

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 911 024**

51 Int. Cl.:

**C22C 21/06** (2006.01)

**C22F 1/047** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.11.2017 PCT/EP2017/079034**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.06.2018 WO18104004**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2017 E 17797351 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.03.2022 EP 3551773**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de un producto de plancha de aleación de aluminio resistente al desgaste**

30 Prioridad:

**08.12.2016 EP 16202838**

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

**17.05.2022**

73 Titular/es:

**NOVELIS KOBLENZ GMBH (100.0%)  
Carl-Spaeter-Strasse 10  
56070 Koblenz, DE**

72 Inventor/es:

**BACH, ANDREAS HARALD;  
JACOBY, BERND y  
BÜRGER, ACHIM**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 911 024 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**

Procedimiento de fabricación de un producto de plancha de aleación de aluminio resistente al desgaste

**5 CAMPO DE LA INVENCION**

La invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un producto de plancha de Al-Mg-Mn resistente al desgaste. El material de plancha se puede utilizar, por ejemplo, para fabricar volquetes para camiones.

**10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Los materiales de plancha de aleación de aluminio resistentes al desgaste o a la abrasión para volquetes o cuerpos de volquete en camiones o camionetas se fabrican comúnmente con aleaciones de Al-Mg-Mn como, por ejemplo, AA5456, AA5083 y AA5383, y se proporcionan en un temple H32 y más preferentemente, en un temple H34. La denominación H3x, donde "x" se selecciona de 1 a 11, requiere que el material de aluminio en cuestión haya sido al menos laminado en caliente, enfriado posteriormente a temperatura ambiente, opcionalmente inter recocido, endurecido por deformación mediante laminación en frío y sometido a un tratamiento térmico de recocido final. Al menos el tratamiento térmico de recocido final es un proceso térmico por lotes separados en el que las bobinas se colocan en un horno o calentador mantenido a una temperatura suficiente para provocar la recuperación o las propiedades mecánicas finales. Dicha operación térmica por lotes requiere que las bobinas se calienten durante varias horas a la temperatura correcta, después de lo cual dichas bobinas, por lo general, se enfrían a temperatura ambiente. Los intervalos composicionales de estas aleaciones de aluminio se enumeran en la Tabla 1.

Tabla 1. Composiciones de aleación (en % en peso) de AA5456, AA5083 y AA5383, y donde el resto está formado por impurezas, individualmente como máximo el 0,05 %, en total como máximo el 0,15 %, y el resto es aluminio.

Elemento aleante	AA5456	AA5083	AA5383
<b>Mg</b>	4,7 - 5,5	4,0 - 4,9	4,0 - 5,2
<b>Mn</b>	0,5 - 1,0	0,4 - 1,0	0,7 - 1,0
<b>Si</b>	<0,25	<0,40	<0,25
<b>Fe</b>	<0,40	<0,40	<0,25
<b>Cu</b>	<0,10	<0,10	<0,20
<b>Cr</b>	0,05 - 0,20	0,05 - 0,25	<0,25
<b>Zr</b>	-	-	<0,20
<b>Zn</b>	<0,25	<0,25	<0,4
<b>Ti</b>	<0,20	<0,15	<0,15

La solicitud de patente europea EP 0 799 900 describe una aleación que tiene una solidez sustancialmente mejorada tanto en el temple suave como en el duro en comparación con la aleación conocida AA5083 utilizada en la fabricación de contenedores de almacenamiento y vehículos de transporte marítimo y terrestre, como silos y camiones cisterna, etc.

Es un objetivo de la invención proporcionar un procedimiento de fabricación de un producto de plancha de aleación de Al-Mg-Mn que ofrezca un buen equilibrio de resistencia al desgaste, solidez y plegabilidad. Es otro objetivo de la invención proporcionar un procedimiento alternativo de fabricación de un producto de plancha de aleación de Al-Mg-Mn en comparación con la vía de producción H3x.

**DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

Como se apreciará a continuación en el presente documento, a menos que se indique lo contrario, las designaciones de aleación de aluminio y de temple se refieren a las designaciones de la Asociación del Aluminio en las normas y datos de aluminio y los registros de inscripción, según lo publicado por la Asociación del Aluminio en 2016 y bien conocidas por los expertos en la materia.

En cuanto a la descripción de composiciones de aleación o composiciones de aleación preferidas, todas las referencias a porcentajes son en porcentaje en peso a menos que se indique lo contrario.

Los términos "hasta" y "hasta aproximadamente", como se emplean en el presente documento, incluyen explícitamente, pero sin carácter restrictivo, la posibilidad de que el porcentaje en peso del componente aleante particular al que se refiere sea cero. Por ejemplo, hasta un 0,1 % de Zn puede incluir una aleación que no tenga Zn.

Como se usa en el presente documento, el término "aproximadamente" cuando se emplea para describir un intervalo composicional o cantidad de una adición aleante significa que la cantidad real de la adición aleante puede variar de la cantidad nominal prevista debido a factores tales como variaciones de procesamiento estándar según lo entienden los expertos en la materia.

Este y otros objetivos y ventajas se cumplen o superan con la presente invención al proporcionar esta un procedimiento de fabricación de un producto laminado de aleación de aluminio resistente al desgaste, para ser idealmente utilizado en volquetes o cuerpos de volquete, que comprende las siguientes etapas:

(a) proporcionar una materia prima de laminación de una aleación de aluminio que tenga una composición que comprenda, en % en peso,

Mg 4,20 % a 5,5 %

Mn 0,50 % a 1,1 %

Fe hasta 0,40 %, preferentemente hasta 0,30 %,

Si hasta 0,30 %, preferentemente hasta 0,20 %,

Cu hasta 0,20 %, preferentemente hasta 0,1 %,

Cr hasta 0,25 %

Zr hasta 0,25 %

Zn hasta 0,30 %, preferentemente hasta 0,1 %,

Ti hasta 0,25 %, preferentemente de 0,005 % a 0,10 %,

impurezas inevitables, individualmente como máximo el 0,05 %, en total como máximo el 0,02 %, y el resto es aluminio;

(b) calentar la materia prima de laminación a una temperatura comprendida entre 475 °C y 535 °C; opcionalmente, se realiza un tratamiento de homogeneización por separado antes de calentar la materia prima de laminación a dicho intervalo de temperatura;

(c) laminar en caliente la materia prima en una o más etapas de laminación hasta conseguir un calibre intermedio comprendido entre 15 mm y 40 mm, preferentemente entre 15 mm y 30 mm, y donde preferentemente la temperatura de salida del laminador varíe entre 370 °C y 495 °C;

(d) laminar en caliente la materia prima desde un calibre intermedio en una o más etapas de laminación hasta un calibre final comprendido entre 3 mm y 15 mm, donde la temperatura promedio de la materia prima laminada en caliente cuando la materia prima se introduce en la etapa de proceso (d) se mantiene en el intervalo de 370 °C a 495 °C, donde la temperatura de salida del laminador varía entre 130 °C y 285 °C, y donde después de la laminación en caliente hasta conseguir el calibre final, el procedimiento no tiene ninguna etapa(s) de laminación en frío; y

(e) enfriar, preferentemente por aire, la materia prima laminada en caliente con el calibre final desde la temperatura de salida del laminador hasta la temperatura ambiente, donde después de laminar la materia prima en caliente hasta conseguir el calibre final y después de enfriar a la temperatura ambiente, el producto de aleación de aluminio no se somete a ningún otro tratamiento térmico, y almacenar.

La materia prima enfriada con el calibre final es adecuada para operaciones de acabado, tales como nivelación para mejorar la planicidad del producto, recorte de bordes y corte longitudinal, y corte a medida. Opcionalmente, se podría aplicar un recocido de recuperación.

El procedimiento según la presente invención permite fabricar productos de plancha de Al-Mg-Mn que tengan un límite elástico de tracción de al menos 215 MPa, una resistencia a la rotura traccional de al menos 320 MPa y una dureza de al menos 100 HB. El procedimiento según la presente invención permite fabricar productos de plancha de Al-Mg-Mn que tengan una muy buena resistencia al desgaste. Además, el procedimiento permite fabricar productos de plancha de Al-Mg-Mn que tengan una muy buena plegabilidad, en particular permite conseguir ángulos de plegado de más de 90° con radios de plegado de 3,5 veces, y preferentemente de 3 veces, el espesor del material. La plegabilidad es un parámetro importante, ya que permite moldear o formar productos que usan el producto de plancha de Al-Mg-Mn con formas específicas sin tener que soldar.

Estas propiedades se logran en un proceso de fabricación más eficiente ya que no se necesita ninguna operación de laminación en frío de la materia prima para obtener un calibre inferior. Tampoco es necesario ningún tratamiento térmico de recocido final, en particular recocido por lotes, después de una operación de laminación en frío como se requiere en la técnica anterior para obtener un temple H3x tal como H32 y H34. El procedimiento de la presente invención se puede llevar a la práctica de manera más económica para proporcionar un producto de plancha que tenga propiedades metalúrgicas equivalentes o superiores.

La aleación de Al-Mg-Mn se puede proporcionar como lingote o bloque para fabricación de materia prima de laminación utilizando técnicas de colada comunes en la técnica para productos colados, por ejemplo, colada con enfriamiento directo, colada en un campo electromagnético, colada con agitación electromagnética, y preferentemente con un espesor de lingote de aproximadamente 220 mm o más, por ejemplo, 400 mm, 500 mm o 600 mm. En otra realización, también se pueden usar bloques de calibre pequeño resultantes de colada continua, por ejemplo, de moldeadores de cinta o moldeadores de rodillos, y que tienen un espesor de hasta aproximadamente 40 mm. Después de colar la materia prima de laminación, el lingote grueso recién colado normalmente se descostra para eliminar las zonas de segregación cerca de la superficie colada del lingote.

El precalentamiento previo a la laminación en caliente se lleva a cabo a una temperatura que varía entre 475 °C y 535 °C. En cualquier caso, el precalentamiento disminuye la segregación de elementos aleantes en el material recién colado. Se pueden precipitar intencionalmente y en múltiples etapas Zr, Cr y Mn para controlar la microestructura de la materia prima de salida del laminador. Si el tratamiento se lleva a cabo por debajo de aproximadamente 475 °C, el efecto de homogeneización resultante es inadecuado. Si la temperatura supera los 535 °C, puede producirse una fusión eutéctica que ocasione la formación indeseada de poros. El tiempo preferido del tratamiento de precalentamiento mencionado varía entre 1 y 24 horas, por ejemplo, 8 horas o 18 horas. La laminación en caliente comienza preferentemente a una temperatura superior a 500 °C.

En una primera operación de laminación en caliente, la materia prima calentada se somete a laminación parcial en caliente en una o más pasadas utilizando puestos de laminador reversible o no reversible que sirven para reducir el espesor de la materia prima hasta un intervalo de calibre de 15 a 40 mm, y preferentemente de 15 a 30 mm, y más preferentemente de 15 a 25 mm. La laminación parcial comienza preferentemente a una temperatura de 500°C o más. Preferentemente, la temperatura del proceso de laminación en caliente debería controlarse de manera que, después de la última pasada de laminación, la temperatura de salida del laminador de la materia prima varíe entre 370 °C y 495 °C. Un límite inferior más preferido es 400 °C. Un límite superior más preferido es 465 °C.

A continuación, después de la laminación parcial en caliente, la materia prima se suministra a un laminador para laminación de acabado en caliente en una o más pasadas hasta obtener un calibre final que varíe entre 3 y 15 mm, por ejemplo, 7 mm o 10 mm. La operación de laminación de acabado en caliente se puede llevar a cabo, por ejemplo, utilizando un laminador reversible o un laminador en tándem. En general, el espesor de la materia prima de laminación colada se reduce normalmente (tomando las etapas de procesamiento (c) y (d) juntas) en al menos 65 %, y más normalmente entre 80 % y 99 %. La temperatura promedio de la materia prima laminada en caliente cuando la materia prima se introduce en la etapa de proceso (d) se mantiene en un intervalo de 370 °C a 495 °C. Un límite inferior más preferido es 400 °C. Un límite superior más preferido es 465 °C.

Es importante controlar la temperatura de salida del laminador de la materia prima laminada para llegar al equilibrio deseado de las propiedades metalúrgicas, y se debe controlar la temperatura del laminador de tal manera que, después de la última pasada de laminación, la temperatura de salida del laminador de la materia prima esté comprendida entre 130 °C y 285 °C. Un límite inferior preferido es 150 °C, y más preferentemente 175 °C. Un límite superior preferido es 275 °C, y más preferentemente 250 °C, y más preferentemente 235 °C. A una temperatura de salida demasiado baja de la materia prima, la solidez y la dureza del producto final serán demasiado elevadas y afectarán negativamente la plegabilidad. Una temperatura de salida demasiado baja también puede afectar negativamente el funcionamiento de enrollado de la materia prima durante la operación de laminación, así como también durante la operación de acabado posterior. Por otra parte, a temperaturas de salida demasiado elevadas, al menos la solidez y la dureza de la materia prima serán demasiado bajas y ofrecerán un equilibrio de propiedades desfavorable.

Después de la última etapa de laminación en caliente, la materia prima laminada en caliente con el calibre final se enfría a temperatura ambiente. En una realización preferida, el enfriamiento de la materia prima laminada en caliente con el calibre final desde la temperatura de salida del laminador hasta la temperatura ambiente durante la etapa de proceso (e) se lleva a cabo enrollando inmediatamente la materia prima laminada en caliente y dejando que se enfríe en un entorno a temperatura ambiente, y almacenándola.

Un control cuidadoso del proceso de laminación en caliente y del enfriamiento a temperatura ambiente da como resultado un producto de plancha de Al-Mg-Mn que tiene una microestructura completamente no recrystalizada y que proporciona el equilibrio requerido de propiedades, incluida la resistencia al desgaste o a la abrasión. Con el término «completamente no recrystalizada» se entiende que el grado de recrystalización de la microestructura no supera el 25 %, preferentemente no supera el 20 %, y más preferentemente no supera el 10 %.

En el producto de aleación de aluminio fabricado de acuerdo con el procedimiento de la invención, el contenido de Mg oscila entre 4,20 % y 5,5 % y forma el elemento de refuerzo principal de la aleación. Un límite inferior preferido para el contenido de Mg es 4,6 %, y más preferentemente 4,75 %, para proporcionar una mayor resistencia al desgaste.

5 Un límite superior preferido para el contenido de Mg es 5,3 %.

El contenido de Mn oscila entre 0,50 % y 1,1 % y es otro elemento aleante esencial. Un límite superior preferido para el contenido de Mn es 0,95 %, y más preferentemente 0,85 %, para proporcionar un equilibrio de solidez y plegabilidad.

10 Para controlar la microestructura del producto final, además de la adición de Mn, es preferible añadir intencionalmente Cr o Zr, cada uno hasta un 0,25 %, como elementos formadores de dispersoides. Una adición preferida de Cr varía entre 0,05 % y 0,25 %, y más preferentemente entre 0,05 % y 0,20 %. Cuando se agrega Cr intencionalmente, es preferible que el nivel de Zr no exceda el 0,05 %, y que sea preferentemente menor que 0,02 %.

15 El Ti es importante como refinador de grano durante la solidificación tanto de lingotes como de juntas soldadas producidas utilizando el producto de aleación de la invención. Los niveles de Ti no deben exceder 0,25 %, y el intervalo preferido para Ti es de 0,005 % a 0,10 %. El Ti se puede agregar como un elemento único, o con boro o carbono, que contribuyen con el colado controlando el tamaño del grano.

20 En una realización de la invención, la aleación de Al-Mg-Mn consiste en, en % en peso: Mg 4,20 % a 5,5 %, Mn 0,50 % a 1,1 %, Fe hasta 0,40 %, Si hasta 0,30 %, Cu hasta 0,20 %, Cr hasta 0,25 %, Zr hasta 0,25 %, Zn hasta 0,30 %, Ti hasta 0,25 %, impurezas inevitables, individualmente como máximo el 0,05 %, en total como máximo el 0,02 %, y el resto es aluminio; y se prefieren intervalos composicionales más estrechos como se describe y reivindica en el presente documento.

25 El procedimiento según la presente invención permite fabricar material de plancha de Al-Mg-Mn con una composición como la descrita y reivindicada en este documento y con un límite elástico de tracción en la dirección LT de al menos 215 MPa, preferentemente de al menos 240 MPa, y más preferentemente de al menos 255 MPa. La resistencia a la rotura traccional en la dirección LT es de al menos 320 MPa, y preferentemente de al menos 340 MPa, y más preferentemente de al menos 360 MPa. La dureza es de al menos 100 HB. La resistencia al desgaste medida en una prueba de muela abrasiva utilizando un dispositivo de prueba Erichsen-317 (ISO 8251) es inferior a 0,045 g/mm, y preferentemente inferior a 0,042 g/mm, y más preferentemente inferior a 0,040 g/mm. La resistencia al desgaste medida mediante una prueba con medidor de desgaste por abrasión Taber es inferior a 0,410 mg/rev, y preferentemente inferior a 0,407 mg/rev. La plegabilidad según la norma DIN-EN-ISO 7438 del material de plancha es que tiene ángulos de plegado superiores a 90° con radios de plegado de 3,5 veces o más el espesor del material, y preferentemente de 3 veces o más el espesor del material.

El material de plancha resistente al desgaste obtenido mediante el procedimiento según la presente invención es ideal para ser utilizado en suelos y/o lados de volquetes o cuerpos de volquete en camiones y vehículos agrícolas, e idóneo para el transporte a granel de una amplia variedad de productos, por ejemplo, arena, tierra, grava, betún y productos cosechados como granos de maíz, maíz y patatas.

40 También se describe en el presente documento un volquete o cuerpo de volquete que incorpora en su suelo o lados al menos un producto de plancha de aleación de aluminio obtenido mediante el procedimiento según la presente invención.

También se describe en el presente documento el uso de un producto de plancha de aleación de aluminio obtenido mediante el procedimiento según la presente invención en un volquete o cuerpo de volquete, incorporándose dicho producto de plancha en su suelo o lado(s).

50 La Fig. 1 muestra un ejemplo de camión volquete con un chasis 2 y una cabina 1. El chasis 2 soporta un bastidor auxiliar 3. El bastidor auxiliar 3 soporta un cuerpo de volquete 4, una bisagra 5 acopla el cuerpo de volquete 4 al bastidor auxiliar 3. En esta configuración, el cuerpo de volquete 4 tiene un voladizo 6 en la parte trasera de la bisagra 5, de modo que se extienda a lo largo de una distancia hacia atrás desde el chasis 2. En la parte trasera del camión, se proporciona un parachoques 8 y una puerta 7 cierra el volquete 4. La Fig. 2 muestra el camión volquete de la Fig. 1 donde el cuerpo de volquete 4 se ha inclinado.

La invención se ilustrará ahora con referencia a realizaciones no restrictivas según la invención.

## 60 EJEMPLO

El producto de plancha obtenido mediante el procedimiento según la presente invención se compara con productos de plancha disponibles en el mercado. Las aleaciones N.º 1, 2 y 3 son productos comparativos y la aleación N.º 4 está fabricada según la presente invención. Los productos de plancha de aleación N.º 1, 2 y 3 tenían un espesor de 8 mm, 7 mm y 10 mm respectivamente, y todos tenían un temple H34. La plancha de aleación N.º 4 tenía un espesor de 7 mm.

La Tabla 2 enumera la composición nominal de los productos de plancha probados. La aleación N.º 1 es la composición nominal de una aleación AA5456 disponible en el mercado. La aleación N.º 2 es la composición nominal de una aleación AA5083 disponible en el mercado. La aleación N.º 3 es la composición nominal de una aleación AA5383 disponible en el mercado. La aleación N.º 4 es la composición nominal de una aleación utilizada para fabricar un producto de plancha según la invención. Según la invención, la aleación N.º 4 había sido colada con enfriamiento directo en un lingote de laminación, descostrado y calentado durante aproximadamente 28 horas a 510 °C, cuya temperatura era también la temperatura de entrada del laminador y laminado en un laminador parcial hasta conseguir un calibre intermedio de 18 mm y con un temperatura de salida de aproximadamente 450 °C. Posteriormente, se laminó hasta llegar a 7 mm en un laminador reversible usando una temperatura de entrada de 450 °C y una temperatura de salida de aproximadamente 230 °C e inmediatamente se enrolló a esta temperatura para su enfriamiento a temperatura ambiente. El material de plancha tenía una microestructura completamente no recrystalizada. A temperatura ambiente, el producto de plancha se desenrolló, niveló y cortó a medida.

**Tabla 2.** Composiciones de aleación, en % en peso, resto impurezas y aluminio.

	Aleación	Mg	Mn	Si	Fe	Cu	Cr	Zn	Ti
Comp.	1	4,95	0,61	0,11	0,29	0,01	0,1	0,01	0,02
	2	4,60	0,54	0,22	0,40	0,02	0,09	0,02	0,02
	3	4,82	0,81	0,10	0,20	0,05	0,07	0,07	0,02
Inv.	4	5,0	0,64	0,14	0,14	0,03	0,08	0,02	0,03

Para los cuatro productos de plancha, las propiedades mecánicas en la dirección LT se habían probado de acuerdo con la norma DIN EN 10002, donde  $R_m$  es la resistencia a la rotura traccional,  $R_{0,2}$  es el límite elástico de tracción y  $A$  el alargamiento a la rotura. Los resultados se enumeran en la Tabla 3.

En la Tabla 3 se enumera la resistencia al desgaste de los productos de plancha medida según dos procedimientos de prueba. La prueba de resistencia al desgaste de muela abrasiva se realizó usando un dispositivo de prueba Erichsen-317 (ISO 8251) que incluye una muela cubierta con papel abrasivo que se mueve hacia adelante y hacia atrás sobre una muestra de prueba aplicando una fuerza definida. Se define el grado del papel abrasivo y se utiliza el mismo para todas las muestras. Se definió la pérdida de peso después de 10.000 recorridos dobles con papel de lija de grado 60 y se refiere al ancho del papel abrasivo como pérdida de masa por mm (g/mm). En otra prueba de resistencia al desgaste, las muestras se analizaron utilizando una configuración estandarizada según Taber, donde dos ruedas abrasivas con una superficie específica giran con una fuerza definida sobre una muestra de material giratoria. Las dos ruedas abrasivas giran en direcciones opuestas, lo que significa que la abrasión del material se produce de forma transversal. La pérdida de peso se mide después de 2.000 revoluciones y se refiere al número de ciclos (revoluciones) como pérdida de masa por revolución (mg/rev). Los parámetros de prueba aplicados fueron: 60 revoluciones/min, número de revoluciones 2.000 (resultando en un recorrido de deslizamiento de 400 m), fuerza aplicada 10N, temperatura ambiente, humedad relativa del aire 25 %, tipo de movimiento: rodante, radio de la pista de fricción: 31,75 mm ( $U=200$  mm), rodillo de fricción H-18, para cada serie de pruebas se utilizaron nuevos rodillos de fricción.

También se había probado la plegabilidad de todos los productos de plancha de acuerdo con la norma DIN-EN-ISO 7438. Las planchas de aleación N.º 1, 2 y 3 tenían ángulos de plegado de más de 90° con radios de plegado de 4,5 veces o más el espesor del material, mientras que la plancha de aleación N.º 4 tenía un ángulo de plegado de más de 90° con un radio de plegado de 3,5 veces el espesor del material y, en los mejores ejemplos, incluso de menos de 3.

**Tabla 3.** Resultados de las pruebas mecánicas (en dirección LT) y de resistencia al desgaste.

Aleación N.º	LT- $R_p$ 0,2 [MPa]	L- $R_m$ [MPa]	LT-A [%]	Dureza [HB]	Prueba de muela abrasiva [g/mm]	Medidor de desgaste por abrasión Taber [mg/rev]	Factor de plegado <sup>1</sup>
1	277	376	15	107	0,051	0,429	>4,5
2	226	322	16	89	0,061	0,461	>4,5
3	244	359	19	102	0,061	0,441	>4,5
4	262	370	20	106	0,038	0,376	3
<sup>1</sup> Radio de plegado = factor de plegado x espesor del material							

A partir de los resultados de la Tabla 3 se observa que el material de plancha fabricado según la invención tiene

5 propiedades mecánicas similares o mejores que el material de referencia con temple H34 en combinación con una resistencia al desgaste significativamente mayor. También la plegabilidad de la aleación N.º 4 es significativamente mejor, lo que da como resultado una conformabilidad mejorada. Si se lleva a cabo un control cuidadoso de la laminación en caliente, gracias al procedimiento según la presente invención no es necesario realizar ninguna operación de laminación en frío. También se supera la necesidad de realizar cualquier tratamiento de recocido final después de una operación de laminación en frío.

10 El material de plancha resistente al desgaste obtenido mediante el procedimiento según la presente invención es ideal para ser utilizado en suelos y/o lados de volquetes o cuerpos de volquete en camiones y vehículos agrícolas, e idóneo para el transporte a granel de una amplia variedad de productos.

La invención no se limita a las realizaciones descritas anteriormente, que se pueden variar en gran medida dentro del alcance de la invención según se define en las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de un producto laminado de aleación de aluminio resistente al desgaste que comprende las siguientes etapas:

(a) proporcionar una materia prima de una aleación de aluminio que tenga una composición que comprenda, en % en peso,

Mg de 4,20 % a 5,5 %

Mn de 0,50 % a 1,1 %

Fe hasta 0,40 %

Si hasta 0,30 %

Cu hasta 0,20 %

Cr hasta 0,25 %

Zr hasta 0,25 %

Zn hasta 0,30 %

Ti hasta 0,25 %, impurezas inevitables, individualmente como máximo el 0,05 %, en total como máximo el 0,02 %, y el resto es aluminio;

(b) calentar la materia prima de laminación a una temperatura que varía entre 475 °C y 535 °C;

(c) laminar en caliente la materia prima en una o más etapas de laminación hasta conseguir un calibre intermedio comprendido entre 15 mm y 40 mm, preferentemente entre 15 mm y 30 mm, y donde preferentemente la temperatura de salida del laminador varíe entre 370 °C y 495 °C;

(d) laminar en caliente la materia prima desde un calibre intermedio en una o más etapas de laminación hasta un calibre final comprendido entre 3 mm y 15 mm, donde la temperatura promedio de la materia prima laminada en caliente cuando la materia prima se introduce en la etapa de proceso (d) se mantiene en un intervalo de 370 °C a 495 °C, donde la temperatura de salida del laminador varía entre 130 °C y 285 °C, y donde después de la laminación en caliente hasta conseguir el calibre final, el procedimiento no tiene ninguna etapa(s) de laminación en frío;

(e) enfriar la materia prima laminada en caliente con el calibre final desde la temperatura de salida del laminador hasta la temperatura ambiente, donde después de laminar la materia prima en caliente hasta conseguir el calibre final y después de enfriar a la temperatura ambiente, el producto de aleación de aluminio no se somete a ningún otro tratamiento térmico.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde el enfriamiento de la materia prima laminada en caliente con el calibre final desde la temperatura de salida del laminador hasta la temperatura ambiente se realiza enrollando la materia prima laminada en caliente.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, donde durante la etapa (c) la temperatura de salida del laminador varía entre 400 °C y 465 °C.

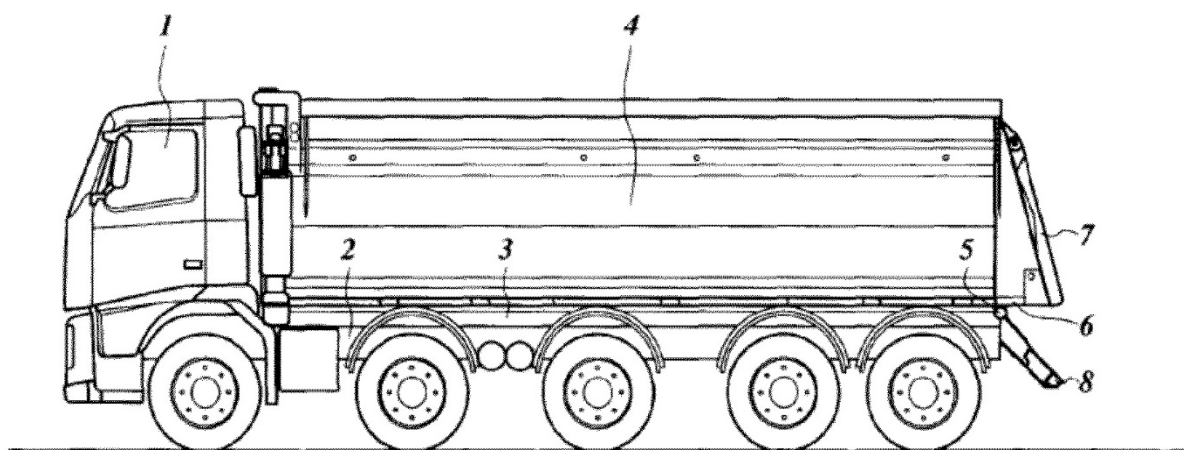
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde durante la etapa (d) la temperatura de salida del laminador varía entre 175 °C y 250 °C.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde después del enfriamiento a temperatura ambiente, la materia prima enfriada con el calibre final se somete a una operación de acabado tal como nivelación, recorte de bordes y corte longitudinal.

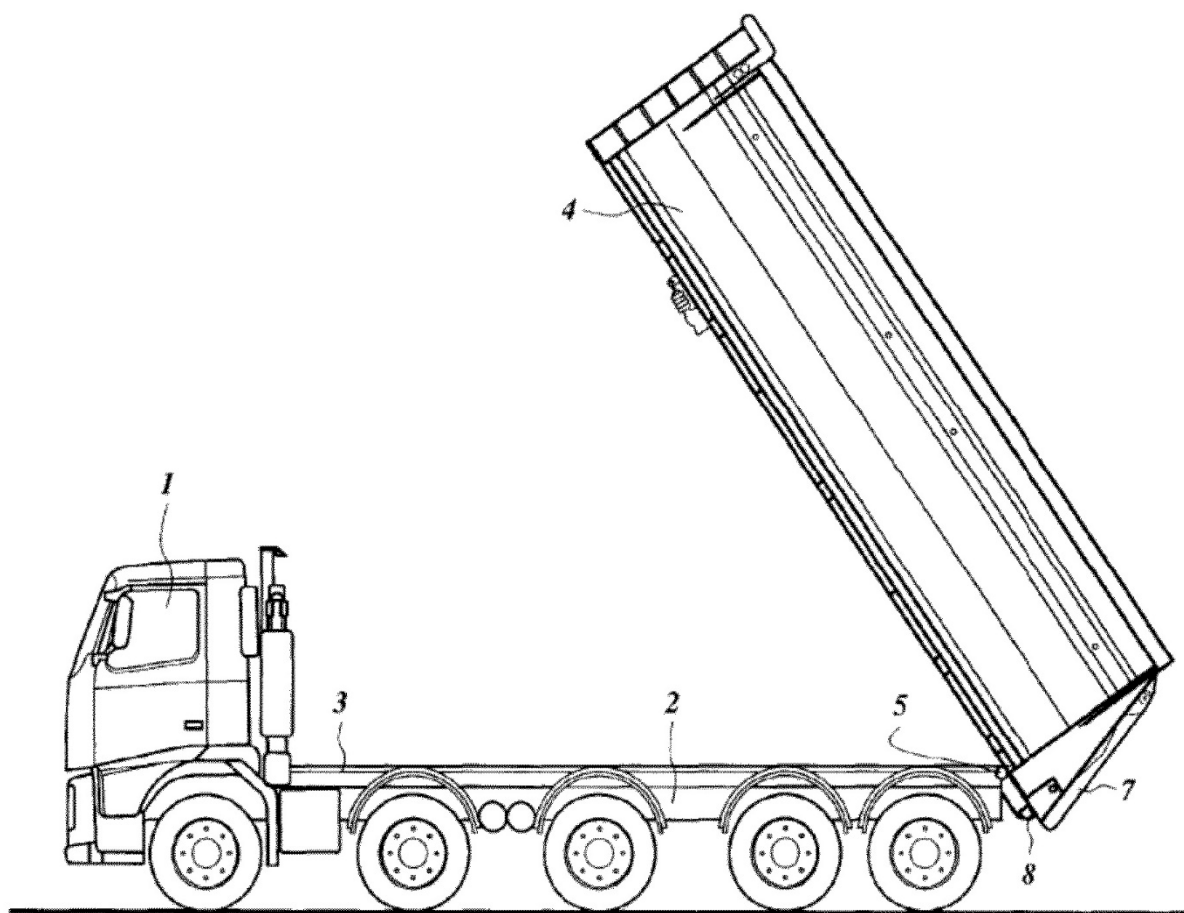
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde la aleación de aluminio tiene un contenido de Mn de como máximo 0,95 %, y preferentemente de como máximo 0,85 %.

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde la aleación de aluminio tiene un contenido de Mg de al menos 4,6 %, y preferentemente de al menos 4,75 %.

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde la aleación de aluminio tiene un contenido de Cr comprendido entre 0,05 % y 0,20 %.



*Fig. 1*



*Fig. 2*