

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 828 958**

51 Int. Cl.:

C22C 21/08 (2006.01)

C22F 1/05 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.12.2016 PCT/EP2016/082231**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.06.2017 WO17108986**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2016 E 16822676 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.09.2020 EP 3394304**

54 Título: **Método para la producción de una aleación de aluminio tratable térmicamente con propiedades mecánicas mejoradas**

30 Prioridad:

23.12.2015 NO 20151793

12.02.2016 NO 20160252

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

28.05.2021

73 Titular/es:

NORSK HYDRO ASA (100.0%)

0240 Oslo, NO

72 Inventor/es:

TUNDAL, ULF y

REISO, ODDVIN

74 Agente/Representante:

DIÉGUEZ GARBAYO, Pedro

ES 2 828 958 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

Método para la producción de una aleación de aluminio tratable térmicamente con propiedades mecánicas mejoradas

5 La presente invención se refiere a un método para la producción de componentes estructurales, a partir de aleaciones de la serie AA 6xxx, que se extruyen o laminan y se someten a un procesamiento adicional para obtener propiedades mecánicas mejoradas.

10 El proceso de extrusión de aluminio normalmente comienza calentando palanquillas o barras coladas y homogeneizadas a una temperatura de extrusión deseada (dependiendo de la aleación, normalmente: 400-520 °C). La aleación de aluminio a esa temperatura es todavía sólida pero maleable. La palanquilla de aluminio calentada se transfiere después a un recipiente en una prensa de extrusión. Después, un vástago con un bloque falso que sella hacia el recipiente presiona desde atrás, fuerza la aleación de aluminio a través de la(s) abertura(s) de un troquel de extrusión, dando como resultado, a su vez, una gran longitud de una extrusión de aluminio, que emerge del otro lado del troquel.

15 En una planta de extrusión moderna, el frente del perfil se sujeta mediante un extractor que aplica una cierta fuerza en función de la aleación y el área de la sección transversal del perfil. Normalmente, dos extractores con sierra volante funcionan simultáneamente y cortan el perfil en la marca de tope entre dos tramos extruidos. Las extrusiones se someten a enfriamiento en la mesa de salida mediante templado con agua o enfriamiento con aire. Los perfiles templados con agua normalmente se enfrían mediante una cubeta de enfriamiento o una onda estacionaria a temperatura ambiente en la mesa de salida, mientras que los perfiles enfriados con aire normalmente se enfrían aún más en la mesa de enfriamiento después de ser transferidos desde la mesa de salida. Si el flujo de metal en el troquel de extrusión está bien equilibrado y la sección transversal no es demasiado asimétrica, el perfil permanecerá razonablemente recto si el perfil se enfría con aire. Para un perfil templado con agua, puede ser más difícil evitar que el perfil se doble durante la operación de enfriamiento. Sin embargo, con una cubeta de templado donde el flujo de agua se puede ajustar independientemente desde todos los lados y a lo largo de la cubeta de templado, la mayoría de los perfiles se pueden templar sin demasiada flexión ni deformación. En cualquier caso, el extractor ayudará a mantener el perfil recto después de la extrusión y el enfriamiento.

20 A continuación, las longitudes extruidas enfriadas se estiran normalmente para obtener una deformación plástica en el intervalo de 0,3-1,0 %. El propósito de tal estiramiento es tener perfiles rectos y con alivio de tensión. Las extrusiones largas se cortan a las longitudes deseadas y después generalmente se someten a una etapa de tratamiento térmico denominada envejecimiento artificial. Este tratamiento de envejecimiento, que aumenta significativamente la resistencia, se realiza normalmente a una temperatura entre 140 y 220 °C, dependiendo de las propiedades que vayan a tener los perfiles de aluminio.

25 A partir del documento EP 2883973 A1 se conoce un proceso del tipo anterior para la obtención de productos extruidos hechos de una aleación de aluminio 6xxx donde los perfiles extruidos después de la extrusión se templean a temperatura ambiente y después opcionalmente se estiran entre 0,5 y 5 % para obtener alivio de tensión. y perfiles rectos, como se indica en la descripción de la solicitud de patente.

30 El documento WO2016/034607 describe un producto extruido de aleación de aluminio obtenido mediante las siguientes etapas: a) colar una palanquilla a partir de una aleación de aluminio 6xxx que comprende: Si: 0,3-1,5 % en peso; Fe: 0,1-0,3 % en peso; Mg: 0,3-1,5 % en peso; Cu <1,5 % en peso; Mn <1,0 %; Zr <0,2 % en peso; Cr <0,4 % en peso; Zn <0,1 % en peso; Ti <0,2 % en peso, V <0,2 % en peso, siendo el resto aluminio e impurezas inevitables; b) homogeneizar la palanquilla colada a una temperatura de 30 °C a 100 °C menor que la temperatura de *solidus*; c) calentar la palanquilla homogeneizada a una temperatura inferior a la de *solidus* Ts, entre Ts y (Ts - 45 °C) y superior a la temperatura de *solvus*; d) enfriar hasta que la temperatura de la palanquilla alcance una temperatura entre 400 °C y 480 °C mientras se asegura que la superficie de la palanquilla nunca descienda por debajo de una temperatura sustancialmente cercana a 350 °C; e) extruir como máximo unas pocas decenas de segundos después de la operación de enfriamiento dicha palanquilla a través de un troquel para formar al menos un producto extruido; f) templear el producto extruido a temperatura ambiente; g) estirar el producto extruido; h) envejecer el producto extruido, sin aplicar previamente sobre el producto extruido ningún tratamiento térmico en solución posterior a la extrusión por separado, aplicándose el tratamiento de envejecimiento de manera que el producto presente un excelente compromiso entre resistencia y rotura, con un límite elástico Rp0,2 superior a 240 MPa, preferiblemente superior a 280 MPa y, cuando se comprime axialmente, el perfil presenta una superficie plegada regularmente que tiene grietas con una longitud máxima de 10 mm, preferiblemente inferior a 5 mm.

35 Es sabe de manera general, por ejemplo, de la publicación "Properties for aluminum alloys", Mr. J. Gilbert Kaufmann, ASM International, que a muchos productos de aleación de aluminio se les aplica una pequeña cantidad de trabajo en frío después del tratamiento térmico en solución y el temple para minimizar las tensiones residuales internas que resultan de la combinación de trabajo, mantenimiento a altas temperaturas y temple rápido. Se indica aquí que la cantidad de trabajo en frío que se obtiene del tratamiento de alivio de tensiones generalmente está en el intervalo de 1 a 3 % de estiramiento para una placa, productos laminados o extruidos y de 3 a 5 % de compresión para forjados.

La cantidad de estiramiento para alivio de tensiones a la que se hace referencia aquí es mucho mayor que la que se usa normalmente en una planta de extrusión moderna. Muy probablemente, esto se debe al tratamiento T6 con puesta en solución separada seguida de dejar caer un paquete de perfiles largos en un tanque de templado profundo. En este caso, los perfiles se retorcerán y se doblarán mucho más que si un perfil se temple cuando se sujeta con un extractor. Para un tratamiento T5 se usa mucho menos estiramiento, normalmente en el intervalo de 0,3-1,0 % de deformación plástica.

En el mismo artículo, hay un capítulo sobre "Effect of Additional Cold Work Following Solution Heat Treatment", que se refiere a estudios sobre el efecto del estiramiento sobre las propiedades de fatiga de las aleaciones 2024, 6061 y 7075. Ninguna de estas aleaciones muestra ningún beneficio por el estiramiento y para la aleación 7075 posiblemente un efecto negativo.

En el Manual de especialidades de ASM, "Aluminio y aleaciones de aluminio", editado por J. R. Davies hay un capítulo sobre los efectos termomecánicos sobre el envejecimiento. El temple T3 se refiere al trabajo en frío después de la extrusión, mientras que el T8 se refiere al trabajo en frío después de la puesta en solución separada. Se afirma aquí que las aleaciones de la serie 2xxx, tales como 2014, 2124 y 2219, responden positivamente al trabajo en frío después del temple con respecto a la resistencia, mientras que otras aleaciones muestran poco o ningún refuerzo añadido para el mismo tipo de tratamiento. Para las aleaciones de la serie 2xxx hay varios tipos de temple T3 y T8, mientras que para las aleaciones de la serie 7xxx, que no responden positivamente al trabajo en frío después del tratamiento de solución, estos temples no son estándar.

Los resultados de una amplia experimentación con las aleaciones 7xxx llevados a cabo y publicados más adelante por ASM (Sociedad Americana de Metales), "Properties and Physical Metallurgy, John E. Hatch, donde, entre otras cosas, se concluye que para las aleaciones 7xxx "la resistencia alcanzable disminuye progresivamente al aumentar el trabajo en frío hasta al menos un 5 %". Este efecto se atribuye a las dislocaciones que están provocando la nucleación heterogénea de los precipitados η' y, por lo tanto, suprimiendo la nucleación homogénea más densa de los precipitados η'' que da una contribución de resistencia más alta. El trabajo en frío mediante laminación en frío a niveles más altos que los utilizados para aliviar tensiones puede proporcionar niveles de dureza que superan los proporcionados por los efectos de endurecimiento por precipitación únicamente, pero esos no se utilizan comercialmente.

En consecuencia, es deseable tener un método que permita la producción eficiente de componentes estructurales a partir de aleaciones de aluminio tratables térmicamente que no solo produzca dichos componentes con propiedades mecánicas mejoradas, sino que también permita una producción eficiente. Tal método es especialmente deseable ya que las aleaciones que permiten propiedades mecánicas mejoradas de un componente estructural generalmente también ofrecen más resistencia a la deformación durante la producción de un componente estructural, por ejemplo durante la extrusión y, por lo tanto, dan como resultado un proceso de producción ineficaz.

En consecuencia, la invención proporciona el método divulgado en las reivindicaciones adjuntas.

Como resulta evidente a partir de los datos experimentales proporcionados a continuación, se ha encontrado que el estiramiento del miembro estructural o del perfil extruido producido de acuerdo con el método de acuerdo con la invención para obtener al menos un 1,5 % de deformación plástica mejora en gran medida el comportamiento de aplastamiento. Además, se ha encontrado que la eficiencia de producción del miembro estructural puede mejorarse más cuando el método comprende una etapa de heterogeneización (también denominada en el presente documento "recocido suave") después de la etapa de homogeneización y antes de la etapa de extrusión. Esto permite precipitar Mg_2Si de la fase rica en Al (fase α) dando como resultado un agotamiento de Mg y Si de la fase rica en Al. Esto reduce la resistencia a la deformación de la aleación y permite un mejor rendimiento de extrusión. El estiramiento de acuerdo con las realizaciones de la invención se lleva a cabo después de la etapa de puesta en solución y antes del envejecimiento (también antes del pre-envejecimiento opcional) para realizaciones en las que un miembro estructural (p. ej., un perfil) se forma por extrusión. Se ha encontrado que cuando el proceso comprende heterogeneizar, se obtienen mejores propiedades del perfil si el proceso comprende también la puesta en solución. Para material laminado, el estiramiento de acuerdo con la invención se lleva a cabo después de la etapa de puesta en solución y antes de formar un miembro estructural (es decir, se estira la chapa metálica enrollada) o después de formar el miembro estructural (es decir, se estira la chapa metálica que se ha formado en el miembro estructural). En otras palabras, el miembro estructural se estira opcionalmente para realizaciones en las que un miembro estructural (p. ej., un perfil) se forma a partir de chapa metálica laminada, en donde el estiramiento también se lleva a cabo en estas realizaciones antes del envejecimiento (p. ej., antes del pre-envejecimiento).

La homogeneización puede llevarse a cabo, por ejemplo, a una temperatura entre 520 °C y 590 °C, p. ej., a una temperatura entre 550 °C y 580 °C, para una duración de más de 0 horas y menos de 12 horas, en donde un valor de 0 horas indica que la aleación se calienta para alcanzar la temperatura de homogeneización y, al alcanzar la temperatura de homogeneización, se enfría inmediatamente. De acuerdo con las realizaciones, la homogeneización se lleva a cabo durante 1 a 4 horas. La temperatura y el tiempo deben elegirse de modo que la región monofásica con respecto a Al, Mg y el Si en el diagrama de fases se alcanza para llevar estos (y otros elementos) a una solución sólida en la fase rica en Al. Además, la homogeneización puede llevarse a cabo de manera que precipite fases

intermetálicas de elementos que no son completamente solubles en la fase alfa rica en Al.

De acuerdo con las realizaciones de la invención, la homogeneización puede ir seguida de una etapa de heterogeneización (también denominada "recocido suave"). Dicha etapa de heterogeneización puede seguir inmediatamente a la homogeneización (es decir, sin ningún enfriamiento por debajo de la temperatura de heterogeneización entre las etapas) o puede llevarse a cabo por separado (es decir, puede haber enfriamiento por debajo de la temperatura de heterogeneización, p. ej. a temperatura ambiente, entre las etapas). Cuando la heterogeneización se realiza inmediatamente después de la homogeneización, el proceso es más eficiente y consume menos energía. Cuando la homogeneización y la heterogeneización se llevan a cabo por separado, el proceso es más versátil. El enfriamiento desde la temperatura de homogeneización hasta la temperatura de heterogeneización o, cuando la homogeneización y la heterogeneización se llevan a cabo por separado, a temperatura ambiente, de acuerdo con las realizaciones de la invención, se realiza utilizando una velocidad de enfriamiento de entre 25 °C/hora y 500 °C/hora. De acuerdo con las realizaciones, la velocidad de enfriamiento entre las temperaturas de homogeneización y heterogeneización está, por ejemplo, entre 100 °C/hora y 400 °C/hora.

La etapa de heterogeneización se puede llevar a cabo, por ejemplo, a una temperatura de entre 350 °C y 450 °C, por ejemplo entre 390 °C y 430 °C. Una aleación 6061 tiene una temperatura de *solvus* de aproximadamente 540 °C, así pues, de acuerdo con las realizaciones de la invención, la temperatura de heterogeneización puede ser al menos aproximadamente 90 °C más baja que la temperatura de *solvus* de la invención. Para la heterogeneización, una aleación puede mantenerse durante 0 a 12 horas, por ejemplo, de 1 a 12 horas, p. ej., de 2 a 8 horas, a la temperatura de heterogeneización, en donde un valor de 0 horas indica que la aleación se enfría lentamente desde la temperatura de homogeneización, p. ej., a 25 °C/hora o menos, hasta 350 °C o incluso por debajo, p. ej., a temperatura ambiente. Después de homogeneizar o después de homogeneizar y heterogeneizar, la palanquilla se extruye o se procesa de otro modo como se describe en el presente documento.

El estiramiento se lleva a cabo de manera que el perfil obtenga al menos un 1,5 % de deformación plástica, p. ej., más de 1,5 % de deformación plástica, por ejemplo 2 % o más deformación plástica, por ejemplo 3 % o más deformación plástica, por ejemplo 4 % o más deformación plástica. En el presente documento, el estiramiento en x% puede significar que una longitud antes y después del estiramiento difiere en un x% en la dirección de estiramiento después de que se relajan las fuerzas de estiramiento. Por ejemplo, una longitud de 1 m antes del estiramiento puede corresponder a una longitud de 1,04 m después del estiramiento en un 4 %.

Después del estiramiento, se lleva a cabo el envejecimiento. El envejecimiento se puede realizar, por ejemplo, como un proceso de envejecimiento de una etapa, de dos etapas o de doble velocidad. Asimismo, el envejecimiento puede comprender opcionalmente una etapa de pre-envejecimiento. En este sentido, se ha descubierto que es beneficioso para la resistencia de las aleaciones 6xxx con altos contenidos de Mg y Si (p. ej. 6061 o 6082) cuando el envejecimiento se realiza lo antes posible después de la puesta en solución. Hay un efecto beneficioso cuando el envejecimiento se lleva a cabo hasta aproximadamente 4 horas después de la puesta en solución, pero el efecto beneficioso es más fuerte cuanto antes se realice el envejecimiento después de la puesta en solución. Sin embargo, los presentes inventores han descubierto que también se puede lograr un efecto beneficioso similar si solo se realiza un breve ciclo de envejecimiento, denominado en el presente documento como pre-envejecimiento, que se inicia en las 4 horas posteriores a la puesta en solución. Después de este pre-envejecimiento, el material se puede mantener a temperatura ambiente, p. ej., durante varias semanas, antes de que se lleve a cabo un envejecimiento adicional. Por tanto, el uso del pre-envejecimiento permite obtener los efectos beneficiosos sobre la resistencia que se consiguen llevando a cabo el envejecimiento poco después de la extrusión o puesta en solución, mientras que al mismo tiempo se obtiene un método de producción más flexible.

Como se ha mencionado, la etapa de pre-envejecimiento después del estiramiento puede mejorar aún más las propiedades mecánicas del perfil. El pre-envejecimiento se puede llevar a cabo, por ejemplo, a una temperatura entre 90 °C y 230 °C durante un periodo de entre 1 y 120 minutos, por ejemplo, entre 1 y 7 minutos a una temperatura entre 140 °C y 160 °C. Sin embargo, dependiendo de la aleación y el perfil y las propiedades deseadas, también son posibles otras temperaturas y duraciones.

De acuerdo con las realizaciones, el pre-envejecimiento se inicia hasta 15 minutos después de que finalice la extrusión o la puesta en solución opcional, aunque, de acuerdo con las realizaciones, el pre-envejecimiento puede iniciarse hasta 4 h después de que finalice la puesta en solución.

Después del estiramiento y opcionalmente el pre-envejecimiento, el perfil se puede envejecer artificialmente a la designación de temple deseada.

Se ha descubierto que el método de acuerdo con una realización de la invención es particularmente útil para producir piezas de automóviles extruidas en las que se desea una alta resistencia y paredes delgadas para ahorrar peso. Esto podrían ser, por ejemplo, placas de desgaste, que normalmente son perfiles de múltiples cámaras extruidos. Una placa de desgaste de automóvil de este tipo puede, por ejemplo, formar parte de la sección de la carrocería del vehículo por debajo de la base de las aberturas de las puertas de la carrocería del vehículo. Una pared de un perfil que forma una pieza de automóvil, p. ej., una placa de desgaste, puede ser bastante delgada.

Como el método de acuerdo con las realizaciones de la invención permite la producción de perfiles con propiedades mecánicas mejoradas y permite, especialmente si se usa heterogeneización, utilizar parámetros favorables del proceso de extrusión, pueden producirse eficientemente sin defectos perfiles de paredes delgadas con grosores de pared inferiores a 2,00 mm, p. ej., menores de 1,5 mm, y propiedades mecánicas mejoradas.

5 La invención se describirá con más detalle a continuación a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos, donde:

10 La Fig. 1 muestra una sección transversal y fotografías de un perfil de aluminio utilizado para pruebas de choque de aleaciones de acuerdo con la invención,

La Fig. 2 muestra las propiedades de tracción frente al tiempo de mantenimiento a 200 °C para la aleación 6061 ensayada,

15 La Fig. 3 muestra las propiedades de tracción frente al tiempo de mantenimiento a 200 °C para la aleación 6110 ensayada,

La Fig. 4 muestra fotografías de perfiles aplastados de una aleación 6061,

20 La Fig. 5 muestra fotografías de perfiles aplastados de una aleación 6110,

La Fig. 6 muestra fotografías de perfiles aplastados de una aleación 6061,

25 La Fig. 7a muestra un perfil esquemático de temperatura a lo largo del tiempo de acuerdo con una realización de la invención,

La Fig. 7b muestra el comportamiento de extrusión después de homogeneizar de acuerdo con la invención y después de homogeneizar y heterogeneizar de acuerdo con la invención,

30 Las Figs. 8a a 8d muestran perfiles aplastados y propiedades mecánicas de aleaciones 6061 procesadas de acuerdo con diversos métodos de acuerdo con la invención y ejemplos comparativos,

La Fig. 9 muestra fotografías de perfiles aplastados de una aleación 6005A procesada de acuerdo con las realizaciones de la invención y ejemplos comparativos,

35 La Fig. 10 muestra fotografías de perfiles aplastados y propiedades mecánicas de una aleación 7030,

La Fig. 11a muestra los resultados de un ensayo de flexión realizado con material laminar procesado de acuerdo con la invención y ejemplos comparativos,

40 La Fig. 11b muestra la composición de la aleación del material laminar y la resistencia de los materiales sin estirar y estirados al 4 % de acuerdo con una realización de la invención,

45 La Fig. 12 muestra la influencia de la heterogeneización de acuerdo con la invención sobre la microestructura de una aleación 6061, y

La Fig. 13 muestra la microestructura de un perfil extruido recristalizado y no recristalizado, respectivamente.

50 La elección de los materiales para un vehículo es el primer y más importante factor para el diseño de automóviles y existe una variedad de materiales que se pueden utilizar en la carrocería y el chasis del automóvil. Los criterios más importantes que debe cumplir un material son peso ligero, eficacia económica, seguridad, estabilidad frente a la temperatura, resistencia a la corrosión y reciclabilidad además de satisfacer las demandas con respecto a los requisitos de resistencia mecánica. Con la presente invención, los inventores tenían como objetivo optimizar la elección de la aleación de aluminio y el método de fabricación de los componentes de la aleación en relación con estos criterios.

55 Era un objetivo del trabajo en relación con la invención ensayar cómo el estiramiento antes del envejecimiento afectaría al rendimiento de aplastamiento de un material recristalizado y no recristalizado y, por lo tanto, permitiría una selección óptima de la aleación y el método de fabricación.

60 **Ejemplos**

Los ensayos a los que se hace referencia en las Figuras 1 a 6 se realizaron con dos aleaciones como se define en la siguiente tabla. Todas las concentraciones están en porcentaje en peso. El resto es aluminio.

Aleación	Mg	Si	Fe	Mn	Cu	Cr	Ti
-----------------	----	----	----	----	----	----	----

6110	0,83	0,74	0,20	0,55	0,23	0,154	0,005
6061	0,80	0,60	0,19	0,00	0,21	0,054	0,006

Las aleaciones se colaron como palanquillas de $\varnothing 95$ mm en el laboratorio de colada del solicitante, utilizando parámetros de colada típicos de este tipo de aleaciones. Ambas aleaciones se homogeneizaron a 575 °C durante 2 horas y 15 minutos, y se enfriaron aproximadamente a 400 °C por hora hasta temperatura ambiente.

5 A continuación, las palanquillas se extruyeron en un perfil hueco rectangular de 29 x 37 con un grosor de pared de 2,8 mm, como se muestra en la Fig. 1. Hay cuatro soldaduras de costura que se encuentran en el medio de las paredes laterales.

10 La extrusión se realizó en una prensa extrusora vertical de 800 toneladas con un recipiente de 100 mm de diámetro. La temperatura de precalentamiento antes de la extrusión estaba en el intervalo de 500-510 °C para todas las palanquillas extruidas. La velocidad del perfil de extrusión fue de 8,2 m/min para todas las palanquillas. Inmediatamente después de la extrusión, los perfiles se templaron en agua en un tubo que se colocó aproximadamente a 60 cm detrás de la abertura del troquel, por lo que la velocidad de enfriamiento era muy alta.

15 A continuación, los perfiles se cortaron en longitudes de aproximadamente 100 cm y se estiraron a diferentes cantidades de deformación plástica (0 %, 2 % y 4 %). Todos los perfiles, tanto los perfiles que no se estiraron como los que se estiraron 2 y 4 %, se envejecieron a 200 °C. Los tiempos de mantenimiento a esa temperatura fueron de 1, 2, 4, 7 y 10 horas. Los resultados de la tracción se muestran en las Figs. 2 y 3. En base a los resultados de la tracción, las muestras de aplastamiento del perfil no estirado se mantuvieron 4 horas a 200 °C antes del ensayo de aplastamiento. Las muestras de aplastamiento del perfil estirado un 4 % se envejecieron durante 2 horas a 200 °C.

20 Los ensayos de aplastamiento se realizaron principalmente de conformidad con el fabricante de automóviles Volkswagen, Norma VW TL 116. La diferencia fue que las muestras tenían solo 100 mm al principio y después se aplastaban hasta aproximadamente 35 mm. En los ensayos actuales, se ensayaron tres muestras de aplastamiento paralelas en cada condición.

25 Estudiando los resultados de los ensayos, el estiramiento del 4 % parece tener un efecto drástico sobre las propiedades de aplastamiento de la aleación 6061 utilizada en el ensayo actual. Esta aleación solo tiene un 0,05 por ciento en peso de Cr, que es una cantidad demasiado baja para dar un número sustancial de partículas dispersoides y así evitar la recristalización del perfil después de la extrusión. Por lo tanto, este perfil tiene una estructura de grano recristalizado con límites de grano de ángulo alto. En este sentido, la Fig. 13 muestra una estructura de grano recristalizado en un perfil extruido hecho de la aleación 6061 y una estructura de grano no recristalizado en un perfil extruido hecho de una aleación 6110. Como se muestra en la Fig. 4, los perfiles sin estirar como se muestran en las fotografías superiores tienen grietas severas, mientras que las fotografías inferiores muestran que los perfiles estirados no tienen grietas después del aplastamiento.

30 Como los hallazgos actuales confirman que el estiramiento tiene un efecto sobre las propiedades de aplastamiento de la aleación 6061 ensayada, también es muy probable que el estiramiento antes del envejecimiento tenga un efecto similar en otras variantes de la aleación 6xxx que dan una estructura recristalizada en el perfil extruido.

35 La aleación 6110 contiene un 0,55 por ciento en peso de Mn y un 0,15 por ciento en peso de Cr y, por tanto, tiene muchas partículas dispersoides (principalmente de tipo α -AlFe(MnCr)Si). Debido a la gran cantidad de partículas dispersoides, el perfil extruido de esta aleación normalmente tendrá una estructura de grano no recristalizado (cf. Fig. 13). Como puede observarse en la Fig. 5, aunque este perfil no tiene límites de ángulo alto, sino límites de grano de ángulo más bien bajo entre los sub-granos en la estructura de grano no recristalizada, todavía hay un efecto notable del estiramiento sobre las propiedades de aplastamiento. Las muestras estiradas son perfectas, sin grietas, mientras que las muestras sin estirar tienen algunas grietas en las esquinas.

40 Como resulta evidente a partir de la Fig. 6 que expone muestras de una aleación 6061 que se han aplastado a aproximadamente 1/3 de la longitud original, también las muestras que se procesan con un estiramiento del 2 % antes del envejecimiento a 200 °C durante 2 horas muestran una resistencia al aplastamiento significativamente mejorada. A partir de estos resultados, se deduce que el estiramiento de aproximadamente el 1,5 % o más da como resultado un mejor comportamiento de aplastamiento, aunque se logran resultados aún mejores estirando aproximadamente un 2 % o más, por ejemplo un 3 % o más, por ejemplo un 4 % o más.

45 La Fig. 7a muestra un perfil de temperatura a lo largo del tiempo del método de acuerdo con una realización de la invención. Como ya se ha mencionado, aunque el Mg y el Si contribuyen a mejorar las propiedades mecánicas de las aleaciones de aluminio, estos elementos también dan como resultado una eficiencia de extrusión reducida cuando se usa una ruta de proceso convencional. Se ha encontrado que Mg y Si, cuando están en solución sólida en la fase rica en aluminio de una aleación, aumentan la resistencia a la deformación de la aleación y, por tanto, reducen el rendimiento de extrusión. Sin embargo, cuando la aleación se heterogeneiza de acuerdo con la invención

antes de llevar a cabo la extrusión, la velocidad de extrusión puede aumentar considerablemente. Se cree que la fase rica en Al de la aleación se agota en Mg y Si por la precipitación de precipitados de Mg_2Si cuando se lleva a cabo la heterogeneización de acuerdo con las realizaciones de la invención. La Fig. 7b muestra una descripción general de los experimentos de extrusión que se han realizado con aleaciones 6061 (designadas como "HOM") preparadas solo por homogeneización y con aleaciones 6061 (designadas como "HET") que se homogeneizaron y heterogeneizaron antes de la extrusión. La composición química se da en el anexo debajo del gráfico, en donde el resto es Al. Las muestras homogeneizadas se empaparon a 550 °C seguido de enfriamiento a 400 °C por hora hasta temperatura ambiente. La heterogeneización de acuerdo con una realización de la invención se realizó enfriando las palanquillas desde la temperatura de homogeneización de 550 °C a 25 °C por hora hasta 350 °C, seguido de una etapa de mantenimiento a 350 °C durante 8 horas, aunque también son posibles tiempos de mantenimiento más cortos o más largos de acuerdo con la invención. Como puede verse a partir del gráfico, la heterogeneización permite velocidades de ariete significativamente más rápidas. Debido a la menor resistencia a la deformación en el material heterogeneizado, es posible utilizar temperaturas de palanquilla más bajas y aún tener suficiente presión disponible para extruir la palanquilla. En este caso, tanto la menor resistencia a la deformación como la menor temperatura de la palanquilla contribuyen al aumento de las velocidades de extrusión. Con la homogeneización solamente, la resistencia a la deformación es mayor y deben usarse temperaturas de palanquilla más altas. Asimismo, dado que el perfil extruido de una palanquilla homogeneizada normalmente se templará en prensa y no se someterá a una etapa de puesta en solución separada, la temperatura de la palanquilla debe ser lo suficientemente alta para obtener todo o la mayor parte del Mg y Si en una solución sólida antes del envejecimiento, lo que es necesario para obtener la resistencia requerida. Las partículas de Mg_2Si grandes que se han formado durante la etapa de heterogeneización pueden disolverse mediante una etapa de tratamiento térmico posterior en forma de una etapa de puesta en solución de acuerdo con las realizaciones de la invención que disuelve dichas partículas de Mg_2Si .

La Figura 8 muestra la influencia del tratamiento de pre-envejecimiento opcional en combinación con el estiramiento sobre las propiedades mecánicas de los perfiles. En este sentido, la Fig. 8a muestra una descripción general de la composición química de las muestras extruidas ensayadas en las Figs. 8b a 8d junto con una descripción general de la ruta del proceso que se utilizó para las muestras respectivas. Las muestras se han puesto en solución después de la extrusión. Puede verse en las Figs. 8b a 8d que los valores de límite elástico $Rp_{0,2}$ varían de 310 MPa para la variante no estirada (0 %) a aproximadamente 325 MPa para la variante estirada y pre-envejecida al 4 % (4 %-PA). Los valores de resistencia máxima a la tracción R_m para las variantes (PA-4 % y PA-0 %) que se han pre-envejecido antes de cualquier procesamiento posterior son cercanos a 360 MPa y 20-30 MPa más altos que para las otras variantes. Las variantes estiradas al 0 % parecen tener los valores de alargamiento total A más altos. Sin embargo, esto no es de importancia crítica para ciertas piezas de automóviles, tales como las placas de desgaste de los vehículos, barras longitudinales y cajas de colisión, para las cuales la resistencia al aplastamiento es una propiedad importante. Además, es evidente que los valores de alargamiento uniforme A_g son más altos para las variantes (PA-4 % y PA-0 %) que se han pre-envejecido antes de cualquier procesamiento posterior, mientras que las variantes estiradas al 4 % (4 %-PA y 4 %) muestran los valores de alargamiento uniforme más bajos.

Es evidente a partir de la Figura 8 que existe un fuerte efecto del estiramiento sobre las propiedades de aplastamiento para las muestras puestas en solución y templadas con agua. Al estirar un 4 % antes de cualquier procesamiento posterior, la ductilidad parece ser muy buena. Por otro lado, el pre-envejecimiento antes del estiramiento produce un material que muestra un rendimiento muy pobre en un ensayo de aplastamiento. El material que no fue estirado ni pre-envejecido muestra un rendimiento de aplastamiento que es bastante pobre, pero no tan malo como las muestras que se pre-envejecieron antes de su procesamiento posterior, tal como estiramiento.

La Figura 9 muestra los resultados de acuerdo con una realización de la invención que usa una aleación 6005A que tiene la composición que se da en el anexo de la Fig. 9, siendo el resto aluminio. Las palanquillas de la aleación 6005A se calentaron a unos 500 °C y se extruyeron hasta obtener el mismo perfil que se utilizó anteriormente. El envejecimiento se llevó a cabo como un proceso de envejecimiento de dos etapas. Un proceso de envejecimiento de dos etapas es un proceso de envejecimiento en el que una primera temperatura de mantenimiento es menor que una segunda temperatura de mantenimiento, en donde no hay enfriamiento entre la primera y la segunda temperaturas de mantenimiento. Se piensa que la primera temperatura de mantenimiento más baja da como resultado la creación de muchos núcleos y que, después, el crecimiento de los núcleos se ve facilitado por la segunda temperatura de mantenimiento, más alta. Se cree que un proceso de envejecimiento de dos etapas de este tipo produce los mejores rendimientos para las aleaciones de menor resistencia, por ejemplo para aleaciones distintas de, p. ej., 6061 o 6082. Los resultados de tracción de la aleación 6005A después de un proceso de envejecimiento de dos etapas con una primera etapa de envejecimiento que comprende 3 horas de exposición a 150 °C seguido de una segunda etapa con diferentes tiempos de mantenimiento a 190 °C (2 h, 4 h y 8 h, respectivamente, o envejecimiento artificial), así como diferentes cantidades de estiramiento antes del envejecimiento se muestran en la Fig. 9. La imagen superior de la Fig. 9 expone muestras que se estiraron un 0,5 % antes del envejecimiento (3 h a 150 °C y seguido de 4 h a 190 °C). Como es evidente, se ha formado una grieta en el pliegue superior, mientras que las otras muestras que se estiraron un 2 % y un 4 %, respectivamente, y se envejecieron de la misma manera de acuerdo con la invención, muestran propiedades mecánicas mejoradas y no presentan grietas.

Se piensa que cuando se usa el método de acuerdo con las realizaciones, el número de partículas dispersoides es bajo cuando los contenidos de Cr y Mn son bajos y, por tanto, las partículas dispersoides no afectan mucho a la resistencia a la deformación. El material se recristaliza después de la extrusión y, por lo tanto, la estructura del grano en el perfil es muy estable durante el proceso de puesta en solución posterior. La relación Mg/Si de las aleaciones de acuerdo con la invención puede ser próxima a Mg_2Si (Si efectivo y en porcentaje atómico), y el punto de fusión eutéctico local alrededor de las partículas pueden ser, por tanto, bastante altos. Con un exceso de Si, el punto de fusión desciende significativamente. La cantidad "efectiva" de Si es la cantidad total de Si presente en la aleación (como, p. ej., obtenida por análisis químico) menos la cantidad de Si unido en las partículas constituyentes primarias del tipo $AlFe(MnCr)Si$ y en las posibles partículas dispersoides del tipo $Al(MnCr)Si$. El punto de fusión afecta significativamente a la capacidad de extrusión.

Como los hallazgos actuales confirman que el estiramiento tiene un efecto sobre las propiedades de aplastamiento de la aleación 6005A, aleación 6110 y aleación 6061 ensayadas, también es bastante probable que el estiramiento antes del envejecimiento tenga un efecto similar en otras variantes de aleación 6xxx que dan una estructura recristalizada o no recristalizada en el perfil extruido.

El hecho de que las variantes recristalizadas de las aleaciones 6xxx se puedan utilizar en componentes de aplastamiento de alta resistencia de vehículos con demandas de propiedades de aplastamiento, se despliega para un aumento significativo en la productividad en la planta de extrusión y, por lo tanto, reduce los costes de producción para tales componentes.

La Fig. 10 muestra experimentos realizados con una aleación 7030 que tiene la composición que se muestra en la Fig. 10 y el resto de aluminio. Las palanquillas homogeneizadas de la aleación 7030 mostradas en la tabla se calentaron a aproximadamente 500 °C y se extruyeron al mismo perfil que en los otros ejemplos. La imagen superior indica que las muestras que se estiraron solo un 0,5 % antes del envejecimiento muestran un rendimiento de aplastamiento pobre. Por otro lado, la imagen inferior muestra muestras que se estiraron un 4 % antes del envejecimiento, que exhiben un excelente rendimiento de aplastamiento.

Los ensayos anteriores se realizan con perfiles huecos extruidos. Sin embargo, el método de acuerdo con la invención también puede aprovecharse para la producción de perfiles macizos formados por extrusión

En este sentido, las Figs. 11a y 11b muestran material laminar de una aleación AA6451 que tiene una composición dada en la tabla de la Fig. 11b (siendo el resto Al) que se sometió a ensayos de flexión. El material laminar se laminó en frío hasta un grosor de 1,5 mm antes de disolverlo a 550 °C durante 5 minutos a la temperatura de puesta en solución. Después de la puesta en solución, el material se templó con agua y se almacenó a temperatura ambiente. Después, las muestras se estiraron un 4 % a lo largo de la dirección de laminación (es decir, con un ángulo de 0° con respecto a la dirección de laminación, como se indica con la designación "4 %-0°" en la Figura 11a) mientras que otras muestras no se estiraron (0 %). A continuación, las muestras se envejecieron artificialmente durante 6 horas a 185 °C. Después se llevó a cabo un ensayo de flexión de acuerdo con DBL 4919 como se muestra esquemáticamente en la Fig. 11a. El ensayo se detuvo y se registró el ángulo de flexión correspondiente cuando la muestra comenzó a mostrar la primera grieta. Los resultados del ensayo de flexión se muestran en el diagrama de la Fig. 11a. El ángulo de la línea de flexión indica si la muestra se dobló paralelamente a la dirección de laminación del material laminado en frío y puesto en solución (ángulo de flexión 0°) o si la muestra se dobló perpendicular a la dirección de laminación del material laminado (ángulo de flexión 90°). El ángulo de flexión β es indicativo del rendimiento de aplastamiento, en donde un ángulo de flexión más pequeño indica una mejor resistencia al aplastamiento y, por lo tanto, es más deseable para piezas estructurales de automóviles. El material no estirado presenta un ángulo de flexión de aproximadamente 85° independientemente de si la línea de flexión es paralela o perpendicular a la dirección de laminación. Con muestras estiradas en un 4 %, el ángulo de flexión es mucho menor cuando se observan las primeras grietas. En este sentido, cuando la línea de flexión es paralela a la dirección de laminación, el ángulo de flexión es ligeramente inferior a 60°. Además, cuando la línea de flexión es perpendicular a la dirección de laminación, se mide un ángulo de flexión aún menor de 37°. La Fig. 11b muestra las propiedades de tracción de las muestras medidas en la dirección de laminación (0°). Aunque resulta evidente a partir de la Fig. 11b que el material estirado muestra una resistencia ligeramente menor que el material no estirado, el estiramiento todavía parece tener un efecto positivo sobre las propiedades de flexión. Se cree que una temperatura de envejecimiento más baja y un tiempo más corto probablemente habrían reducido la diferencia de resistencia.

En consecuencia, mediante la combinación de un proceso que implica la puesta en solución separada del perfil después de la extrusión con un estiramiento uniforme del perfil en más del 1,5 % de deformación plástica en la dirección axial, se obtiene un método eficaz para la producción de piezas resistentes al aplastamiento, tal como, p. ej., placas de desgaste de automóviles, barras longitudinales o cajas de colisión. Dicho método puede reducir las variaciones en las propiedades mecánicas del proceso de extrusión. Además, el método puede llevarse a cabo mediante extrusoras menos avanzadas ya que no es necesario templar con agua los perfiles después de la extrusión. El hecho de que el proceso de extrusión se pueda realizar sin templado con agua también puede aumentar la recuperación del proceso de extrusión (se produce menos chatarra final). La puesta en solución de acuerdo con la invención también puede aumentar la conformabilidad, en particular si se realiza directamente antes de la operación de conformado. Además, se ha descubierto que la heterogeneización de acuerdo con la invención

5 puede mejorar en gran medida la eficacia de la extrusión. En este sentido, la heterogeneización se puede llevar a cabo de manera que se obtiene un material que tiene una densidad numérica de partículas de Mg_2Si que tienen un diámetro de más de $3\ \mu m$ de 1000 por mm^2 o más en una sección transversal. En este sentido, la Fig. 12 muestra secciones transversales de palanquilla de una aleación 6061 después de la homogeneización y después de la homogeneización y heterogeneización de acuerdo con la invención. Es evidente que la cantidad de tales partículas grandes de Mg_2Si es mucho más alta en la muestra que se homogeneizó y heterogeneizó que en la muestra que solo se homogeneizó, que tiene una cantidad alta de partículas de Mg_2Si más pequeñas.

REIVINDICACIONES

1. Método para la producción de componentes estructurales a partir de aleaciones de aluminio tratables térmicamente basadas en material extruido, teniendo los componentes propiedades de aplastamiento mejoradas y siendo particularmente aplicables en zonas de choque de vehículos, tales como barras longitudinales, cajas de colisión y placas de desgaste, comprendiendo el método las siguientes etapas:

- a. colar una palanquilla de dicha aleación mediante colada DC,
- b. homogeneizar la palanquilla colada,
- 10 c. formar un perfil a partir de la palanquilla por extrusión, preferiblemente una sección hueca
- d. opcionalmente, tratamiento térmico separado de la solución,
- e. templar el perfil a temperatura ambiente después de la etapa de formación y la posible etapa de puesta en solución separada,
- 15 f. estirar el perfil extruido o puesto en solución por separado para obtener al menos un 1,5 % de deformación plástica,
- g. envejecer artificialmente el perfil

caracterizado por que la aleación es una aleación AA 6xxx que produce una estructura de grano recristalizado en la sección extruida con la siguiente composición:

- 20 Si: 0,40-1,3 % en peso
- Mg: 0,40-1,3 % en peso
- Cu: máx. 0,8 % en peso
- Cr: máx. 0,15 % en peso
- 25 Mn: máx. 0,30 % en peso
- Fe: máx. 0,7 % en peso
- Zn: máx. 0,8 % en peso
- Ti: máx. 0,20 % en peso
- V: máx. 0,20 % en peso
- 30 Zr: máx. 0,20 % en peso

e incluyendo otros, cada uno hasta 0,05 % en peso, en total hasta 0,15 % en peso e impurezas residuales, siendo el resto de Al.

35 2. Método para la producción de componentes estructurales a partir de aleaciones de aluminio tratables térmicamente basadas en material extruido de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la etapa g va seguida de la siguiente etapa h: h. envejecer artificialmente el perfil, en donde el método comprende el tratamiento térmico de puesta en solución separada del perfil extruido así como una etapa de heterogeneización antes de la extrusión después de la etapa de homogeneización de la palanquilla, en donde la homogeneización se lleva a cabo a temperaturas entre 520 °C y 590 °C para una duración de más de 0 horas y menos de 12 horas a la temperatura de homogeneización, y en donde la heterogeneización se realiza a temperaturas entre 350 °C y 450 °C para una duración de más de 0 horas y menos de 12 horas.

45 3. Método de acuerdo con la reivindicación 2, en donde, una vez llevada a cabo la etapa de heterogeneización, la aleación comprende una densidad numérica de partículas de Mg₂Si que tienen un diámetro de 3 µm o más de al menos 1000 por milímetro cuadrado.

50 4. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3, en donde el método es un método de producción de un componente de vehículo, en particular una placa de desgaste de vehículo, por extrusión, teniendo el componente de vehículo al menos una pared con un grosor inferior a 2 mm, opcionalmente inferior a 1,5 mm.

55 5. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, **caracterizado por que** la aleación está dentro de la parte de la ventana de aleación AA 6061 que produce una estructura de grano recristalizado en la sección extruida con la siguiente composición:

- 60 Si: 0,40-0,8 % en peso
- Mg: 0,8-1,2 % en peso
- Cu: 0,15-0,40 % en peso
- Cr: 0,04-0,15 % en peso
- Mn: máx. 0,15 % en peso
- Fe: máx. 0,7 % en peso
- Zn: máx. 0,25 % en peso
- Ti: máx. 0,15 % en peso

65 e incluyendo otros, cada uno hasta 0,05 % en peso, en total hasta 0,15 % en peso e impurezas residuales, siendo el resto de Al.

6. Método de acuerdo con la reivindicación 5
caracterizado por que la aleación está dentro de la ventana de aleación AA 6061 que produce una estructura de grano recristalizado en la sección extruida con la siguiente composición:
 Si: 0,50-0,70 % en peso
 5 Mg: 0,80-1,0 % en peso
 Cu: 0,15-0,35 % en peso
 Cr: 0,04-0,08 % en peso
 Mn: máx. 0,10 % en peso
 Fe: máx. 0,35 % en peso
 10 Zn: máx. 0,25 % en peso
 Ti: máx. 0,15 % en peso
 e incluyendo otros, cada uno hasta 0,05 % en peso, en total hasta 0,15 % en peso e impurezas residuales, siendo el resto de Al.
- 15 7. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,
caracterizado por que el estiramiento de acuerdo con la etapa f) es como mínimo del 2 %.
8. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7,
caracterizado por que el estiramiento de acuerdo con la etapa f) es como mínimo del 3 %.
 20
9. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8,
caracterizado por que el estiramiento de acuerdo con la etapa f) es como máximo del 10 %.
10. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9,
caracterizado por que el estiramiento de acuerdo con la etapa f) es entre el 3 y el 5 %.
 25
11. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10,
caracterizado por que el envejecimiento se realiza como un proceso de envejecimiento de una etapa, dos etapas o de doble velocidad a temperaturas entre 100 y 220 °C en un periodo de tiempo de entre 1 y 24 horas para una aleación AA 6xxx.
 30
12. Método de acuerdo con la reivindicación 11 en tanto que se refiere a la reivindicación 1, en donde el envejecimiento comprende una etapa de pre-envejecimiento después del estiramiento y antes del proceso de envejecimiento de una etapa, de dos etapas o de doble velocidad, en donde la etapa de pre-envejecimiento se inicia en hasta 4 horas, opcionalmente en hasta 15 minutos, una vez finalizada la extrusión o el tratamiento térmico de puesta en solución separada opcional, en donde la etapa de pre-envejecimiento se lleva a cabo a una temperatura entre 140 °C y 160 °C durante un periodo de entre 1 minuto y 7 minutos, y en donde el perfil se mantiene a temperatura ambiente entre la etapa de pre-envejecimiento y el proceso de envejecimiento de una etapa, de dos etapas o de doble velocidad.
 35
13. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 en tanto que se refiere a la reivindicación 1, en donde la formación del perfil a partir de la palanquilla por extrusión se lleva a cabo utilizando al menos un extractor, p. ej., dos extractores, que sujeta el perfil que sale de una prensa de extrusión, y en donde el temple se lleva a cabo con una pulverización de agua que comprende agua y aire usando una cubeta de templado que permite controlar por separado las velocidades de enfriamiento de al menos dos lados del perfil.
 40
 45

Fig. 1

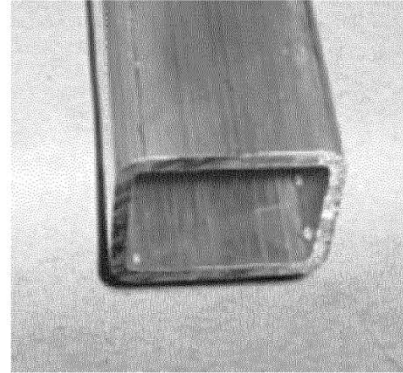
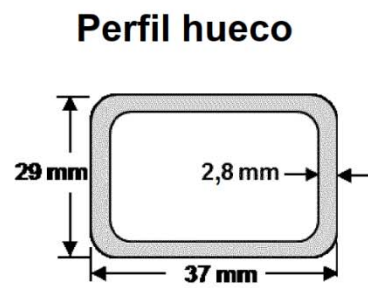


Fig. 2

6061 - Propiedades de tracción frente al tiempo de mantenimiento a 200 °C

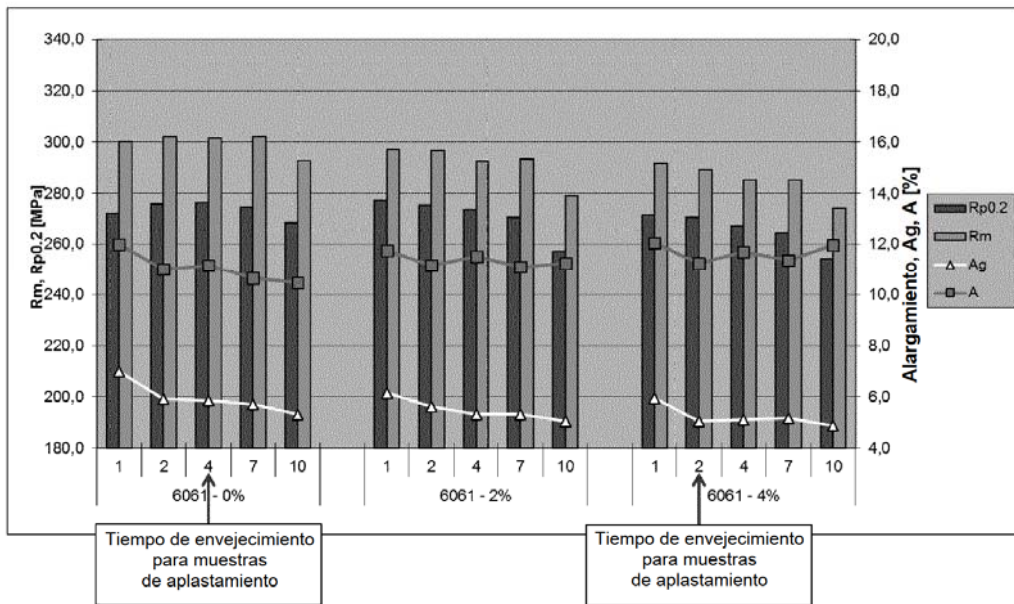


Fig. 3

6110 -Propiedades de tracción frente al tiempo de mantenimiento a 200 °C

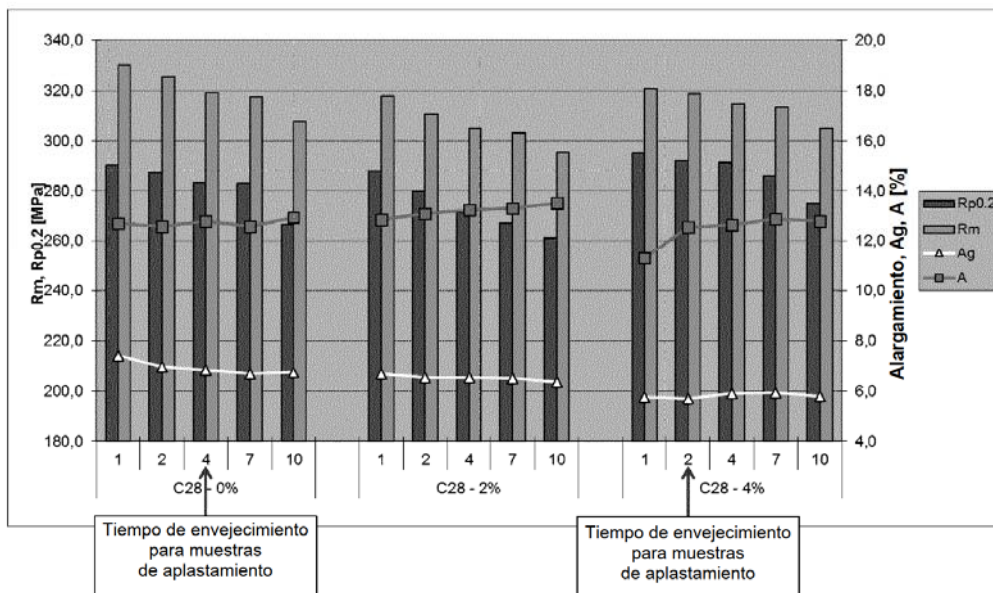
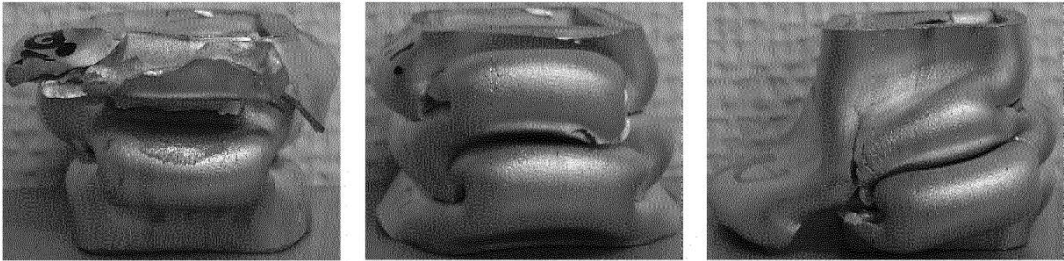


Fig. 4

Aleación 6061 – Lado corto de las muestras aplastadas

No estiradas antes del envejecimiento



Estiradas un 4 % antes del envejecimiento

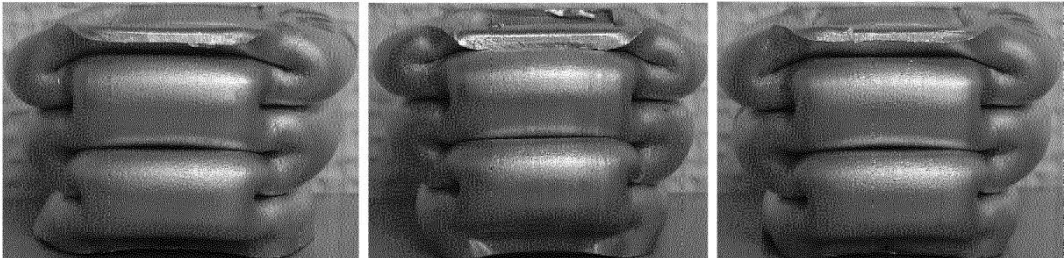


Fig. 5

Aleación 6110 – Lado corto de las muestras aplastadas

No estiradas antes del envejecimiento



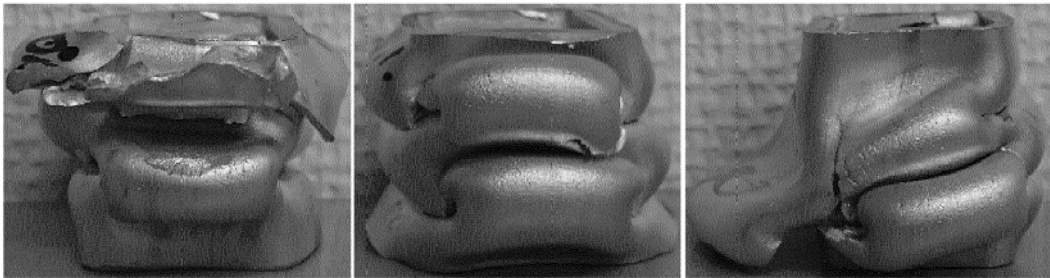
Estiradas un 4 % antes del envejecimiento



Fig. 6

Aleación 6061 – Estructura de grano recristalizada

Procesadas sin estiramiento antes del envejecimiento



Procesadas con 2 % de estiramiento antes del envejecimiento

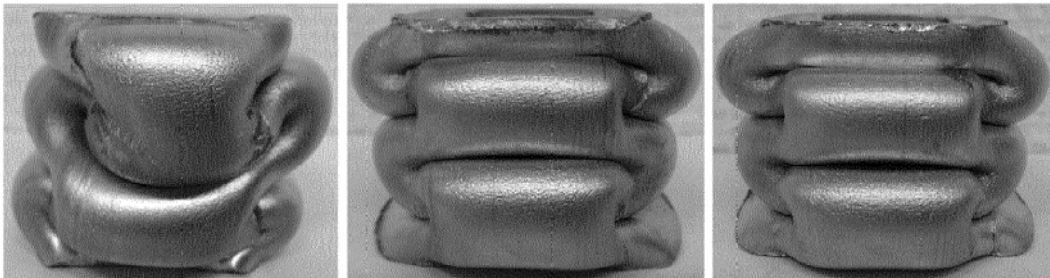


Fig. 7a

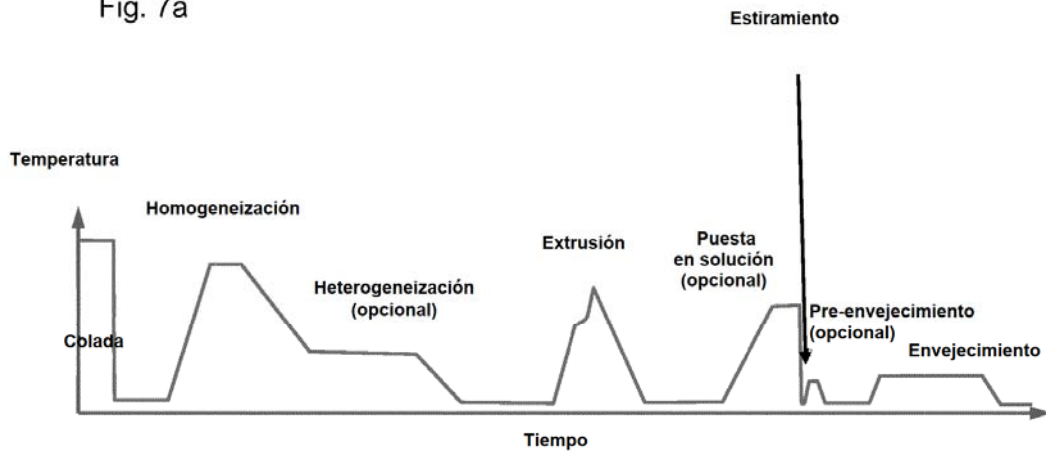
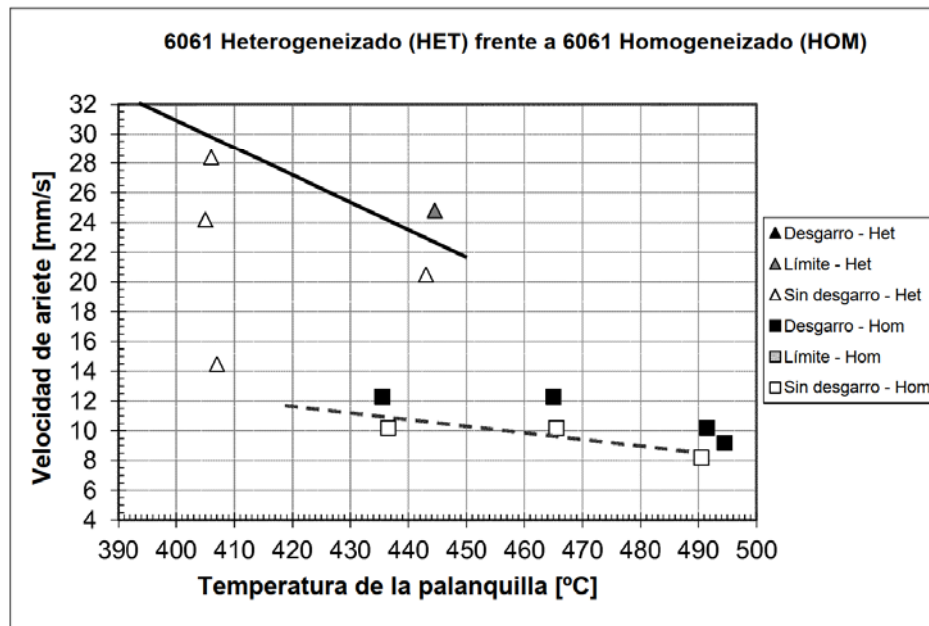


Fig. 7b



Mg	Si	Fe	Cu	Mn	Cr
0,91	0,68	0,27	0,20	0,00	0,05

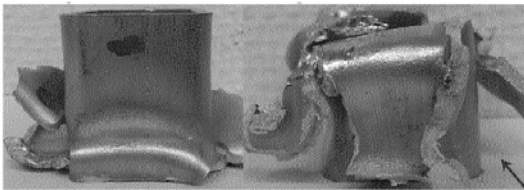
Fig. 8a

Pre-Envejecimiento - Estiramiento 4 % - Almacenamiento 4 h - Envejecimiento 185/6 h	PA-4 %
Estiramiento 4 % - Pre-Envejecimiento - Almacenamiento 4 h - Envejecimiento 185/6 h	4 %-PA
Estiramiento 4 % - Almacenamiento 4 h - Envejecimiento 185/6 h	4 %
Pre-Envejecimiento - Almacenamiento 4 h - Envejecimiento 185/6 h (sin estiramiento)	PA-0 %
Almacenamiento 4 h - Envejecimiento 185/6 h (sin estiramiento)	0 %

Aleación	Mg	Si	Fe	Mn	Cr	Cu	Ti
6061	0,80	0,60	0,19	0,00	0,05	0,21	0,006

Fig. 8b

Pre-Envejecido - Estirado 4 % - Envejecido 6 h a 185 °C



Estirado 4 % -Pre-Envejecido - Envejecido 6 h a 185 °C

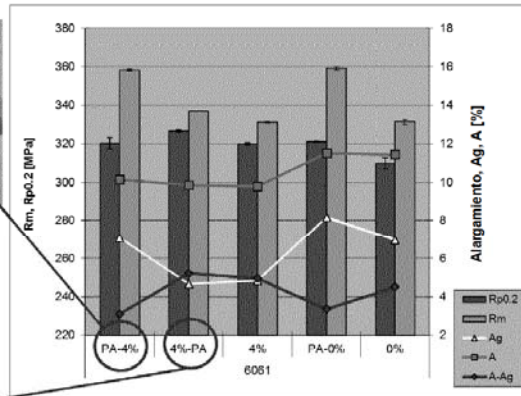
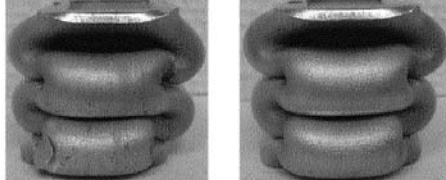
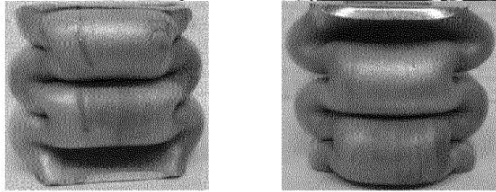


Fig. 8c

Estirado 4 % - Envejecido 6 h a 185 °C



Pre-Envejecido - Sin estiramiento - Envejecido 6 h a 185 °C

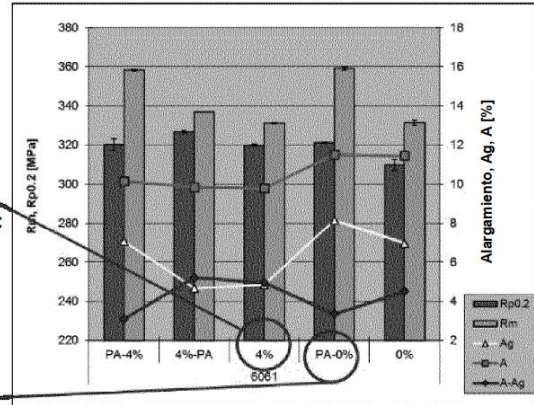
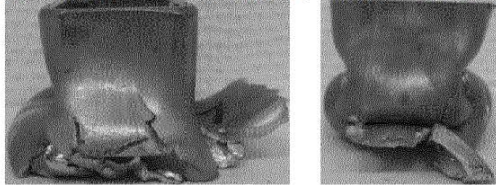


Fig. 8d

Sin estiramiento - Envejecido 6 h a 185 °C

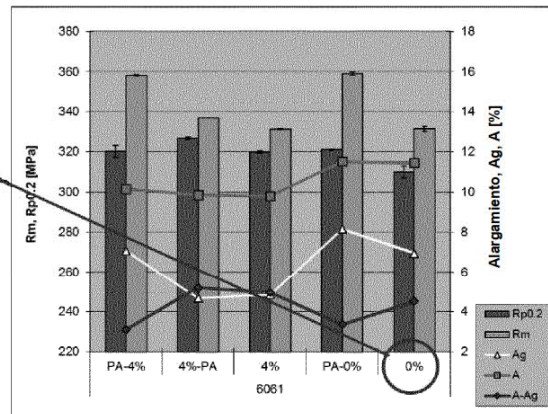
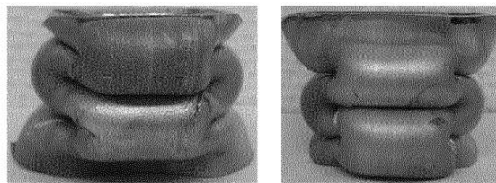
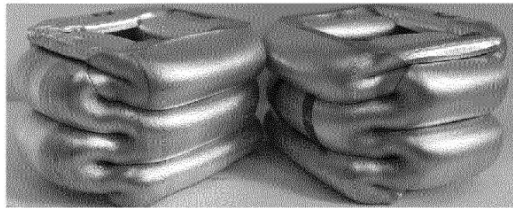
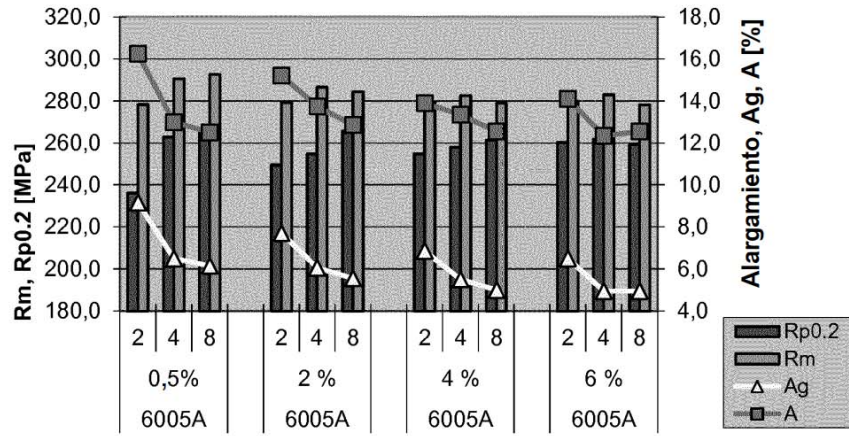
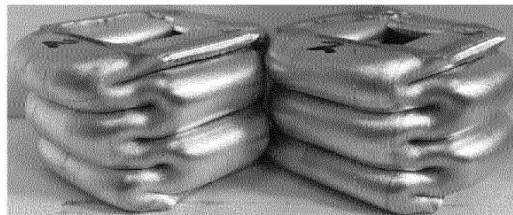


Fig. 9

Aleación	Mg	Si	Fe	Mn	Cr	Cu	Ti
6005A	0,63	0,54	0,21	0,13	0,00	0,17	0,07



Estirado
0,5 %
Envejecido
3h/150+
4h/190



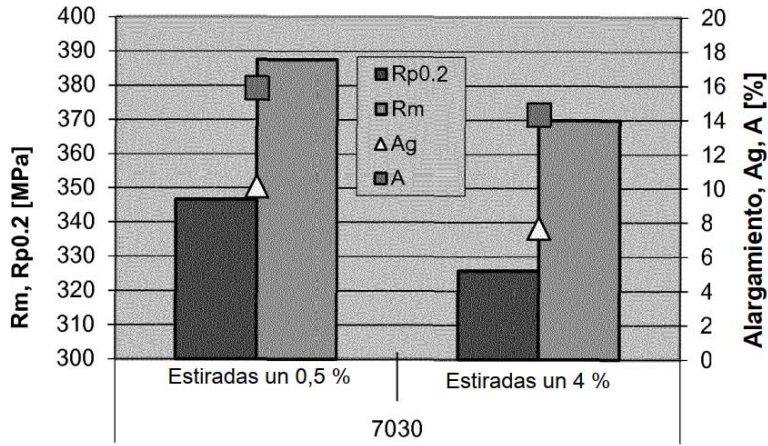
Estirado
2 %
Envejecido
3h/150+
4h/190



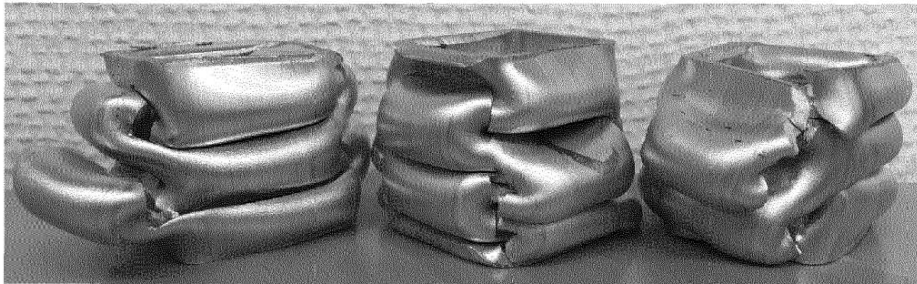
Estirado
4 %
Envejecido
3h/150+
4h/190

Fig. 10

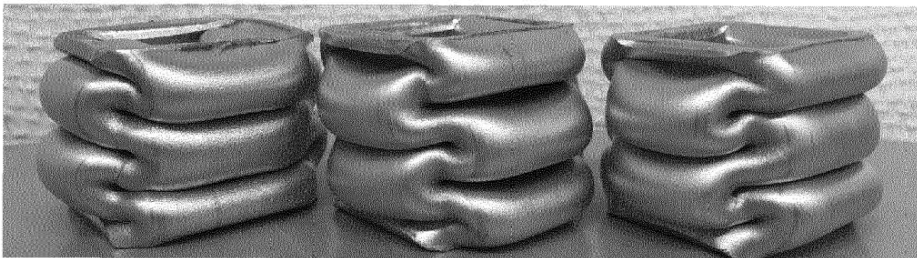
Aleación	Mg	Si	Fe	Mn	Cr	Cu	Ti	Zn	Zr
7030	1,12	0,08	0,10	0,00	0,00	0,25	0,01	5,06	0,00



Estiradas un 0,5 %



Estiradas un 4 %



Ciclo de Envejecimiento: 100 °C/7 h + 140 °C/15 h

Fig. 11a

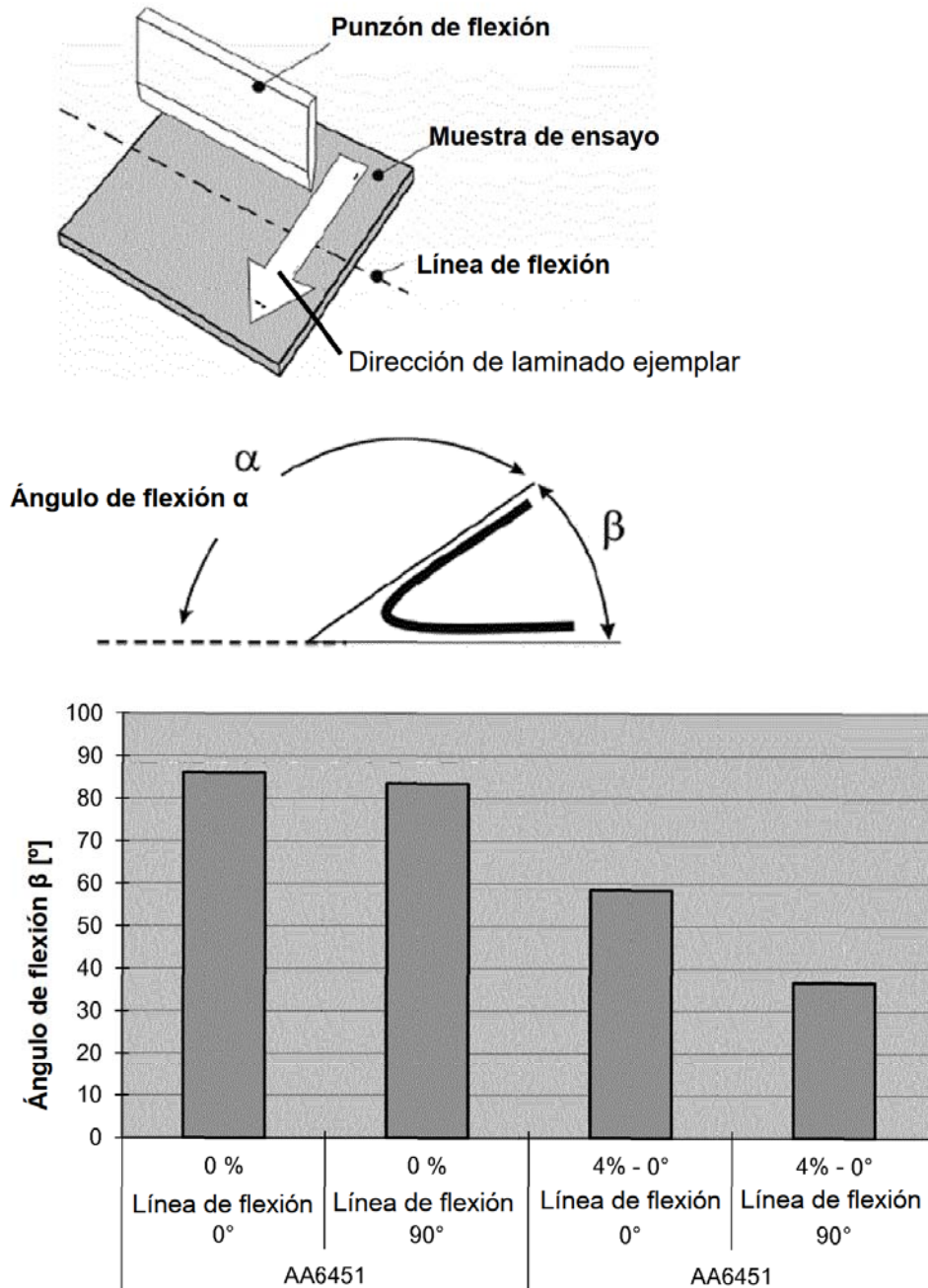
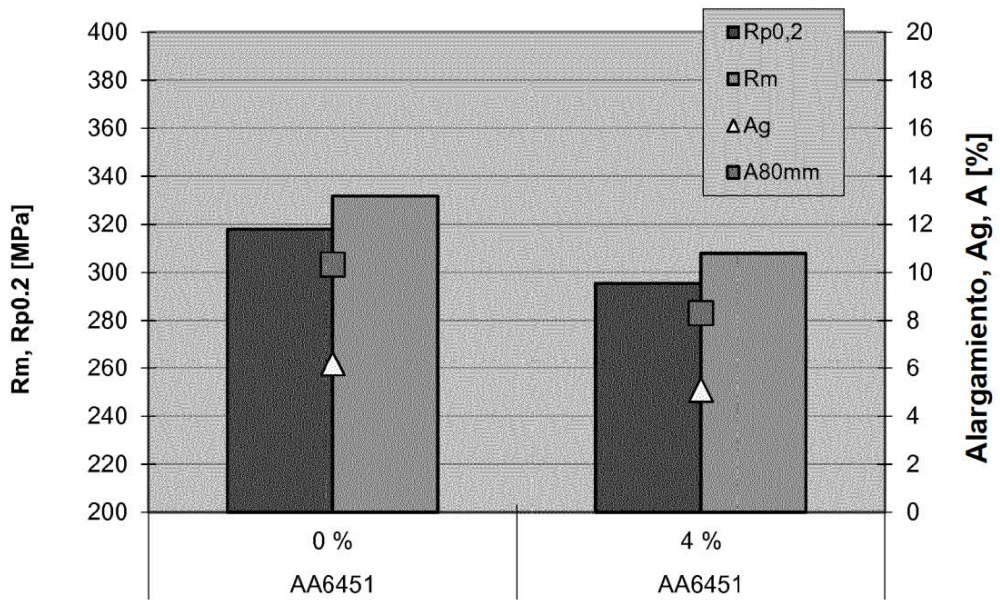


Fig. 11b



Aleación	Mg	Si	Fe	Mn	Cr	Cu	Ti	Zn
AA6451	0,64	0,81	0,18	0,23	0,02	0,01	0,02	0,01

Fig. 12

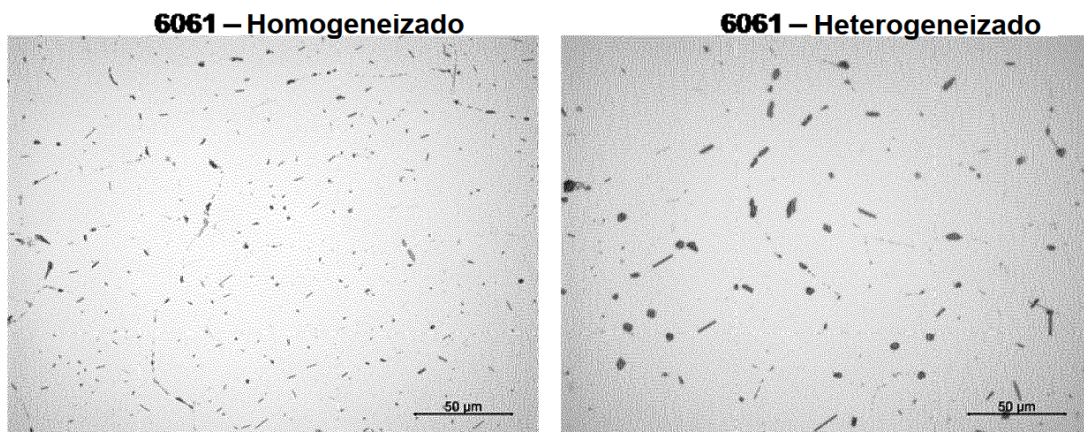
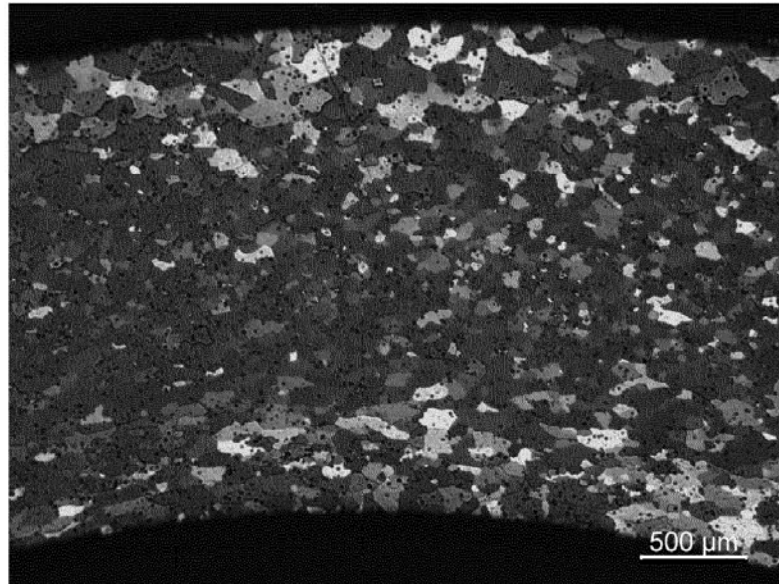


Fig. 13

AA 6061 - Estructura de grano recristalizada



AA 6110 Estructura de grano no recristalizada

