

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 702**

51 Int. Cl.:

C22C 21/00 (2006.01)

C22C 21/02 (2006.01)

C22C 21/06 (2006.01)

C22C 21/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.01.2016 PCT/US2016/013029**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.07.2016 WO16115120**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.01.2016 E 16708751 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019 EP 3245309**

54 Título: **Chapa de aluminio para automóviles altamente conformable con estriado de superficie reducido o nulo y método de preparación**

30 Prioridad:

12.01.2015 US 201562102124 P

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

11.12.2019

73 Titular/es:

**NOVELIS, INC. (100.0%)
3560 Lenox Road, Suite 2000
Atlanta, GA 30326, US**

72 Inventor/es:

**KAMAT, RAJEEV G.;
CUSTERS, DAVID;
GUPTA, ALOK y
DESPOIS, AUDE**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 734 702 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

Chapa de aluminio para automóviles altamente conformable con estriado de superficie reducido o nulo y método de preparación

5

Campo

La presente invención se refiere a los campos de la ciencia de materiales, la química de materiales, la metalurgia, las aleaciones de aluminio, la fabricación de aluminio, la industria del transporte, la industria de vehículos de motor, la industria del automóvil, la fabricación de vehículos de motor y campos relacionados. La presente invención se refiere a productos de chapas de aluminio para automóviles altamente conformables con estriado reducido o nulo. La presente invención también se refiere a un método de producción de los productos de chapa de aluminio. En particular, estos productos tienen aplicación en la industria del automóvil.

10

15 **Antecedentes**

La industria del automóvil, con el fin de reducir el peso de los automóviles, ha sustituido cada vez más los paneles de acero por paneles de aleación de aluminio. Los paneles más livianos ayudan a reducir el peso del automóvil, lo que reduce el consumo de combustible. Sin embargo, la introducción de paneles de aleación de aluminio crea su propio conjunto de necesidades. Para ser útil en aplicaciones de automóviles, un producto de chapa de aleación de aluminio debe presentar buenas características de conformación en el estado templado T4 tal como se recibe, de modo que pueda doblarse o formarse según se desee sin agrietarse, rasgarse o arrugarse. Al mismo tiempo, el panel de aleación, tras pintarse y hornearse, debe tener la fuerza suficiente para resistir las abolladuras y soportar otros impactos.

25

Además de los requisitos comentados anteriormente, otro requisito es que las aleaciones de aluminio para componentes de automóviles no tengan defectos superficiales objetables y/o perjudiciales, denominados líneas de crestas, estriado o de brocha de pintura, que aparecen en la superficie de los componentes de chapa de aluminio estampada o formada. Las líneas de crestas o estriado aparecen en la dirección de laminación solo tras la aplicación de una deformación transversal suficiente, tal como la que se produce en las operaciones típicas de estampado o formación.

30

Este defecto de estriado es lo suficientemente grave como para que sea visible en el componente del automóvil después de pintar. En consecuencia, el aspecto superficial acabado de estas aleaciones de aluminio es objetable y no es adecuado para aplicaciones de automóviles exteriores. Este defecto de estriado también puede servir como un sitio de concentración de tensión durante la formación, limitando así la conformabilidad. La solicitud de patente japonesa JP 2004 315 878 da a conocer un método para la fabricación de chapas de aleación de Al de la serie 6XXX que tienen una mejor conformabilidad y calidad de la superficie libre de estriado que están previstas para su uso en paneles exteriores de la carrocería.

35

40

Además, los procedimientos conocidos para fabricar material de chapa de la serie 6xxx adecuado para paneles exteriores de automóviles han implicado un procedimiento bastante complejo, costoso y lento que implica generalmente los siguientes pasos: colada semicontinua de enfriamiento directo (DC) de la aleación fundida para formar un lingote, desconchado del lingote, homogeneización del lingote durante períodos de tiempo de 1 a 48 horas, laminación en caliente, autorrecocido y laminación en frío hasta el calibre deseado. Al material laminado puede administrársele entonces una disolución de tratamiento térmico en una línea de tratamiento térmico continua, enfriarse rápidamente y luego envejecerse.

45

Normalmente, el proceso de autorrecocido para paneles exteriores de automóviles incluye altas temperaturas de salida que se requieren para cumplir con los requisitos de estriado. Las altas temperaturas de salida promueven grandes partículas gruesas solubles, tales como partículas que contienen Mg_2Si y cobre. Para lograr la combinación deseada de resistencias en los templados de horneado de pintura tal como se suministran, las líneas de tratamiento térmico con disolución con recocido continuo (CASH) deben usar altas temperaturas de disolución y largos tiempos de remojo para disolver las partículas solubles grandes. Se sabe que estas partículas solubles afectan a las propiedades de tracción tanto en templados de horneado de pintura como T4 y también a las características de formación. Las partículas solubles grandes pueden, en última instancia, disminuir la productividad de la línea de CASH hasta un nivel inaceptable. Además, el proceso de autorrecocido reduce la capacidad de diferenciar las aleaciones en cuanto a la resistencia de horneado de pintura y T4, a pesar de las diferencias significativas en las químicas de la aleación.

50

55

60

Los productos interiores y estructurales de automóviles generalmente se producen a partir de rollos que se enrollan a temperaturas relativamente más bajas. Estos productos cumplen con las propiedades de tracción, pero no con los requisitos de estriado de los productos externos que usan temperaturas pico de CASH y tiempos de remojo inferiores. Por tanto, las chapas de metal para paneles interiores/estructurales tienden a desplazarse entre un 25 y un 50% más rápido en la línea de CASH que las chapas de metal para paneles exteriores. En este procedimiento general, el procesamiento de paneles exteriores para aplicaciones de automóviles puede tardar un tiempo de

65

disolución sustancialmente largo, lo que reduce la productividad de un activo costoso.

Por tanto, existe la necesidad de aleaciones de aluminio mejoradas que tengan defectos de estriado reducidos y de procedimientos más eficaces para fabricar material de chapa a partir de tales aleaciones.

5

Sumario

Las realizaciones cubiertas de la invención se definen mediante las reivindicaciones, no este sumario. Este sumario es una visión general de alto nivel de diversos aspectos de la invención e introduce algunos de los conceptos que se describen adicionalmente en la descripción detallada a continuación. Este sumario no pretende identificar características clave o esenciales de la materia reivindicada, ni pretende usarse aislada para determinar el alcance de la materia reivindicada. La materia debe entenderse mediante referencia a porciones apropiadas de toda la memoria descriptiva, cualquiera o todos los dibujos y cada reivindicación.

La presente invención soluciona los problemas descritos anteriormente con un nuevo procedimiento para aumentar la productividad en la línea de CASH y proporciona productos de chapa de aluminio para automóviles tratables térmicamente con altas resistencias de horneado tras la pintura y T4 y estriado mínimo o nulo. Como ejemplo no limitativo, el procedimiento de la presente invención tiene aplicación particular en la industria del automóvil. Por ejemplo, los paneles exteriores usados en cabinas de camiones necesitan tanto la buena resistencia al horneado de la pintura como un aspecto de superficie libre de estriado. Sin embargo, se sabe que las aleaciones tratables térmicamente y los procedimientos de la presente invención pueden aplicarse a las industrias marina, aeroespacial y del transporte, por nombrar sólo unas cuantas.

Las aleaciones de la presente invención pueden usarse para preparar productos en forma de extrusiones, planchas, chapas y piezas forjadas.

25

Breve descripción de las figuras y las tablas

Figura 1 es una representación de la estructura de grano sin recristalizar en el estado laminado en caliente (a) y la estructura de grano recristalizada tras recocido discontinuo a 375°C (b), 400°C (c) y 425°C (d) durante 1 hora cada uno.

30

La figura 2 es una representación del tamaño de partícula de Mg_2Si más grande tras el autorrecocido usando la práctica de producción convencional. La micrografía de microscopía electrónica de barrido (SEM) muestra los precipitados de Mg_2Si relativamente gruesos (partículas oscuras indicadas por las flechas) en la bobina autorrecocida.

35

La figura 3 es una representación del tamaño de partícula de Mg_2Si más pequeño tras el recocido discontinuo a 400°C durante 1 hora. La micrografía de SEM muestra las partículas de Mg_2Si finas (partículas oscuras indicadas por las flechas) en una bobina recocida de manera discontinua.

40

La figura 4 es una comparación de las resistencias a la tracción T4 (TYS en MPa) y límites elásticos finales (UTS en MPa) de aleaciones a modo de ejemplo tras autorrecocido (SA) y recocido discontinuo (BA). En el recuadro, las direcciones de prueba se indican tal como sigue: L = longitudinal, T = transversal, D = diagonal. SA convencional es un relaminado autorrecocido, un producto fuera del molino caliente donde la temperatura y las condiciones de laminación son tales que se produce una chapa recristalizada. BA de relaminado es un producto en el que la etapa de procedimiento de recocido discontinuo se produce en el grosor del relaminado. BA intermedio es un producto en el que la etapa de procedimiento de recocido discontinuo se produce tras al menos un paso por molino frío pero antes del paso por molino frío final. Los números de bobina mostrados en la figura 4 son los mismos números y en el mismo orden en las figuras 5 y 6. La primera barra del histograma en cada conjunto representa TYS-L; la segunda barra del histograma en cada conjunto representa TYS-T; la tercera barra del histograma en cada conjunto representa TYS-D; la cuarta barra del histograma en cada conjunto representa UTS-L; la quinta barra del histograma en cada conjunto representa UTS-T; y la sexta barra del histograma en cada conjunto representa UTS-D.

45

50

La figura 5 es una representación de los resultados de resistencia a la tracción (en MPa) sometidos a prueba en la dirección transversal para el horneado de pintura a 180°C/20 min de las aleaciones reivindicadas tras autorrecocido y recocido discontinuo. La primera barra del histograma en cada conjunto representa la resistencia a la tracción tras el horneado de pintura. La barra del medio del histograma en cada conjunto representa el límite elástico T4. La barra derecha del histograma en cada conjunto representa la diferencia entre el límite elástico tras el horneado de pintura y el límite elástico T4.

60

La figura 6 es una representación de resultados de resistencia a la tracción (en MPa) sometidos a prueba en las direcciones transversal (T), longitudinal (L) y diagonal (D 45°) para el horneado de pintura a 180°C/60 min de las aleaciones reivindicadas tras autorrecocido y recocido discontinuo. La primera barra del histograma en cada conjunto representa los resultados en la dirección longitudinal. La barra del medio del histograma en cada conjunto representa los resultados en la dirección transversal. La barra derecha del histograma en cada conjunto representa

65

ES 2 734 702 T3

los resultados en la dirección diagonal.

La figura 7 muestra el límite elástico T4 (en MPa) a lo largo de la longitud de bobinas de ensayo de producción.

5 La figura 8 muestra fotografías de las muestras de estriado y sus clasificaciones para las bobinas de ensayo junto con una bobina autorrecocida de producción convencional (relaminado SA).

La figura 9A muestra los resultados de límite elástico de chapas T4 preparadas a partir de las aleaciones 1-5 sometidas a prueba en la dirección transversal.

10 La figura 9B muestra el ángulo interno de flexión de chapas T4 preparadas a partir de las aleaciones 1-5 sometidas a prueba en la dirección transversal.

15 La figura 10A muestra los resultados de límite elástico de chapas T6 preparada a partir de las aleaciones 1-5 usando enfriamiento con aire y sometidas a prueba en la dirección transversal.

La figura 10B muestra los resultados de límite elástico de chapas T6 preparadas a partir de las aleaciones 1-5 usando enfriamiento con agua y sometidas a prueba en la dirección transversal.

20 La figura 10C muestra el ángulo interno de flexión de chapas T6 preparadas a partir de las aleaciones 1-5 usando enfriamiento con aire y sometidas a prueba en la dirección transversal.

La figura 10D muestra el ángulo interno de flexión de chapas T6 preparadas a partir de las aleaciones 1-5 usando enfriamiento con agua y sometidas a prueba en la dirección transversal.

25 La figura 11 muestra los resultados de prueba de choque vertical de tubos atornillados preparados a partir de chapas tal como se describe en el presente documento.

30 La figura 12 muestra los resultados de prueba de choque horizontal de tubos atornillados preparados a partir de chapas tal como se describe en el presente documento.

La figura 13A muestra muestras de estriado para los diámetros interno y externo de la bobina 0127619 en la dirección de laminación y 45° con respecto a la dirección de laminación.

35 La figura 13B muestra muestras de estriado para los diámetros interno y externo de la bobina 0127622 en la dirección de laminación.

La figura 13C muestra muestras de estriado para los diámetros interno y externo de la bobina 0127602 en la dirección de laminación y para el diámetro externo de la bobina 0127681 en la dirección de laminación.

40 La figura 14 muestra el límite elástico transversal representado gráficamente frente al tiempo de envejecimiento natural para la bobina 0127622 para muestras preparadas mediante enfriamiento con aire y enfriamiento con agua y para los diámetros interno y externo de la bobina.

45 La tabla 1 enumera las propiedades mecánicas de la chapa T4 y tras el horneado de pintura (180°C/20 min y 180°C/60 min) de aleaciones a modo de ejemplo tras el recocido.

La tabla 2 enumera la evaluación del estriado de la chapa T4 de aleaciones a modo de ejemplo after autorrecocido y recocido discontinuo.

50 La tabla 3 enumera las clasificaciones de prueba ribetes planos para bobina autorrecocida en comparación con material recocido de manera discontinua en T4 para CASH de 550°C/15 s seguido por 60 días de envejecimiento natural.

55 La tabla 4 enumera las clasificaciones de prueba de ribetes planos para el material recocido de manera discontinua en T4 con el 10 y el 15% de tensión previa.

La tabla 5 enumera las propiedades mecánicas de chapas T4 a partir de las bobinas de ensayo.

60 La tabla 6 enumera las propiedades mecánicas de las condiciones tras el horneado de pintura para las bobinas de ensayo.

La tabla 7 enumera las propiedades mecánicas para chapas a lo largo de la longitud de bobinas de ensayo tras 4 o 5 días de envejecimiento natural.

65 La tabla 8 enumera las clasificaciones de flexión para la bobina 0127619 tras el 0% de deformación previa, el 5% de

deformación previa, el 10% de deformación previa y el 15% de deformación previa.

La tabla 9 enumera las clasificaciones de flexión para la bobina 0127622 tras el 5% de deformación previa, el 10% de deformación previa y el 15% de deformación previa.

5 La tabla 10 enumera las clasificaciones de flexión para la bobina 0127602 tras el 5% de deformación previa, el 10% de deformación previa y el 15% de deformación previa.

10 La tabla 11 enumera las clasificaciones de flexión para la bobina 0127681 tras el 5% de deformación previa, el 10% de deformación previa y el 15% de deformación previa.

La tabla 12 enumera las propiedades mecánicas de chapas a partir de bobinas de ensayo tras 24-45 días de envejecimiento natural.

15 La tabla 13 enumera las propiedades mecánicas de chapas a partir de bobinas de ensayo tras 24-45 días de envejecimiento natural y tras horneado de pintura.

20 La tabla 14 enumera las clasificaciones de flexión para las bobinas 0127619, 0127622, 0127681 y 0127602 tras el 0% de deformación previa, el 5% de deformación previa, el 10% de deformación previa y el 15% de deformación previa.

Descripción detallada

25 La presente invención se refiere a nuevos procedimientos para aumentar la productividad en la línea de CASH para productos de chapa de aluminio tratables térmicamente con altas resistencia tras el horneado de pintura y T4 que presentan estriado aceptable. Como ejemplo no limitativo, las aleaciones tratables térmicamente de la presente invención pueden ser una aleación de aluminio 6xxx. Como otro ejemplo no limitativo, el procedimiento de la presente invención puede usarse en la industria del automóvil.

30 Definiciones y descripciones:

Tal como se usan en el presente documento, los términos "invención", "la invención", "esta invención" y "la presente invención" pretenden referirse ampliamente a toda la materia de esta solicitud de patente y las reivindicaciones más adelante. Las frases que contienen estos términos debe entenderse que no limitan la materia descrita en el presente documento ni limitan el significado o alcance de las reivindicaciones de la patente más adelante.

40 En esta descripción, se hace referencia a aleaciones identificadas por números de AA y otras designaciones relacionadas, tales como "serie" o "6xxx". Para una comprensión del sistema de designación numérico más comúnmente usado en el nombramiento e identificación de aluminio y sus aleaciones, véanse "International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys" o "Registration Record of Aluminum Association Alloy Designations and Chemical Compositions Limits for Aluminum Alloys in the Form of Castings and Ingot", ambos publicados por The Aluminum Association.

45 Tal como se usa en el presente documento, el término "aleación tratable térmicamente" pretende referirse ampliamente a cualquier aleación de aluminio 2xxx, 6xxx y 7xxx.

Tal como se usa en el presente documento, el significado de "un", "una" y "el/la" incluye referencias en singular y plural a menos que el contexto dicte claramente lo contrario.

50 En los siguientes ejemplos, las aleaciones de aluminio se describen en cuanto a su composición elemental en porcentaje en peso (% en peso). En cada aleación, el resto es aluminio, con un % en peso máximo del 0,15% para todas las impurezas.

55 Aleaciones:

Se describen en el presente documento aleaciones de aluminio 6xxx novedosas. En un ejemplo, se proporciona una aleación de aluminio que comprende el 0,20-1,0% en peso de Si, el 0,20 - 0,40% en peso de Fe, el 0,0 - 0,23% en peso de Cu, el 0,05 - 0,22% en peso de Mn, el 0,50 - 0,83% en peso de Mg, el 0,0 - 0,25% en peso de Cr, el 0,0 - 0,006% en peso de Ni, el 0,0 - 0,15% en peso de Zn, el 0,0 - 0,17% en peso de Ti, del 0,0 al 0,05% en peso de Pb, del 0,0 al 0,005% en peso de Be, hasta el 0,15% en peso de impurezas, el resto Al.

65 En otro ejemplo, se proporciona una aleación de aluminio que comprende el 0,60-0,95% en peso de Si, el 0,20-0,35% en peso de Fe, el 0,05 - 0,20% en peso de Cu, el 0,05 - 0,20% en peso de Mn, el 0,55 - 0,75% en peso de Mg, el 0,0 - 0,15% en peso de Cr, el 0,0-0,006% en peso de Ni, el 0,0 - 0,15% en peso de Zn, el 0,0 - 0,15% en peso de Ti, del 0,0 al 0,05% en peso de Pb, del 0,0 al 0,005% en peso de Be, hasta el 0,15% en peso de impurezas, el resto Al.

En algunos ejemplos, una aleación de aluminio tal como se describe en el presente documento incluye silicio (Si) en una cantidad de desde el 0,20% hasta el 1,0% (por ejemplo, desde el 0,30% hasta 1,0%, desde el 0,60% hasta el 0,95% o desde el 0,65% hasta el 0,90%) basándose en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir el 0,20%, el 0,21%, el 0,22%, el 0,23%, el 0,24%, el 0,25%, el 0,26%, el 0,27%, el 0,28%, el 0,29%, el 0,30%, el 0,31%, el 0,32%, el 0,33%, el 0,34%, el 0,35%, el 0,36%, el 0,37%, el 0,38%, el 0,39%, el 0,40%, el 0,41%, el 0,42%, el 0,43%, el 0,44%, el 0,45%, el 0,46%, el 0,47%, el 0,48%, el 0,49%, el 0,50%, el 0,51%, el 0,52%, el 0,53%, el 0,54%, el 0,55%, el 0,56%, el 0,57%, el 0,58%, el 0,59%, el 0,60%, el 0,61%, el 0,62%, el 0,63%, el 0,64%, el 0,65%, el 0,66%, el 0,67%, el 0,68%, el 0,69%, el 0,70%, el 0,71%, el 0,72%, el 0,73%, el 0,74%, el 0,75%, el 0,76%, el 0,77%, el 0,78%, el 0,79%, el 0,80%, el 0,81%, el 0,82%, el 0,83%, el 0,84%, el 0,85%, el 0,86%, el 0,87%, el 0,88%, el 0,89%, el 0,90%, el 0,91%, el 0,92%, el 0,93%, el 0,94%, el 0,95%, el 0,96%, el 0,97%, el 0,98%, el 0,99% o el 1,0% de Si. Todos expresados en % en peso.

En algunos ejemplos, una aleación de aluminio tal como se describe en el presente documento incluye hierro (Fe) en una cantidad de desde el 0,20% hasta el 0,40% (por ejemplo, desde el 0,20% hasta el 0,35% o desde el 0,25% hasta el 0,30%) basándose en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir el 0,20%, el 0,22%, el 0,23%, el 0,24%, el 0,25%, el 0,26%, el 0,27%, el 0,28%, el 0,29%, el 0,30%, el 0,31%, el 0,32%, el 0,33%, el 0,34%, el 0,35%, el 0,36%, el 0,37%, el 0,38%, el 0,39% o el 0,40% de Fe. Todos expresados en % en peso.

En algunos ejemplos, una aleación de aluminio tal como se describe en el presente documento incluye cobre (Cu) en una cantidad de desde el 0% hasta el 0,23% (por ejemplo, desde el 0,05% hasta el 0,20% o desde el 0,1% hasta el 0,15%) basándose en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir el 0,01%, el 0,02%, el 0,03%, el 0,04%, el 0,05%, el 0,06%, el 0,07%, el 0,08%, el 0,09%, el 0,10%, el 0,11%, el 0,12%, el 0,13%, el 0,14%, el 0,15%, el 0,16%, el 0,17%, el 0,18%, el 0,19%, el 0,20%, el 0,21%, el 0,22% o el 0,23% de Cu. En algunos casos, no está presente Cu en la aleación (es decir, el 0%). Todos expresados en % en peso.

En algunos ejemplos, una aleación de aluminio tal como se describe en el presente documento incluye manganeso (Mn) en una cantidad de desde el 0,05% hasta el 0,22% (por ejemplo, desde el 0,1% hasta el 0,15%) basándose en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir el 0,05%, el 0,06%, el 0,07%, el 0,08%, el 0,09%, el 0,10%, el 0,11%, el 0,12%, el 0,13%, el 0,14%, el 0,15%, el 0,16%, el 0,17%, el 0,18%, el 0,19%, el 0,20%, el 0,21% o el 0,22% de Mn. Todos expresados en % en peso.

En algunos ejemplos, una aleación de aluminio tal como se describe en el presente documento incluye magnesio (Mg) en una cantidad de desde 0,50% hasta el 0,83% (por ejemplo, desde el 0,55% hasta el 0,75% o desde el 0,60% hasta el 0,70%) basándose en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir el 0,50%, el 0,51%, el 0,52%, el 0,53%, el 0,54%, el 0,55%, el 0,56%, el 0,57%, el 0,58%, el 0,59%, el 0,60%, el 0,61%, el 0,62%, el 0,63%, el 0,64%, el 0,65%, el 0,66%, el 0,67%, el 0,68%, el 0,69%, el 0,70%, el 0,71%, el 0,72%, el 0,73%, el 0,74%, el 0,75%, el 0,76%, el 0,77%, el 0,78%, el 0,79%, el 0,80%, el 0,81%, el 0,82% o el 0,83% de Mg. Todos expresados en % en peso.

En algunos ejemplos, una aleación de aluminio tal como se describe en el presente documento incluye cromo (Cr) en una cantidad de desde 0% hasta el 0,25% (por ejemplo, desde el 0% hasta el 0,15% o desde el 0,05% hasta el 0,20%) basándose en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir el 0,010%, el 0,011%, el 0,012%, el 0,013%, el 0,014%, el 0,015%, el 0,016%, el 0,017%, el 0,018%, el 0,019%, el 0,020%, el 0,021%, el 0,022%, el 0,023%, el 0,024%, el 0,025%, el 0,026%, el 0,027%, el 0,028%, el 0,029%, el 0,030%, el 0,031%, el 0,032%, el 0,033%, el 0,034%, el 0,035%, el 0,036%, el 0,037%, el 0,038%, el 0,039%, el 0,040%, el 0,041%, el 0,042%, el 0,043%, el 0,044%, el 0,045%, el 0,046%, el 0,047%, el 0,048%, el 0,049%, el 0,050%, el 0,051%, el 0,052%, el 0,053%, el 0,054%, el 0,055%, el 0,056%, el 0,057%, el 0,058%, el 0,059%, el 0,060%, el 0,061%, el 0,062%, el 0,063%, el 0,064%, el 0,065%, el 0,066%, el 0,067%, el 0,068%, el 0,069%, el 0,070%, el 0,071%, el 0,072%, el 0,073%, el 0,074%, el 0,075%, el 0,076%, el 0,077%, el 0,078%, el 0,079%, el 0,080%, el 0,081%, el 0,082%, el 0,083%, el 0,084%, el 0,085%, el 0,086%, el 0,087%, el 0,088%, el 0,089%, el 0,090%, el 0,091%, el 0,092%, el 0,093%, el 0,094%, el 0,095%, el 0,096%, el 0,097%, el 0,098%, el 0,099%, el 0,10%, el 0,11%, el 0,12%, el 0,13%, el 0,14%, el 0,15%, el 0,16%, el 0,17%, el 0,18%, el 0,19%, el 0,20%, el 0,21%, el 0,22%, el 0,23%, el 0,24% o el 0,25% de Cr. En algunos casos, no está presente Cr en la aleación (es decir, el 0%). Todos expresados en % en peso.

En algunos ejemplos, una aleación de aluminio tal como se describe en el presente documento incluye níquel (Ni) en una cantidad de desde el 0% hasta el 0,006% (por ejemplo, desde el 0% hasta el 0,005% o desde el 0,001% hasta el 0,004%) basándose en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir el 0,001%, el 0,002%, el 0,003%, el 0,004%, el 0,005% o el 0,006% de Ni. En algunos casos, no está presente Ni en la aleación (es decir, 0%). Todos expresados en % en peso.

En algunos ejemplos, una aleación de aluminio tal como se describe en el presente documento incluye zinc (Zn) en una cantidad de desde el 0% hasta el 0,15% (por ejemplo, desde el 0,01% hasta el 0,15% o desde el 0,05% hasta el 0,1%) basándose en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir el 0,01%, el 0,011%, el 0,012%, el 0,013%, el 0,014%, el 0,015%, el 0,016%, el 0,017%, el 0,018%, el 0,019%, el 0,02%, el 0,03%, el

ES 2 734 702 T3

0,04%, el 0,05%, el 0,06%, el 0,07%, el 0,08%, el 0,09%, el 0,10%, el 0,11%, el 0,12%, el 0,13%, el 0,14% o el 0,15% de Zn. En algunos casos, no está presente Zn en la aleación (es decir, el 0%). Todos expresados en % en peso.

5 En algunos ejemplos, una aleación de aluminio tal como se describe en el presente documento incluye titanio (Ti) en una cantidad de desde el 0% hasta el 0,17% (por ejemplo, desde el 0,01% hasta el 0,15% o desde el 0,05% hasta el 0,1%) basándose en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir el 0,01%, el 0,011%, el 0,012%, el 0,013%, el 0,014%, el 0,015%, el 0,016%, el 0,017%, el 0,018%, el 0,019%, el 0,02%, el 0,03%, el 0,04%, el 0,05%, el 0,06%, el 0,07%, el 0,08%, el 0,09%, el 0,10%, el 0,11%, el 0,12%, el 0,13%, el 0,14%, el 10 0,15%, el 0,16% o el 0,17% de Ti. En algunos casos, no está presente Ti en la aleación (es decir, el 0%). Todos expresados en % en peso.

15 En algunos ejemplos, una aleación de aluminio tal como se describe en el presente documento incluye plomo (Pb) en una cantidad de desde el 0% hasta el 0,05% (por ejemplo, desde el 0% hasta el 0,04% o desde el 0,001% hasta el 0,01%) basándose en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir el 0,001%, el 0,002%, el 0,003%, el 0,004%, el 0,005%, el 0,006%, el 0,007%, el 0,008%, el 0,009%, el 0,010%, el 0,011%, el 0,012%, el 0,013%, el 0,014%, el 0,015%, el 0,016%, el 0,017%, el 0,018%, el 0,019%, el 0,020%, el 0,021%, el 0,022%, el 0,023%, el 0,024%, el 0,025%, el 0,026%, el 0,027%, el 0,028%, el 0,029%, el 0,030%, el 0,031%, el 0,032%, el 0,033%, el 0,034%, el 0,035%, el 0,036%, el 0,037%, el 0,038%, el 0,039%, el 0,040%, el 0,041%, el 0,042%, el 20 0,043%, el 0,044%, el 0,045%, el 0,046%, el 0,047%, el 0,048%, el 0,049% o el 0,050% de Pb. En algunos casos, no está presente Pb en la aleación (es decir, el 0%). Todos expresados en % en peso.

25 En algunos ejemplos, una aleación de aluminio tal como se describe en el presente documento incluye berilio (Be) en una cantidad de desde el 0% hasta el 0,005% (por ejemplo, desde el 0% hasta el 0,004% o desde el 0% hasta el 0,001%) basándose en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir el 0,0001%, el 0,0002%, el 0,0003%, el 0,0004%, el 0,0005%, el 0,0006%, el 0,0007%, el 0,0008%, el 0,0009%, el 0,001%, el 0,002%, el 0,003%, el 0,004% o el 0,005% de Be. En algunos casos, no está presente Be en la aleación (es decir, el 0%). Todos expresados en % en peso.

30 La aleación de aluminio 6xxx puede incluir una variedad de elementos terciarios, algunas veces denominados en el presente documento impurezas, para diversos fines, tales como para potenciar las propiedades mecánicas, físicas o de corrosión (por ejemplo, resistencia, tenacidad, resistencia a la fatiga y/o resistencia a la corrosión), para potenciar propiedades a temperaturas elevadas, para facilitar la colada, para controlar la colada o estructura de grano forjada, y/o para potenciar la maquinabilidad, entre otros fines. Cuando están presentes, estos elementos terciarios pueden 35 incluir uno o más de Ag, Li, Sn, Bi, Sr, Sb, V, Zr, Sc, Hf, Mo, Co y elementos de tierras raras. Cuando está presente, un elemento terciario está contenido habitualmente en la aleación en una cantidad de como máximo el 0,05% en peso. La suma de todos los elementos terciarios no excede el 0,15% en peso. El porcentaje restante de cada aleación es aluminio.

40 A continuación se enumeran intervalos a modo de ejemplo para aleaciones de aluminio tal como se describen en el presente documento. En los ejemplos de aleación de aluminio 6xxx que siguen, ha de entenderse que el resto no establecido en cada ejemplo es Al.

45 En un ejemplo, que no forma parte de la invención, se describe en el presente documento una aleación de aluminio 6xxx que comprende:

Constituyente	Intervalo (% en peso)	Nominal (% en peso)
Cu	0-0,22	0,10
Fe	0,11-0,40	0,25
Mg	0,50-0,83	0,65
Mn	0-0,22	0,08
Si	0,20-1,0	0,80
Ti	0-0,17	
Zn	0-0,15	
Cr	0-0,25	
Pb	0-0,05	
Be	0-0,005	
Impurezas de oligoelementos	0-0,15	

En otro ejemplo, se describe en el presente documento una aleación de aluminio 6xxx que comprende:

Constituyente	Intervalo (% en peso)	Nominal (% en peso)
Cu	0,08-0,14	0,10
Fe	0,20-0,28	0,25
Mg	0,59-0,69	0,65

ES 2 734 702 T3

Mn	0,06-0,12	0,08
Si	0,72-0,84	0,80
Ti	0-0,05	0,013
Zn	0-0,05	0,015
Cr	0-0,08	0,012
Pb	0-0,05	
Be	0-0,005	
Impurezas de oligoelementos	0-0,15	

En todavía otro ejemplo, se describe en el presente documento una aleación de aluminio 6xxx que comprende:

Constituyente	Intervalo (% en peso)	Nominal (% en peso)
Cu	0,08-0,14	0,12
Fe	0,27-0,34	0,31
Mg	0,59-0,69	0,65
Mn	0,10-0,16	0,12
Si	0,74-0,84	0,82
Ti	0-0,05	0,03
Zn	0-0,05	0,01
Cr	0-0,050	0,042
Pb	0-0,05	
Be	0-0,005	
Impurezas de oligoelementos	0-0,15	

5 En aún otro ejemplo, se describe en el presente documento una aleación de aluminio 6xxx que comprende:

Constituyente	Intervalo (% en peso)	Nominal (% en peso)
Cu	0,14-0,20	0,16
Fe	0,26-0,32	0,32
Mg	0,58-0,69	0,65
Mn	0,12-0,19	0,16
Si	0,74-0,84	0,79
Ti	0-0,05	0,03
Zn	0-0,05	0,01
Cr	0-0,10	0,083
Pb	0-0,05	
Be	0-0,005	
Impurezas de oligoelementos	0-0,15	

En otro ejemplo, que no forma parte de la invención, se describe en el presente documento una aleación de aluminio 6xxx que comprende:

10

Constituyente	Intervalo (% en peso)	Nominal (% en peso)
Cu	0,07-0,17	0,13
Fe	0,19-0,27	0,22
Mg	0,59-0,69	0,65
Mn	0,05-0,14	0,08
Si	0,56-0,65	0,62
Ti	0-0,08	0,04
Zn	0-0,05	0,02
Cr	0-0,08	0,08
Pb	0-0,05	
Be	0-0,005	
Impurezas de oligoelementos	0-0,15	

En todavía otro ejemplo, se describe en el presente documento una aleación de aluminio 6xxx que comprende:

Constituyente	Intervalo (% en peso)	Nominal (% en peso)
Cu	0,15-0,19	0,16
Fe	0,28-0,32	0,29
Mg	0,61-0,71	0,65
Mn	0,09-0,15	0,13
Si	0,58-0,65	0,63

Ti	0-0,08	0,03
Zn	0-0,05	0,01
Cr	0-0,05	0,04
Pb	0-0,05	
Be	0-0,005	
Impurezas de oligoelementos	0-0,15	

En aún otro ejemplo, se describe en el presente documento una aleación de aluminio 6xxx que comprende:

Constituyente	Intervalo (% en peso)	Nominal (% en peso)
Cu	0,19-0,23	0,19
Fe	0,26-0,32	0,30
Mg	0,61-0,69	0,67
Mn	0,15-0,19	0,16
Si	0,58-0,65	0,63
Ti	0-0,08	0,04
Zn	0-0,05	0,01
Cr	0-0,1	0,081
Pb	0-0,05	
Be	0-0,005	
Impurezas de oligoelementos	0-0,15	

5 Propiedades:

Se ha encontrado que las aleaciones de aluminio 6xxx descritas presentan varias propiedades únicas y favorables. Los expertos habituales en la técnica saben que las propiedades del aluminio, tales como, pero sin limitarse a, resistencia, elongación, capacidad de flexión y aspecto, pueden adaptarse mediante el procedimiento en el que se fabrica la chapa de aluminio. Se sabe también que la producción de una chapa de aluminio con varias de estas propiedades es difícil e impredecible porque aumentar una propiedad puede disminuir otra propiedad. Sin embargo, las aleaciones dadas a conocer presentan una combinación de propiedades favorables sin afectar de manera perjudicial a otras propiedades de las chapas de aluminio. Por ejemplo, las aleaciones dadas a conocer presentan inesperadamente altas resistencia y capacidad de flexión adecuada. Las siguientes son propiedades potenciadas no limitativas de las aleaciones descritas.

Alta resistencia T4:

Las aleaciones de aluminio dadas a conocer pueden tener un límite elástico T4 de al menos 100 MPa (por ejemplo, al menos 105 MPa, al menos 110 MPa, al menos 115 MPa, al menos 120 MPa, al menos 125 MPa, al menos 130 MPa, al menos 135 MPa, al menos 140 MPa o al menos 145 MPa) y una resistencia a la tracción T4 de al menos 200 MPa (por ejemplo, al menos 205 MPa, al menos 210 MPa, al menos 215 MPa, al menos 220 MPa, al menos 225 MPa, al menos 230 MPa, al menos 235 MPa, al menos 240 MPa, al menos 245 MPa, al menos 250 MPa o al menos 255 MPa) tras recocado discontinuo. Esto es igual un límite elástico mayor de aproximadamente 25 MPa y una resistencia a la tracción mayor de aproximadamente 35 MPa con respecto a aleaciones autorrecocidas de la presente invención en condiciones de disolución similares, tal como se muestra en la figura 4. Adicionalmente, otra ventaja es que la chapa recocida de manera discontinua presenta límites elásticos similares en una variedad de condiciones de disolución, lo que sugiere que las partículas de Mg₂Si son lo suficientemente finas como para disolverse a una temperatura de metal pico inferior a diferencia de los productos autorrecocidos. En esencia, el presente procedimiento es adecuado para diferenciar los efectos de la química de la aleación mejor que el producto autorrecocido.

Alta resistencia tras horneado de pintura:

Las aleaciones de aluminio dadas a conocer pueden tener un límite elástico tras el horneado de pintura de al menos 160 MPa (por ejemplo, al menos 165 MPa, al menos 170 MPa, al menos 175 MPa, al menos 180 MPa, al menos 185 MPa, al menos 190 MPa o al menos 200 MPa) tras recocado discontinuo para la condición de horneado de pintura de 180°C durante 20 minutos. Esto es igual a un límite elástico mayor de aproximadamente 45 MPa a 55 MPa con respecto a aleaciones autorrecocidas, tal como se muestra en la figura 5. La diferencia de límite elástico de 50 MPa entre las condiciones tras horneado de pintura y T4 se cumple muy fácilmente por la aleación y el procedimiento de la invención tal como se muestra en la figura 5. De manera similar, la resistencia tras el horneado de pintura para la condición de horneado de pintura de 180°C durante 60 minutos se muestra en la figura 6. En comparación con el material autorrecocido convencional, puede observarse una respuesta significativamente superior al horneado de pintura en la aleación y el procedimiento de la invención. La nueva combinación de aleación y procedimiento permite que los materiales excedan la resistencia mínima requerida por el cliente. La tabla 1 enumera las propiedades mecánicas para tanto las condiciones tratadas térmicamente de disolución (T4) como tras el horneado de pintura para tanto el procedimiento y la aleación convencional como de la invención.

Capacidad de flexión:

5 Las aleaciones de aluminio dadas a conocer presentan una alta capacidad de flexión. La capacidad de flexión puede evaluarse mediante el ángulo de flexión. Las aleaciones de aluminio descritas en el presente documento pueden tener ángulos de flexión menores de aproximadamente 10° en el templado T4. Por ejemplo, las aleaciones de aluminio descritas en el presente documento pueden tener ángulos de flexión menores de aproximadamente 9°, menores de aproximadamente 8°, menores de aproximadamente 7°, menores de aproximadamente 6°, menores de aproximadamente 5°, menores de aproximadamente 4°, menores de aproximadamente 3°, menores de aproximadamente 2° o menores de aproximadamente 1° en el templado T4.

Estriado reducido:

15 Tras el tratamiento térmico de disolución a 550°C durante 15 segundos y 45 segundos, las aleaciones de aluminio dadas a conocer mostraron un estriado significativamente mejor en comparación con la aleación autorrecocida. Se midió el estriado estirando en primer lugar la chapa el 10% y luego volviendo áspera la superficie con una piedra de afilar para resaltar las características de interés. Entonces se compararon las muestras de chapa frente a los patrones. En la figura 8 y la tabla 2 se muestran los resultados de la prueba de estriado y la escala de clasificación del estriado usada.

Rendimiento de ribeteado plano mejorado:

20 Tras el tratamiento térmico de disolución a 550°C durante 15 segundos, las aleaciones de aluminio dadas a conocer mostraron una respuesta de ribeteado plano similar a o mejor que la aleación autorrecocida tal como se muestra en la tabla 3. Se realizó el ribeteado plano tras someter la chapa a una tensión previa del 7% y el 15% en las tres direcciones. Entonces se compararon las muestras ribeteadas frente a patrones y se les asignaron clasificaciones basándose en el aspecto del ribete.

Velocidad de CASH más rápida:

30 Tal como se comenta en el presente documento, una baja temperatura de salida tras el último paso de laminación en caliente seguido por un proceso de recocido discontinuo produce partículas de Mg₂Si significativamente más pequeñas en comparación con el material autorrecocido (véanse las figuras 2 y 3), lo que a su vez permite velocidades de CASH más rápidas. El procedimiento descrito en el presente documento aumenta la capacidad, velocidad y eficacia de CASH, por nombrar tan sólo unas cuantas, en al menos el 10%, al menos el 15%, al menos el 20% o al menos el 25%.

Procedimiento:

40 También se da a conocer un procedimiento novedoso para producir productos de aleación de aluminio de la serie 6xxx que implica al menos una combinación de temperaturas de salida de laminación en caliente de no más de 300°C y recocido (por ejemplo, recocido discontinuo), tanto en el relaminado como el calibre intermedio. Además, el procedimiento descrito en el presente documento proporciona productos de aleación de aluminio 6xxx que tienen resistencias tras horneado de pintura y T4 significativamente superiores, mejor control del estriado, velocidad en la línea de CASH más rápida y capacidad de ribeteado mejorada.

50 En un ejemplo, el procedimiento descrito en el presente documento implica homogeneización, laminación en caliente, laminación en frío, recocido (por ejemplo, recocido discontinuo), laminación en frío y CASH. En otro ejemplo, el procedimiento descrito en el presente documento implica homogeneización, laminación en caliente (a – tras bobinado a la temperatura de salida, colocar inmediatamente en un horno de recocido; b – tras bobinado a la temperatura de salida, enfriar hasta temperatura ambiente y luego colocar en un horno de recocido), recocido (por ejemplo, recocido discontinuo), laminación en frío y CASH.

Homogeneización:

55 La homogeneización de lingotes puede incluir, pero no se limita a, calentar el lingote entre 500 - 600°C (por ejemplo, 500°C, 510°C, 520°C, 530°C, 540°C, 550°C, 560°C, 570°C, 580°C, 590°C o 600°C) durante hasta 10 horas. Por ejemplo, el lingote puede calentarse durante 10 horas o menos, 9 horas o menos, 8 horas o menos, 7 horas o menos, 6 horas o menos, 5 horas o menos, 4 horas o menos, 3 horas o menos, 2 horas o menos o 1 hora o menos. En una realización, el lingote se calienta a 560°C durante > 6 horas y luego se calienta a 540°C >1 horas. El lingote puede prepararse mediante diversos métodos de colada, tales como mediante colada de enfriamiento directo (DC).

Laminación en caliente:

65 Durante la laminación en caliente, las temperaturas y otros parámetros de funcionamiento pueden controlarse de modo que la temperatura del producto intermedio laminado en caliente de la aleación de aluminio tras salir del tren

de laminación en caliente sea de no más de 300°C, no más de 290°C, no más de 280°C o no más de 270°C. En un ejemplo, la temperatura de salida es de aproximadamente 260°C. En un ejemplo, la temperatura de salida es de aproximadamente 250°C. En otro ejemplo, la temperatura de salida es de aproximadamente 240°C. En aún otro ejemplo, la temperatura de salida es de aproximadamente 230°C. En todavía otro ejemplo, la temperatura de salida es de aproximadamente 220°C.

El lingote puede laminarse en caliente entre aproximadamente 200°C y 500°C. Por ejemplo, el lingote puede laminarse en caliente a una temperatura que oscila entre aproximadamente 225°C y 475°C, entre aproximadamente 250°C y 450°C, entre aproximadamente 275°C y 425°C o entre aproximadamente 300°C y 400°C. La chapa laminada en caliente puede tener un calibre de 10 mm o menos (por ejemplo, entre 3 - 10 mm). Por ejemplo, la chapa laminada en caliente puede tener un calibre de 10 mm o menos, 9 mm o menos, 8 mm o menos, 7 mm o menos, 6 mm o menos, 5 mm o menos, 4 mm o menos o 3 mm o menos.

Tal como se describe en el presente documento, el control de la temperatura de salida de la etapa de laminación en caliente proporciona la microestructura deseada, es decir, inhibe la precipitación de partículas de Mg₂Si grandes, gruesas, que cuando se procesa adicionalmente, proporciona un producto con alta resistencia tras el horneado de pintura y T4, mejor estriado y velocidad de CASH más rápida.

El control de la temperatura de salida del producto intermedio de aleación de aluminio laminado en caliente puede realizarse de cualquier manera convencional, tal como a través del control de las condiciones de funcionamiento del tren caliente, tales como el grado de lubricante de enfriamiento, la velocidad de laminación o los retardos temporales entre las diversas etapas en un tren caliente típico. La temperatura del producto intermedio laminado en caliente puede monitorizarse entonces usando técnicas conocidas, tales como mediante termopares de contacto o un pirómetro óptico. La temperatura de salida del tren caliente monitorizada puede usarse como una manera de control de retroalimentación conjuntamente con el enfriamiento de los desbastes plano o el control de las temperaturas durante la laminación en caliente usando lubricantes de enfriamiento, velocidades del tren, o similares tal como se describió anteriormente. Es decir, la temperatura de salida del tren puede dictar el ajuste en la operación de laminación para mantener la temperatura de salida dentro del intervalo especificado.

30 *Recocido discontinuo:*

El recocido discontinuo, o bien a un calibre de banda caliente o algún calibre intermedio en el proceso de laminación en frío, puede generar una textura adecuada para un producto con poco o ningún estriado. Durante el calentamiento de las bobinas en la etapa de recocido discontinuo, la microestructura se puebla con una alta densidad de partículas solubles relativamente más finas, tales como Mg₂Si. Estos precipitados finos producen una combinación deseada de propiedades de tracción en el templado tal como se suministra (T4) y los templados de horneado de pintura junto con excelentes características de estriado y ribeteado en el producto final con requisitos de tratamiento térmico de tiempo de empapado y temperatura relativamente inferiores en una línea de tratamiento térmico de disolución en comparación con el producto autorrecocido convencional.

Durante el recocido discontinuo, la chapa de aluminio bobinada puede calentarse a una velocidad de desde aproximadamente 40°C/hora hasta 60°C/hora (por ejemplo, 40°C/hora, 45°C/hora, 50°C/hora, 55°C/hora o 60°C/hora) hasta una temperatura de entre aproximadamente 350°C y 450°C (por ejemplo, 350°C, 360°C, 370°C, 380°C, 390°C, 400°C, 410°C, 420°C, 430°C, 440°C o 450°C).

En algunos casos, la chapa de aluminio puede calentarse a una velocidad de aproximadamente 50°C/hora hasta una temperatura de aproximadamente 400°C. El tiempo de mantenimiento puede ser de hasta 1 hora, hasta 2 horas, hasta 3 horas, hasta 4 horas o hasta 5 horas. En un ejemplo, el tiempo de mantenimiento es de 2 horas. En un ejemplo, la chapa de aluminio puede enfriarse entonces a una velocidad de desde al menos 5°C/hora hasta temperatura ambiente. En otro ejemplo, la chapa de aluminio puede enfriarse a una velocidad de al menos 7°C/hora hasta temperatura ambiente. En un ejemplo, la chapa de aluminio puede enfriarse a una velocidad de al menos 9°C/hora hasta temperatura ambiente. En otro ejemplo, la chapa de aluminio puede enfriarse a una velocidad de al menos 10°C/hora hasta temperatura ambiente.

Debe entenderse que el proceso de recocido no debe limitarse a recocido discontinuo. El proceso de recocido puede incluir también recocido continuo. Por ejemplo, la chapa puede recocerse de manera continua haciendo pasar la chapa a través de una línea de línea térmica de disolución con recocido continuo (CASH).

60 *Laminación en frío:*

La chapa de aluminio puede laminarse en frío usando tecnología y trenes de laminación en frío convencionales. La chapa laminada en frío puede tener un calibre de entre 0,5 - 4,5 mm, entre 0,7 - 4,0 mm o entre 0,9 - 3,5 mm. En un ejemplo, la chapa laminada en frío tiene un calibre de aproximadamente 1,0 mm. En otro ejemplo, la chapa laminada en frío tiene un calibre de aproximadamente 0,8 mm. En aún otro ejemplo, la chapa laminada en frío tiene un calibre de aproximadamente 1,2 mm. La cantidad de reducción trabajada en frío puede ser de hasta el 65%, hasta el 70%, hasta el 75%, hasta el 80% o hasta el 85%.

Tratamiento térmico de disolución con recocido continuo (CASH):

El tratamiento térmico de disolución puede ser cualquier tratamiento convencional para la aleación que dé como resultado la disolución de las partículas solubles. La chapa de aluminio puede calentarse hasta una temperatura de metal pico que oscila entre aproximadamente 500°C y 580°C (por ejemplo, 500°C, 510°C, 520°C, 530°C, 540°C, 550°C, 560°C, 570°C o 580°C) y empaparse (es decir, mantenerse a la temperatura indicada) durante un periodo de tiempo por encima de una temperatura predeterminada. En algunos ejemplos, se permite que las chapas se empapen durante hasta aproximadamente 10 minutos (por ejemplo, desde 1 segundo hasta 10 minutos, de manera inclusiva). Por ejemplo, la chapa puede empaparse durante aproximadamente 5 segundos o menos, 10 segundos o menos, 15 segundos o menos, 30 segundos o menos, 45 segundos o menos, 1 minuto o menos, 2 minutos o menos, 3 minutos o menos, 4 minutos o menos, 5 minutos o menos, 6 minutos o menos, 7 minutos o menos, 8 minutos o menos, 9 minutos o menos o 10 minutos o menos. Las condiciones a modo de ejemplo para el tratamiento térmico de disolución incluyen tiempos de empapado de 30 segundos o 60 segundos a temperaturas por encima de 540°C. En un ejemplo, la aleación de aluminio se calienta hasta 550°C con la tira mantenida por encima de 540°C durante 15 o 45 segundos. Tras calentar y empapar, la tira se enfría rápidamente a velocidades mayores de 10°C/s (por ejemplo, 15°C/s o mayor, 20°C/s o mayor o 25°C/s o mayor) hasta una temperatura de entre 500 - 200°C. En un ejemplo, la aleación de aluminio tiene una velocidad de enfriamiento de más de 20°C/segundo en donde la tira se enfría entre 450 - 250°C. Las velocidades de enfriamiento pueden ser más rápidas en otros ejemplos.

Tras enfriar, la tira de aluminio puede someterse a una etapa de recalentamiento antes de bobinarse. La etapa de recalentamiento puede llevarse a cabo haciendo pasar la chapa a través de un dispositivo de calentamiento que consiste en calentamiento radiante, calentamiento por convección, calentamiento por inducción o calentamiento por infrarrojos, etc. La etapa de recalentamiento de la chapa para permitir el bobinado de la tira puede realizarse a una temperatura que oscila entre aproximadamente 55°C y 110°C (por ejemplo, 55°C, 60°C, 65°C, 70°C, 75°C, 80°C, 85°C, 90°C, 95°C, 100°C, 105°C o 110°C).

Las aleaciones y los métodos descritos en el presente documento pueden usarse en aplicaciones de automóviles, marinas, aeroespaciales y/o de transporte, por nombrar tan sólo unas cuantas. En algunos casos, las aleaciones y los métodos pueden usarse para preparar productos de piezas de carrocerías de vehículos de motor, incluyendo paneles exteriores.

Los siguientes ejemplos servirán para ilustrar adicionalmente la presente invención sin, al mismo tiempo, sin embargo, constituir ninguna limitación de la misma. Por el contrario, ha de entenderse claramente que puede recurrirse a diversas realizaciones, modificaciones y equivalentes de las mismas que, tras la lectura de la descripción en el presente documento, puede ocurrírseles por sí mismos a los expertos en la técnica sin apartarse del espíritu de la invención. Durante los estudios descritos en los siguientes ejemplos, se siguieron procedimientos convencionales, a menos que se establezca otra cosa. Algunos de los procedimientos se describen a continuación para fines ilustrativos.

40

Ejemplos

Ejemplo 1

45 *Preparación de chapas de aluminio*

Cinco muestras que contenían el 98,03 - 98,06% en peso de Al, el 0,78-0,83% en peso de Si, el 0,22 - 0,24% en peso de Fe, el 0,10 - 0,11% en peso de Cu, el 0,08 - 0,09% en peso de Mn, el 0,64 - 0,65% en peso de Mg, el 0,015 - 0,019% en peso de Cr, el 0,006% en peso de Ni, el 0,011 - 0,016% en peso de Zn y el 0,016% en peso de Ti se colaron mediante DC. Se homogeneizaron los lingotes a 560°C durante más de 6 horas, se enfriaron hasta 540°C y se mantuvieron a esa temperatura durante más de 1 hora. Entonces los lingotes se extrajeron en caliente de los fosos de homogeneización y se dispusieron sobre una mesa para la laminación en caliente. La etapa de laminación en caliente incluía hacer discurrir los lingotes a través de un tren de inversión seguido por laminación en caliente en un tren en tándem en donde el grosor se redujo adicionalmente. Las temperaturas de salida finales del material laminado en caliente se seleccionaron como objetivo para obtener temperaturas de bobinado en el intervalo de 200 a 300°C. Se realizó una etapa de recocido discontinuo, que incluía calentar la bobina hasta una temperatura deseada de desde 375°C hasta 425°C, seguido por empapado durante un mínimo de 60 minutos. El recocido se llevó a cabo en una atmósfera de nitrógeno con un tiempo de ciclo de tratamiento térmico de recocido discontinuo global de aproximadamente 8 horas. Se extrajeron las bobinas del horno y se permitió que se enfriaran hasta temperatura ambiente antes de la laminación en frío. Se realizó la laminación en frío tras el recocido completo de las bobinas. Todas las bobinas se laminaron en frío a partir del calibre de banda caliente hasta el calibre de acabado sin ningún recocido intermedio.

Se llevó a cabo CASH a temperaturas de metal pico de aproximadamente 550°C, aproximadamente 562°C y aproximadamente 575°C con tiempos de empapado de 15, 30 o 45 segundos. Se usó enfriamiento con aire forzado convencional para todos los productos con velocidades de enfriamiento de entre aproximadamente 450°C y

65

aproximadamente 250°C a una velocidad de aproximadamente 18°C/segundo a aproximadamente 50°C/segundo. La temperatura del metal enrollado era de aproximadamente 95°C.

Ejemplo 2

5

Determinación de límite elástico y la resistencia a la tracción finales

Se prepararon bobinas tal como se describió anteriormente en el ejemplo 1 y se sometieron a tratamiento térmico de disolución a una temperatura de metal pico de aproximadamente 550°C durante 15 y 45 segundos. La resistencia a la tracción y la elongación total y uniforme se determinaron usando métodos conocidos por un experto habitual en la técnica según las normas ASTM B557 y ASTM E8-11.

Los resultados de propiedades mecánicas de las pruebas de ensayo en planta de 5 bobinas en las chapas templadas T4 se muestran en la tabla 4. La figura 4 es una comparación de las resistencias a la tracción T4 (TYS en MPa) y los límites elásticos finales (UTS en MPa) de las aleaciones reivindicadas tras autorrecocido (SA) y recocido discontinuo (BA). Se obtuvo un límite elástico T4 superior en la aleación y el procedimiento de la invención en comparación con un límite elástico promedio a partir de bobinas de producción autorrecocidas convencionales, tal como se muestra en la figura 7.

Ejemplo 3

Determinación de la elongación total y uniforme T4

Se determinaron la elongación total y uniforme para las chapas a partir de las bobinas descritas anteriormente usando métodos conocidos por un experto habitual en la técnica según las normas ASTM B557 y ASTM E8-11. Las tablas 5 y 6 muestran los resultados de elongación total y uniforme de las pruebas de ensayo en planta.

Ejemplo 4

Determinación de la resistencia a la tracción del horneado de pintura

Se determinó la resistencia a la tracción del horneado de pintura para chapas a partir de las bobinas descritas anteriormente usando métodos conocidos por un experto habitual en la técnica según las normas ASTM B557 y ASTM E8-11. La figura 5 ilustra el límite elástico tras el horneado de pintura obtenido a partir de pruebas con el 2% de tensión previa seguido por 180°C/20 min de exposición. Tras el horneado de pintura, las resistencias son significativamente superiores en la aleación y el procedimiento de la invención en comparación con el límite elástico típico del cliente.

Ejemplo 5

40

Distribución de tamaño de Mg₂Si

Se observó la distribución de tamaño de Mg₂Si usando SEM. Las muestras tomadas de bobinas recocidas de manera discontinua mostraron tamaños de partícula más pequeños con respecto a las tomadas de bobinas autorrecocidas (figuras 2 y 3).

Ejemplo 6

50

Determinación del estriado

El estriado es una deformación conjunta de grandes conjuntos de granos orientados que dan como resultado una topología de superficie en bandas, encontrada en aleaciones 6xxx. Estos conjuntos de granos se activan durante la deformación plástica y se orientan paralelos a la dirección de laminación. Estas bandas son generalmente imperceptibles en muestras desnudas, pero debido a que estos conjuntos de granos tienen diferentes posiciones de altura (picos y balles), son perceptibles visualmente, por ejemplo, tras lacado o rectificado de superficie. Los criterios de estriado se clasificaron visualmente tal como se muestra en la tabla 2.

La figura 8 muestra las muestras de estriado de las bobinas de ensayo junto una bobina autorrecocida de producción convencional. Se sometieron las muestras a una tensión previa del 10% en la dirección transversal a la dirección de laminación seguido por rectificado para resaltar el estado de estriado. Globalmente las aleaciones y los procedimientos dados a conocer proporcionan clasificaciones de estriado de superficie que son aceptables.

Ejemplo 7

Rendimiento de ribetes planos

La tabla 3 enumera los resultados de pruebas de ribetes planos para bobinas autorrecocidas en comparación con bobinas recocidas de manera discontinua en el templado T4. El material se puso a través de una línea de CASH a 550°C durante 15 segundos seguido por 60 días de envejecimiento natural.

5 La tabla 4 enumera las clasificaciones de rendimiento de ribetes planos para las bobinas de ensayo recocidas de manera discontinua en el templado T4 con el 10 y el 15% de tensión previa. Globalmente, las clasificaciones son Is y 2s, que se consideran aceptables (se hace referencia a la tabla 3). Una muestra de bobina sometida a prueba en la dirección L con el 15% de tensión previa mostró una clasificación de 3. Esta clasificación de ribetes superior se atribuyó al alto límite elástico observado para esa bobina.

10

Ejemplo 8

Efecto de Cr y Mn sobre las propiedades de tracción y capacidad de choque de la aleación

15 Las aleaciones de aluminio que tienen las composiciones mostradas en la tabla a continuación se prepararon según el método descrito en el ejemplo 1. La aleación 1 y aleación 2 son aleaciones de referencia. La aleación 3, que no se encuentra dentro del alcance de la invención, es una aleación que incluye una mayor cantidad de Mn que las aleaciones de referencia y sin cobre. La aleación 4, que no se encuentra dentro del alcance de la invención, es una aleación que incluye una mayor cantidad de Cr que las aleaciones de referencia. La aleación 5, que no se encuentra
20 dentro del alcance de la invención, es una aleación que incluye mayores cantidades de Mn y Cr que las aleaciones de referencia. En cada una de las aleaciones 1, 2, 3, 4 y 5, el resto de la composición es aluminio.

Aleación	Si	Mg	Cu	Fe	Mn	Cr	Ti	Mn+Cr
Aleación 1	0,88	0,67	0,08	0,18	0,07	0,014	0,025	0,08
Aleación 2	0,89	0,67	0,09	0,2	0,08	0,01	0,02	0,09
Aleación 3	0,87	0,65	0,00	0,18	0,13	0,001	0,016	0,13
Aleación 4	0,90	0,68	0,09	0,19	0,08	0,08	0,019	0,16
Aleación 5	0,87	0,67	0,08	0,19	0,14	0,07	0,02	0,21

25 Las aleaciones 1-5 se homogeneizaron mediante calentamiento a 530°C durante 8 horas. Las aleaciones se laminaron en caliente a través de un tren de inversión, luego se laminaron en frío. El grosor de calibre final de cada una de las chapas preparadas a partir de las aleaciones 1-5 era de aproximadamente 1 mm. Se solubilizaron las chapas durante 20 segundos (indicado como "20s") o 60 segundos (indicado como "60s") a 550°C, y luego se enfriaron usando agua (indicado como "WQ") o aire (indicado como "AQ"). Se logró el templado T6 calentando las chapas T4 a 215°C durante 30 minutos o a 225°C durante 30 minutos. Se determinaron el límite elástico y la flexión
30 de las chapas T4 y T6 en la dirección transversal usando métodos conocidos por un experto habitual en la técnica. Se realizaron las pruebas de tracción según la norma ISO/DIS 6892-1 y se realizaron pruebas de ángulo de flexión según la norma VDA238-100.

35 Se determinaron las propiedades de límite elástico de las chapas T4 preparadas a partir de las aleaciones 1-5, preparadas usando una etapa de disolución de 20 segundos seguido por enfriamiento con aire y enfriamiento con agua, así como una etapa de disolución de 60 segundos seguido por enfriamiento con agua. Véase la figura 9A. Los resultados muestran que el límite T4 era aproximadamente el mismo para las cinco chapas. Se determinaron las propiedades de flexión de las chapas T4 tras el 10% de tensión previa de tracción. Véase la figura 9B. Los resultados muestran que las chapas que contenían mayores cantidades de Cr y/o Mn (es decir, chapas preparadas a partir de las aleaciones 3, 4 y 5) preparadas mediante enfriamiento con aire presentaban propiedades de flexión mejoradas.
40

45 Se determinaron las propiedades de resistencia a la tracción de las chapas T6 preparadas a partir de las aleaciones 1-5, preparadas usando una etapa de disolución de 20 segundos seguido por enfriamiento con aire y enfriamiento con agua. Véanse las figuras 10A y 10B. Los resultados muestran que la chapa T6 enfriada con aire que contenía mayores cantidades de Cr y/o Mn (es decir, chapas preparadas a partir de las aleaciones 3, 4 y 5) presentaban una pérdida de resistencia de aproximadamente 10-20 MPa más que las chapas preparadas a partir de las aleaciones de referencia 1 y 2. Véase la figura 10A. La resistencia de la chapa enfriada con agua que excluía Cu (es decir, la chapa preparada a partir de la aleación 3) era de aproximadamente 10 MPa menor que las chapas preparadas a partir de las aleaciones de referencia 1 y 2.
50

55 Se determinaron las propiedades de flexión de las chapas T6. Véanse las figuras 10C y 10D. Los resultados muestran que las chapas que contenían mayores cantidades de Cr y/o Mn (es decir, chapas preparadas a partir de las aleaciones 3, 4 y 5) presentaban propiedades de flexión mejoradas con respecto a las aleaciones de referencia 1 y 2. Además, la flexión T6 mejoró adicionalmente para las chapas que contenían Cr y/o Mn preparadas mediante enfriamiento con agua en comparación con las muestras enfriadas con aire. Véanse las figuras 10C y 10D.

Se realizaron pruebas para evaluar el comportamiento de trituración para determinar la capacidad de choque de las muestras. Se plegaron chapas (3 mm de grosor) y se atornillaron para formar tubos de choque. Se sometieron a

prueba los tubos en compresión vertical a una velocidad cuasiestática constante en una prensa (pruebas de choque vertical) o en una configuración de flexión de 3 puntos cuasiestática (pruebas de choque horizontal). Se determinó la capacidad de choque para tubos de choque preparados a partir de chapas que incluyen Cr y Mn, similares a la aleación 5, y también a partir de una chapa de referencia similar a las aleaciones 1 y 2. Se realizaron pruebas verticales y horizontales. Para las pruebas horizontales, las chapas usadas para preparar los tubos de choque se trataron térmicamente a 180°C durante 10 horas. Las chapas usadas para preparar los tubos de choque para las pruebas verticales se calentaron a 185°C durante 15 minutos. Tal como se muestra en la figura 11, los tubos de choque que contenían cantidades aumentadas de Cr y Mn se plegaron satisfactoriamente tras la trituración sin desgarrar en la prueba de choque vertical, mientras que los tubos de choque de referencia presentaban desgarrar. Los tubos de choque que contenían cantidades aumentadas de Cr y Mn también mostraron capacidad de choque mejorada en una prueba de choque horizontal en comparación con el accesorio de referencia. Véase la figura 12.

Ejemplo 9

15 *Rendimiento de resistencia, estriado y ribeteado*

Composiciones de bobina:

Se prepararon bobinas a partir de aleaciones de aluminio que tenían las composiciones mostradas en la tabla a continuación.

Bobina	Al	Cu	Si	Fe	Ti	Mg	Mn	Cr
0127602	98,05	0,10	0,79	0,26	0,02	0,63	0,08	0,01
0127622	98,05	0,11	0,79	0,25	0,03	0,61	0,09	0,02
0127681	98,04	0,10	0,78	0,24	0,02	0,63	0,10	0,01
0127619	98,05	0,11	0,79	0,25	0,03	0,61	0,09	0,02

Preparación de muestras:

Los lingotes de las composiciones mostradas anteriormente se homogeneizaron cada uno calentando los lingotes hasta 560°C durante 6 horas, enfriando los lingotes hasta 540°C y permitiendo que los lingotes se empaparan a 540°C durante 2 horas. Entonces los lingotes se laminaron en caliente y se bobinaron a una temperatura que oscilaba entre 209°C y 256°C. La bobina 0127619 se laminó en caliente hasta un calibre de 2,54 mm y las otras bobinas se laminaron en caliente hasta un calibre de 5 mm. El relaminado para cada una de las bobinas estaba relativamente libre de partículas de Mg₂Si/Si gruesas y la estructura de granos estaba sin recrystalizar. Las cuatro bobinas se sometieron a recocido discontinuo de relaminado con un tiempo de empapado de 100 minutos a temperaturas de empapado que oscilan entre 398°C y 418°C. Los relaminados se recrystalizaron completamente y presentaban una estructura de partículas relativamente más fina que la del laminado sometido a autorrecocido convencional. Se llevó a cabo CASH a temperaturas que oscilaban entre aproximadamente 539°C y 555°C con tiempos de empapado que oscilaban entre 8 y 15 segundos. Se realizó el enfriamiento usando agua o aire. La temperatura del metal enrollado oscilaba entre 73°C y 85°C.

Análisis de estriado:

Se analizaron los diámetros internos (ID) y diámetros externos (OD) de las bobinas para detectar estriado, usando la escala de clasificación proporcionada en la tabla 2, en la dirección de laminación (90°) y 45° con respecto a la dirección de laminación. Todas las bobinas presentaban resultados de estriado adecuados y se les asignó una clasificación de 1. Véase la figura 13A para la bobina 0127619; la figura 13B para la bobina 0127622; y la figura 13C para las bobinas 0127602 y 0127681.

Muestras envejecidas 4-5 días: Propiedades de tracción y clasificaciones de flexión

Se determinaron las propiedades de tracción para las bobinas tras 4 o 5 días de envejecimiento natural. Específicamente, las propiedades de tracción para la bobina 0127619 se determinaron tras 4 días de envejecimiento natural y las propiedades de tracción para las bobinas 0127622, 0127602 y 0127681 se determinaron tras 5 días de envejecimiento natural. Los resultados se muestran en la tabla 7. Todas las muestras de bobina presentaban niveles de resistencia a la tracción final de más de 215 MPa y valores de límite elástico dentro del intervalo de 100-155 MPa. Además, la elongación promedio para cada bobina era mayor del 27%. La elongación promedio se calculó tal como sigue:

$$\text{Elongación promedio} = (\text{transversal} + 2 \times \text{diagonal} + \text{longitudinal}) / 4$$

Se determinaron las clasificaciones de flexión de las bobinas. Las muestras de las bobinas 0127622, 0127602 y 0127681 se sometieron a flexión previa a 160° usando un punzón de 0,50 mm y un hueco de 3,85 mm en una configuración de flexión de tres puntos con rodillos de 15 mm. Se ribetearon las muestras con un forro de 0,82 mm

5 en una prensa Arbor de 1 tonelada. La muestra de la bobina 0127619 se sometió a flexión previa a 180°. Las tablas 8-11 enumeran las clasificaciones de rendimiento de ribetes planos para las bobinas de ensayo recocidas de manera discontinua 0127619 (tabla 8), 0127622 (tabla 9), 0127602 (tabla 10) y 0127681 (tabla 11) tras 4 o 5 días de envejecimiento natural con el 0%, el 5%, el 10% y/o el 15% de tensión previa. Se realizaron las pruebas en el diámetro interno (ID) y/o el diámetro externo (OD) de las bobinas. Globalmente, las clasificaciones son 1s y 2s, que se consideran aceptables (se hace referencia a la tabla 3).

Muestras envejecidas 24-45 días: Propiedades de tracción y clasificaciones de flexión

10 Se determinaron las propiedades de tracción para las bobinas tras 24-45 días de envejecimiento natural. Específicamente, se determinaron las propiedades de tracción para la bobina 0127619 tras 29 días de envejecimiento natural, se determinaron las propiedades de tracción para la bobina 0127622 tras 24 días de envejecimiento natural y se determinaron las propiedades de tracción para las bobinas 0127602 y 0127681 tras 45 días de envejecimiento natural. Los resultados se muestran en la tabla 12. Todas las muestras de bobina presentaban niveles de resistencia a la tracción final de más de 215 MPa y valores de límite elástico dentro del intervalo de 100-155 MPa. Además, la elongación promedio para cada bobina era mayor del 27%. La elongación promedio se calculó tal como sigue:

$$20 \text{ Elongación promedio} = (\text{transversal} + 2 * \text{diagonal} + \text{longitudinal}) / 4$$

20 También se determinaron las propiedades de tracción para las muestras de bobinas descritas anteriormente tras el horneado de pintura. Los resultados se muestran en la tabla 13. Todas las muestras de bobina presentaban niveles de resistencia a la tracción final de más de 280 MPa y valores de límite elástico mayores de 200 MPa. Además, la elongación promedio para cada bobina era del 24% o mayor. Se calculó la elongación promedio según la ecuación mostrada anteriormente.

30 Se determinaron las clasificaciones de flexión de las bobinas. Las muestras se sometieron a flexión previa a 180° y tenían un radio de Mandrel de 0,45 mm. La tabla 14 enumera las clasificaciones de rendimiento de ribetes para las bobinas 0127619, 0127622, 0127602 y 0127681 tras el número indicado de días de envejecimiento natural con el 0%, el 5%, el 10% y/o el 15% de tensión previa. Las pruebas se realizaron en el diámetro interno (ID), el medio y/o el diámetro externo (OD) de las bobinas. Globalmente, las clasificaciones para las bobinas sometidas al 5% y el 10% de tensión previa eran 1 y 2, que se consideran aceptables (se hace referencia a la tabla 3).

35 Los límites elásticos obtenidos mediante enfriamiento con agua y enfriamiento con aire de muestras de la bobina 0127622, así como los límites elásticos obtenidos a partir de los diámetros interno y externo de las muestras, se representaron gráficamente frente al tiempo de envejecimiento natural, en días. Véase la figura 14. Tal como se muestra en la figura 14, el límite elástico transversal se controló a un valor entre 100 y 135 MPa durante hasta 100 días de envejecimiento natural.

40 Todas las patentes, publicaciones y resúmenes mencionados anteriormente se incorporan en el presente documento como referencia en su totalidad. Diversas realizaciones de la invención se han descrito en cumplimiento de los diversos objetivos de la invención. Debe reconocerse que estas realizaciones son meramente ilustrativas de los principios de la presente invención. Numerosas modificaciones y adaptaciones de las mismas les resultarán fácilmente evidentes a los expertos en la técnica sin apartarse del alcance de la presente invención tal como se define en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Aleación de aluminio que comprende el 0,20-1,0% en peso de Si, el 0,20 - 0,40% en peso de Fe, el 0,0 - 0,23% en peso de Cu, el 0,05 - 0,22% en peso de Mn, el 0,50 - 0,83% en peso de Mg, el 0,0 - 0,25% en peso de Cr, el 0,0 - 0,006% en peso de Ni, el 0,0 - 0,15% en peso de Zn, el 0,0 - 0,17% en peso de Ti, el 0 - 0,05% en peso de Pb, el 0 - 0,005% en peso de Be, hasta el 0,15% en peso de impurezas, siendo el resto Al.
- 10 2. Aleación de aluminio según la reivindicación 1, que comprende el 0,60-0,95% en peso de Si, el 0,20-0,35% en peso de Fe, el 0,05 - 0,20% en peso de Cu, el 0,05 - 0,20% en peso de Mn, el 0,55 - 0,75% en peso de Mg, el 0,0 - 0,15% en peso de Cr, el 0,0-0,006% en peso de Ni, el 0,0 - 0,15% en peso de Zn, el 0,0 - 0,15% en peso de Ti, el 0 - 0,05% en peso de Pb, el 0 - 0,005% en peso de Be, hasta el 0,15% en peso de impurezas, siendo el resto Al.
- 15 3. Pieza de carrocería de vehículo de motor que comprende la aleación de aluminio según la reivindicación 1 o 2.
- 20 4. Pieza de carrocería de vehículo de motor según la reivindicación 3, en la que la pieza de carrocería de vehículo de motor comprende un panel exterior.
- 25 5. Método de producción de una chapa de aluminio de la serie 6xxx, que comprende:
colar una aleación de aluminio de la serie 6xxx según la reivindicación 1 o 2 para formar un lingote;
homogeneizar el lingote;
30 laminar en caliente el lingote para producir un producto intermedio laminado en caliente;
laminar en frío el producto intermedio laminado en caliente;
recocer;
laminar en frío; y
35 someter la chapa a un procedimiento de tratamiento térmico de disolución y recocido continuo.
- 40 6. Método según la reivindicación 5, en el que la etapa de homogeneización se realiza a una temperatura de entre 500 - 600°C durante un periodo de hasta 10 horas y/o
en el que la etapa de laminación en caliente se realiza a una temperatura de entre 200°C y 500°C y/o
en el que la etapa de laminación en caliente incluye mantener una temperatura del producto intermedio laminado en caliente a 300°C o menos tras la salida del tren de laminación en caliente y/o
45 en el que la etapa de recocido incluye calentar hasta una temperatura de entre 350°C y 450°C y/o
en el que la etapa de someter la chapa a un procedimiento de tratamiento térmico de disolución y recocido continuo comprende calentar la chapa hasta una temperatura que oscila entre 500°C y 580°C durante un periodo de tiempo y en particular en el que el periodo de tiempo es de 1 minuto o menos.
- 50 7. Método según la reivindicación 5 o 6, que comprende además enfriar la chapa.
- 55 8. Método según la reivindicación 7, que comprende además recalentar la chapa enfriada para formar una chapa recalentada y bobinar la chapa recalentada.

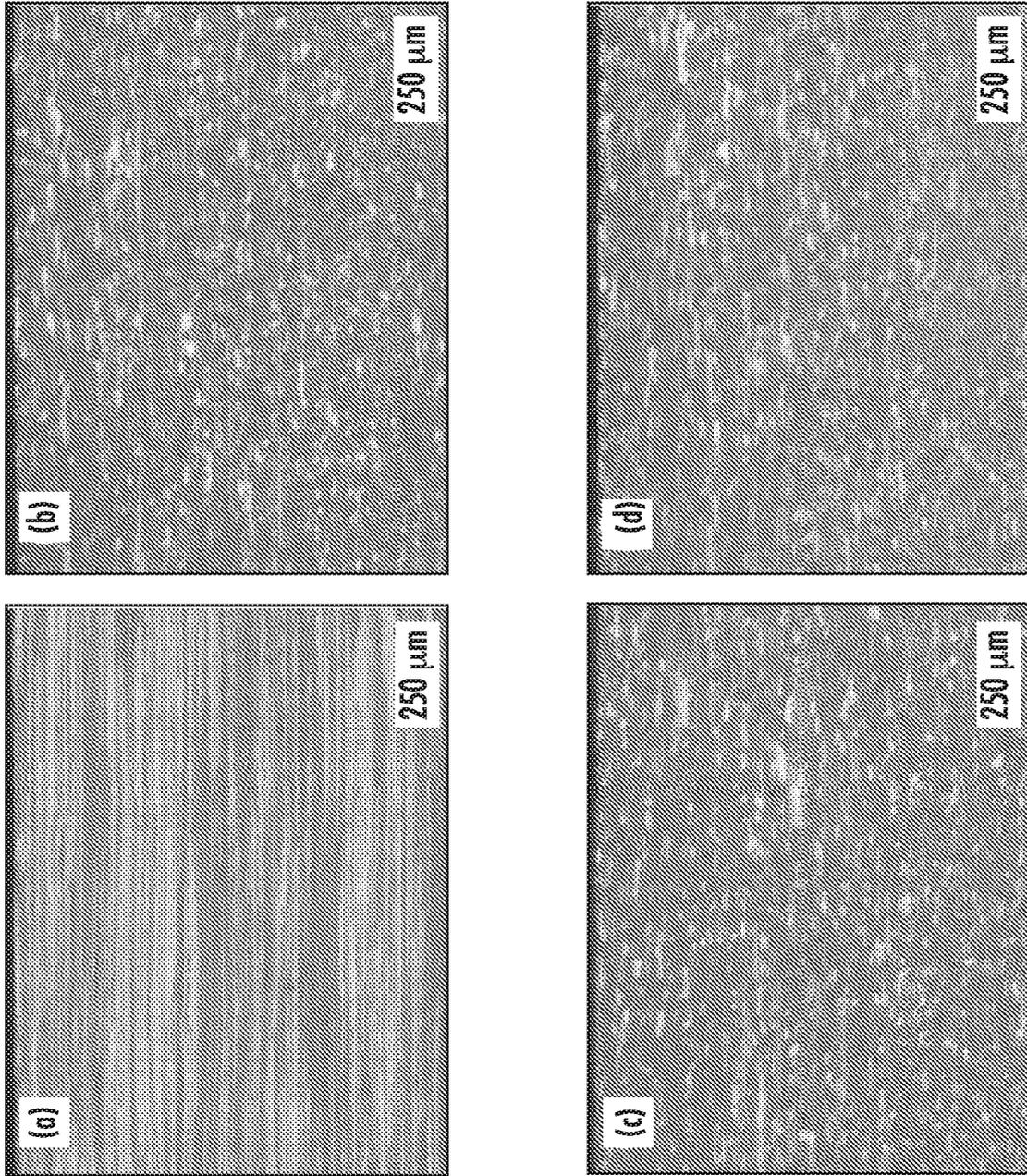


FIG. 1

FIB2495

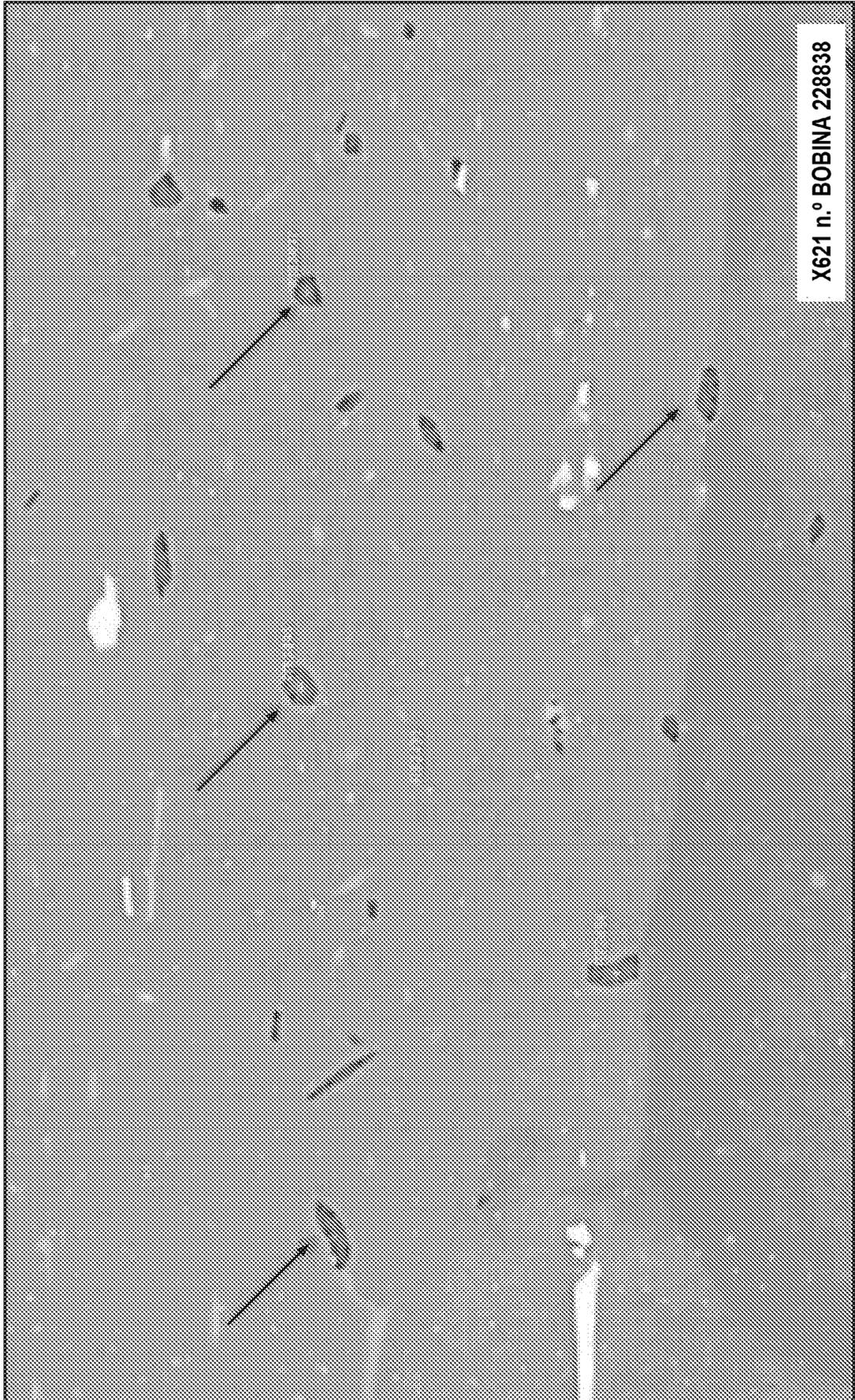
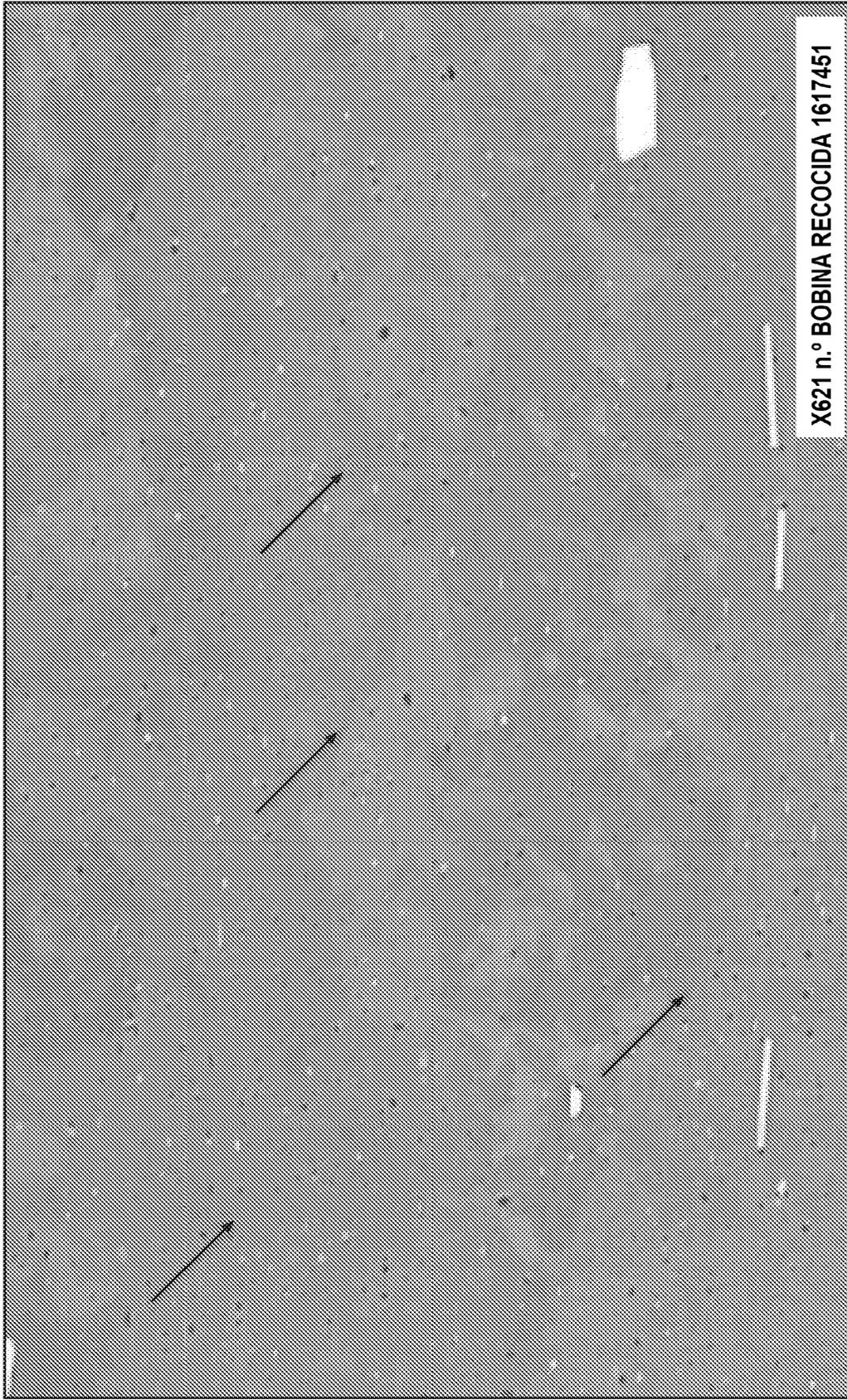


FIG. 2

25 μm

FIG. 2507



25 μm

FIG. 3

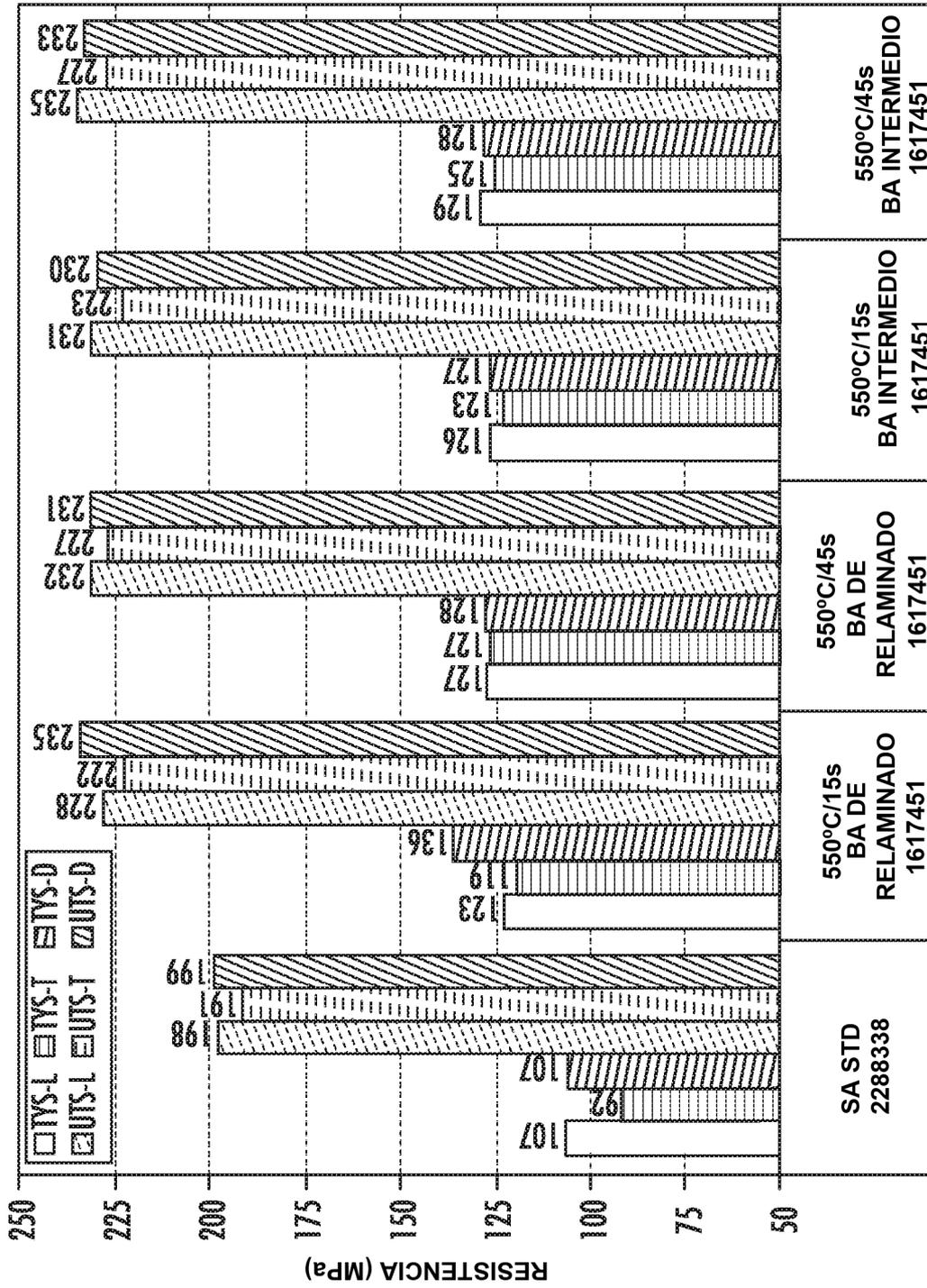


FIG. 4

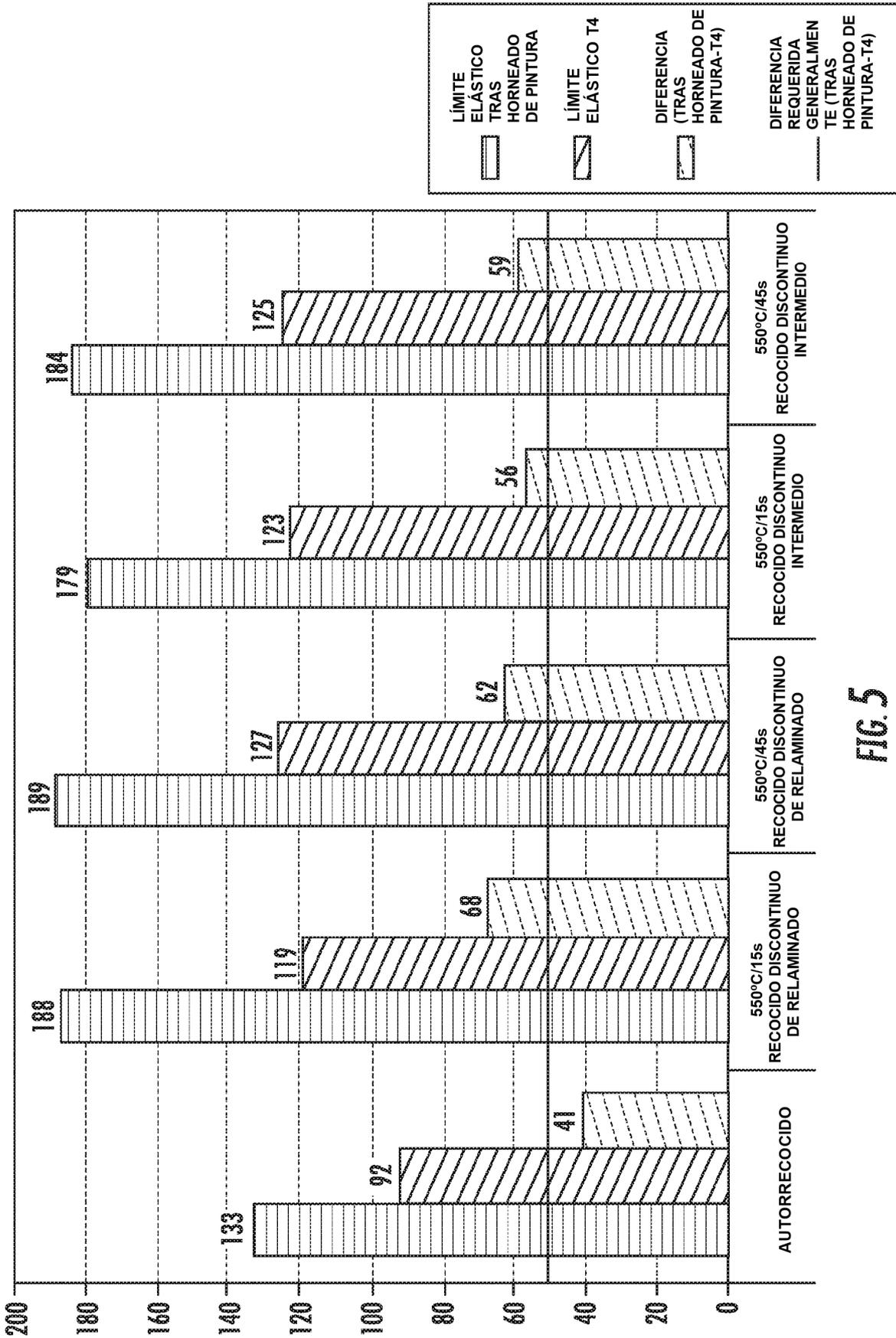


FIG. 5

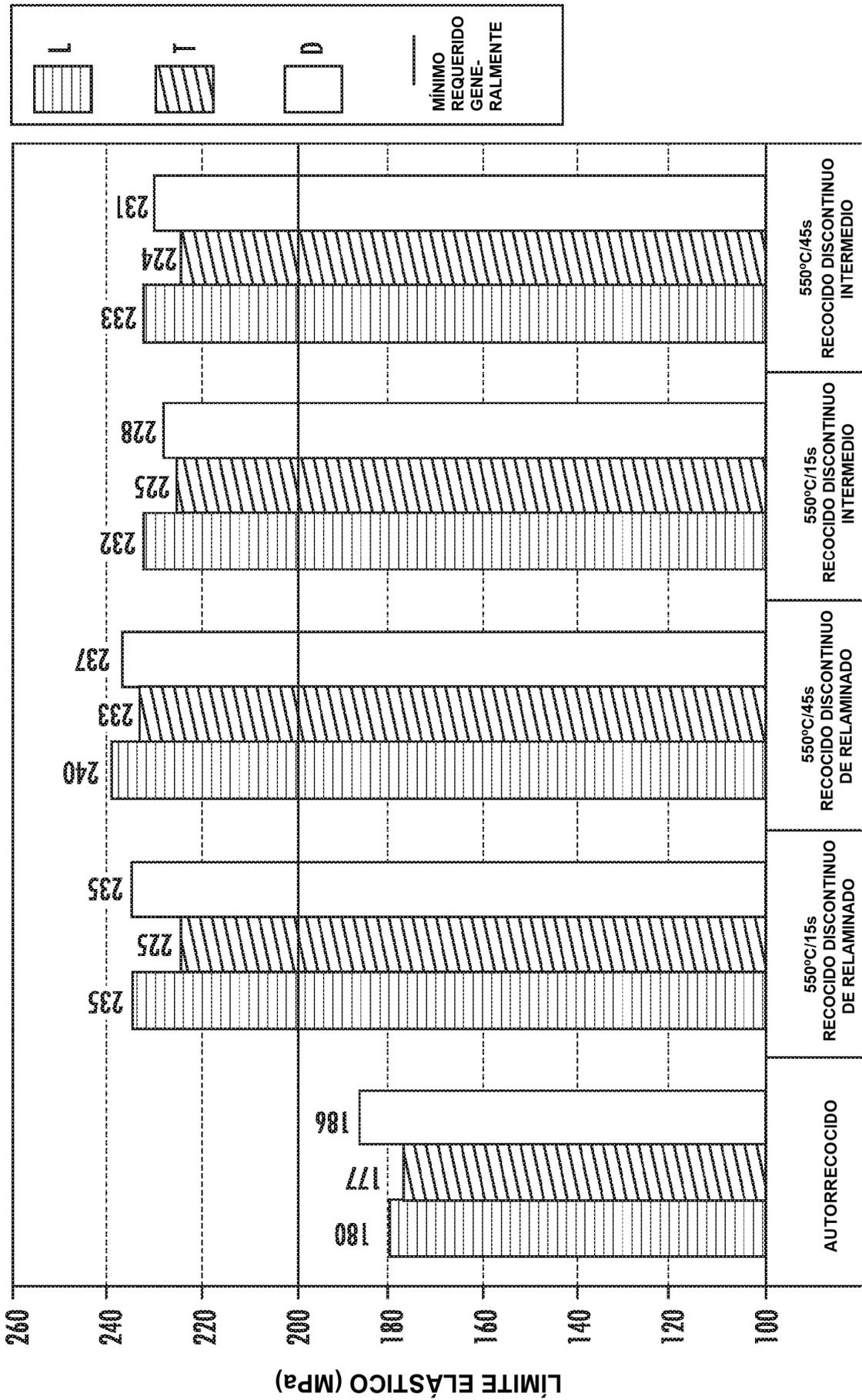


FIG. 6

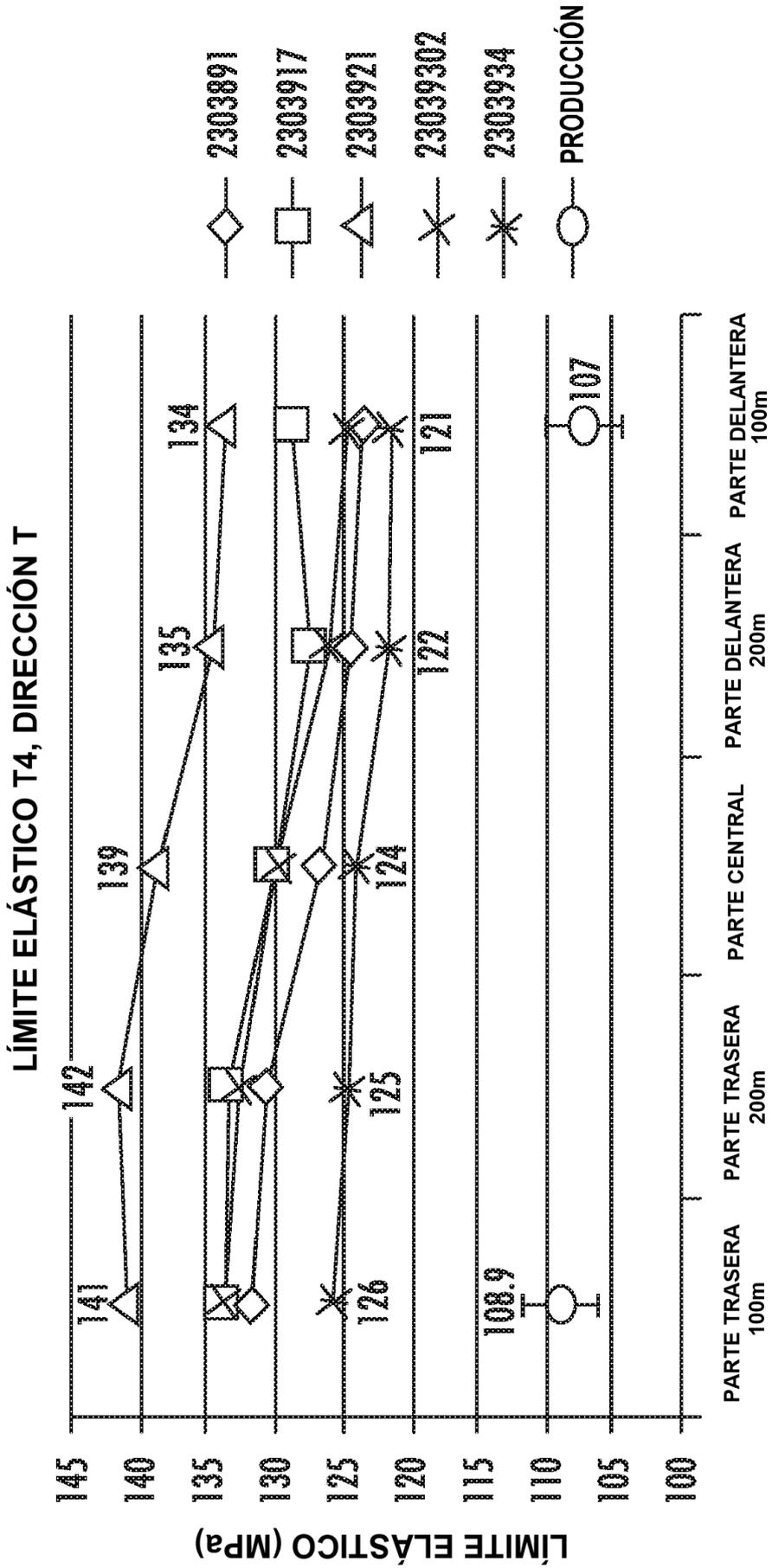


FIG. 7

LÍMITE ELÁSTICO T4, DIRECCIÓN T

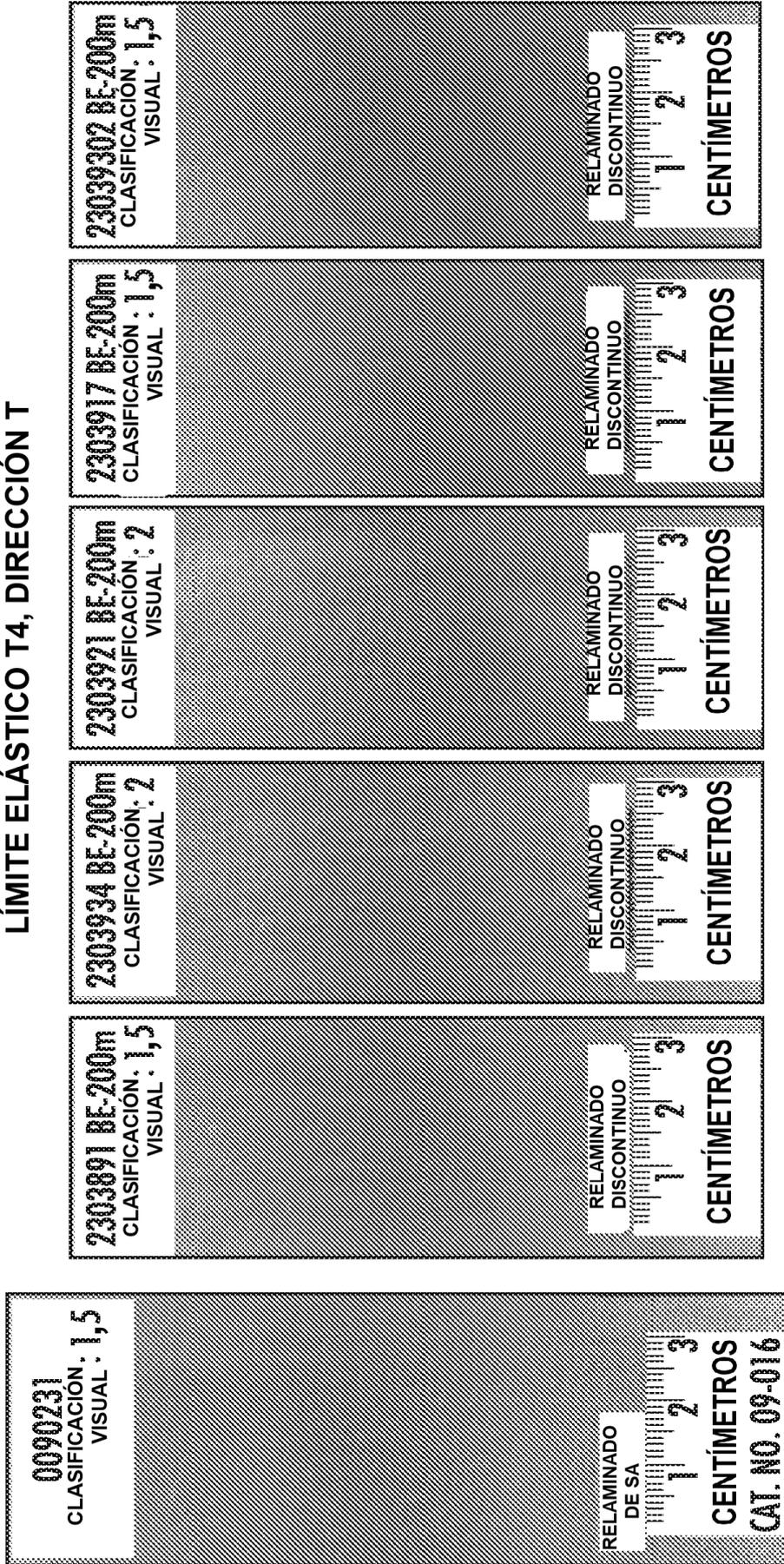


FIG. 8

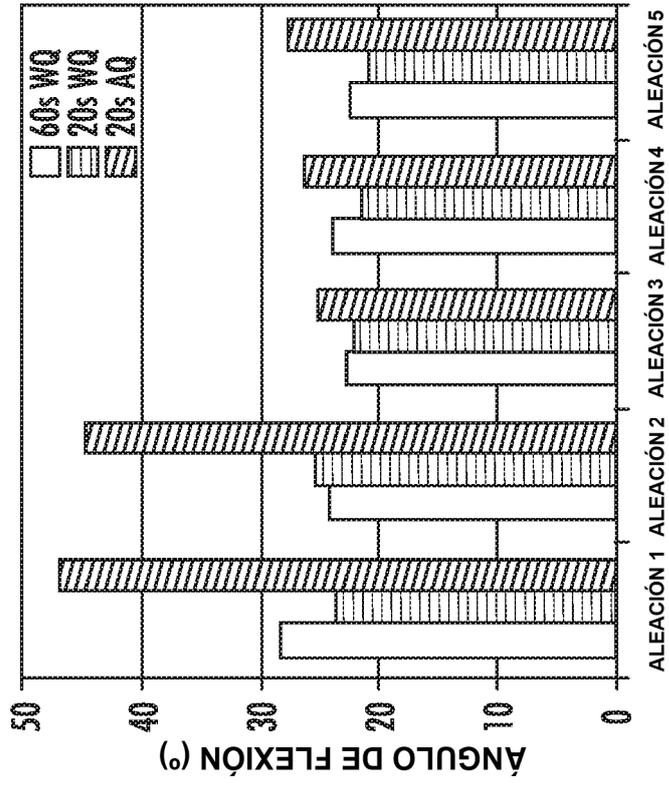


FIG. 9B

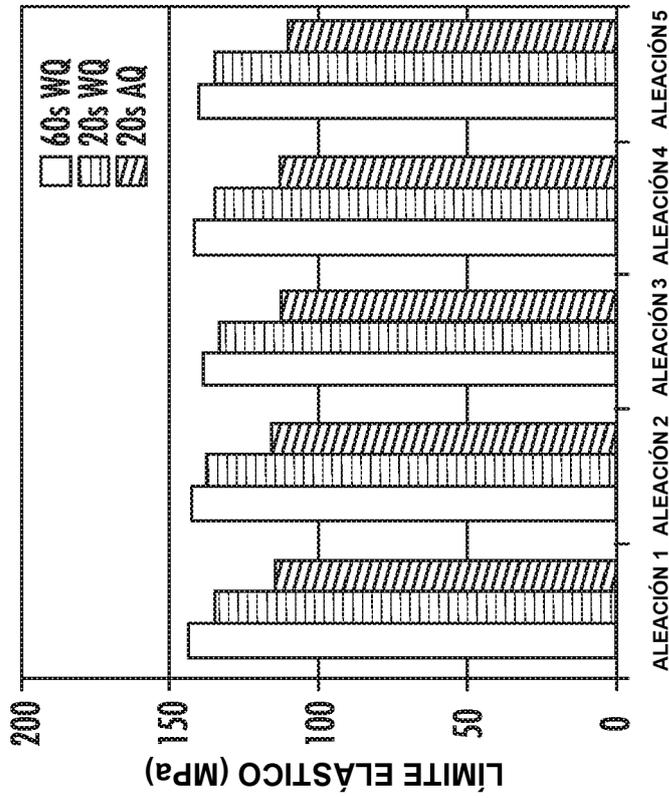


FIG. 9A

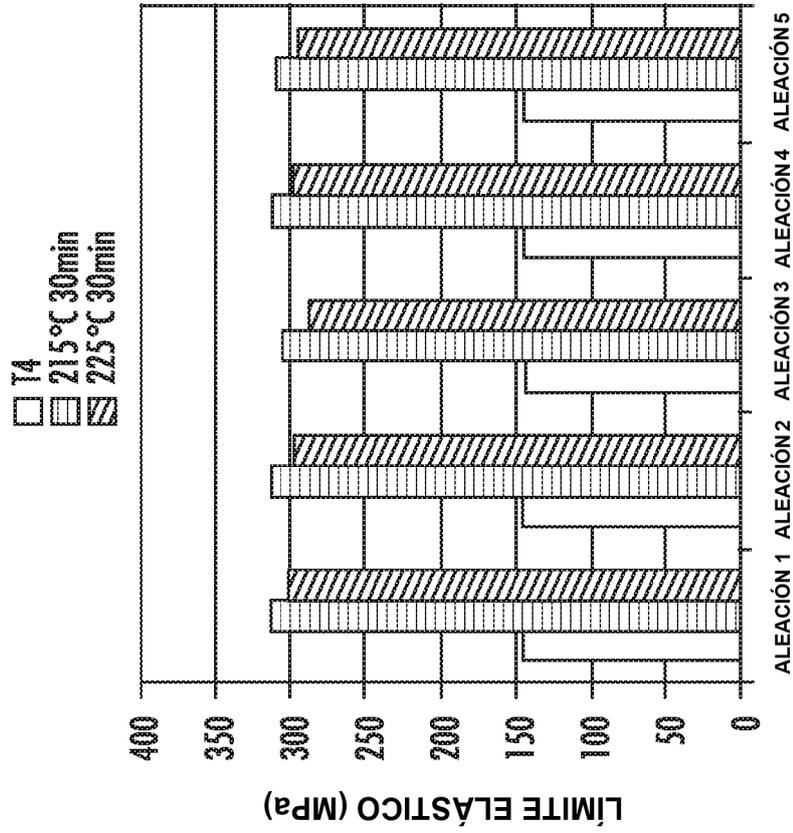


FIG. 10B

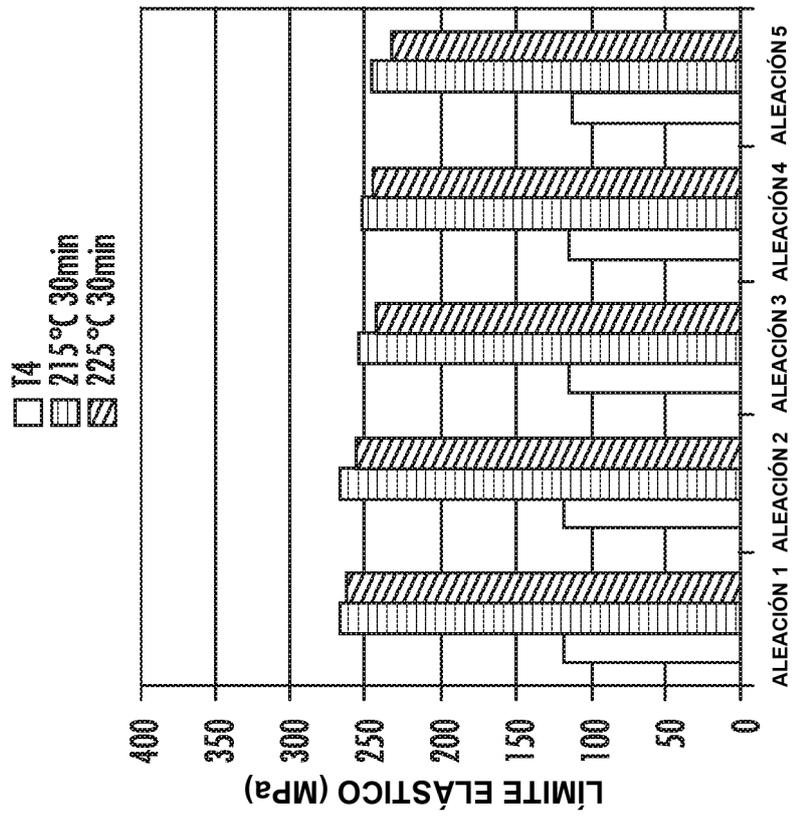


FIG. 10A

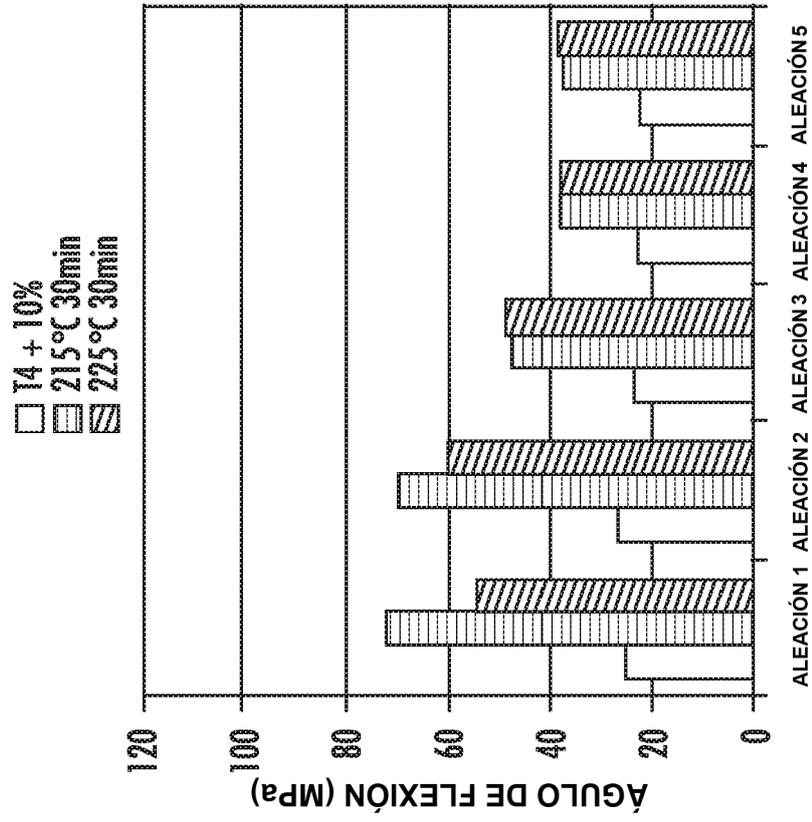


FIG. 10D

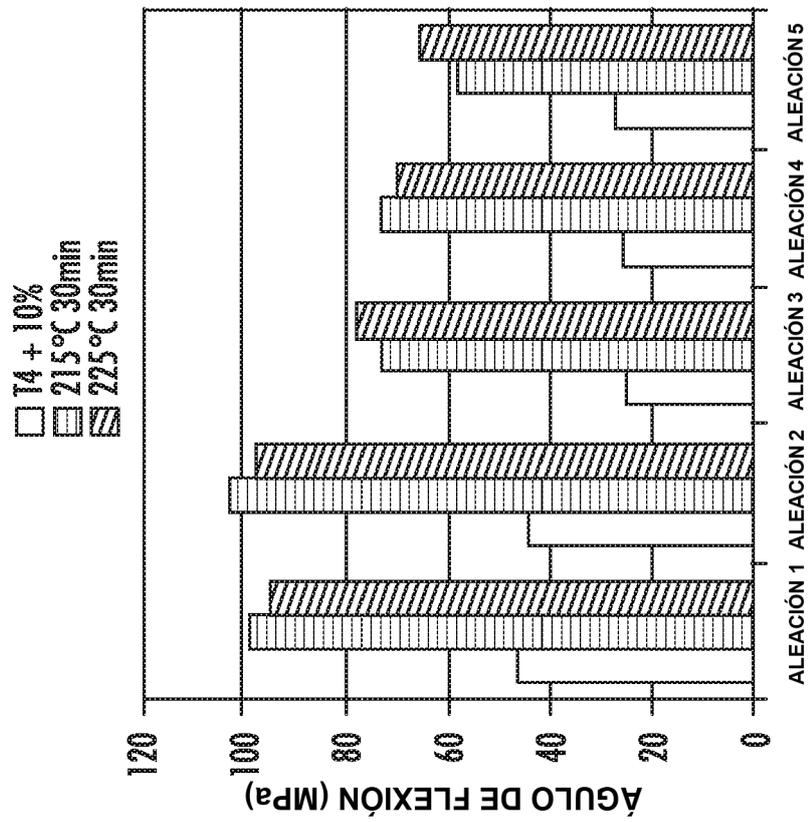
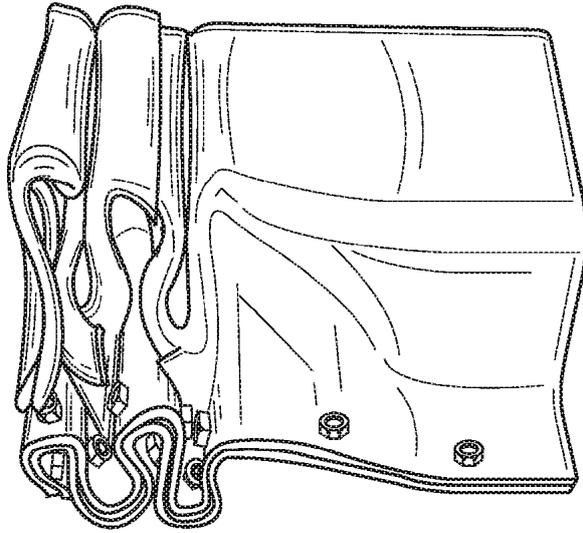
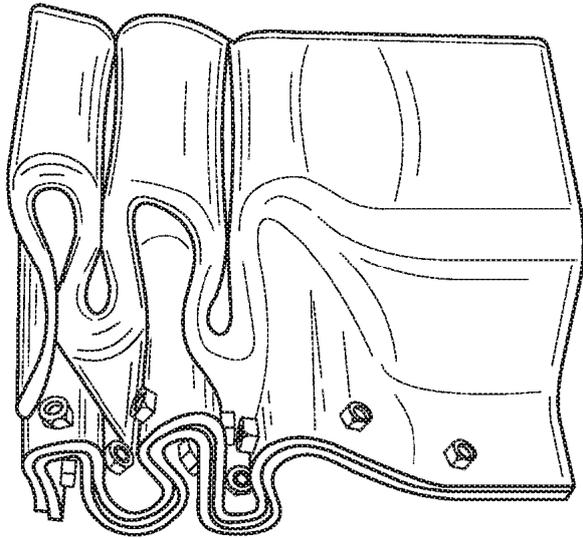


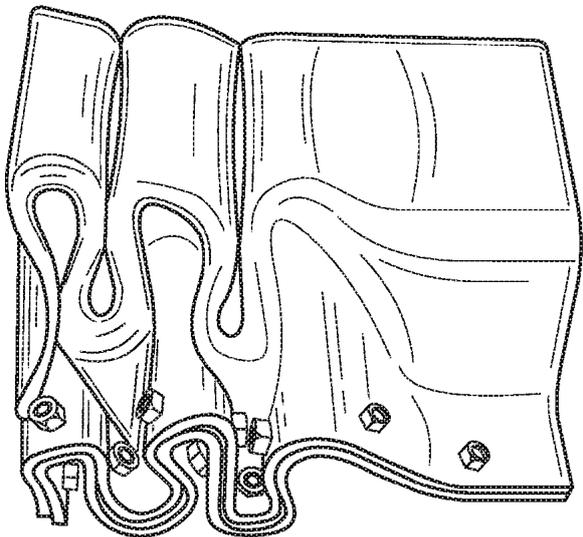
FIG. 10C



REFERENCIA



MUESTRA 2



MUESTRA 1

FIG. 11

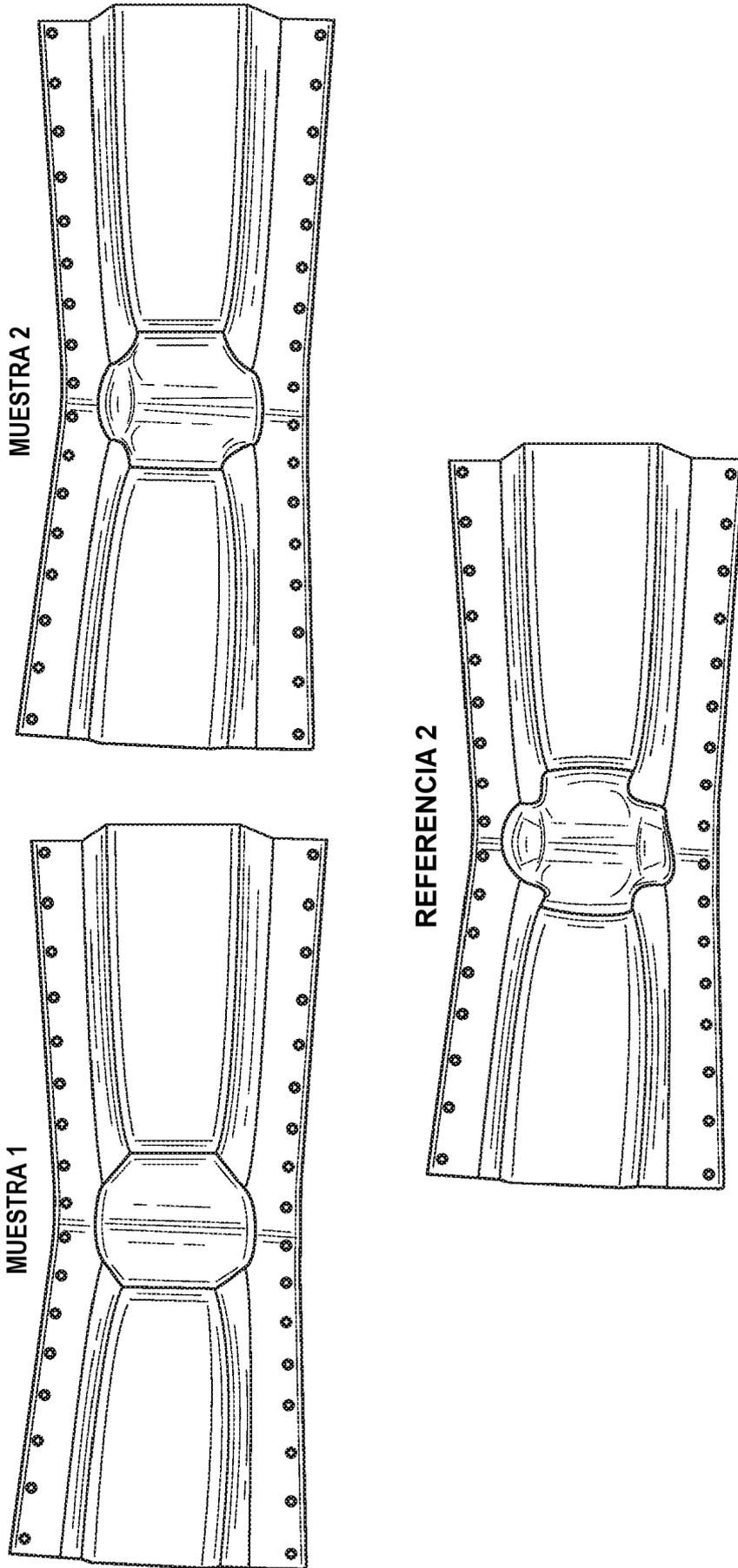


FIG. 12

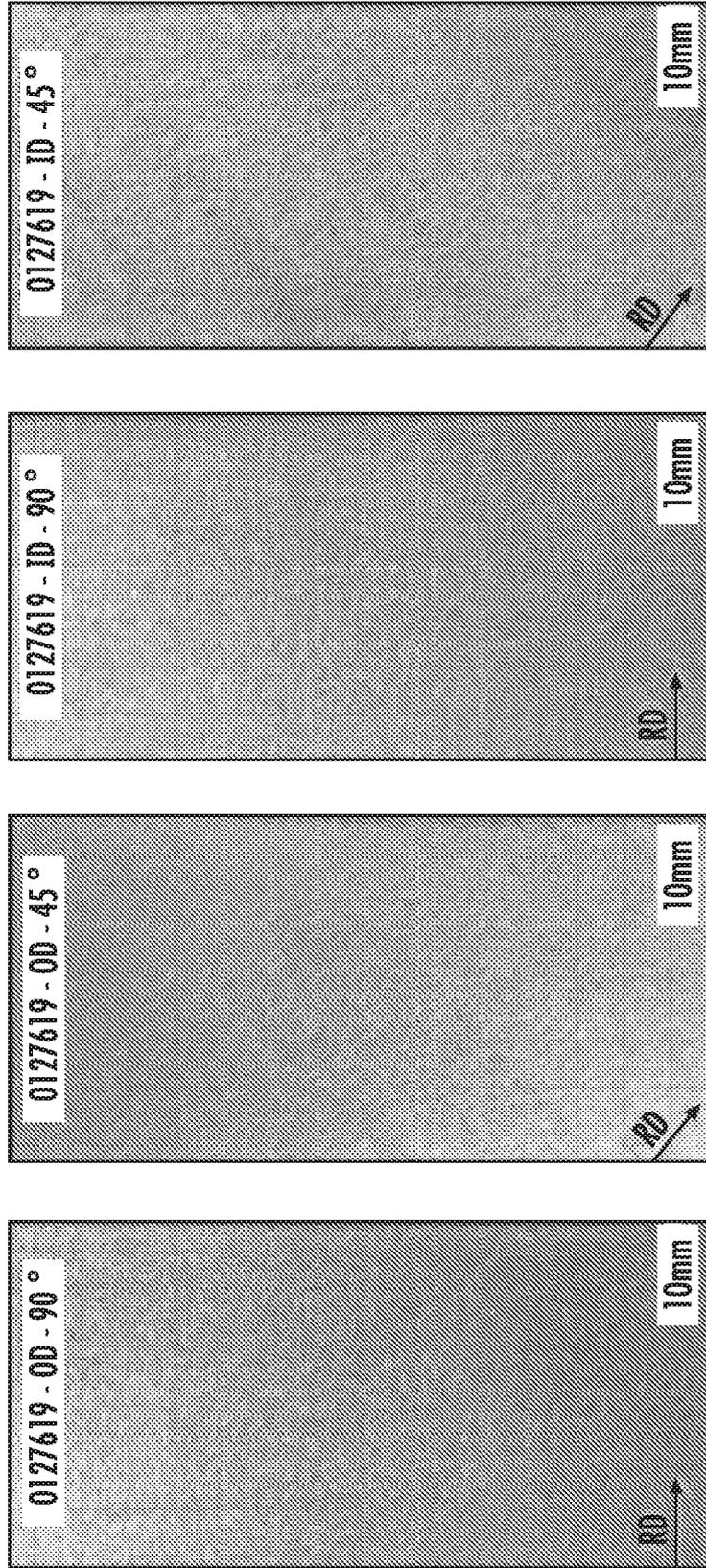


FIG. 13A

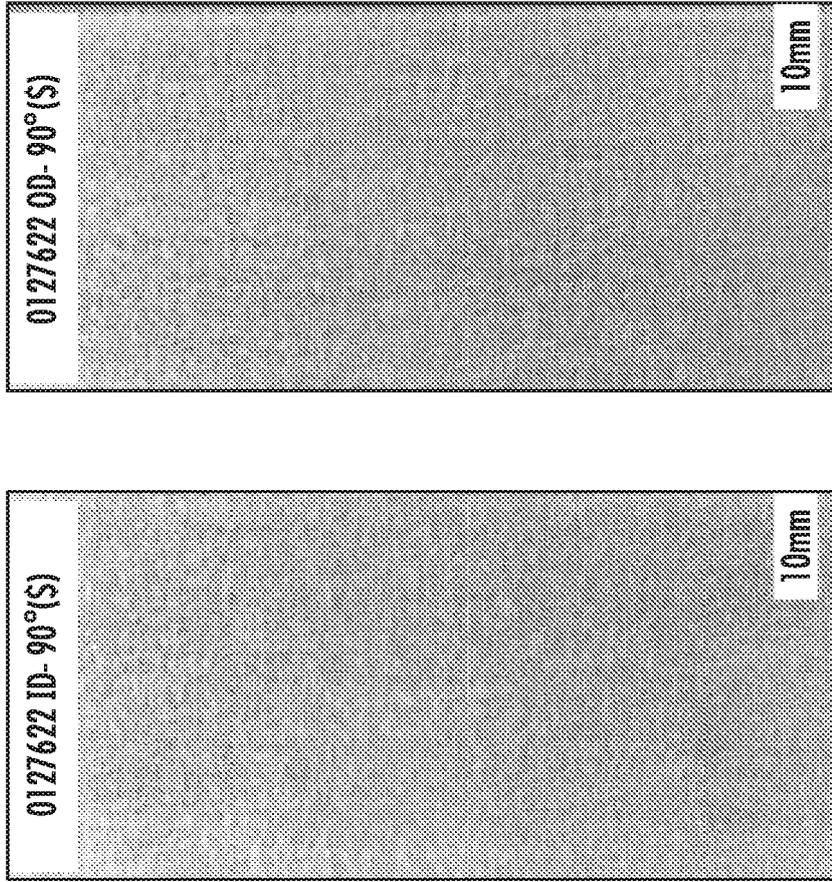


FIG. 13B

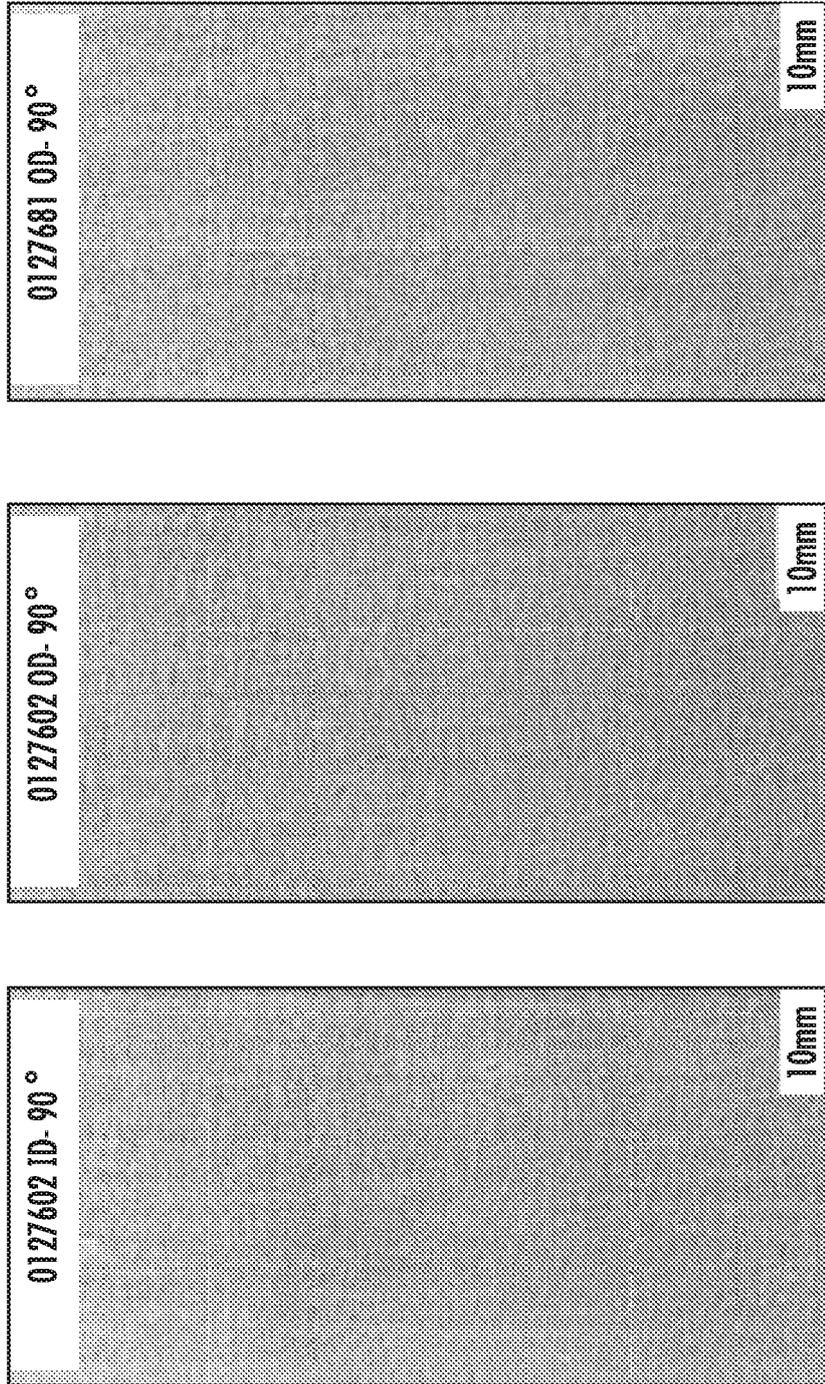


FIG. 13C

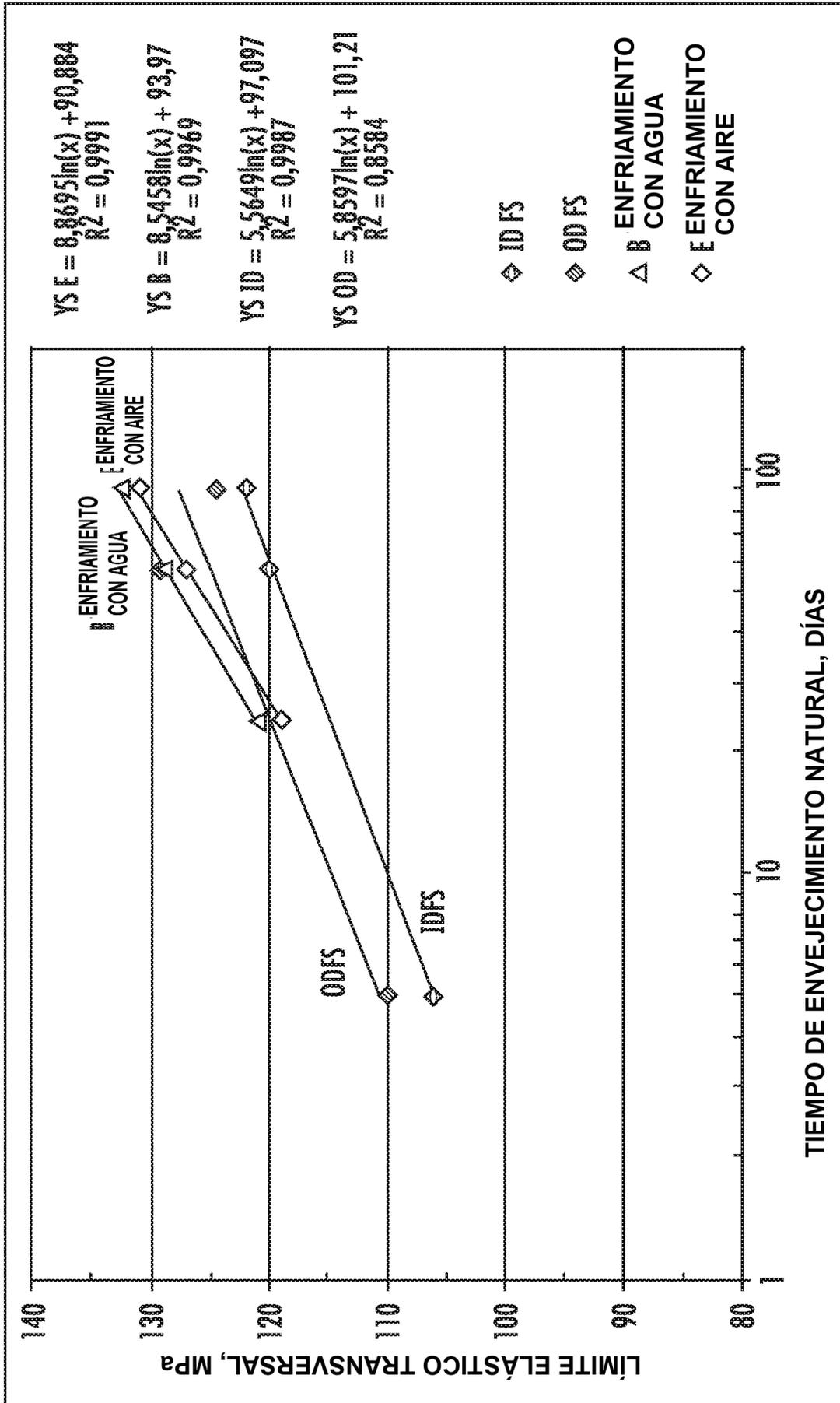


FIG. 14

ID DE RELAMINADO	RUTA	SHT	PRE-CR	BA	CR	TEMPLADO	DIR.	YS MPa	UTS MPa	ELONG. FINAL %	% DE ELONG. TOTAL	n	R
2288338	AUTORRECOCIDO	550 °C/15s	NO	NO	80%	T4	L	107	198	18,1	21,9	0,23	0,69
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO DE RELAMINADO	550 °C/15s	NO	400 °C/2h	78%	T4	L	123	228	21,5	25,0	0,24	0,70
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO DE RELAMINADO	550 °C/45s	NO	400 °C/2h	78%	T4	L	127	232	21,1	24,8	0,24	0,74
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO INTERMEDIO	550 °C/15s	49%	400 °C/2h	57%	T4	L	126	231	22,2	25,6	0,24	0,77
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO INTERMEDIO	550 °C/45s	49%	400 °C/2h	57%	T4	L	129	235	21,4	25,1	0,24	0,79
2288338	AUTORRECOCIDO	550 °C/15s	NO	NO	80%	T4	T	92	191	19,7	22,9	0,24	0,56
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO DE RELAMINADO	550 °C/15s	NO	400 °C/2h	78%	T4	T	119	222	21,0	24,3	0,25	0,58
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO DE RELAMINADO	550 °C/45s	NO	400 °C/2h	78%	T4	T	127	227	21,4	24,3	0,24	0,61
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO INTERMEDIO	550 °C/15s	49%	400 °C/2h	57%	T4	T	123	223	21,3	24,7	0,24	0,59
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO INTERMEDIO	550 °C/45s	49%	400 °C/2h	57%	T4	T	125	227	21,8	25,6	0,24	0,58
2288338	AUTORRECOCIDO	550 °C/15s	NO	NO	80%	T4	D	107	199	22,6	25,7	0,24	0,50
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO DE RELAMINADO	550 °C/15s	NO	400 °C/2h	78%	T4	D	136	235	22,6	26,3	0,23	0,43
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO DE RELAMINADO	550 °C/45s	NO	400 °C/2h	78%	T4	D	128	231	23,2	26,3	0,24	0,48
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO INTERMEDIO	550 °C/15s	49%	400 °C/2h	57%	T4	D	127	230	22,7	27,1	0,24	0,51
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO INTERMEDIO	550 °C/45s	49%	400 °C/2h	57%	T4	D	128	233	22,4	26,2	0,25	0,51
2288338	AUTORRECOCIDO	550 °C/15s	NO	NO	80%	T4+20min@180 °C	T	133	220	16,5	18,9	0,19	0,57
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO DE RELAMINADO	550 °C/15s	NO	400 °C/2h	78%	T4+20min@180 °C	T	188	273	19,0	21,8	0,19	0,59
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO DE RELAMINADO	550 °C/45s	NO	400 °C/2h	78%	T4+20min@180 °C	T	189	277	18,3	21,9	0,19	0,61
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO INTERMEDIO	550 °C/15s	49%	400 °C/2h	57%	T4+20min@180 °C	T	179	268	16,5	22,6	0,19	0,60
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO INTERMEDIO	550 °C/45s	49%	400 °C/2h	57%	T4+20min@180 °C	T	184	273	19,2	22,4	0,19	0,57
2288338	AUTORRECOCIDO	550 °C/15s	NO	NO	80%	T4+20min@180 °C	L	180	249	12,2	14,5	0,13	0,70
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO DE RELAMINADO	550 °C/15s	NO	400 °C/2h	78%	T4+20min@180 °C	L	235	304	14,9	19,2	0,15	0,73
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO DE RELAMINADO	550 °C/45s	NO	400 °C/2h	78%	T4+20min@180 °C	L	240	308	14,2	17,9	0,15	0,72
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO INTERMEDIO	550 °C/15s	49%	400 °C/2h	57%	T4+20min@180 °C	L	232	304	14,6	18,9	0,15	0,79
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO INTERMEDIO	550 °C/45s	49%	400 °C/2h	57%	T4+20min@180 °C	L	233	306	16,2	19,9	0,16	0,79

TABLA 1

ID DE RELAMINADO	RUTA	SHT	PRE-CR	BA	CR	TEMPLADO	DIR	YS MPa	UTS MPa	ELONG. FINAL %	% DE ELONG. TOTAL	n	R
2288338	AUTORRECOCIDO	550 °C/15s	NO	NO	80%	T4+20min@180 °C	T	177	245	12,6	15,0	0,14	0,58
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO DE RELAMINADO	550 °C/45s	NO	400 °C/2h	78%	T4+20min@180 °C	T	225	295	16,2	19,3	0,16	0,62
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO DE RELAMINADO	550 °C/45s	NO	400 °C/2h	78%	T4+20min@180 °C	T	233	302	15,0	19,3	0,15	0,61
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO INTERMEDIO	550 °C/15s	49%	400 °C/2h	57%	T4+20min@180 °C	T	225	297	14,7	19,2	0,15	0,59
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO INTERMEDIO	550 °C/45s	49%	400 °C/2h	57%	T4+20min@180 °C	T	224	298	16,0	19,3	0,16	0,58
2288338	AUTORRECOCIDO	550 °C/15s	NO	NO	80%	T4+20min@180 °C	D	186	256	15,4	19,0	0,15	0,54
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO DE RELAMINADO	550 °C/45s	NO	400 °C/2h	78%	T4+20min@180 °C	D	235	306	15,2	19,6	0,15	0,44
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO DE RELAMINADO	550 °C/45s	NO	400 °C/2h	78%	T4+20min@180 °C	D	237	306	14,7	19,2	0,15	0,50
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO INTERMEDIO	550 °C/15s	49%	400 °C/2h	57%	T4+20min@180 °C	D	228	299	15,5	20,1	0,15	0,51
1617451	RECOCIDO DISCONTINUO INTERMEDIO	550 °C/45s	49%	400 °C/2h	57%	T4+20min@180 °C	D	231	304	16,0	20,1	0,16	0,53

TABLA 1

CRITERIOS DE ESTRIADO	CLASIFICACIÓN VISUAL
ACEPTABLE	1
ACEPTABLE	2
MARGINAL (SUJETO A ACEPTABILIDAD POR EL CLIENTE)	3
INACEPTABLE	4

PROCEDIMIENTO	CLASIFICACIÓN VISUAL
AUTORRECOCIDO - CR -SHT	2
INVENCION - CR-BA-CR-SHT (550 °C-15s)	1
INVENCION - CR-BA-CR-SHT (550 °C-45s)	1
INVENCION - BA-CR-SHT (550 °C-15s)	1
INVENCION - BA-CR-SHT (550 °C-45s)	1

TABLA 2

ORIENTACIÓN DE LA MUESTRA	DEFORMACIÓN PREVIA (%)	AUTORRECOCIDO	RECOCIDO DE RELAMINADO	RECOCIDO INTERMEDIO
LONGITUDINAL	7	1,5	1,0	1,0
TRANSVERSAL	7	1,0	1,0	1,5
DIAGONAL	7	1,5	1,0	1,0
LONGITUDINAL	15	2,0	2,0	3,0
TRANSVERSAL	15	2,0	2,0	1,5
DIAGONAL	15	2,0	2,0	3,0

CLASIFICACIÓN DE RIBETES	ASPECTO DE RIBETES
1 (ACEPTABLE)	SIN AGRIETAMIENTO, PIEL DE NARANJA DE NULA A LEVE
2 (ACEPTABLE)	SIN AGRIETAMIENTO, PIEL DE NARANJA DE LEVE A INTENSA
3 (INACEPTABLE)	LÍNEA DE INICIACIÓN DE GRIETAS O GRIETAS DISCONTINUAS PARALELAS A LA LÍNEA DE FLEXIÓN
4 (INACEPTABLE)	GRIETA CONTINUA O FRACTURA COMPLETA, A TRAVÉS DEL GROSOR

TABLA 3

DESCRIPCIÓN DE PROBETA		10% (CENTRO)			15% (CENTRO)			15% (BORDE 1)			15% (BORDE 2)		
		DIRECCIÓN	LÍMITE ELÁSTICO (MPa)	RESULTADO	PROMEDIO	RESULTADO	PROMEDIO	RESULTADO	PROMEDIO	RESULTADO	PROMEDIO	RESULTADO	PROMEDIO
n.º LOTE	2303921	L	146	2	2	2	2,5	2	2	2	2	2	
		T(C)	127										
		D(N)	138										
2303917	L	133											
	T(C)	127											
	D(N)	127											
23039302	L	136											
	T(C)	128											
	D(N)	129											
2303891	L	132											
	T(C)	125											
	D(N)	127											
2303934	L	130											
	T(C)	124											
	D(N)	123											

TABLA 4

TEMPLADO	n.º BOBINA	UBICACIÓN BOBINA	DIRECCIÓN	LÍMITE ELÁSTICO (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN FINAL (MPa)	ELONGACIÓN UNIFORME (%)	ELONGACIÓN TOTAL (%)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE n VALORES (TENSIÓN DEL 10) (100%)	r-VALORES (TENSIÓN DEL 9% TENSIÓN DEL 11%)
T4	2303891	TRASERA 100m	D	129	238	23,3	27,3	0,25	0,30
T4	2303891	TRASERA 200m	D	128	238	23,0	27,0	0,25	0,31
T4	2303891	MEDIO	D	126	235	22,6	26,1	0,25	0,30
T4	2303891	FRONTAL 200m	D	127	238	23,0	27,1	0,25	0,31
T4	2303891	FRONTAL 100m	D	122	231	22,9	26,9	0,25	0,32
T4	2303891	TRASERA 100m	L	138	248	18,9	23,0	0,23	0,74
T4	2303891	TRASERA 200m	L	137	247	19,0	23,2	0,23	0,67
T4	2303891	MEDIO	L	132	243	18,6	22,6	0,24	0,71
T4	2303891	FRONTAL 200m	L	132	245	19,1	23,2	0,24	0,72
T4	2303891	FRONTAL 100m	L	130	241	18,9	22,9	0,24	0,72
T4	2303891	TRASERA 100m	T	132	238	21,1	25,6	0,24	0,70
T4	2303891	TRASERA 200m	T	131	236	19,9	24,1	0,24	0,68
T4	2303891	MEDIO	T	127	234	20,0	24,2	0,25	0,67
T4	2303891	FRONTAL 200m	T	124	233	20,2	24,4	0,25	0,69
T4	2303891	FRONTAL 100m	T	123	230	20,4	24,7	0,25	0,65
T4	2303917	TRASERA 100m	D	135	244	22,5	26,5	0,25	0,30
T4	2303917	TRASERA 200m	D	134	244	22,9	26,9	0,25	0,29
T4	2303917	MEDIO	D	130	239	22,7	26,6	0,25	0,30
T4	2303917	FRONTAL 200m	D	129	239	22,1	26,0	0,25	0,29
T4	2303917	FRONTAL 100m	D	130	240	23,0	27,0	0,25	0,28
T4	2303917	TRASERA 100m	L	139	250	18,8	22,9	0,23	0,71
T4	2303917	TRASERA 200m	L	140	250	18,7	22,8	0,23	0,70
T4	2303917	MEDIO	L	137	248	18,7	22,7	0,23	0,69

TABLA 5

TEMPLADO	n.º BOBINA	UBICACIÓN BOBINA	DIRECCIÓN	LÍMITE ELÁSTICO (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN FINAL (MPa)	ELONGACIÓN UNIFORME (%)	ELONGACIÓN TOTAL (%)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE n VALORES (TENSION 10) (100%)	r-VALORES (TENSION DEL 9% TENSION DEL 11%)
T4	2303917	FRONTAL 200m	L	133	246	18,8	22,2	0,24	0,70
T4	2303917	FRONTAL 100m	L	134	247	18,7	22,7	0,24	0,70
T4	2303917	TRASERA 100m	T	134	242	19,8	24,0	0,24	0,67
T4	2303917	TRASERA 200m	T	133	241	20,3	25,0	0,24	0,66
T4	2303917	MEDIO	T	130	239	20,1	24,3	0,24	0,68
T4	2303917	FRONTAL 200m	T	127	237	20,4	25,0	0,25	0,65
T4	2303917	FRONTAL 100m	T	129	238	20,4	24,7	0,24	0,68
T4	2303921	TRASERA 100m	D	143	255	22,4	26,4	0,25	0,31
T4	2303921	TRASERA 200m	D	142	253	22,6	26,7	0,24	0,34
T4	2303921	MEDIO	D	140	254	22,8	26,0	0,25	0,31
T4	2303921	FRONTAL 200m	D	137	251	23,3	26,6	0,25	0,35
T4	2303921	FRONTAL 100m	D	136	251	23,1	27,1	0,25	0,34
T4	2303921	TRASERA 100m	L	149	263	19,7	24,0	0,23	0,68
T4	2303921	TRASERA 200m	L	149	263	19,2	23,1	0,23	0,66
T4	2303921	MEDIO	L	147	263	20,0	24,0	0,24	0,64
T4	2303921	FRONTAL 200m	L	143	260	19,8	23,9	0,24	0,66
T4	2303921	FRONTAL 100m	L	142	259	19,6	23,6	0,24	0,67
T4	2303921	TRASERA 100m	T	141	252	20,0	24,1	0,24	0,64
T4	2303921	TRASERA 200m	T	142	252	21,0	25,3	0,24	0,57
T4	2303921	MEDIO	T	139	252	21,4	25,7	0,25	0,58
T4	2303921	FRONTAL 200m	T	135	248	21,0	25,3	0,25	0,58
T4	2303921	FRONTAL 100m	T	134	247	20,7	25,0	0,25	0,58
T4	23039302	TRASERA 100m	D	131	241	22,7	26,6	0,25	0,30

TABLA 5

TEMPLADO	n.º BOBINA	UBICACIÓN BOBINA	DIRECCIÓN	LÍMITE ELÁSTICO (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN FINAL (MPa)	ELONGACIÓN UNIFORME (%)	ELONGACIÓN TOTAL (%)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE n VALORES (TENSION 10) (100%)	r-VALORES (TENSION DEL 9% TENSION DEL 11%)
I4	23039302	TRASERA 200m	D	131	241	23,0	26,4	0,25	0,31
I4	23039302	MEDIO	D	128	239	23,5	27,7	0,25	0,33
I4	23039302	FRONTAL 200m	D	125	236	23,4	26,9	0,25	0,29
I4	23039302	FRONTAL 100m	D	124	235	23,2	27,1	0,26	0,31
I4	23039302	TRASERA 100m	L	140	253	18,9	23,0	0,24	0,68
I4	23039302	TRASERA 200m	L	140	254	19,5	23,7	0,23	0,69
I4	23039302	MEDIO	L	137	250	19,4	23,4	0,24	0,66
I4	23039302	FRONTAL 200m	L	133	247	19,3	23,4	0,24	0,68
I4	23039302	FRONTAL 100m	L	133	247	19,5	23,5	0,24	0,67
I4	23039302	TRASERA 100m	L	134	244	19,6	23,6	0,25	0,63
I4	23039302	TRASERA 200m	T	133	243	20,1	24,2	0,25	0,62
I4	23039302	MEDIO	T	130	240	20,7	24,1	0,25	0,64
I4	23039302	FRONTAL 200m	T	126	237	21,2	25,6	0,25	0,62
I4	23039302	FRONTAL 100m	T	125	236	20,6	24,8	0,25	0,65
I4	2303934	TRASERA 100m	D	127	242	24,6	28,8	0,26	0,32
I4	2303934	TRASERA 200m	D	128	242	24,0	28,0	0,26	0,35
I4	2303934	MEDIO	D	127	235	22,5	26,5	0,25	0,40
I4	2303934	FRONTAL 200m	D	121	233	23,6	27,7	0,26	0,33
I4	2303934	FRONTAL 100m	D	125	234	24,0	27,8	0,25	0,36
I4	2303934	TRASERA 100m	L	133	248	19,9	24,1	0,24	0,69
I4	2303934	TRASERA 200m	L	132	247	20,0	24,2	0,24	0,72
I4	2303934	MEDIO	L	130	245	19,6	23,7	0,24	0,70
I4	2303934	FRONTAL 200m	L	128	243	19,3	23,3	0,24	0,68

TABLA 5

TEMPLADO	n.º BOBINA	UBICACIÓN BOBINA	DIRECCIÓN	LÍMITE ELÁSTICO (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN FINAL (MPa)	ELONGACIÓN UNIFORME (%)	ELONGACIÓN TOTAL (%)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE n VALORES (TENSIÓN 10) (100%)	r-VALORES (TENSIÓN DEL 9% TENSIÓN DEL 11%)
T4	2303934	FRONTAL 100m	L	127	243	19,9	24,1	0,24	0,72
T4	2303934	TRASERA 100m	T	126	237	20,7	24,8	0,25	0,66
T4	2303934	TRASERA 200m	T	125	237	20,6	24,7	0,25	0,65
T4	2303934	MEDIO	T	124	235	20,7	24,8	0,25	0,67
T4	2303934	FRONTAL 200m	T	122	233	20,5	24,6	0,25	0,66
T4	2303934	FRONTAL 100m	T	121	233	20,9	25,0	0,25	0,69

TABLA 5

TEMPLADO	n.º BOBINA	UBICACIÓN BOBINA	DIRECCIÓN	LÍMITE ELÁSTICO (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN FINAL (MPa)	ELONGACIÓN UNIFORME (%)	ELONGACIÓN TOTAL (%)
T81	2303891	TRASERA 100m	T	213	294	17,0	21,9
T81	2303891	TRASERA 200m	T	210	291	16,4	20,8
T81	2303891	MEDIO	T	215	294	16,3	21,2
T81	2303891	FRONTAL 200m	T	213	293	16,3	21,1
T81	2303891	FRONTAL 100m	T	210	290	16,4	21,5
T81	2303917	TRASERA 100m	T	224	300	16,0	20,8
T81	2303917	TRASERA 200m	T	224	301	16,3	21,4
T81	2303917	MEDIO	T	220	297	16,7	22,1
T81	2303917	FRONTAL 200m	T	213	293	16,6	21,6
T81	2303917	FRONTAL 100m	T	212	293	16,7	21,6
T81	2303921	TRASERA 100m	T	220	302	16,8	21,3
T81	2303921	TRASERA 200m	T	220	301	17,4	22,2
T81	2303921	MEDIO	T	219	302	17,7	22,3
T81	2303921	FRONTAL 200m	T	221	302	16,8	21,2
T81	2303921	FRONTAL 100m	T	216	296	16,7	20,2
T81	23039302	TRASERA 100m	T	209	291	16,7	21,0
T81	23039302	TRASERA 200m	T	205	288	17,1	21,5
T81	23039302	MEDIO	T	210	292	16,5	20,8
T81	23039302	FRONTAL 200m	T	207	289	17,0	21,3
T81	23039302	FRONTAL 100m	T	206	288	16,6	21,0
T81	2303934	TRASERA 100m	T	194	282	17,8	22,0
T81	2303934	TRASERA 200m	T	190	278	18,0	22,5
T81	2303934	MEDIO	T	198	284	17,8	22,6
T81	2303934	FRONTAL 200m	T	195	281	17,1	21,5
T81	2303934	FRONTAL 100m	T	195	282	17,9	23,0

TABLA 6

TEMPLADO	n.º BOBINA	UBICACIÓN BOBINA	DIRECCIÓN	LÍMITE ELÁSTICO (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN FINAL (MPa)	ELONGACIÓN UNIFORME (%)	ELONGACIÓN TOTAL (%)
T81+2%PS	2303891	TRASERA 100m	T	253	310	15,4	21,1
T81+2%PS	2303891	TRASERA 200m	T	253	310	14,8	19,7
T81+2%PS	2303891	MEDIO	T	248	306	15,0	19,9
T81+2%PS	2303891	FRONTAL 200m	T	241	302	15,3	20,2
T81+2%PS	2303891	FRONTAL 100m	T	239	299	15,4	20,8
T81+2%PS	2303917	TRASERA 100m	T	259	313	14,7	19,9
T81+2%PS	2303917	TRASERA 200m	T	259	314	14,6	19,3
T81+2%PS	2303917	MEDIO	T	256	311	14,6	19,3
T81+2%PS	2303917	FRONTAL 200m	T	249	307	15,2	20,4
T81+2%PS	2303917	FRONTAL 100m	T	249	307	15,1	20,2
T81+2%PS	2303921	TRASERA 100m	T	261	317	14,9	19,3
T81+2%PS	2303921	TRASERA 200m	T	265	320	15,6	21,0
T81+2%PS	2303921	MEDIO	T	255	314	15,9	20,5
T81+2%PS	2303921	FRONTAL 200m	T	253	312	15,6	20,1
T81+2%PS	2303921	FRONTAL 100m	T	251	310	15,4	20,1
T81+2%PS	23039302	TRASERA 100m	T	251	309	15,1	19,7
T81+2%PS	23039032	TRASERA 200m	T	249	307	15,3	19,9
T81+2%PS	23039032	MEDIO	T	250	307	14,4	18,5
T81+2%PS	23039032	FRONTAL 200m	T	246	304	15,3	20,0
T81+2%PS	23039032	FRONTAL 100m	T	246	304	15,0	19,5
T81+2%PS	2303934	TRASERA 100m	T	234	297	16,0	20,9
T81+2%PS	2303934	TRASERA 200m	T	232	295	16,2	21,4
T81+2%PS	2303934	MEDIO	T	237	298	15,5	20,1
T81+2%PS	2303934	FRONTAL 200m	T	235	297	15,3	19,6
T81+2%PS	2303934	FRONTAL 100m	T	234	297	15,9	20,8

TABLA 6

n.º DE BOBINA	UBICACIÓN DE LA MUESTRA (ID/OD)	CONDICIONES DE SOLUBILIZACIÓN			DIRECCIÓN	CALIBRE (mm)	RESISTENCIA MPa		R (10%) VALORES	% DE ELONGACIÓN			
		PMT	EMIPADO POR ENCIMA DE 540°C	RMT °C			UTS	YS		n VALORES (10-20%)	UNIFORME	TOTAL	* PROMEDIO
4 DIAS DE ENVEJECIMIENTO NATURAL													
127619	ID	548	8s	85	TRANSVERSAL	0,95	221	104	0,27	0,63	24	29,8	
	ID				DIAGONAL	0,95	227	106	0,27	0,43	27	31,7	
	ID				LONGITUDINAL	0,95	232	112	0,26	0,78	73	28,5	
5 DIAS DE ENVEJECIMIENTO NATURAL													
127622	ID	547	8s	75	TRANSVERSAL	0,95	227	106	0,30	0,67	24	29,2	
	ID				DIAGONAL	0,95	230	107	0,29	0,37	27	32,0	
	ID				LONGITUDINAL	0,95	236	111	0,30	0,75	22	27,5	
	OD				TRANSVERSAL	0,95	227	110	0,29	0,66	24	30,1	
	OD				DIAGONAL	0,95	231	112	0,29	0,37	27	31,7	
	OD				LONGITUDINAL	0,95	238	119	0,29	0,77	22	27,1	
5 DIAS DE ENVEJECIMIENTO NATURAL													
127602	ID	539	SIN EMIPADO	75	TRANSVERSAL	0,96	219	101	0,30	0,52		30	
	ID				DIAGONAL	0,95	231	107	0,30	0,77		28	
	ID				LONGITUDINAL	0,95	225	103	0,30	0,37		31	
	OD				TRANSVERSAL	0,95	223	102	0,31	0,67		30	
	OD				DIAGONAL	0,95	233	107	0,30	0,80		28	
	OD				LONGITUDINAL	0,95	226	103	0,30	0,37		33	
127681	ID	547	8s	65	TRANSVERSAL								
	ID				DIAGONAL								
	ID				LONGITUDINAL								
	OD				TRANSVERSAL	0,95	231	111	0,31	0,71		30	
	OD				DIAGONAL	0,95	242	117	0,30	0,81		28	
	OD				LONGITUDINAL	0,95	235	112	0,30	0,40		33	

TABLA 7

n.º DE BOBINA	UBICACIÓN DE LA MUESTRA	YS (MPa)	0% DE TENSIÓN PREVIA	5% DE TENSIÓN PREVIA	10% DE TENSIÓN PREVIA	15% DE TENSIÓN PREVIA
0127619	ID	120	0	0	1	2
		114	0	0	0	1
		111	0	0	0	0
	OD	121	0	0	2	2
		115	0	0	1	2
		113	0	0	0	0

TABLA 8

n.º DE BOBINA	UBICACIÓN DE LA MUESTRA	TENSIÓN PREVIA	DIRECCIÓN	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
0127622	ID	5%	LONGITUDINAL	0	0	0	0
			DIAGONAL	0	0	0	0
			TRANSVERSAL	0	0	0	0
	ID	10%	LONGITUDINAL	0	0	0	0
			DIAGONAL	1	1	1	1
			TRANSVERSAL	0	0	0	0
	ID	15%	LONGITUDINAL	1	1	1	1
			DIAGONAL	2	2	2	2
			TRANSVERSAL	0	0	0	0
	OD	5%	LONGITUDINAL	0	0	0	0
			DIAGONAL	0	0	0	0
			TRANSVERSAL	0	0	0	0
	OD	10%	LONGITUDINAL	0	0	0	0
			DIAGONAL	0	1	1	0.7
			TRANSVERSAL	0	0	0	0
	OD	15%	LONGITUDINAL	0	0	1	0.3
			DIAGONAL	1	1	1	1
			TRANSVERSAL	0	0	0	0

TABLA 9

n.º DE BOBINA	UBICACIÓN DE LA MUESTRA	TENSIÓN PREVIA	DIRECCIÓN	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
0127602	ID	5%	LONGITUDINAL	1	1	1	1.0
			DIAGONAL	1	1	1	1.0
			TRANSVERSAL	0	0	0	0.0
	ID	10%	LONGITUDINAL	1	1	1	1.0
			DIAGONAL	1	1	2	1.3
			TRANSVERSAL	0	0	0	0.0
	ID	15%	LONGITUDINAL	1	1	2	1.3
			DIAGONAL	2	2	2	2.0
			TRANSVERSAL	0	0	1	0.3
	OD	5%	LONGITUDINAL	1	1	1	1.0
			DIAGONAL	1	1	1	1.0
			TRANSVERSAL	0	0	0	0.0
	OD	10%	LONGITUDINAL	1	1	1	1.0
			DIAGONAL	1	2	2	1.7
			TRANSVERSAL	0	0	0	0.0
	OD	15%	LONGITUDINAL	2	2	2	2.0
			DIAGONAL	2	2	2	2.0
			TRANSVERSAL	1	1	0	0.7

TABLA 10

n.º DE BOBINA	UBICACIÓN DE LA MUESTRA	TENSIÓN PREVIA	DIRECCIÓN	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
0127681	OD	5%	LONGITUDINAL	1	1	2	1,3
			DIAGONAL	2	1	1	1,3
			TRANSVERSAL	0	0	0	0,0
	OD	10%	LONGITUDINAL	2	2	1	1,7
			DIAGONAL	2	2	2	2,0
			TRANSVERSAL	1	0	0	0,3
	OD	15%	LONGITUDINAL	2	2	2	2,0
			DIAGONAL	2,5	2	2,5	2,3
			TRANSVERSAL	1	1	0	0,7

TABLA 11

n.º DE BOBINA	UBICACIÓN DE LA MUESTRA	CONDICIONES DE SOLUBILIZACIÓN			DIRECCIÓN	CALIBRE (mm)	RESISTENCIA MPa		R (10%) VALORES	% DE ELONGACIÓN		* PROMEDIO
		PMT	EMPAQUETO POR ENCIMA DE 540°C	RMT °C			UTS	YS		UNIFORME	TOTAL	
29 DÍAS DE ENVEJECIMIENTO NATURAL												
127619	OD	548	8s	85	TRANSVERSAL	0,95	252	133	0,27	0,78	22,0	26,8
	OD				DIAGONAL	0,95	246	128	0,27	0,43	24,7	29,4
	OD				LONGITUDINAL	0,95	238	125	0,27	0,64	23,0	28,0
24 DÍAS DE ENVEJECIMIENTO NATURAL												
127622	ID	547	8s	75	TRANSVERSAL	0,95	250	130	0,28	0,78	22	27
	ID				DIAGONAL	0,95	243	123	0,28	0,37	26	31
	ID				LONGITUDINAL	0,95	239	121	0,28	0,64	23	28
	OD				TRANSVERSAL	0,95	249	129	0,28	0,78	22	27
	OD				DIAGONAL	0,95	243	123	0,28	0,37	27	33
	OD				LONGITUDINAL	0,95	239	121	0,28	0,66	23	29
45 DÍAS DE ENVEJECIMIENTO NATURAL												
127681	ID	547	8s	65	TRANSVERSAL	0,95	240	122	0,28	0,68	23	28
	ID				DIAGONAL	0,95	243	123	0,27	0,37	25	31
	ID				LONGITUDINAL	0,95	251	129	0,28	0,79	22	27
	OD				TRANSVERSAL	0,95	249	125	0,28	0,69	23	29
	OD				DIAGONAL	0,95	242	120	0,28	0,38	26	31
	OD				LONGITUDINAL	0,95	239	120	0,28	0,80	21	27
127602	ID	539	SIN EMPAQUETO	75	TRANSVERSAL	0,96	238	121	0,28	0,68	23	28
	ID				DIAGONAL	0,95	241	121	0,28	0,35	26	31
	ID				LONGITUDINAL	0,95	248	125	0,28	0,80	21	27
	OD				TRANSVERSAL	0,95	239	121	0,28	0,64	23	28
	OD				DIAGONAL	0,95	242	121	0,27	0,38	26	31
	OD				LONGITUDINAL	0,95	251	127	0,28	0,78	21	27

TABLA 12

n.º DE BOBINA	UBICACIÓN DE LA MUESTRA	CONDICIONES DE SOLIBILIZACIÓN			DIRECCIÓN	CALIBRE (mm)	RESISTENCIA MPa		R (10%) VALORES	% DE ELONGACIÓN		* PROMEDIO
		PMT	EMPAQUETADO	RMT °C			UTS	YS		UNIFORME	TOTAL	
29 DIAS DE ENVEJECIMIENTO NATURAL												
127619	OD	548	8s	85	TRANSVERSAL	0.95	306	229	0.18	0.76	18	23
	OD				DIAGONAL	0.95	295	223	0.18	0.45	20	26
	OD				LONGITUDINAL	0.95	289	217	0.18	0.58	19	25
24 DIAS DE ENVEJECIMIENTO NATURAL												
127622	ID	547	8s	75	TRANSVERSAL	0.95	301	222	0.19	0.78	17.5	23.3
	ID				DIAGONAL	0.95	290	214	0.19	0.38	20.7	27.0
	ID				LONGITUDINAL	0.95	286	210	0.19	0.67	19.0	25.3
	OD				TRANSVERSAL	0.95	300	222	0.18	0.77	17.6	23.4
	OD				DIAGONAL	0.95	290	215	0.18	0.39	20.1	26.0
	OD				LONGITUDINAL	0.95	287	212	0.19	0.67	18.8	24.7
45 DIAS DE ENVEJECIMIENTO NATURAL												
127681	ID	547	8s	65	TRANSVERSAL	0.95	283	206	0.19	0.67	19	25
	ID				DIAGONAL	0.95	284	209	0.18	0.38	20	26
	ID				LONGITUDINAL	0.95	297	218	0.19	0.79	18	24
	OD				TRANSVERSAL	0.95	296	202	0.19	0.80	25	24
	OD				DIAGONAL	0.95	285	207	0.19	0.41	25	28
	OD				LONGITUDINAL	0.95	281	215	0.19	0.73	25	26
127602	ID	539	SIN EMPAQUETADO	75	TRANSVERSAL	0.96	296	217	0.18	0.78	17	23
	ID				DIAGONAL	0.95	286	210	0.18	0.37	20	26
	ID				LONGITUDINAL	0.95	284	208	0.19	0.69	19	25
	OD				TRANSVERSAL	0.95	282	206	0.18	0.69	19	25
	OD				DIAGONAL	0.95	285	209	0.18	0.36	20	26
	OD				LONGITUDINAL	0.95	297	215	0.18	0.79	17	23

TABLA 13

n.º DE BOBINA	DIRECCIÓN	DIAS DE ENVEJECIMIENTO NATURAL	UBICACIÓN DE LA MUESTRA	YS (MPa)	0%	5%	10%	15%	
0127619	0	28	OD	131	0	2	2	2	
	45			126	1	2	2		
	90			124	0	0	0		
	0		ID	130	0	1	2	2	
	45			124	0	1	2	2	
	90			120	0	0	0	0	
0127622	0	26	PARTE CENTRAL	-	-	0	1	1	
	45			-	-	1	2	3	
	90			-	-	0	0	0	
	0			90	-	-	1	2	2
	45				-	-	2	3	
	90				-	-	0	0	
0127681	0	45	ID	-	-	1	2	2	
	45			-	-	1	2	3	
	90			-	-	0	0		
	0		OD	-	-	1	2	2	
	45			-	-	2	3		
	90			-	-	0	0		
0127602	0	45	ID	-	-	1	1	2	
	45			-	-	1	2	3	
	90			-	-	0	0		
	0		OD	-	-	1	1	2	
	45			-	-	2	3		
	90			-	-	0	0		

TABLA 14