

EVALUACIÓN POR MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO DE RECUBRIMIENTOS Zn-7Al DEPOSITADOS A DIFERENTES TIEMPOS POR INMERSIÓN EN CALIENTE SOBRE UN ACERO SAE 1015

L. González ¹, G. González ^{1*}

¹Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”

*Autor de correspondencia: Email: gerardogonzalez58@gmail.com, tlf: 0426 856 13 07

Recibido: Julio 2012. Aprobado: Noviembre 2012.

Publicado: Enero 2013.

RESUMEN

Existe poca información acerca de las características de los recubrimientos de Zn Al obtenidos a diferentes tiempos de inmersión en los procesos de galvanizado en caliente, el objetivo de este trabajo fue evaluar por la técnica de Microscopia Electrónica de Barrido la influencia del tiempo de inmersión sobre el espesor del recubrimiento Zn-7Al depositado por inmersión en caliente sobre un acero SAE 1015. Se prepararon una total de 48 probetas de láminas de 50x25x3 mm, a las que se les aplicó por grupos de 8 un recubrimiento en diferentes tiempos de inmersión en el baño metálico (30 segundos, 1, 2, 3,4 y 5 minutos). Se usó el método de la densidad volumétrica para corroborar la composición química de la aleación en el baño fundido, y la técnica de Microscopia Electrónica de Barrido y espectroscopia de rayos X por dispersión de Energía (EDS) para identificar los elementos químicos presentes y los espesores de cada zona de los recubrimientos. Adicionalmente se realizó un ensayo de adherencia y mediciones de espesores utilizando un equipo de inducción magnética. Los espesores de recubrimientos medidos fueron en promedio de 31,75 micras para un tiempo de 30 segundos, 36,14 micras para 1 minuto, aumentando hasta 99,94 micras para el último tiempo de 5 minutos. Se concluye que la adherencia en cada una de las probetas sometidas al recubrimiento de la aleación Zn-7Al no presentó problema alguno. Se encontró que el espesor del recubrimiento se incrementa con el tiempo de inmersión.

Palabras clave: Recubrimientos ZA, MEB, Tiempo de inmersión, Acero SAE 1015.

EVALUATION BY SCANNING ELECTRON MICROSCOPY OF Zn-7Al COATINGS DEPOSITED AT DIFFERENT TIMES HOT-DIP ON SAE 1015 STEEL.

ABSTRACT

There is little information on the characteristics of the coatings obtained at different times of immersion in the processes of hot galvanized with zinc + aluminum alloys, the objective of this study was to evaluate by scanning electron microscopy the influence of immersion time on the thickness Zn-7Al coating hot-dip deposited on a steel SAE 1015. Were prepared by a total of 48 specimens of 50x25x3 mm plates, which were applied by a coating of 8 groups at different times of immersion in the metal bath (30 seconds and 5 minutes 1,2,3,4), method was used for the bulk density to verify the chemical composition of the alloy in the molten bath, and Scanning Electron Microscopy and EDS to know the elements present and the thickness of each zone of the coatings, as well as an adherence assay [4] and a thickness measurement by magnetic induction machine. Coating thicknesses were measured at 31.75 microns average for a time of 30 seconds, 36.14 microns for 1 minute, increased to 99.94 microns for the last time 5 minutes. We conclude that the grip each of the specimens subjected to coating with the Zn-7As not present any problems. A longer time of immersion of the workpiece in the molten bath greater the total thickness of the coating obtained.

Keywords: coating ZA, SEM, hot dip time, SAE 1015 steel.

INTRODUCCIÓN

Los recubrimientos de Zn-Al por inmersión en caliente son procesos industriales destinados a proteger contra la corrosión atmosférica, del agua o del suelo, a una gran

variedad de productos de acero. Este proceso se logra a través de la inmersión de la pieza en un baño de Zn y Al

fundido, permitiendo el recubrimiento de ésta en toda su superficie [1].

Una pequeña cantidad de aluminio tiene una influencia muy pronunciada en la velocidad de crecimiento de la capa de aleación que conforma el recubrimiento, dado que el aluminio tiene una mayor afinidad con el hierro que el zinc, así que inmediatamente (dentro de los 0,15 segundos) luego de que la pieza de acero se sumerge en el baño fundido, el compuesto intermetálico estable que se forma no es un compuesto de zinc y hierro sino uno de aluminio y hierro (Fe_2Al_3), por lo que se cree que la difusión del aluminio controla el crecimiento del recubrimiento. [2]

Actualmente existe poca información sobre las características de los recubrimientos obtenidos a diferentes tiempos de inmersión en los procesos mencionados, es por ello que el objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar por la técnica de Microscopia Electrónica de Barrido la influencia del tiempo de inmersión en la adherencia y el espesor del recubrimiento Zn-7Al depositado por inmersión en caliente sobre un acero SAE 1015. Adicionalmente se evaluaron los espesores por el método de inducción magnética y se realizó una prueba normalizada de adherencia de los recubrimientos según norma ASTM D3359.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se prepararon una total de 48 probetas de láminas de 50x25x3 mm, a las que se les aplicó por grupos de 8 un recubrimiento en diferentes tiempos de inmersión en el baño metálico (30 segundos, 1, 2, 3,4 y 5 minutos), figura 1.

Se utilizó el método de la densidad volumétrica [3] para corroborar la composición química de la aleación del baño fundido, y la Microscopia Electrónica de Barrido y EDS para identificar los elementos químicos presentes y

los espesores de cada zona de los recubrimientos depositados a diferentes tiempos de inmersión. Adicionalmente se realizó un ensayo de adherencia (Norma ASTM D 3359-08) [4] y medición de espesores de los recubrimientos mediante un equipo de inducción magnética, figura 2.



Fig. 1. Operación de inmersión de las probetas en el baño fundido de Zn - 7Al.

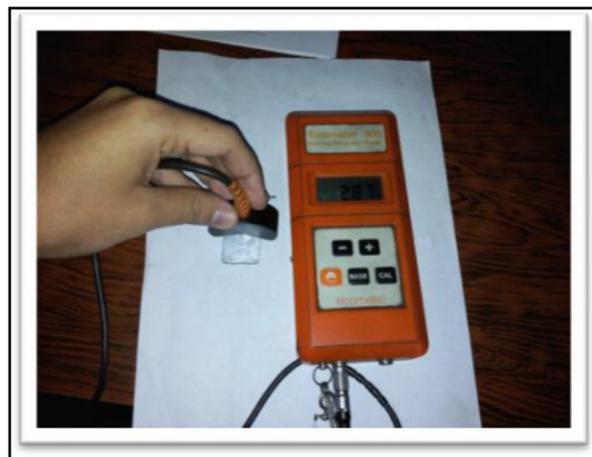


Fig. 2. Equipo para la medición de espesores de recubrimientos por inducción magnética.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química del baño fundido resultó ser de 93% de Zn y 7% de Al, según el resultado de la densidad volumétrica determinada experimentalmente por el método de desplazamiento de volumen, la cual fue de 6,442 gr/cm³.



Fig.3. Retícula de prueba adherencia según norma ASTM D 3359. [4]

Los espesores de recubrimientos medidos por el método de inducción magnética fueron en promedio de 31,75 micras para un tiempo de 30 segundos, 36,14 micras para

1 minuto, aumentando hasta 99,94 micras para el último tiempo de 5 minutos. Tabla 1.

Tabla 1. Tiempo de inmersión vs Espesores de recubrimientos.

Tiempo en minutos	Espesores en micras
0.5	31,75
1	36,14
2	74,0
3	79,1
4	84,0
5	99,94

En los ensayos de adherencia realizados a todos los grupos de probetas, se observó que no ocurrió ningún tipo de desprendimiento del recubrimiento en ninguna de ellas (figura 3).

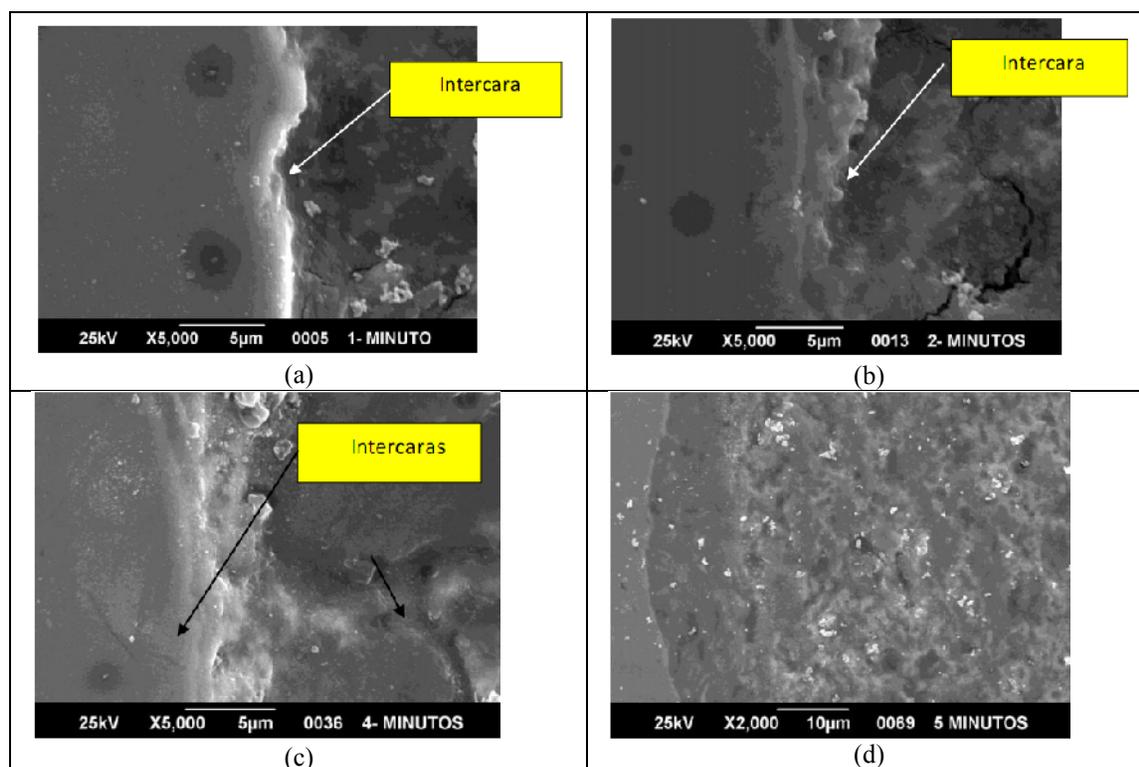


Fig. 4. Micrografías del intercara acero-recubrimiento de probetas a diferentes tiempos de inmersión. a: 1 min, b: 2 min, c: 4 min, d: 5 min), en donde se aprecia la continuidad del recubrimiento (lado derecho en cada micrografía) y sustrato (acero, lado izquierdo en cada micrografía).

Al analizar las micrografías obtenidas por MEB (figura 4) se observa que el compuesto ternario Al-Zn-Fe (intercara acero-recubrimiento) en todos los casos no presenta discontinuidades, lo que indica que existe una buena adherencia entre el material base y el recubrimiento. Igualmente por MEB se observa que el recubrimiento obtenido en los diferentes tiempos de inmersión presenta zonas bien diferenciadas por

morfología y distribución de elementos químicos (figura 4).

El análisis por EDS reveló que el crecimiento del espesor del recubrimiento de las zonas para los diferentes tiempos depende del contenido de aluminio que se encuentra en el baño metálico en la cercanía de la probeta (ver figura 5).

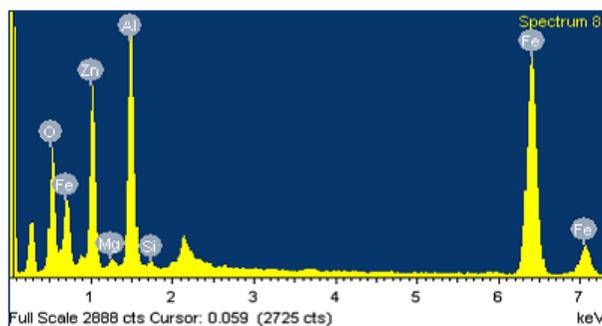
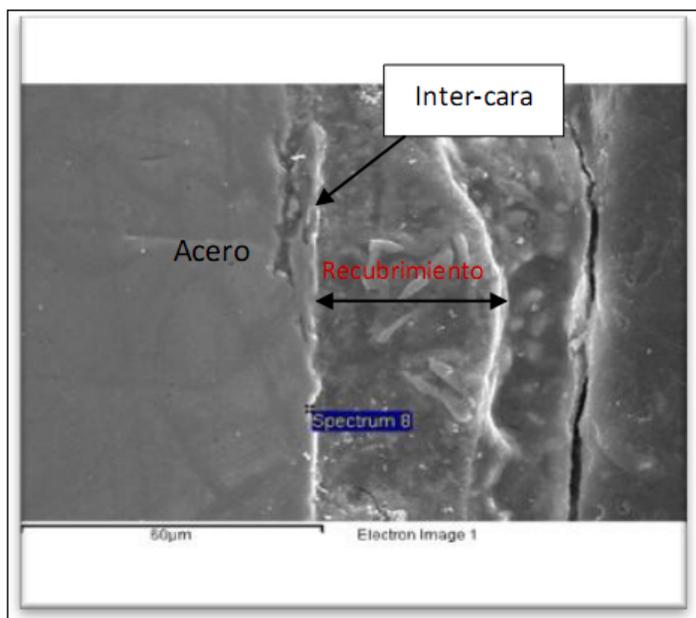


Fig. 5. Espectro del microanálisis químico por EDS de la inter-cara en una probeta con inmersión de 3 min en la zona señalada como Spectrum 8. 2000X.

Finalmente con los valores promediados de espesores medidos por MEB y el método de inducción magnética se obtuvo una ecuación matemática mediante la cual se

rige el crecimiento del espesor del recubrimiento, en las figuras 6,7,8,9,10 y11, se presentan los espesores de recubrimiento medidos por ambos métodos.

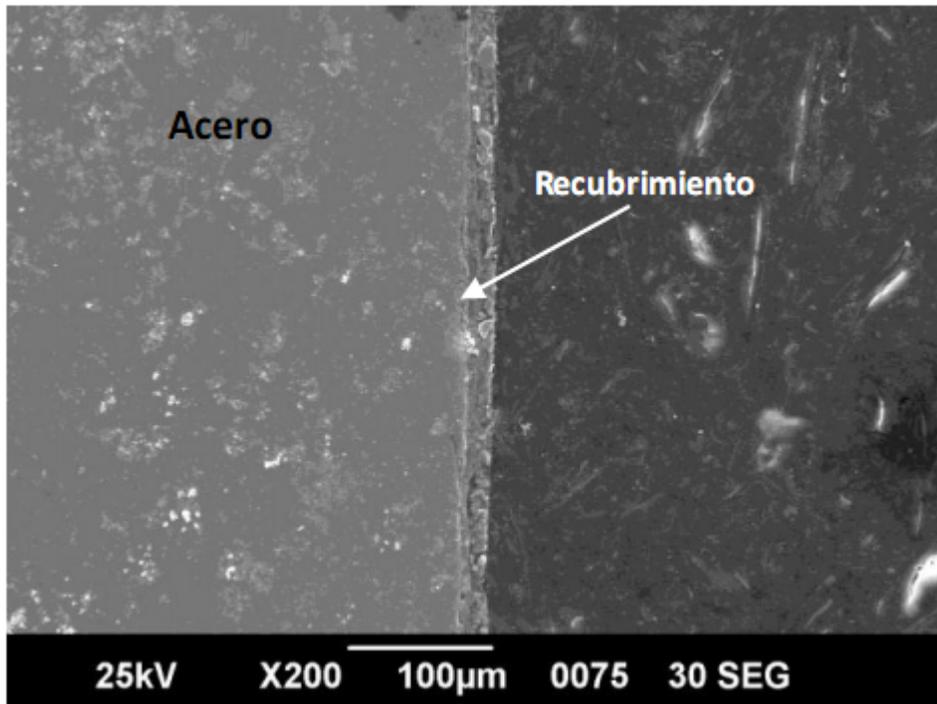


Fig. 6. Micrografía por MEB del recubrimiento para un tiempo de inmersión de 30 seg. Espesor 32 micras 200X.

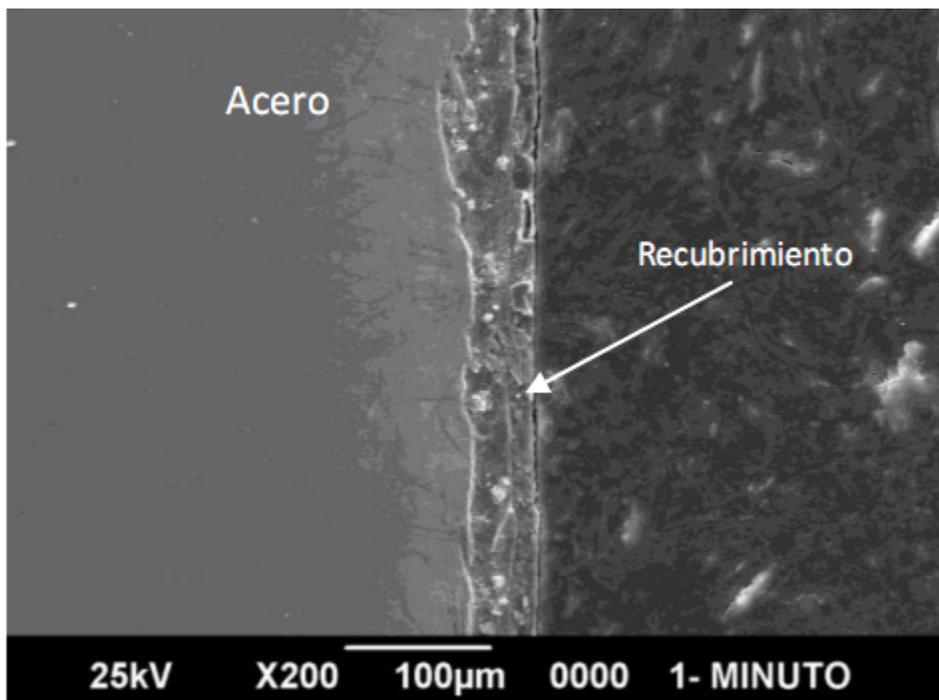


Fig. 7. Micrografía por MEB del recubrimiento para un tiempo de inmersión de 1 minuto. Espesor 36 micras. 200X.

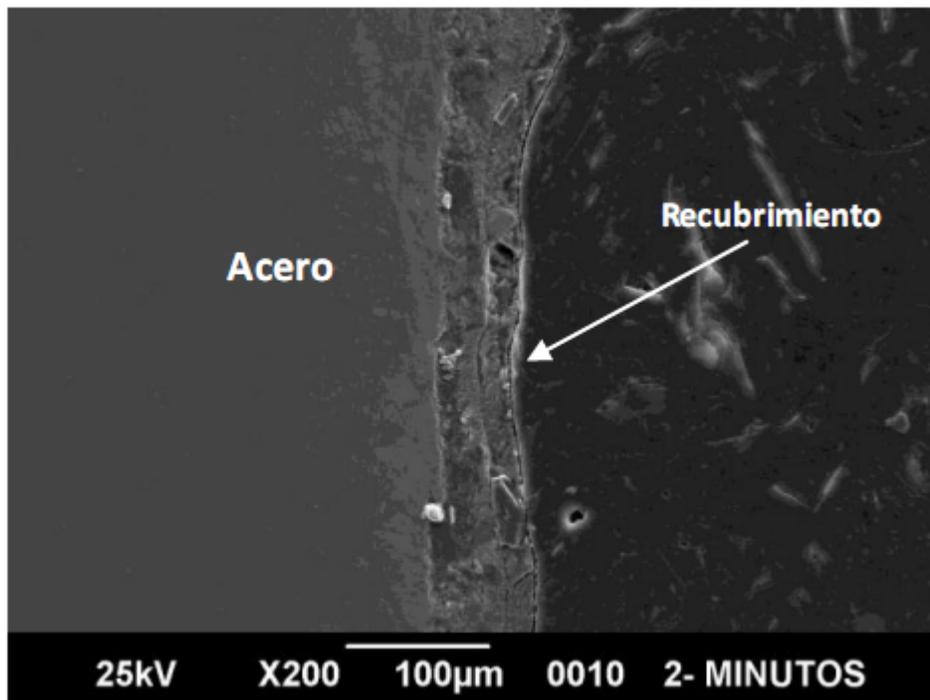


Fig. 8. Micrografía por MEB del recubrimiento para un tiempo de inmersión de 2 minutos. Espesor 74 micras. 200 X.

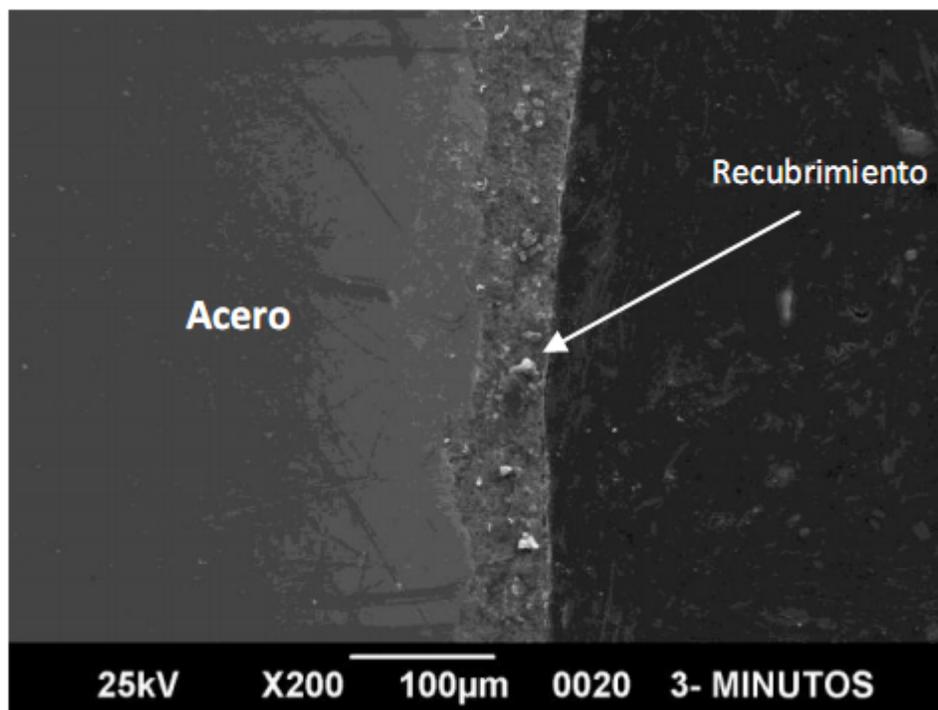


Fig. 9. Micrografía por MEB del recubrimiento para un tiempo de inmersión de 3 minutos. Espesor 79 micras 200 X.

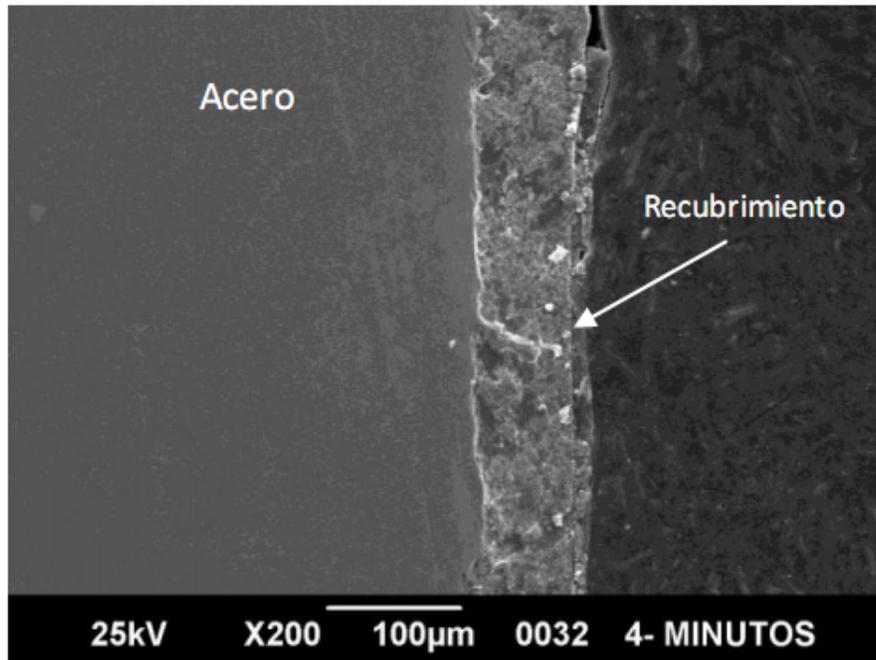


Fig. 10. Micrografía por MEB del recubrimiento para un tiempo de inmersión de 4 minutos. Espesor 84 micras. 200 X.

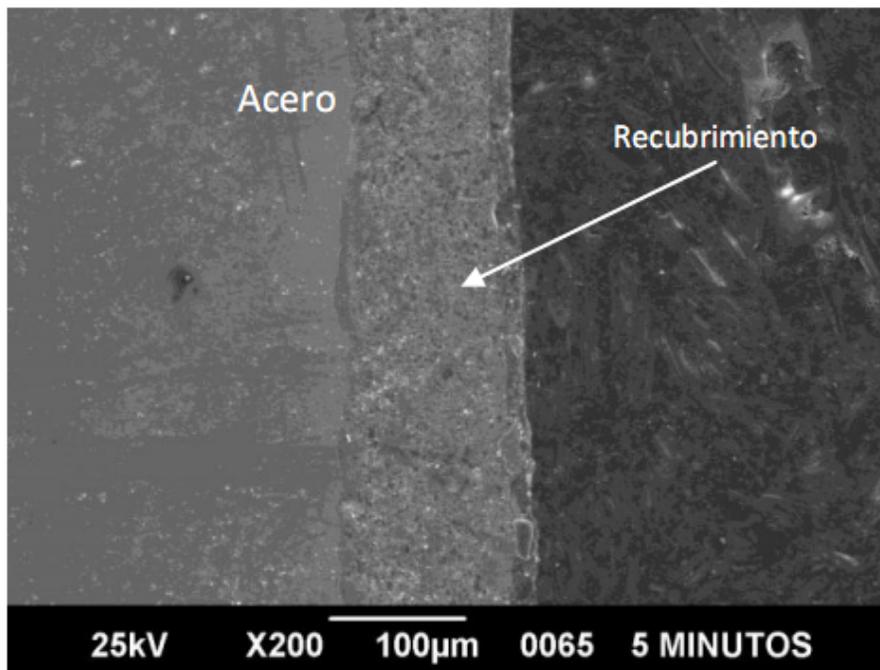
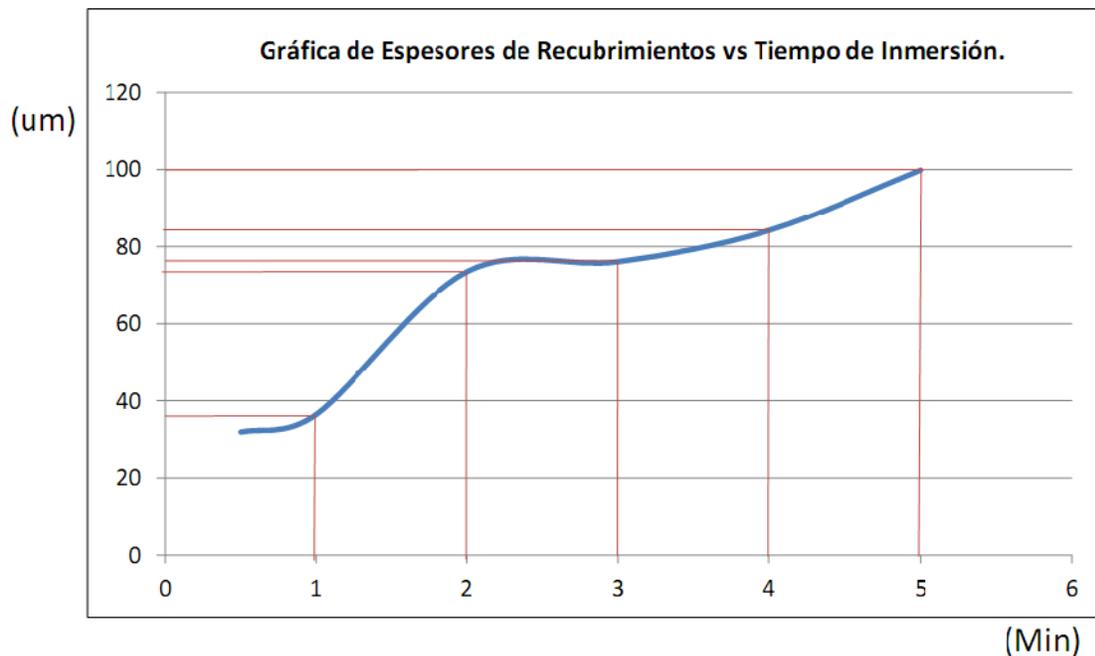


Fig.11. Micrografía por MEB del recubrimiento para un tiempo de inmersión de 5 minutos. Espesor 100 micras. 200 X.

Todas las micrografías anteriores fueron obtenidas de probetas cortadas transversalmente y pulidas metalográficamente según la norma ASTM E-03, sin ataque químico.

En la figura 12 se presenta la gráfica que relaciona el espesor de recubrimiento versus el tiempo de inmersión de la probeta en el baño fundido de Zn - 7Al, con su respectiva ecuación matemática que rige el crecimiento del recubrimiento.



La ecuación que rige el crecimiento del recubrimiento en función del tiempo es:

$$\text{Espesor}(t) = -1.683600033t^5 + 23.62011020t^4 + 86.98693665 \\ - 120.0798442t^3 - 216.5149661t + 264.1923302t^2$$

$$R^2 = 0,9$$

Fig. 12. Gráfica de espesores promedios de recubrimiento vs Tiempo de inmersión con su correspondiente ecuación matemática.

CONCLUSIONES

La técnica de Microscopia Electrónica de Barrido permitió la evaluación del recubrimiento en los diferentes tiempos de inmersión observándose que mayor tiempo de inmersión de la pieza en el baño fundido mayor es el espesor del recubrimiento obtenido. La adherencia en cada una de las probetas sometidas al recubrimiento con la aleación Zn-7Al no presentó problema alguno (se clasifica como 5B según la norma ASTM D 3359-08), siendo esto un indicativo de que se logró una alta cohesión en los enlaces metálicos al momento de formar el compuesto ternario Fe-Al-Zn del que depende la adherencia del recubrimiento.

REFERENCIAS:

- [1] Recubrimientos y tratamientos superficiales (Junio 2010) [documento web en línea] Disponible: http://www.apta.com.es/pdf/galva_caliente.pdf [consulta: 2011, Junio 01].
- [2] Mander A. (2000) "The metallurgy of zinc-coated steel" *Progress in Materials Science* 45:191±271.
- [3] Barroso S. (1998). "Construcción e Interpretación de Diagramas de Fase Binarios". España. 1ª Edición. Cuadernos UNED, Madrid.
- [4] Norma ASTM D 3359-08, Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test.