

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 817 873**

51 Int. Cl.:

C23C 2/04 (2006.01)
C22C 21/10 (2006.01)
C23C 2/12 (2006.01)
C22C 18/04 (2006.01)
C23C 2/06 (2006.01)
C23C 2/40 (2006.01)
C23C 2/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.01.2011 E 18212939 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2020 EP 3486349**

54 Título: **Tira de acero recubierta de metal**

30 Prioridad:

25.01.2010 AU 2010900287

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

08.04.2021

73 Titular/es:

**BLUESCOPE STEEL LIMITED (100.0%)
120 Collins Street Level 11
Melbourne, Victoria 3000, AU**

72 Inventor/es:

**LOPEZ, MICHAEL, ANGEL;
RENSHAW, WAYNE ANDREW;
MICALLEF, ANDREW VINCENT;
SETARGEW, NEGA y
DONALDSON, PAUL**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

Observaciones:

Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 817 873 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Tira de acero recubierta de metal

5 La presente invención se refiere a la producción de tiras, típicamente tiras de acero, que tienen un recubrimiento de aleación de metal resistente a la corrosión que contiene aluminio-zinc-silicio-magnesio como los elementos principales de la aleación, y denominado en lo adelante una "aleación de Al-Zn-Si-Mg" sobre esta base.

En particular, la presente invención se refiere a un procedimiento para recubrir metales por inmersión en caliente para formar un recubrimiento de aleación de Al-Zn-Si-Mg sobre una tira que incluye sumergir la tira no recubierta en un baño de aleación de Al-Zn-Si-Mg fundida y formar un recubrimiento de la aleación sobre la tira.

10 Más particularmente, la presente invención se refiere a minimizar la cantidad de escorias superficiales en el baño de recubrimiento de la aleación. La escoria superficial no es deseable desde el punto de vista del costo de producción y de la calidad del recubrimiento, como se discutirá más adelante.

La aleación de Al-Zn-Si-Mg de la presente invención comprende los siguientes intervalos en % en peso de los elementos Al, Zn, Si y Mg:

Al:	45 a 60 %
Zn:	35 a 50 %
Si:	1,2 a 2,5 %
Mg	1,0 a 3,0 %

15 En función del uso final de la aplicación, la tira recubierta de metal puede pintarse, por ejemplo, con una pintura polimérica, en una o en ambas superficies de la tira. En este sentido, la tira recubierta con metal puede venderse como un producto final en sí mismo o puede tener un recubrimiento de pintura aplicado a una o a ambas superficies y venderse como un producto final pintado.

20 Una composición de recubrimiento de metal resistente a la corrosión que se usa ampliamente en Australia y en otros lugares para la construcción de productos, particularmente láminas perfiladas para paredes y techos, es una composición de recubrimiento de 55 % de Al-Zn que también comprende Si. Las láminas perfiladas generalmente se fabrican mediante la formación en frío de una tira recubierta con aleación de metal pintada. Típicamente, las láminas perfiladas se fabrican pasando la tira pintada por rodillos formadores.

25 La adición de Mg a esta composición conocida como composición de recubrimiento de 55 % de Al-Zn-Si se ha propuesta en la literatura de patentes durante varios años, ver por ejemplo la patente de Estados Unidos 6,635,359a nombre de Nippon Steel Corporation, pero los recubrimientos de Al-Zn-Si-Mg sobre tiras de acero no está comercialmente disponible en Australia.

Se ha establecido que cuando se incluye Mg en una composición de recubrimiento de 55 % de Al-Zn, el Mg produce ciertos efectos beneficiosos sobre el rendimiento del producto, tal como una mejor protección del borde de corte.

30 El solicitante ha encontrado que el metal de recubrimiento de 55 % de Al-Zn fundido que contiene Mg es susceptible a incrementar los niveles de generación de escoria superficial en comparación con el metal de recubrimiento de 55 % de Al-Zn fundido que no contiene Mg.

El término "escoria superficial" se entiende en la presente memoria que incluye uno cualquiera o más de uno de los siguientes componentes sobre o cerca de la superficie del baño de fusión:

- 35 (a) una película de óxido sobre la superficie del baño de fusión,
- (b) gotas de metal fundido cubiertas con una película de óxido,
- (c) burbujas de gas que tienen una película de óxido como la pared de las burbujas,
- (d) partículas intermetálicas que se forman en el baño de recubrimiento, incluyendo las partículas cubiertas con una película de óxido, y
- 40 (e) combinaciones de cualquiera de dos o más de gas, metal fundido y partículas intermetálicas cubiertas con una película de óxido.

Los elementos (b), (c), (d) y (e) pueden describirse como el resultado del arrastre del metal fundido, del gas y de las partículas intermetálicas en la película de óxido sobre o cerca de la superficie del baño de fusión.

45 Durante una prueba en línea realizada por el solicitante para recubrir con metal por inmersión en caliente una aleación de 55 % de Al-Zn que contiene Mg sobre una tira de acero se demostró que el nivel de escoria superficial generada

5 en el baño de recubrimiento fue de 6 a 8 veces mayor que la escoria superficial formada en un baño de recubrimiento de aleación de 55 % de Al-Zn sin adición de Mg. Aunque no desea estar unido al siguiente comentario, el solicitante atribuye la generación de excesiva escoria superficial en aleaciones de recubrimiento fundidas que contienen Mg, a la reactividad y a la rápida oxidación del Mg en las aleaciones y a los cambios en las propiedades del metal líquido (para ejemplo, tensión superficial), que resultan de la adición del Mg a baños de aleación de 55 % de Al-Zn. Más particularmente, el Mg tiene una mayor afinidad por el oxígeno en comparación con el Al y, por lo tanto, el Mg se oxida mucho más fácilmente que el Al. Esto es evidente a partir de la energía libre estándar de formación (ΔG°) de los óxidos que muestra que: la fuerza motriz termodinámica para la formación de óxido es mucho mayor para Mg que para Al ($\Delta G^\circ_{\text{Al}_2\text{O}_3} = -934$ kJ/mol y $\Delta G^\circ_{\text{MgO}} = -1.015$ kJ/mol a una temperatura de funcionamiento del baño de 600 °C). Además, la turbulencia en la superficie fundida mejora tanto la oxidación del metal fundido en el baño como el arrastre de la película de óxido en el baño de recubrimiento. El arrastre de la película de óxido en el baño de recubrimiento da como resultado el arrastre del metal fundido, el gas y las partículas intermetálicas en la película de óxido en el baño de fusión y la consecuente formación de los componentes de escorias descritos en los elementos (b), (c), (d) y (e) anteriores. Esta escoria superficial tiene fracciones de alto volumen de vacío, separadores de óxido y partículas intermetálicas de escoria arrastradas en la escoria superficial.

20 La cantidad de escoria superficial generada tiene un impacto significativo en el costo de producción del acero recubierto con aleación de 55 % de Al-Zn que contiene Mg. La escoria superficial debe retirarse de la superficie del baño periódicamente para evitar defectos sobre la superficie de la tira de acero recubierta. La eliminación de la escoria superficial representa un costo para el productor de tiras de acero recubiertas debido al costo del procedimiento de eliminación y el costo de la eliminación o el reciclaje de la escoria superficial. La reducción de la generación de la escoria superficial brinda una oportunidad para reducir significativamente el costo de producción.

Además, la reducción de la escoria superficial también brinda la oportunidad de mejorar la calidad de la superficie de la tira recubierta al reducir el arrastre de los separadores de óxido y las partículas de escoria suspendidas.

25 La discusión anterior no debe tomarse como una admisión del conocimiento general común en Australia y en otros lugares.

30 El documento EP 1466994 divulga una hoja de acero chapada capaz de asegurar una excelente resistencia a la corrosión y brillantez después de pintada, y la presente invención hace posible producir una hoja de acero chapada con excelente resistencia a la corrosión después de la pintura y claridad de la imagen de la capa de pintura mediante la adición de uno o más elementos seleccionados de entre 0,01 a 0,5 % de Ca, 0,01 a 0,2 % de Be, 0,0001 a 0,2 % de Ti, 0,1 a 10 % de Cu, 0,001 a 0,2 % de Ni, 0,01 a 0,3 % de Co, 0,0001 a 0,2 % de Cr y 0,01 a 0,5 % de Mn, en masa, a la capa chapada de la hoja de acero chapada. La rugosidad media de la línea central Ra de la hoja de acero chapada de la aleación de Zn es de 1,0 μm o menos y la curva de ondulación filtrada WCA de la misma es 0,8 μm o menos, la hoja de acero chapada de la aleación de Zn tiene sobre la superficie de la misma la capa chapada que contiene 1 a 10 % de Mg, 2 a 19 % de Al y 0,001 a 2 % de Si en masa, y otros elementos cuya cantidad total corresponde al 0,5 % o menos en masa, con el resto consistiendo de Zn.

35 Otros procedimientos de la técnica anterior se divulgan en los documentos EP 1225246, JP 2009/256703 y CN 101 457 320

40 El solicitante ha podido reducir los niveles de escoria superficial en baños de aleación de Al-Zn-Si-Mg fundidos mediante la adición a los baños fundidos de Ca y Sr, y la reducción en los niveles de escoria superficial ha dado lugar a beneficios en términos de costos de producción y calidad del producto. La adición de estos elementos se denomina en lo adelante la adición de "Ca y Sr". Se observa que la referencia anterior a la adición de Ca y Sr no pretende indicar que se añade Ca antes que Sr. La presente invención se extiende a situaciones en las que Ca y Sr se agregan al mismo tiempo o en diferentes momentos a baños fundidos.

45 El solicitante encontró que esta reducción en la generación de escoria superficial en los baños de aleación de Al-Zn-Si-Mg fundidos mediante la adición de Ca y Sr a los baños se debe a cambios en el arrastre de gas, metal fundido y partículas intermetálicas en películas de óxido en la escoria superficial en los baños como resultado de (a) cambios en la tensión superficial aparente en la interfaz de metal líquido/óxido como resultado de la adición de Ca y Sr y (b) cambios en la naturaleza de la película de óxido como resultado de la adición de Ca y Sr. Los cambios en la naturaleza de la película de óxido reducen el nivel de los separadores de óxido formados, lo que a su vez contribuye a una reducción general del arrastre de gotas líquidas.

50 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento para formar un recubrimiento de aleación de Al-Zn-Si-Mg en una tira de acuerdo con la reivindicación 1.

El procedimiento puede incluir el control de las condiciones en el baño de fusión para minimizar el arrastre de uno o más de metal fundido, gas y partículas intermetálicas en las películas de óxido a la capa de escoria superficial.

55 Por lo tanto, el procedimiento puede incluir el control de la composición del baño para minimizar la capa de escoria superficial en el baño de fusión, por ejemplo, minimizando el arrastre de gotas líquidas en películas de óxido a la capa de escoria superficial en el baño.

Se hace notar que todas las referencias a ppm en la memoria descriptiva son referencias a ppm en peso.

Se hace notar que la referencia a cantidades de elementos tales como Ca y Sr como parte de la composición de un baño de fusión se entiende en la presente memoria como referencias a las concentraciones de los elementos en la capa de metal fundido del baño en oposición a la capa de escoria superficial en el baño. La razón de esto es que es la práctica estándar del solicitante medir las concentraciones del baño en las capas de metal fundido de los baños fundidos.

También se hace notar que el solicitante encontró que el Ca y el Sr tienden a segregarse a la capa de escoria superficial de los baños fundidos y, como consecuencia, la capa de escoria superficial se enriquece con respecto a Ca y Sr cuando se compara con la capa metálica. Específicamente, si hay "x" % en peso de Ca o Sr en la capa de metal fundido de un baño de fusión, habrá una mayor concentración del elemento en la capa de escoria superficial del baño. Por ejemplo, el solicitante encontró en el trabajo de laboratorio que en un baño con una composición de baño nominal de 90 ppm de Ca, el contenido de Ca de la capa de escoria superficial aumentó a 100 ppm de Ca. De manera similar, el solicitante encontró que en un baño con una composición nominal de 400 ppm de Ca, la capa de escoria superficial se enriqueció sustancialmente a 600 ppm. También se observaron enriquecimientos similares del Sr en el trabajo de laboratorio. Por ejemplo, en un baño con una composición nominal de 500 ppm de Sr, después de 3 horas de procesamiento, la capa de escoria superficial se enriqueció a 700 ppm de Sr. Y en un baño con una composición nominal de 750 ppm de Sr, después de 3 horas de procesamiento, la capa de escoria superficial se enriqueció a 1.100 ppm de Sr. En la práctica, esto significa que, si se requiere que haya "x" % en peso de Ca o Sr en la capa de metal fundido de un baño de fusión, será necesario añadir una cantidad de Ca o Sr que sea mayor que "x" % en peso en el baño total para compensar la mayor concentración de Ca o Sr que se segregará a la capa de escoria superior.

La composición del baño puede incluir más de 150 ppm de Ca.

La composición del baño puede incluir más de 200 ppm de Ca.

La composición del baño puede incluir menos de 750 ppm de Ca.

La composición del baño puede incluir menos de 500 ppm de Ca.

El Ca puede añadirse al baño según sea necesario. Podría ser mediante adiciones específicas de compuestos de Ca de forma continua o periódica. También podría ser mediante la inclusión de Ca en lingotes de Al y/o Zn que se proporcionan como materiales de alimentación para el baño.

La composición del baño puede incluir más de 100 ppm de Sr.

La composición del baño puede incluir más de 150 ppm de Sr.

La composición del baño puede incluir más de 200 ppm de Sr.

La composición del baño puede incluir menos de 1.250 ppm de Sr.

La composición del baño puede incluir menos de 1.000 ppm de Sr.

El Sr puede añadirse al baño según sea necesario. Podría ser mediante adiciones específicas de compuestos de Sr de forma continua o periódica. También podría ser mediante la inclusión de Sr en los lingotes de Al y/o Zn que se proporcionan como materiales de alimentación para el baño.

Las cantidades de Ca y Sr en la composición pueden ser como se describió anteriormente, con ajustes en las cantidades de cada elemento para compensar el efecto de una adición del otro elemento en la capa de escoria superficial.

El procedimiento puede incluir controlar la composición del baño para minimizar la capa de escoria superficial en el baño de fusión al incluir elementos de tierras raras como el itrio y una combinación de tierras raras y Ca y Sr en la composición del baño.

El procedimiento puede incluir controlar la composición del baño para minimizar la capa de escoria superficial en el baño al monitorear periódicamente la concentración de uno o más elementos de Ca, Sr y tierras raras que están en el baño, y añadiendo Ca, Sr, y elementos de tierras raras según sea necesario para mantener la composición del elemento o los elementos en el baño.

En una situación en la que el Ca, Sr y los elementos de tierras raras son parte de lingotes de otros elementos que están en la composición en el baño, el procedimiento puede incluir seleccionar uno o más tamaños de los lingotes, el momento de la adición de los lingotes y la secuencia de la adición de los lingotes para mantener la concentración de Ca, Sr y los elementos de tierras raras sustancialmente constantes o dentro de un intervalo preferido de + o - 10 % de los elementos.

La aleación de Al-Zn-Si-Mg puede comprender más del 1,0 % en peso de Mg.

La aleación de Al-Zn-Si-Mg puede comprender más del 1,3 % en peso de Mg.

La aleación de Al-Zn-Si-Mg puede comprender más del 1,5 % en peso de Mg.

La aleación de Al-Zn-Si-Mg puede comprender menos del 3 % en peso de Mg.

La aleación de Al-Zn-Si-Mg puede comprender más del 2,5 % en peso de Mg.

5 La aleación de Al-Zn-Si-Mg puede comprender más del 1,2 % en peso de Si.

La presente invención se describirá adicionalmente a modo de ejemplo con referencia a los dibujos acompañantes, en los cuales:

La Figura 1 es el dibujo esquemático de la realización de una línea de producción continua para producir tiras de acero recubiertas con una aleación de Al-Zn-Si-Mg de acuerdo con el procedimiento de la presente invención;

10 La Figura 2 es un gráfico de la masa de escoria frente al tiempo para baños de aleación de Al-Zn-Si, fundidos con y sin Mg y con y sin Ca en experimentos sobre generación de escoria llevados a cabo por el solicitante;

La Figura 3 es un gráfico de la masa de escoria frente al tiempo para baños de aleación de Al-Zn-Si, fundidos con y sin Mg y con y sin Sr en experimentos sobre generación de escoria realizados por el solicitante;

15 La Figura 4 presenta resultados seleccionados del trabajo experimental resumido en las Figuras 2 y 3 que resalta el impacto del Ca y el Sr en la generación de escoria superficial;

La Figura 5 es un gráfico de la masa de escoria frente al contenido de Ca en baños de aleación de Al-Zn-Si-Mg después de tiempos de procedimiento de 1 y 3 horas; y

La Figura 6 es un gráfico de la masa de escoria generada frente al tiempo durante el curso de una prueba en línea llevada a cabo por el solicitante.

20 Con referencia a la Figura 1, en uso, las bobinas de tiras de acero laminado en frío se desenrollan en una estación desenrolladora 1 y las sucesivas longitudes desenrolladas de tiras se sueldan entre sí por los extremos, mediante un soldador 2, y forman una tira de longitud continua.

25 La tira se pasa sucesivamente a través de un acumulador 3, una sección de limpieza de la tira 4 y un horno de ensamblaje 5. El horno de ensamblaje 5 incluye un precalentador, un horno reductor de precalentamiento y un horno reductor.

La tira se trata con calor en el horno de ensamblaje 5 mediante un control cuidadoso de las variables del procedimiento que incluyen: (i) el perfil de temperatura en los hornos, (ii) la reducción de la concentración del gas en los hornos, (iii) el caudal de gas a través de los hornos, y (iv) el tiempo de residencia de la tira en los hornos (es decir, la velocidad de la línea).

30 Las variables del procedimiento en el horno de ensamblaje 5 se controlan de modo que se eliminen los residuos de óxido de hierro de la superficie de la tira y se eliminen los aceites residuales y las limallas de hierro de la superficie de la tira.

35 La tira tratada térmicamente se pasa a través de una boca de salida hacia abajo y a través de un baño de fusión que contiene una aleación de Al-Zn-Si-Mg contenida en un recipiente de recubrimiento 6 y se recubre con la aleación de Al-Zn-Si-Mg. La aleación de Al-Zn-Si-Mg se mantiene fundida en el recipiente de recubrimiento mediante el uso de inductores de calentamiento (no mostrados). Dentro del baño, la tira pasa alrededor de un rollo de inmersión y se saca fuera del baño hacia arriba. Ambas superficies de la tira están recubiertas con la aleación de Al-Zn-Si-Mg a medida que pasa a través del baño.

40 Después de abandonar el baño de recubrimiento 6, la tira pasa verticalmente a través de una estación de limpieza de gas (no mostrada), en la cual sus superficies recubiertas se someten a chorros de gas de limpieza para controlar el grosor del recubrimiento.

La tira recubierta pasa después a través de una sección de enfriamiento 7 y es sometida a enfriamiento forzado.

La tira recubierta enfriada pasa después a través de una sección de laminación 8 que condiciona la superficie de la tira recubierta.

45 La tira recubierta es enrollada posteriormente en una estación de bobinado 10.

Como se indicó anteriormente, el solicitante encontró que los baños de recubrimiento de aleación de Al-Zn-Si-Mg generan cantidades sustancialmente mayores de escoria superficial en los baños que en el caso de los baños convencionales de aleación de 55 % de Al-Zn en las líneas de recubrimiento del solicitante.

Como se discutió anteriormente, el solicitante realizó una serie de experimentos de laboratorio y de pruebas en línea para determinar si es posible reducir la cantidad de escoria generada en un baño de aleación de Al-Zn-Si-Mg. Como se discutió anteriormente, el solicitante descubrió que era posible reducir significativamente el nivel de escoria superficial mediante la adición de Ca o Sr a las aleaciones de Al-Zn-Si-Mg en baños de recubrimiento.

- 5 Los resultados experimentales sobre el efecto de añadir Ca y Sr a los baños de recubrimiento sobre el nivel de generación de escoria superficial en baños de recubrimiento de aleación de Al-Zn-Si-Mg, se resumen en las Figuras 2 a 5.

El trabajo experimental se llevó a cabo en las siguientes composiciones de aleación, en % en peso para (a) una aleación de Al-Zn (denominada "AZ" en las Figuras) y (b) una aleación de Al-Zn-Mg (denominada "MAZ" en las Figuras) y (c) estas aleaciones de AZ y MAZ más las partes por millón (ppm) de adiciones de Ca y e Sr a estas composiciones:

AZ: 55Al-43Zn-1,5Si-0,5Fe

MAZ: 53Al-43Zn-2Mg-1,5Si-0,5Fe

MAZ + 236 ppm de Ca.

MAZ + 90 ppm de Ca.

15 MAZ + 400 ppm de Ca.

MAZ + 500 ppm de Sr.

MAZ + 750 ppm de Sr.

MAZ + 800 ppm de Sr.

20 Se hace notar que las concentraciones de Ca y Sr son las concentraciones de estos elementos en las partes metálicas de los baños fundidos.

En el trabajo experimental, se simuló la generación de escoria superficial mediante el uso de un horno de fusión de laboratorio y un agitador mecánico aéreo. La configuración del laboratorio consistió en los siguientes componentes:

- Un horno de fusión con crisol de grafito de arcilla.
- Un agitador mecánico aéreo de velocidad variable con un soporte.
- 25 • Copa colectora de escoria mecanizada a partir de cerámica de nitruro de boro sinterizado de alta densidad y que tiene una serie de orificios de drenaje en el fondo de la copa y una serie de asas verticales para permitir que la copa se coloque y se retire del crisol.
- Eje impulsor de acero inoxidable.
- Impulsor mecanizado a partir de cerámica de nitruro de boro sinterizado de alta densidad.

30 La copa colectora de escoria y el impulsor se fabricaron a partir de un material de alta temperatura que no humedece las aleaciones de AZ y MAZ fundidas. La cerámica sinterizada de nitruro de boro de estos componentes proporcionó excelentes características no humectantes y estabilidad a altas temperaturas en el baño de recubrimiento.

35 Para cada experimento, se formaron 15 kg de la aleación de recubrimiento de una composición requerida en el crisol y se mantuvo a la temperatura del procedimiento de 600 °C. Después se insertó la copa colectora de escoria en el baño de fusión y se retuvo en el baño hasta que la temperatura de fusión alcanzó la temperatura del procedimiento. Después, el ensamblaje del impulsor del eje se bajó al baño hasta que el impulsor tocó la superficie de la masa fundida. El motor del agitador se encendió y la velocidad de agitación se ajustó a 60 rpm. Esta configuración experimental resultó en el cizallamiento de la superficie del baño sin crear un vórtice, de modo que en cada revolución del impulsor, una nueva fusión se expuso de forma continua al aire para generar escoria. La escoria generada se empujó hacia el costado del crisol y se acumuló al costado del crisol. Al final de cada experimento, la escoria acumulada se retiró del crisol levantando la copa del colector de escoria del crisol y permitiendo que el exceso de metal del baño arrastrado se drene en el crisol a través de agujeros en la copa del colector de escoria. Lo que quedó en la copa colectora de escoria comprendía el metal del baño arrastrado y las partículas intermetálicas de escoria cubiertas con película de óxido. Este material retenido fue la escoria superficial generada en cada experimento.

45 Los experimentos se realizaron durante 0,5, 1,2 y 3 h.

Después de cada experimento, la escoria recolectada se eliminó y se pesó, y los resultados se muestran en las Figuras 2 a 5.

Las Figuras 2 a 4 son gráficos de la masa de escoria frente al tiempo para los baños de aleación fundida, donde los resultados de la Figura 2 se enfocan en los resultados para las aleaciones de Ca y los resultados de la Figura 3 se enfocan en los resultados para las aleaciones de Sr y los resultados de la Figura 4 destacan los resultados seleccionados para Ca y Sr a partir de las Figuras 2 y 3.

- 5 La Figura 5 es un gráfico de la masa de escoria frente al contenido de Ca en los baños de aleación fundida después de tiempos de procedimiento de 1 y 3 horas.

Las Figuras 2 a 5 muestran claramente que el nivel de escoria superficial generada en un baño de aleación de Al-Zn-Si-Mg puede reducirse significativamente mediante la adición de Ca o Sr a los baños de recubrimiento de aleación de MAZ. Más particularmente, las Figuras 2 a 5 muestran que:

- 10 (a) los baños de recubrimiento de aleación de MAZ generan cantidades significativamente mayores de escoria superficial que los baños de recubrimiento de aleación de AZ, y
- (b) la cantidad de escoria superficial disminuye significativamente con cantidades crecientes de Ca y Sr en las aleaciones MAZ.

- 15 Los resultados mostrados en las Figuras 2 a 5 se confirmaron adicionalmente para Ca en una prueba en línea realizado durante aproximadamente 2 semanas. La prueba en línea se llevó a cabo en la aleación de AZ mencionada anteriormente a la que se añadieron Mg y Ca en diferentes puntos en el tiempo durante el curso de la prueba en línea. La Figura 6 muestra la escoria recolectada durante la prueba en línea y que los resultados son consistentes con lo observado en el trabajo de laboratorio. En particular, la Figura 6 muestra que hubo un aumento sustancial en la cantidad de escoria generada en el baño de fusión con la adición de Mg al baño y una disminución sustancial en la cantidad de escoria como consecuencia de la adición de Ca al baño.
- 20

- 25 Como se indicó anteriormente, el solicitante atribuye la reducción en el nivel de escoria a la reducción en el arrastre de metal fundido, gas y partículas intermetálicas en la película de óxido en el baño de fusión (es decir, en la capa de escoria superficial en el baño) que resultó de (a) cambios en la tensión superficial aparente en la interfaz metal/óxido líquido como resultado de las adiciones de Ca y Sr y (b) cambios en la naturaleza de la película de óxido como resultado de las adiciones de Ca y Sr. Los cambios en la naturaleza de la película de óxido redujeron el nivel de las fibras de óxido formadas, lo que a su vez contribuye a una reducción general del arrastre de gotas líquidas. Los cambios en el arrastre conducen a reducciones en el nivel de generación de escoria superficial en aleaciones de Al-Zn-Si-Mg fundidas.

- 30 El Ca y el Sr son ejemplos de elementos que pueden añadirse a un baño de fusión de una aleación de Al-Zn-Si-Mg para reducir el arrastre de metal fundido, gas y partículas intermetálicas en la película de óxido en el baño y así reducir el nivel de escoria en el baño. Otras adiciones al baño incluyen, a modo de ejemplo, elementos de tierras raras tal como el itrio y combinaciones de tierras raras y calcio y estroncio y calcio/estroncio.

- 35 En la práctica, el Ca y/o Sr pueden añadirse al baño según sea necesario. Podría ser mediante adiciones específicas de compuestos de Ca y/o Sr de forma continua o periódica. También podría ser mediante la inclusión de Ca y/o en lingotes de Al y/o Zn que se proporcionan como materiales de alimentación para el baño.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento de formación de un recubrimiento de aleación de Al-Zn-Si-Mg sobre una tira, con el procedimiento que incluye pasar una tira de acero a través de una boca de salida de un horno de tratamiento térmico hacia abajo y a través de un baño de fusión que contiene una capa de aleación de Al-Zn-Si-Mg fundida y un recubrimiento de la aleación superficial sobre la tira y retirar la tira recubierta del baño al pasar la tira recubierta hacia arriba a través de la capa de escoria superficial externa de la boca de salida, con la aleación que comprende los siguientes intervalos de % en peso de los elementos Al, Zn, Si y Mg: Al: 45 a 60 %; Zn: 35 a 50 %; Si: 1,2 a 2,5 %; y Mg: 1,0 a 3,0 %; y con el procedimiento que incluye además controlar las condiciones en el baño de fusión para minimizar la capa de escoria superficial en el baño de fusión controlando la composición del baño para minimizar la capa de escoria superficial en el baño de fusión controlando la composición del baño para incluir (a) Ca en una cantidad que es más de 50 ppm de Ca y menos de 1.000 ppm de Ca, y (b) Sr en el baño.
- 10 2. El procedimiento definido en la reivindicación 1, que incluye controlar la composición del baño para incluir más de 150 ppm de Ca.
- 15 3. El procedimiento definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye controlar la composición del baño para incluir menos de 750 ppm de Ca.
4. El procedimiento definido en la reivindicación 3, que incluye controlar la composición del baño para incluir menos de 500 ppm de Ca.
- 20 5. El procedimiento definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores que incluye controlar la composición del baño para incluir más de 100 ppm de Sr.
6. El procedimiento definido en la reivindicación 5, que incluye controlar la composición del baño para incluir más de 150 ppm de Sr.
7. El procedimiento definido en la reivindicación 6, que incluye controlar la composición del baño para incluir más de 200 ppm de Sr.
- 25 8. El procedimiento definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye controlar la composición del baño para incluir menos de 1.250 ppm de Sr.
9. El procedimiento definido en la reivindicación 8, que incluye controlar la composición del baño para incluir menos de 1.000 ppm de Sr.
- 30 10. El procedimiento definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye controlar la composición del baño para minimizar la capa de escoria superficial en el baño de fusión mediante la inclusión de elementos de tierras raras tal como itrio y combinaciones de tierras raras en la composición del baño.
11. El procedimiento definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la aleación de Al-Zn-Si-Mg comprende más del 1,0 % en peso de Mg.
- 35 12. El procedimiento definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la aleación de Al-Zn-Si-Mg comprende menos del 3 % en peso de Mg.
13. El procedimiento definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la aleación de Al-Zn-Si-Mg comprende más del 1,2 % en peso de Si.

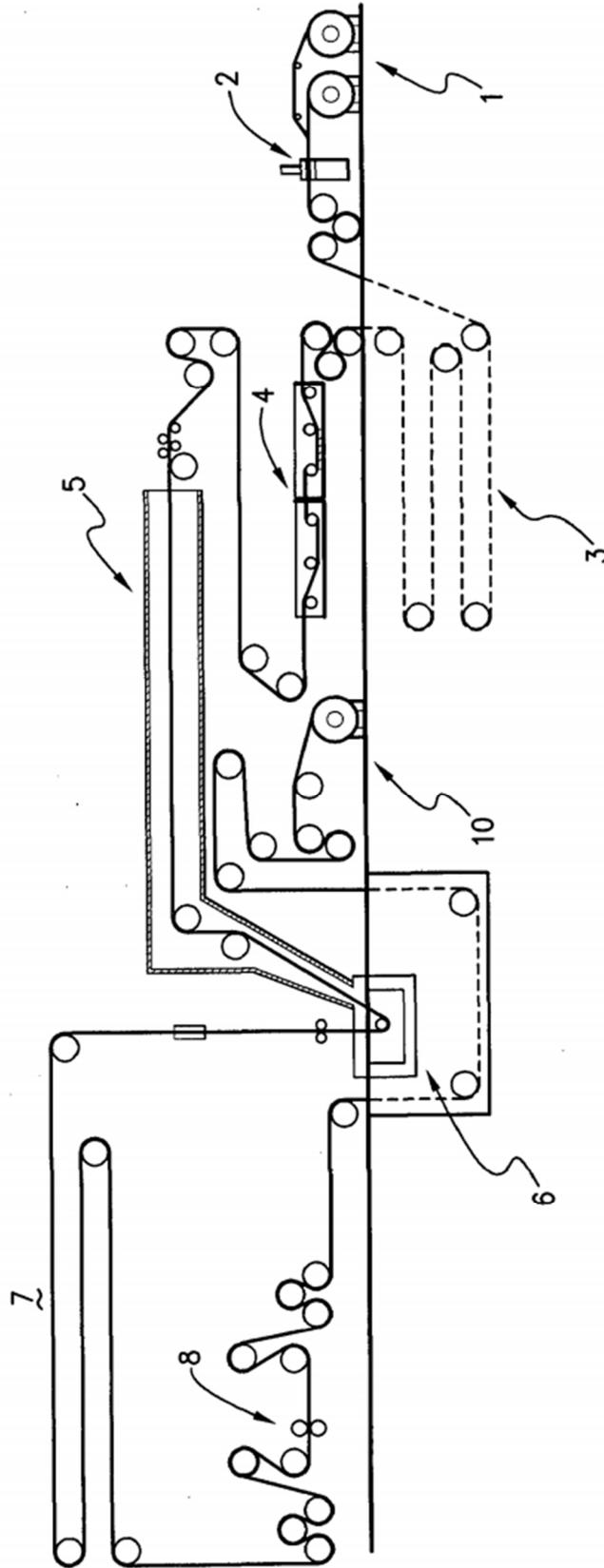
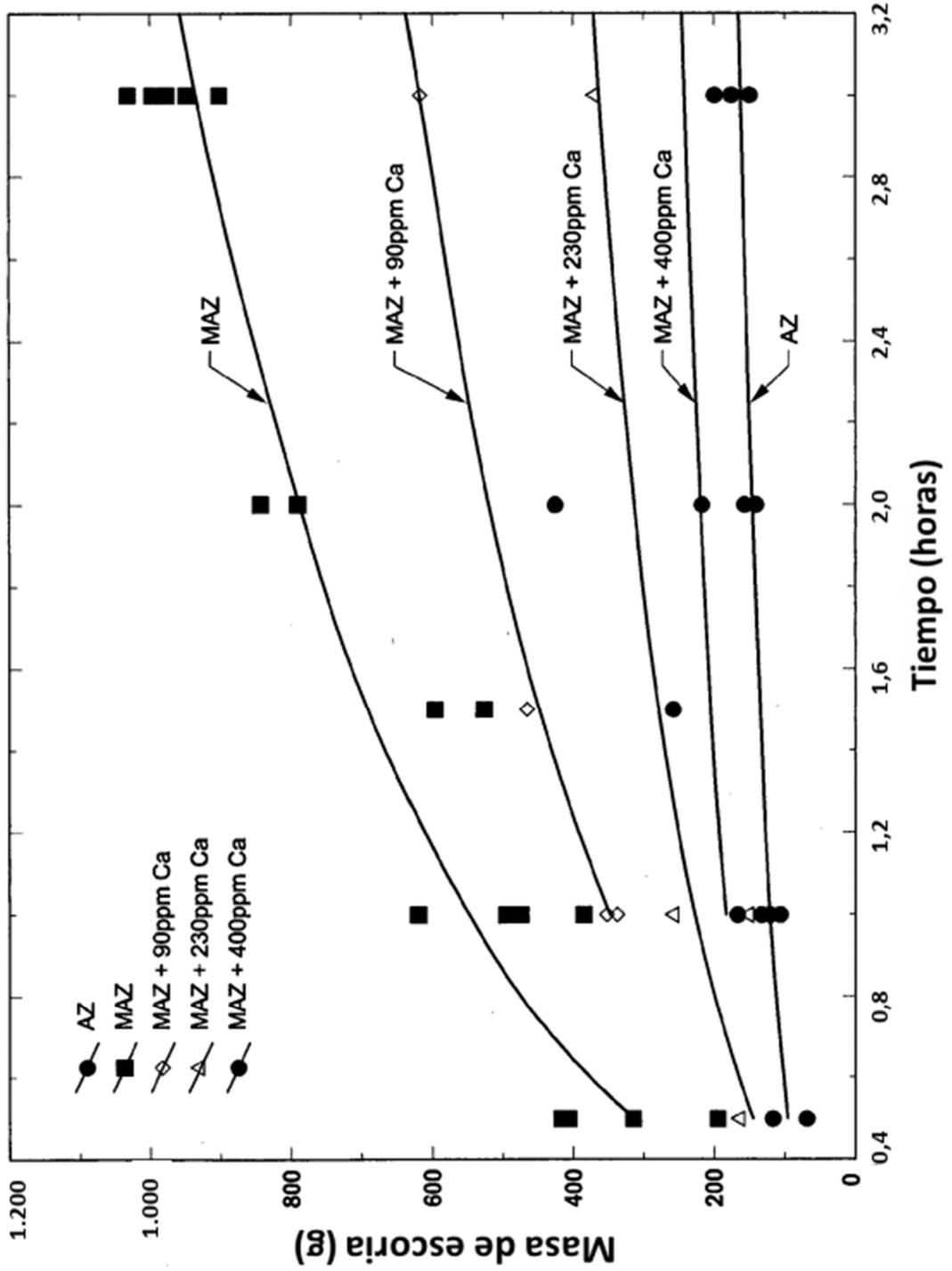


Figura 1

El efecto de la adición de Ca en la generación de la escoria superficial en MAZ



El efecto de la adición de Sr en la generación de la escoria superficial en MAZ

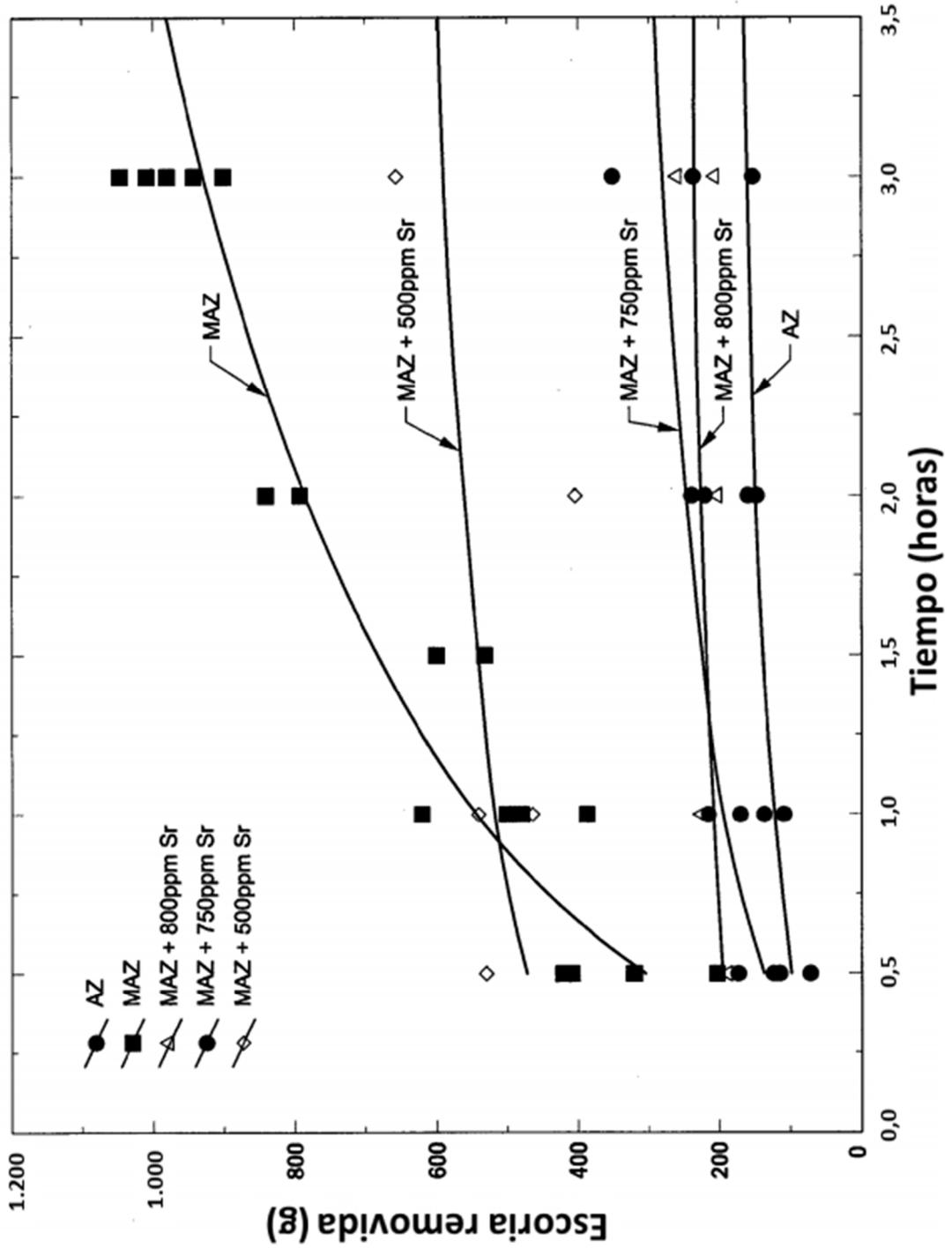


Figura 3

El efecto de la adición de Ca y Sr en la generación de la escoria superficial en MAZ

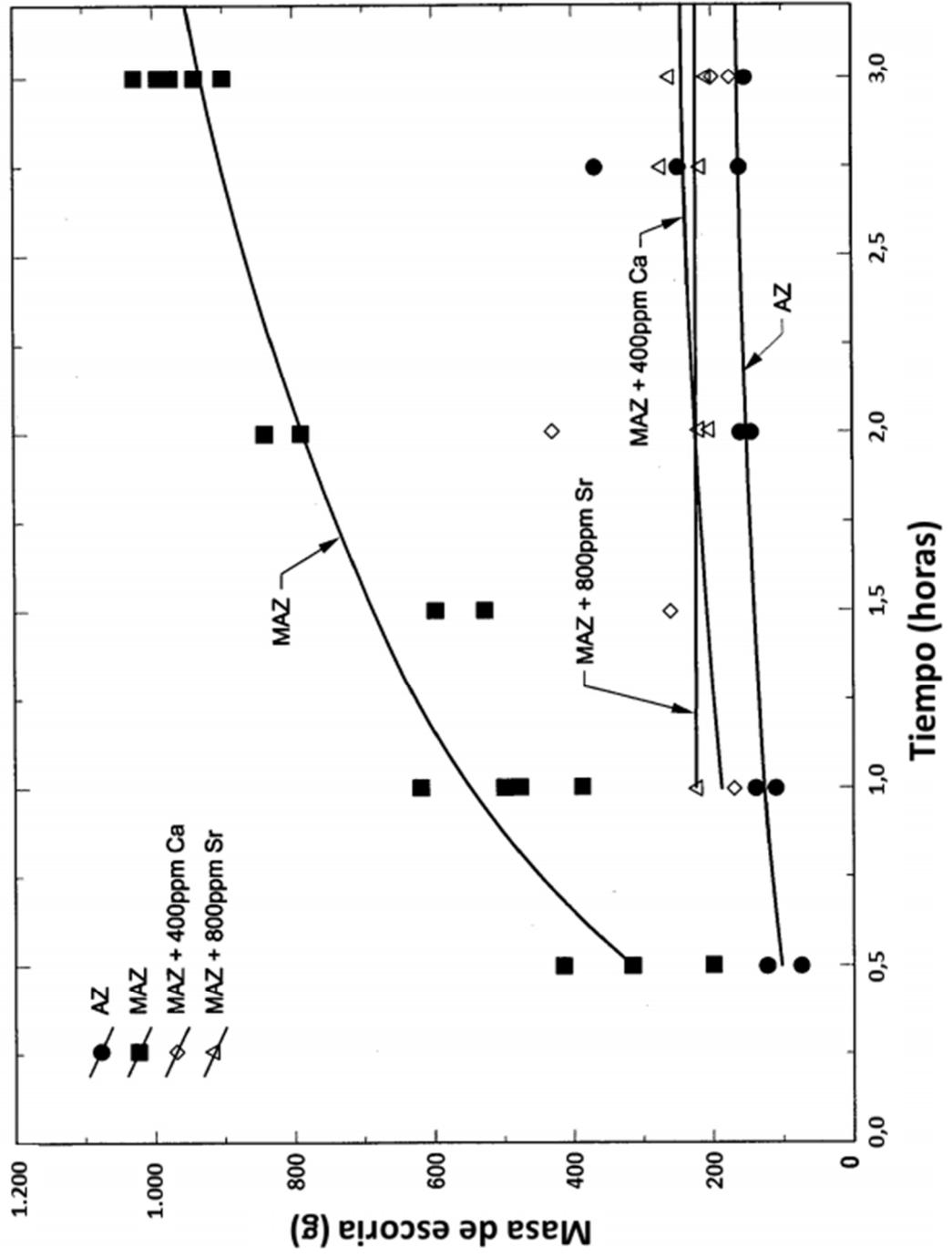


Figura 4

El efecto del contenido de Calcio en la generación de la escoria superficial en los tiempos de procedimiento 1 y 3

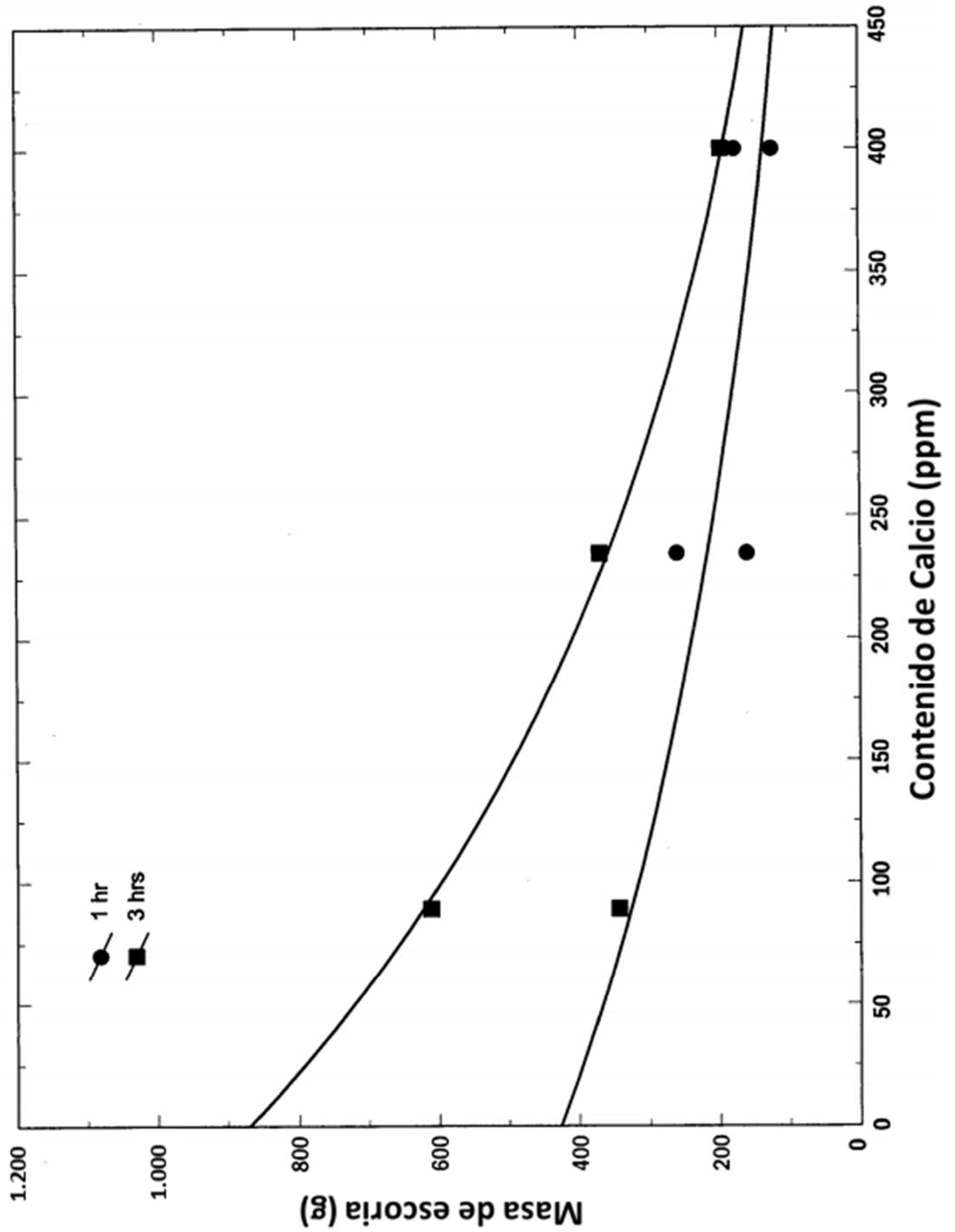


Figura 5

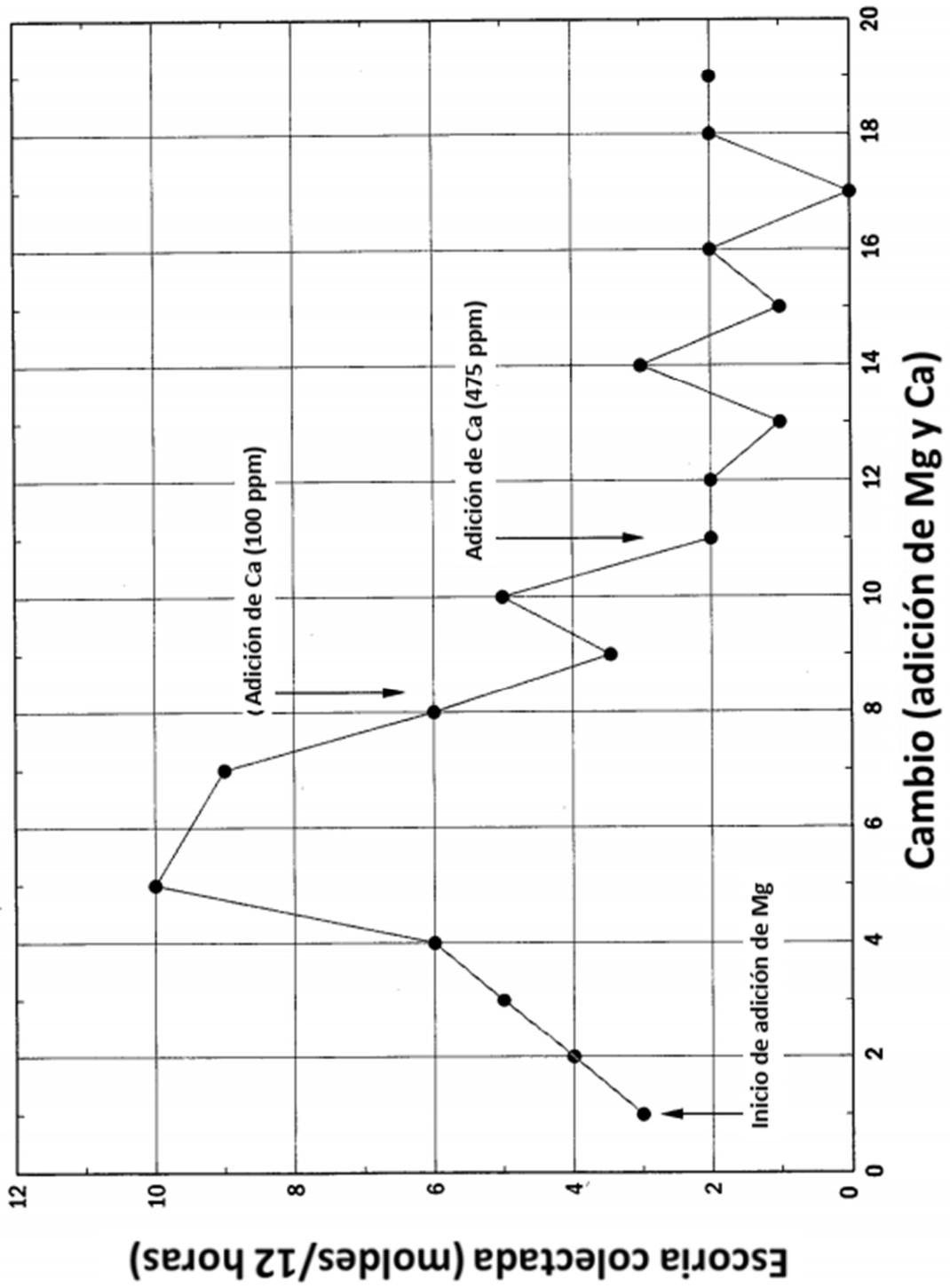


Figura 6