

Evolución de la textura en el recubrimiento de una chapa electrocincada sometida a tracción biaxial equilibrada

Jorge Insausti, Marcio Schlenker, Leandro Bengochea⁽¹⁾, Lucio Iurman,
Graciela Mas⁽¹⁾

*Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur
Av. Alem 1253. (8000) Bahía Blanca. e-mail: insausti@criba.edu.ar*

*⁽¹⁾Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur
INGEOSUR, CONICET
San Juan 670. (8000) Bahía Blanca. e-mail: lbengo@criba.edu.ar*

RESUMEN

Las chapas de acero electrocincadas sometidas a procesos de conformado, sufren deformaciones que modifican, y en algunos casos promueven, la evolución de determinados planos cristalinos del recubrimiento. Estos cambios pueden influir en las fuerzas de fricción del proceso y en la aptitud del producto a resistir la corrosión.

En este trabajo se estudia la evolución de la textura superficial de una chapa de acero electrocincada, con el incremento de la deformación, cuando es sometida a esfuerzos planos de tracción equilibrados. Para evitar la modificación de las características superficiales del recubrimiento, debida a la fricción entre chapa y herramental, se realizan los ensayos con una matriz Marciniak diseñada y construida en el Laboratorio de Metalurgia de la Universidad del Sur. El estudio cristalográfico se realiza utilizando un equipo de difracción de rayos x.

Palabras Claves: Textura, recubrimiento, chapa electrocincada, deformación biaxial.

1. INTRODUCCIÓN

Desde fines del siglo pasado se ha incrementado el uso de las chapas de acero electrogalvanizado en la industria automotriz. Esto ha originado la necesidad de una mayor comprensión de la influencia que las distintas operaciones de manufactura puedan tener sobre la capa de cinc, como lo señalan distintos autores [1-3].

En efecto, las operaciones de conformado de chapas metálicas implican diferentes solicitaciones mecánicas, que varían desde estados de tracción - compresión hasta estados biaxiales de tracción equilibrada. Es conocido el efecto que estos estados tienen sobre el sustrato de acero, pero no así en profundidad las implicancias en el recubrimiento. En el caso del electrocincado, la capa está formada por un material de estructura cristalina hexagonal compacta, diferente a la cúbica centrada en el cuerpo del acero subyacente. El diferente comportamiento de ambos metales durante la deformación plástica puede provocar el despegue de la capa protectora o una reorientación cristalográfica de esta última que conduzca a discontinuidades por donde puede entrar el agente oxidante o corrosivo. El comportamiento mecánico está fuertemente influenciado por la microestructura inicial de la capa de cinc y por el estado de deformaciones impuesto a la chapa. En este trabajo se analiza un estado de deformaciones con tracción biaxial equilibrada.

El objetivo de este estudio es evaluar la evolución del comportamiento cristalográfico de la cubierta de cinc en una chapa de acero electrocincada, de calidad de embutido, durante el proceso de deformación plana biaxial equilibrada.

Hay dos formas de conseguir estirado biaxial equilibrado: mediante acopado hidráulico y con la matriz Marciniak. Se eligió esta última porque presenta una superficie plana, apta para el análisis con rayos X

2. METODOLOGÍA, MATERIALES, Y EQUIPOS UTILIZADOS

La metodología de trabajo consistió en someter a 15 muestras de la chapa, a procesos de deformación como el mencionado, con deformaciones crecientes y uniformemente distribuidas hasta la rotura, y luego correlacionar esos niveles de deformación con las respectivas características cristalográficas del recubrimiento de cinc para determinar la forma en que evolucionan.

El material de estudio es una chapa de acero, de 0,7 mm de espesor, de bajo carbono, y electrocincada en ambas caras. Una imagen de la superficie, obtenida con Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), se observa en la Figura 1.

Su correspondiente topografía, obtenida con procesador gráfico en base a los tonos de grises de la imagen de MEB, se muestra en la Figura 2.

Para la realización de los ensayos se cortaron 15 discos de chapa, de 200 mm de diámetro. Estos se grillaron electrolíticamente con grilla circular, de 2,54 mm de diámetro, en el interior de

una cuadrada. El grillado electrolítico se realizó con ácido oxálico y estencil marca Lectroetch.
En la Figura 3 se muestra un disco grillado y el estencil utilizado.

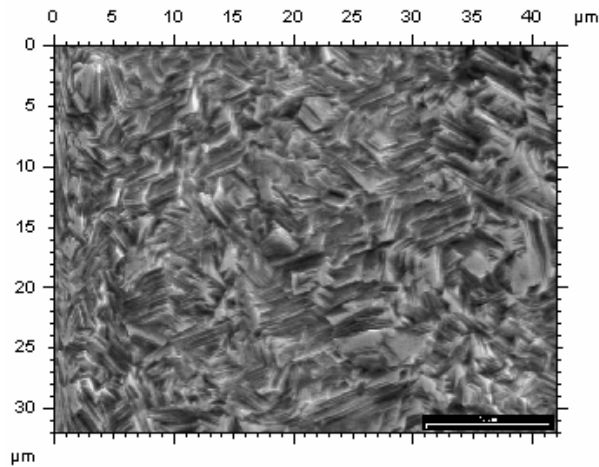


Figura 1. Imagen de la superficie de la chapa original, obtenida con MEB

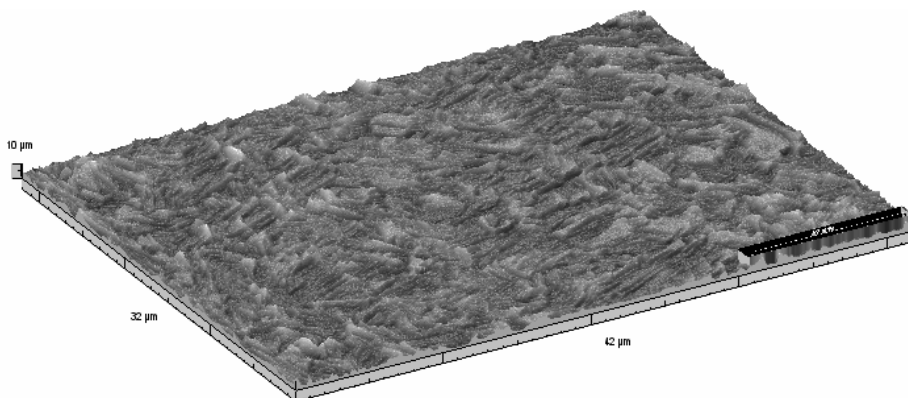


Figura 2. Topografía de la Chapa electrocincada original

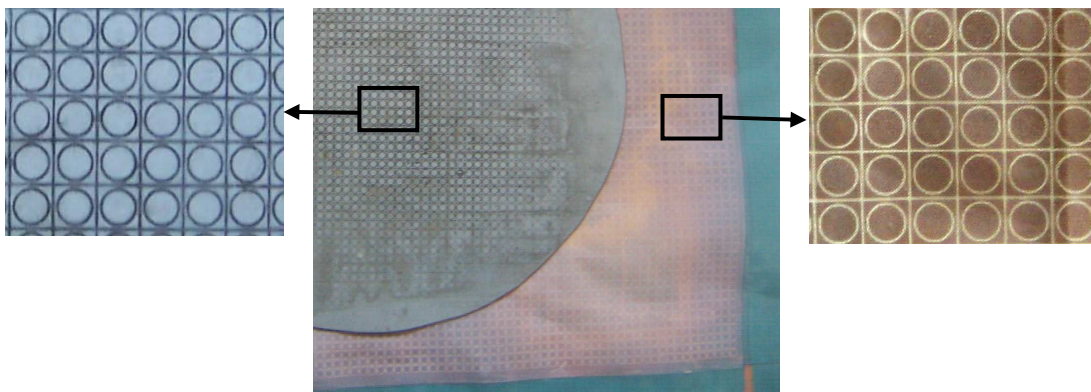


Figura 3. Disco grillado preparado para ensayo de Tracción plana biaxial equilibrada y estencil utilizado

Los discos grillados fueron sometidos a ensayos de deformación biaxial equilibrada, con deformaciones porcentuales crecientes, cubriendo el rango de 0 a 28%.

Los ensayos de tracción plana biaxial equilibrada se realizaron con una matriz Marciniak de 119 mm de diámetro y radio de empalme 6,35 mm, con un freno de 4 mm de altura y ubicado sobre un diámetro de 153 mm. El punzón es de 100 mm de diámetro y mismo radio de empalme. Del lado del punzón se emplea una máscara de chapa con orificio central de 34 mm para compensar los efectos de roce con el punzón. El dispositivo conjunto de matriz y punzón se operó montado en una Prensa Hidráulica Adabor de 120 tn. La velocidad de la Prensa Hidráulica, está comprendida entre 5,5 y 7,5 mm/s. La Figura 4 muestra el equipo de ensayo y uno de sus productos.



Figura 4 Matriz Marciniak y producto de ensayo

Los ensayos de deformación mecánica fueron realizados en el laboratorio de Metalurgia del Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur.

La tracción biaxial se produce en el fondo de la copa, lugar donde se midieron deformaciones y se analizaron texturas. Para ello se recortaron discos de 25 mm de diámetro de la zona central del fondo de las copas obtenidas en los ensayos. Las mediciones de las deformaciones se realizaron con calibre, sobre imágenes de los círculos impresos sobre la chapa, amplificadas en 50x por medio de la lente de un proyector de perfiles.

El análisis de la textura se realizó sobre los mismos discos en los que se midió la deformación. Los análisis difractométricos fueron llevados a cabo con un equipo Rigaku Denki D/max-IIIC computarizado, del Área Mineralógica del Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur. Se trabajó en condiciones estándar, entre $2\theta = 35^\circ$ y $2\theta = 90^\circ$, con anticátodo de $\text{CuK}\alpha=1,5405$, ranuras de divergencia y recepción 1° , de dispersión 0,3 mm; monocromador de grafito; velocidad de barrido $2^\circ/\text{min}$; paso de muestreo de $0,01^\circ$. La Figura 5 muestra partes del equipo.



Figura 5. Equipo de Difracción de Rayos X utilizado.

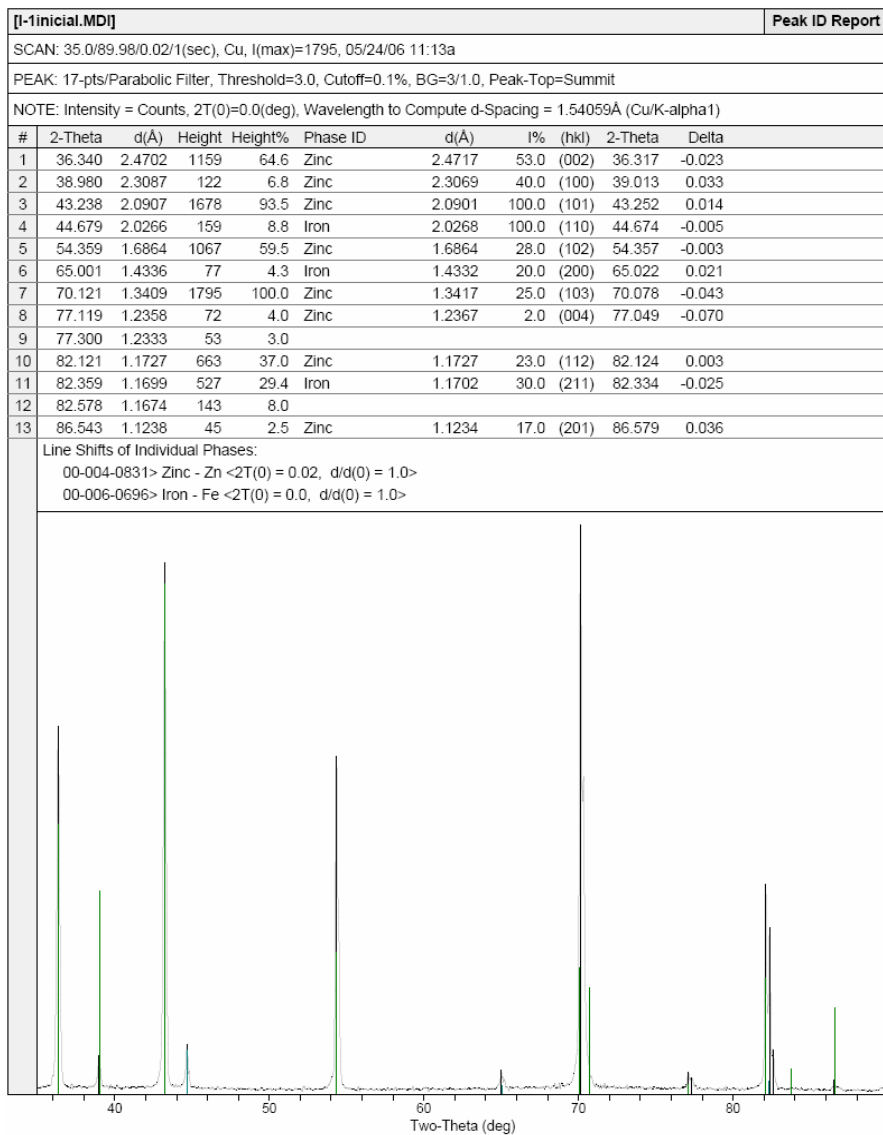


Figura 6. Difractograma de la chapa original.

Se trabajó con una Chapa inicial que tiene la característica que el plano cristalográfico dominante es el piramidal 103 con una intensidad I/Io de 100%. El plano piramidal 101 tiene una intensidad I/Io de 93,5%, y 102 de 59,5%. Por otra parte, el plano basal 002 tiene una intensidad I/Io de 64,6%. En la Figura 6 se pueden observar los datos y el difractograma resultante.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Del análisis de los resultados de DRX obtenidos en todas las probetas ensayadas se puede observar que, dependiendo de la intensidad de deformación ejercida sobre cada una de ellas, se producen cambios significativos en los parámetros cristalográficos.

Con el fin de ordenar los resultados obtenidos se agruparon los ensayos en tres categorías:

- deformaciones suaves: intensidades de deformación hasta el 8%, (ver Figura 7)
- deformaciones intermedias: intensidades de deformación entre 8% y 20%,(ver Figura 8)
- deformaciones fuertes: intensidades de deformación entre 20% y 31%.(ver Figura 9)

En la primera categoría se puede observar que el plano piramidal 103 no sufre cambios de intensidad, pero sí lo experimentan los planos 101 y 102, más pronunciados en el primer caso, pues descienden a una intensidad que varía entre 54% y 37%. El plano basal 002 se ve incrementado en la mayoría de los ensayos, pero no se define claramente una tendencia. Se interpreta que con esta deformación suave se comienza a producir un reordenamiento de los planos cristalográficos hacia los más estables u ordenados. En la Figura 7 se muestran los resultados obtenidos.

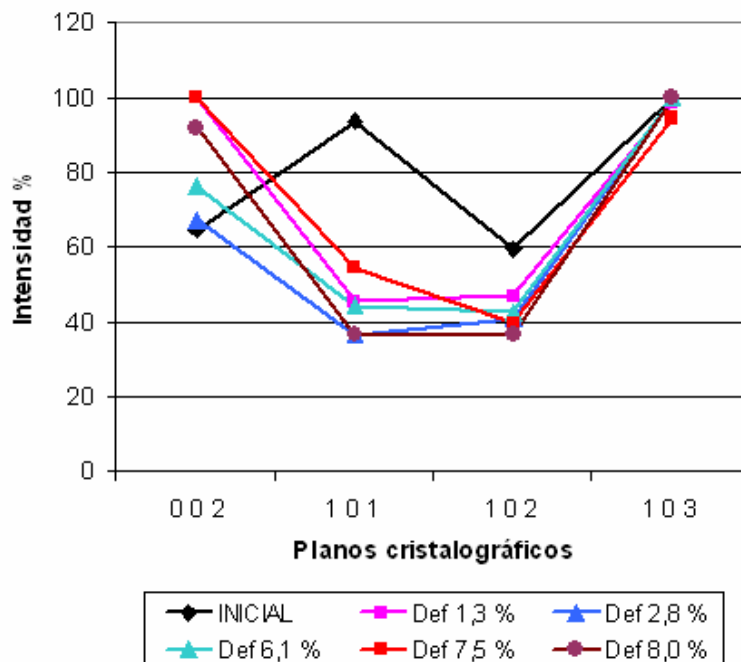


Figura 7. Intensidades de deformación hasta 8%.

En la segunda categoría, donde se han incrementado los valores de intensidad de deformación (8% a 20%) se puede observar que los cambios en el ordenamiento son más pronunciados y se puede estimar que ya hay un ordenamiento más efectivo. Por ejemplo, en los cinco ensayos involucrados el plano 002 tiene la máxima intensidad (100%); por otro lado el plano 103 desciende en intensidad en todos los ensayos, pero no se nota una relación directa entre intensidad de deformación e intensidad del plano. Por otro lado, los planos 101 y 102 continúan manifestando un pronunciado descenso, y en el caso particular del plano 101 se nota que globalmente el rango de intensidad (entre 38% y 22%) decrece también si se lo compara con los de la primera categoría. En la Figura 8 se puede observar el comportamiento de las distintas probetas.

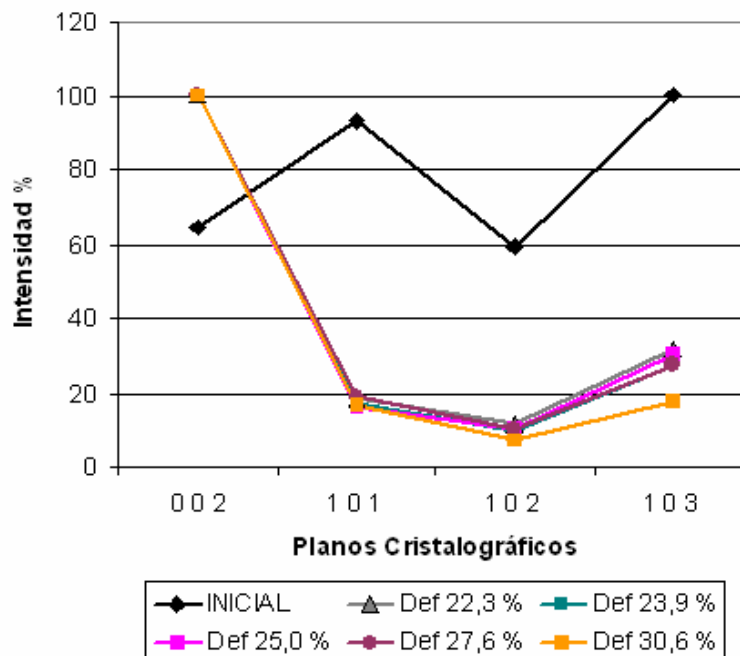


Figura 8. Intensidades de deformación entre 8 y 20 %.

Por último, en la tercera categoría se incrementaron los valores de intensidad de deformación entre 20% y 31%. En este caso se puede observar que el plano basal 002 es netamente dominante con una intensidad de 100% en todos los ensayos. Pero además los planos piramidales han quedado totalmente subordinados, por ejemplo el plano 101 no tiene prácticamente dispersión entre los distintos ensayos, y la intensidad promedio se puede considerar en 17% y el plano 102 en 10%. Por otra parte, la intensidad del plano 103 ha decrecido notoriamente y la dispersión entre los ensayos también ha descendido. En la Figura 9 se muestran los resultados obtenidos y graficados.

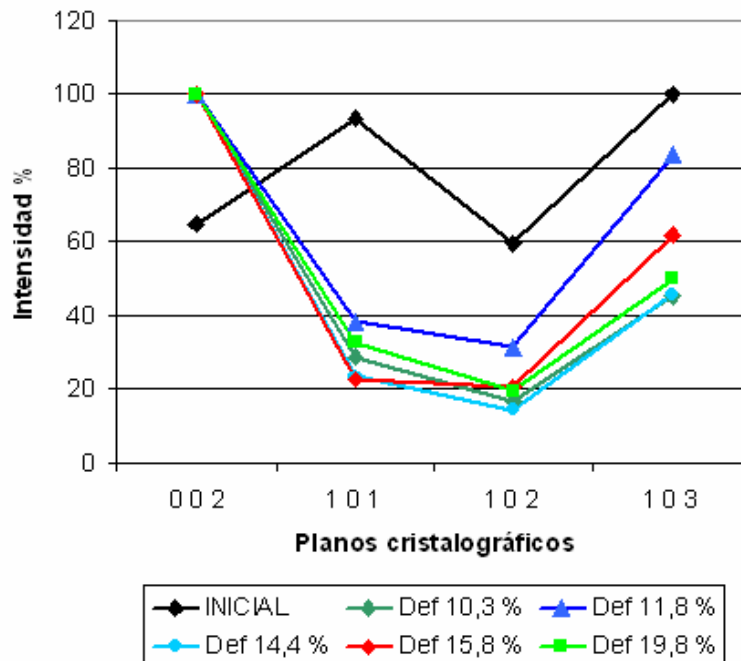


Figura 9. Intensidades de deformación entre 20 y 30 %.

4. CONCLUSIONES

La utilización de ensayos Marciniak, para obtener deformaciones planas biaxiales equilibradas de una chapa, cuando se requiere que la superficie no sea afectada por roce con la herramienta, ha resultado un método altamente eficaz.

El incremento de la deformación plana biaxial equilibrada de la chapa, produce un reordenamiento de los planos cristalográficos de mayor pendiente hacia los de menor pendiente. Este reordenamiento comienza por los planos de mayor inclinación para bajas deformaciones, intensificándose y progresando con el reordenamiento de los planos menos inclinados para altas deformaciones.

Se puede considerar que a medida que se incrementan los índices de deformación se va generando un reordenamiento de los parámetros cristalográficos produciéndose un acortamiento paulatino de la distancia entre planos, lo que se traduce en un incremento de las familias de planos más ordenados y de mayor densidad reticular.

Los resultados son concordantes con estudios similares [4,5].

Debido a la tendencia de los planos cristalinos hacia una menor inclinación a medida que avanza la deformación, se podría suponer que la capa protectora quedaría en buen o mejor estado, pero es necesario corroborar esa hipótesis con estudios de continuidad del recubrimiento y corrosión que se están iniciando para un próximo trabajo [6].

5. REFERENCIAS

- [1] Lindsay, J.H. "Coated Sheet Steel in the Automotive Industry". Galvatech'95 Conference Proceedings. pp. 579-588. 1995
- [2] Lindsay, J.H., R.F. Paluch, H.D. Nine, D.R. Miller, T.J. O'Keefe. Plating and Surface Finishing, 76 (3). pp. 62 – 69. 1989.
- [3] Ishii, K., M. Kimoto, A. Yakawa. "Effect of Crystal Orientation on Properties of Zinc Electroplated Steel Sheets". Galvatech'98 Conference Proceedings. Chiba, Japón. The Iron and Steel Institute of Japan Eds. Pp. 547 – 552. 1998
- [4] Insausti J., Bengochea L., Lucaioli A., Iurman L., Mas G., Benedetti P. 92º Reunión Nacional de Física. Modificación de las texturas de recubrimiento de chapas electrocincadas con diferentes trayectorias de deformación. Libro de Resúmenes pp 248. Salta. 2007.
- [5] J. Insausti, A. Lucaioli, G. Mas, D. Ziegler, P. Benedetti. Memorias CONAMET-SAM 2006. Comportamiento de chapas de acero electrogalvanizadas en ensayos de embutido. Edición en CD, 8 Páginas. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 2006.
- [6] J. H. Lindsay, R. F. Paluch, H. D. Nine, V.R. Miller and T. J. O'Keefe , The Interaction Between Electrogalvanized Zinc Deposit Structure and the Forming Properties of Sheet Steel, Plating and Surface Finishing, March 1989, pp. 62-69

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la SGCyT de la Universidad Nacional del Sur por subsidiar el proyecto en el que se enmarca el presente trabajo. También agradecer al Laboratorio de Metalurgia del Departamento del Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur, por la disponibilidad para el uso del equipo de ensayos de deformación plana biaxial equilibrada y al Área de Mineralogía del Departamento de Geología de la misma universidad, por el uso del equipo de difracción de rayos x.