operación.
3. Al no depender el cálculo de las fuerzas del operador, la calidad del proceso es independiente de la habilidad del operador que trabaje en cada turno.

En general podemos decir que se comprueba que este tipo de enfoque puede complementar con éxito los métodos tradicionales, logrando considerables mejoras en la precisión.

5 REFERENCIAS

Artetxe, J.I (Agosto 1998) “*Skin-Pass en Línea de Galvanizado ACERALIA – Avilés: Análisis Funcional General*”, Kvaerner Metals

González, Ortega, Rendueles, Vergara. (Junio 2001) “*Improvement Of Coating Uniformity With An Automatic Neural Setup System For Air Knives In A Hot Dip Galvanising Line*”. GALVATECH’ 2001. Bruselas

Hurtado, J.L. “*Skin-Pass + ABT en Línea de Galvanizado ACERALIA – Avilés: Ensayos en Carga Skin-Pass*”, (Marzo 1999),Kvaerner Metals,.

Tuneshi Sughara, N. “*Development of a Mathematical Model for Calculation of The Pass Schedule for a Plate Mill*”, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA. Brasil

6 CORRESPONDENCIA

Francisco Javier de Cos Juez.

Universidad de Oviedo. Área de Proyectos de Ingeniería.

C/ Independencia, 13,

33004 Oviedo. ASTURIAS

Tel. : + 34 98-518-24-34

E-mail : decos@api.uniovi.es