



AGO. 1967

343911

P A T E N T E

D E

I N V E N C I O N

343911

por "UN METODO PARA COMPONER UN ARTICULO DE METAL ALUMINOSO FORJADO", a favor de la firma REYNOLDS METALS COMPANY, residente en 6601, West Broad Street, Henrico County, Richmond Post Office, Virginia (EE.UU.).

= . =

MEMORIA DESCRIPTIVA

Este invento se refiere a la producción de artículos de metal aluminoso forjado, por laminación, y más especialmente a la producción de artículos y estructuras de chapa de calibre ligero, incluida lámina, a partir de una aleación de aluminio especialmente apta para este fin.

5.

Como se ha explicado en nuestra solicitud copendiente Nº 314.849, se ha descubierto que una adición, cuidadosamente regulada, de hierro a una base de aluminio de pureza comercial, para impartir un contenido de hierro de 0,6 a 1,2% en peso, da una aleación que puede laminarse en

10.



343911

- frío directamente para fomar calibres de lámina; y se ha comprobado también que asimismo es beneficiosa la laminación del contenido de cobre en dichas aleaciones de aluminio e hierro. Esto es un resultado inesperado y sorprendente, por varios
5. motivos. En principio, la adición de hierro más allá de una pequeña fracción porcentual (para fines de refinamiento del grano) se considera de ordinario indeseable, por suscitar fragilidad; y particularmente en las aleaciones compuestas casi por entero de aluminio, no cabía esperar que el uso del
10. hierro como adición principal de aleación diera por resultado un material apto para las grandes reducciones de laminación concurrentes en la producción de chapa o lámina de calibre ligero. Complementariamente, un tipo de aleación que se utiliza de ordinario para la producción de lámina contiene
15. típicamente alrededor de 0,10-0,20% de cobre para conseguir las deseadas propiedades de la lámina en su condición revenida. Así pues, la adición de hierro y la restricción del cobre en las aleaciones de aluminio para lámina es contraria a la práctica anterior en este aspecto.
20. No obstante lo improbable que pareciera entonces la utilidad de añadir hasta 1,2% de hierro, se ha descubierto ahora, todavía más sorprendentemente, que las aleaciones que tienen un contenido de hierro hasta 2,5% se labran también
25. ventajosamente por laminación en frío y, además, tales aleaciones, junto con las ya descritas en la citada solicitud, pueden utilizarse ventajosamente no solo en la producción de láminas, sino también en la producción de otros artículos de metal forjado, más especialmente artículos de calibre

343911



ligero, tales como cuerpos de potes, casquillos para frascos y material relaminado enrollable, y se han desarrollado valio sas técnicas para la fabricación de tales artículos.

- Las aleaciones de aluminio-hierro aptas para los
5. fines de este invento son en esencia sistemas binarios que contienen de 0,6% a 2,5% en peso de hierro, junto con elementos incidentales que ordinariamente se hallan presentes como impurezas en el aluminio de grado comercial de 99% a lo menos de pureza, preferentemente en la escala de 0,05 a 1,0% en
10. total. Tales aleaciones se producen convenientemente añadiendo la cantidad adicional necesaria de hierro al aluminio ordinario de celda de reducción, el cual contiene hasta 1,0% de impurezas incidentales tales como silicio, hierro, cobre, manganeso, magnesio, cromo, níquel, zinc y titanio, de pre-
15. ferencia dentro de los límites individuales de 0,25% a lo sumo de silicio, 0,10% a lo sumo de zinc, no más de 0,10% de cobre (lo más preferentemente, un máximo de 0,05% de cobre) y los otros, salvo el hierro, hasta 0,05% de cada uno y 0,15% en total. Desde luego, la cantidad de hierro no es crítica,
20. puesto que será necesario añadir más hierro en todo caso.

Para fines de claridad, a continuación se explica la terminología usada en esta solicitud:

- Laminación en caliente.- Laminación efectuada
25. a temperatura altas, de ordinario para convertir la estructura colada de un lingote en una estructura forjada y para reducir el espesor del palastro resultante en preparación del laminado en frío para formar tira de calibre más ligero. Para



343911

- el aluminio y sus aleaciones, la temperatura del metal durante la primera parte, a lo menos, de la operación de laminado en caliente se halla bien por encima de la temperatura de recristalización; por ejemplo, es mayor de 600°F y de ordinario de 750° a 1000°F o más. La temperatura suele bajar a medida que se desarrolla la laminación en caliente, y la temperatura final suele ser menor que la temperatura de recristalización, por ejemplo de 400 a 500°F, de modo que se realiza algún trabajo en frío. Este trabajo es frío se llama trabajo en frío residual o equivalente y se designa como factor "E".
- 5.
- 10.

- Laminación en caliente.- Laminación efectuada a temperaturas inferiores a la temperatura de recristalización, para disminuir el espesor y causar el endurecimiento de la tira. La temperatura inicial del metal, para la laminación en frío, suele ser la temperatura ambiente o temperatura ligeramente más alta.
- 15.

- Revenido.- Un tratamiento térmico para realizar el reblandecimiento de una estructura labrada en frío, mediante recristalización, a lo menos parcial, o mediante anulación de las tensiones residuales.
- 20.

- La cantidad máxima de hierro en la aleación para los fines del invento se determina mediante factores tales como la formación de cristales primarios masivos de un compuesto intermetálico de hierro-aluminio (por ejemplo, FeAl₃) durante la colada, lo que desemboca en defectos de colada o en ductilidad excesivamente reducida para los fines de laminación; y el aumento del contenido de hierro conduce
- 25.

343911



5. eventualmente al deterioro de la resistencia a la corrosión en los productos forjados resultantes. Además, cuanto mayor es el contenido de hierro, tanto más difícil resulta utilizar la chatarra reciclizada (recuperada al hacer o fabricar la aleación) para la producción de otras aleaciones en que tenga que regularse el contenido de hierro, volviendo así menos atractivas en la práctica las aleaciones de mayor contenido de hierro.

10. He aquí unos ejemplos de la práctica de este invento:

EJEMPLO 1

15. (a) Se produjo un lingote que medía aproximadamente 16" x 50" x 160" con una aleación que tenía la composición 0,08 de Si, 0,87 de Fe, 0,02 de Cu, 0,013 de Mn, 0,02 de Zn y el resto aluminio. Se desincrustó el lingote, se le calentó a unos 950-1000°F y se le laminó en caliente hasta un espesor de 0,125" aproximadamente. Luego se le laminó en frío en un laminador de 3 bastidores hasta 0,023". Empleando las prácticas convencionales de laminación de

20. lámina, se sometió la tira de 0,023" a revenido en rollo (a 700°F) por unas 6 horas, se la laminó en frío formando lámina en pasadas sucesivas de 0,023" a 0,0099", a 0,0062", a 0,0030", a 0,0011", a 0,00062" y, por último, en una pasada dobladora (dos espesores), hasta 0,00029" aproximadamente.

25. Luego se sometió la lámina a revenido seco en forma de rollo (a 775°F) por unas 10 a 11 horas. En las diversas fases, la lámina manifestó las propiedades siguientes:



343911

	<u>Calibre</u>	<u>Resistencia a la tracción</u>	<u>Porcentaje de alargamiento</u>
	0.023" (revenido)	12,500 psi	29.8
	0.0099"	21,700	3.5
	0.0062"	23,100	2.8
5.	0.0030"	24,900	2.0
	0.0011"	26,300	1.6
	0.00062"	25,400	2.8
	0.00029"	24,400	1.4
10.	Después del revenido final (alrededor de 0,0003" de calibre)		

15. (b) Del mismo modo, una muestra adicional de la tira revenida de 0,023" se laminó en frío sucesivamente hasta 0,012", 0,0056", 0,0033", 0,0017" y, por último, en una pasada dobladora (dos espesores), hasta 0,0007". La lámina resultante se sometió a revenido alisador (525-550°F por unas dos horas). Las propiedades de la lámina en las diversas fases son las que se indica a continuación:

343911



100

<u>Calibre</u>	<u>Redistencia a la tracción</u>	<u>Porcentaje de alargamiento</u>
0.023" (revenido)	13,900 psi	33.8
0.012"	20,800	1.6
0.0056"	24,800	2.6
5. 0.0033"	26,200	2.9
0.0017"	26,500	3.1
0.0007"	25,200	1.3
Después de revenido final (0,0007")	11,700	5.5

10. De los datos anteriores resulta fácil de ver que en ambos casos la aleación manifestó un coeficiente muy bajo de endurecimiento de trabajo en reducciones grandes de trabajo en frío.

EJEMPLO 2

15. La aleación del Ejemplo 1 respondió tan bien a la elaboración convencional, que se decidió intentar una práctica modificada, omitiendo todo revenido de la tira laminada en frío de 0,023" antes de la operación de laminación de la lámina.

20. Se preparó un lingote de 20" x 66" x 93" de la composición 0,07 de Si, 0,80 de Fe, 0,01 de Cu y el resto en esencia aluminio (Mn, Mg, Cu, Ni, Zn y Ti, menos de



343911

- 0,02 de cada uno). Se redujo el lingote a un calibre de línea caliente de 0,100" aproximadamente, se revino a 750-800°F por unas 2 horas, se laminó en frío en dos pasadas hasta 0,023" y luego se laminó directamente en lámina por reducciones sucesivas de laminación en frío hasta 0,0109", 0,0077", 0,0033", 0,0014" y 0,00065". La curva de endurecimiento de trabajo resultó ser esencialmente plana y no se halló dificultad ninguna en las operaciones de laminación en frío. La lámina se revino a 525-55°F. La lámina demostró tener en las diversas fases las propiedades siguientes:

	<u>Calibre</u>	<u>Resistencia a la tracción</u>	<u>Porcentaje de alargamiento</u>
	0.023" (no revenido)	23,800 psi	4.0
	0.0109"	24,900	3.6
	0.0077"	25,500	4.0
15.	0.0033"	26,100	5.0
	0.0014"	25,700	4.2
	0.00065"	24,700	2.9
	Después de revenido final †		
20.	(alrededor de 0,0065")	11,500	5.0

† Resistencia Mullen al estallido, 16,5 psi.

EJEMPLO 3

La aleación del Ejemplo 2 respondió tan bien, que se decidió intentar una práctica todavía más simplificada,

343911



omitiendo el revenido tanto del calibre de la línea caliente como de la tira de 0,023" laminada en frío. Se preparó un lingote de 20" x 66" x 193" con la composición de 0,08 de Si, 0,84 de Fe, 0,03 de Cu y el resto en esencia aluminio (Mn, Mg, Cu, Ni, Zn, y Ti, menos de 0,02 de cada uno). Se le redujo a un calibre de línea caliente de 0,100" aproximadamente, se le laminó en frío en dos pasadas hasta 0,023" y luego se le laminó directamente en lámina con reducciones sucesivas, por laminado en frío, hasta 0,012", 0,0077", 0,0038", 0,0014" y 0,00073". La curva de endurecimiento de trabajo resultó esencialmente plana y no hubo dificultad en las operaciones de laminación en frío. La lámina de 0,00073" se revino a 525-550°F por unas dos horas. Resultó tener, en las varias fases que se indican, las propiedades siguientes:

15.	<u>Calibre</u>	<u>Resistencia a la tracción</u>	<u>Porcentaje de alargamiento</u>
	0.012"	31,200 psi	4.4
	0.0077"	31,800	4.3
	0.0038"	32,300	4.3
	0.0014"	28,500	4.4
20.	0.00073"	31,500	2.1
	Después de revenido final †	(alrededor de 0,0007")13,000	4.5

† Resistencia Mullen al estallido, 18 psi.



343911

- La resistencia a la tracción en estado revenido, algo mayor respecto a la de los Ejemplos anteriores, se debió a la estructura muy orientada resultante de la eliminación del revenido intermedio. Los espectros de difracción a los rayos X mostraron que la recristalización no se había efectuado por completo con el tratamiento de revenido final. Esta característica puede utilizarse con ventaja en productos que requieran mayor resistencia, tales como recipientes (por ejemplo, potes), aletas (para cambiadores de calor) y compuestos de chapa laminada.
- 5.
- 10.

EJEMPLO 4

- Siguiendo el procedimiento del Ejemplo 3, se obtuvieron resultados semejantes utilizando calibres de línea caliente de 0,110" y 0,125", también sin ningún tratamiento térmico intermedio.
- 15.

EJEMPLO 5

- Para investigar el efecto de cantidades todavía mayores de hierro, se realizaron pruebas adicionales con aleaciones A y B que contenían, respectivamente, 1,36 y 1,60% de hierro (con 0,08 de Si, menos de 0,02 de Cu, Mn, Mg y Zn, y el resto en esencia Al). Unos rollos relaminados de chapa de 0,023" x 61-1/2" de anchura (que pesaba 22,258 libras y 12,628 libras, respectivamente) se revinieron y laminados en frío para formar chapa sin ulterior revenido. Se observó que la energía necesaria en el laminador caliente era alrededor del
- 20.
- 25.

343911



10% menor que la requerida para laminar la aleación de 0,87% de Fe (Véase el Ejemplo 1).

La lámina mostró las propiedades siguientes, en las diversas etapas que aqui se indican:

5.	<u>Calibre</u>	<u>Resistencia a la tracción</u>	<u>Porcentaje de alargamiento</u>
		<u>Aleación A (1,37% de Fe)</u>	
	0.023" (revenido)	13,900 psi	36.0
	0.0096"	23,500	4.3
	0.0072"	24,600	4.1
10.	0.0033"	25,300	3.8
	0.0014"	28,100	3.3
		<u>Aleación B (1,60% de Fe)</u>	
	0.023" (revenido)	14,900 psi	40.2
	0.010"	23,800	3.7
15.	0.005"	26,200	3.6
	0.0034"	26,200	3.2
	0.0015"	25,800	2.9

El producto final de lámina revenida tenía las propiedades siguientes:

343911



	<u>Calibre</u>	<u>Resistencia a la tracción (en psi)</u>	<u>Porcentaje de alargamiento</u>	<u>Resistencia Mullen al estallido</u>
5.	Aleación A (1,37% de Fe)	0.00067	7.6	20.6 psi
	Aleación B (1,60% de Fe)	0.00066	6.5	24.2 psi

EJEMPLO 6

Para mostrar la versatilidad de las prácticas de este invento en aplicación a otros productos forjados de calibre ligero, una técnica típica para fabricar potes estirados y planchados a base de aleación de aluminio 3004 implica laminar hasta un calibre de línea caliente de 0,105" aproximadamente, laminar en frío hasta 0,0275", revenir, laminar en frío hasta 0,0195", aliviar la tensión y luego formar un cuerpo de pote. En contraste, a causa del coeficiente de endurecimiento de trabajo, esencialmente nulo, de las aleaciones de Al-Fe a niveles elevados de trabajo, este invento permite una práctica considerablemente simplificada, que implica laminar en caliente hasta alrededor de 0,125", laminar en frío hasta 0,0195", sin revenido preliminar ni intermediario, y formar luego directamente un cuerpo de pote sin alivio previo de la tensión; o bien, en alternativa, cuando el revenido de la tira de 0,125" se considera deseable para reducir al mínimo el zarcillo del pote estirado, se le puede incluir mientras se omite todavía cualquier tratamiento térmi-



343911

co consecutivo en el curso de las operaciones de laminación en frío. Ejemplos adicionales para producir material para potes y similares son los siguientes:

EJEMPLO 7

5. Se produce ordinariamente material para casquillos de frascos, en aleación de aluminio 3003-H12, por laminación en caliente hasta alrededor de 0,135", revenido, laminación en frío hasta alrededor de 0,024", nuevo revenido, laminación en frío hasta 0,013", revenido por tercera vez, laminación en frío en una tercera fase hasta 0,0095" y, por último, estiramiento formando un casquillo. De acuerdo con este invento, el procedimiento implica simplemente laminar en caliente hasta alrededor de 0,100", revenir, laminar en frío todo el tiempo hasta reducción a 0,008", sin ningún tratamiento térmico intermedio, y estirar formando un casquillo acabado.
- 10.
- 15.

EJEMPLO 8

- (a) Utilizando la misma aleación que en el Ejemplo 3, se produjo material enrollado, apto para fabricar potes y similares, por laminación en caliente del lingote hasta 0,100" de calibre de relaminación y laminación en frío hasta 0,023", sin revenido previo ni intermedio. Luego se aplanó la tira por laminación en frío hasta 0,0195" y, sin revenido ni alivio de la tensión, se la estiró formando potes.
- 20.



343911

(b) Del mismo modo, se realizó otra prueba que incluía revenir el material relaminado de 0,023", a 750°F y durante unas 2 horas, antes de la laminación en frío.

5. Las propiedades típicas de los potes producidos de la manera anterior figuran en la tabla que sigue:

	Resistencia a la tracción	Resistencia cedente	Porcentaje de alargamiento	Presión de pandeo	
				Antes del forrado	Después del forrado
	(a) 30,100	25,800	4.0	94	90
10.	(b) 23,900	20,500	3.3	78	—

EJEMPLO 9

15. Utilizando la misma composición de lingote que en el Ejemplo 8 (también en el Ejemplo 3), se produjo material relaminado por laminación en caliente hasta 0,125" (en vez de 0,100" como en el Ejemplo anterior), seguida por laminación en frío en un laminador de tres bastidores, hasta 0,023" (también sin revenido). Luego se aplanó la tira por laminación en frío hasta 0,0195" y, sin revenido ni alivio de la tensión, se la estiró en cuerpos de potes. Asi pues, la única diferencia en la práctica resultó ser en esencia mayor calibre de línea caliente en comparación con el Ejemplo 8 (a).
20. Las propiedades típicas de los potes fueron las siguientes:

343911



<u>Resistencia</u> <u>a la tracción</u>	<u>Resistencia</u> <u>cedente</u>	<u>Porcentaje</u> <u>de alarga-</u> <u>miento</u>	<u>Antes del</u> <u>fornado</u>	<u>Después</u> <u>del fo-</u> <u>rrado</u>
--	--------------------------------------	---	------------------------------------	--

- Por último, como indicación general del rendimiento efectivo de las aleaciones de Al-Fe y de las prácticas de fabricación del invento aplicadas a ellas, la laminación en frío de aluminio 1100 o 2S ordinario, a partir de un calibre de línea caliente de 0,125", requiere típicamente una reducción en tres pasos de 0,023" de calibre y también un tratamiento de revenido a 0,023" o algún otro calibre intermedio antes de proseguir hacia calibres de lámina más ligeros. En contraste, las aleaciones de aluminio-hierro del carácter que se ha descrito solo requieren correspondientemente dos etapas de laminación en frío de 0,125" a 0,023" (y ningún revenido antes de la laminación ulterior en lámina). Así pues, los calibres más gruesos de línea caliente pueden manipularse con eficacia en los laminadores fríos de hastidores múltiples.



343911

N O T A

Descrito el objeto del presente invento, se declaran nuevas y de propia invención las siguientes reivindicaciones con prioridad de la demanda de patente estadounidense número 573.776 del 8 de Agosto de 1.966.

5. 1.- Un método para componer un artículo de metal aluminoso forjado, caracterizado por comprender las etapas de incorporar hierro a aluminio de pureza comercial, para producir una aleación que tiene un coeficiente bajo de endurecimiento de trabajo, del orden de más del 90% de reducción, y
10. constituida, en el caso de la lámina, por 1,2 a 2,5% en peso de hierro o, en el caso de artículos distintos de la lámina, por 0,6 a 2,5% en peso de hierro y, en cada caso, por 0,05 a
- 16 1% en peso, en total, de impurezas incidentales del grupo compuesto por el silicio, el cobre, el manganeso, el magnesio, el cromo, el níquel, el zinc y el titanio, incluyendo a lo sumo 0,10% de cobre y siendo el resto aluminio; y acabar la aleación por labrado, incluyendo laminación en frío de la aleación hasta el calibre final.

343911



- 2.- Un método según la reivindicación 1, caracterizado por comprender la incorporación de hierro a aluminio de pureza comercial, para producir una aleación con un coeficiente bajo de endurecimiento de trabajo, del orden de más del 90% de reducción, y constituida por 0,6 a 2,5% en peso de hierro y 0,5 a 1,0% en peso, en total, de impurezas incidentales del grupo compuesto por el silicio, el cobre, el manganeso, el magnesio, el cromo, el níquel, el zinc y el titanio, incluyendo a lo sumo 0,10% de cobre y siendo el resto aluminio, y acabado de la aleación por labrado, incluyendo laminación en caliente de la aleación hasta un calibre de línea caliente apto para la laminación en frío en bastidores múltiples, y laminación de la aleación, a partir de dicho calibre de línea caliente, hasta un calibre de tira enrollable, en una pluralidad de pasadas de laminación en frío, sin revenir la aleación entre las pasadas sucesivas.
- 5.
- 10.
- 15.

- 3.- Un método según la reivindicación 2, caracterizado en que el citado acabado incluye la laminación de la tira enrollable para formar lámina, en una pluralidad de pasadas de laminación en frío sin revenir la tira entre las pasadas sucesivas.
- 20.

- 4.- Un método según la reivindicación 2, caracterizado en que el acabado en cuestión incluye la laminación de la aleación desde el calibre de línea caliente hasta formar la lámina en una pluralidad de pasadas de laminación en frío sin revenir la aleación entre las pasadas sucesivas.
- 25.



343911

5. 5.- Un método según la reivindicación 4, caracterizado en que el acabado en cuestión incluye la laminación de la aleación formando lámina, en una pluralidad de pasadas de laminación en frío a partir de calibre de línea caliente, en estado laminado, sin revenir la aleación entre las pasadas sucesivas.
10. 6.- Un método según la reivindicación 2, caracterizado por incluir el paso adicional de colar un lingote de la aleación en preparación de la citada laminación en caliente.
15. 7.- Un método según la reivindicación 2, caracterizado en que el acabado en cuestión incluye la laminación en frío de la aleación en una pluralidad de pasadas de laminación, para producir tira de 0,02" aproximadamente de espesor, y, sin ningún tratamiento térmico de la tira, la formación con ella de un cuerpo de pote por estiramiento y planchado de la tira, resultando un cuerpo de pote con un espesor de pared de 0,007" aproximadamente.
20. 8.- Un método según la reivindicación 7, caracterizado por incluir el paso de revenir la aleación en calibre de línea caliente antes de la laminación en frío, para reducir el zarcillo del cuerpo del pote durante la operación de estiramiento y planchado.
25. 9.- Un método para componer un artículo de metal aluminoso forjado.



343911

Según se describe y reivindica en la presente memoria descriptiva que consta de 19 páginas foliadas y escritas a máquina por una sola de sus caras.

Madrid, a *7 AGO. 1967

5.

p. a. JAIME ISERN

••

Firmado: ROGUE SANZ HERRERO