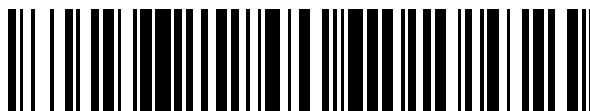


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 783 599**

51 Int. Cl.:

C22C 21/08 (2006.01)

C22C 21/10 (2006.01)

C22F 1/05 (2006.01)

C22F 1/053 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2016 E 16182951 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2020 EP 3279350**

54 Título: **Método para producir un objeto hecho de una aleación de aluminio endurecible**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.09.2020

73 Titular/es:

**LKR LEICHTMETALLKOMPETENZZENTRUM
RANSHOFEN GMBH (100.0%)
Lamprechtshausenerstraße, Postfach 26
5282 Ranshofen, AT**

72 Inventor/es:

KUMAR, MANOJ

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 783 599 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 producir un objeto hecho de una aleación de aluminio endurecible

La invención concierne a un método para producir un objeto hecho de una aleación de aluminio endurecible.

La mayoría de las piezas estructurales y de carrocería de los automóviles están hechas de aceros y son, por tanto, inherentemente pesadas. La sustitución del acero por un material ligero proporcionaría una solución directa y simple para una reducción de peso eficiente. Los materiales ligeros tales como las aleaciones de aluminio están jugando un papel importante en esta consideración acerca de la reducción de peso debido a su resistencia específica y rigidez más altas en comparación con el acero. Por ejemplo, las aleaciones de aluminio tratables con calor incluyendo las aleaciones de las series AW-2xxx, AW-6xxx y AW-7xxx pueden aumentar la relación resistencia a peso de las piezas que se requiere para mejorar la seguridad de los pasajeros al tiempo que se reduce el peso.

No obstante, uno de los mayores inconvenientes de usar aleaciones de aluminio tratables con calor (endurecibles) es la limitada capacidad de conformación a temperatura ambiente. Esto representa un gran desafío, en particular en lo que respecta a la capacidad de conformación de tales materiales en una cadena de producción en serie.

Hasta la fecha, para la conformación de aleaciones de aluminio los procesos de conformación de tecnología de vanguardia se desarrollaron principalmente adaptando los procesos de conformación de grados de acero. Los planteamientos de conformación de metal en chapa adaptados son la conformación templada (P. J. Bolt, N. A. P. M. Lamboo, P. J. C. M. Rozier, Feasibility of warm drawing of aluminium products, J. Mater. Proc. Techn. 115, 2001, 118), la conformación caliente (X. Fan, Z. He, S. Yuan, K. Zheng, Experimental investigation on hot forming-quenching integrated process of 6A02 aluminium alloy sheet, Mater. Sci. Eng. A. 573, 2013, 154, doi: 10.1016/j.msea.2013.02.058) y la conformación de superplástico (P. A. Friedman, S. G. Luckey, W. B. Copple, R. Allor, C. E. Miller, C. Young, Overview of superplastic forming research at Ford motor company, J. Mater. Eng. Perform. 13, 2004, 670, doi: 10.1361/10599490421277). Estos planteamientos pueden conformar piezas de aluminio de chapa metálica mejorando la ductilidad y los límites de conformación en comparación con los de temperatura ambiente, pero puede dar como resultado un adelgazamiento excesivo y estricción debido a la falta de una adecuada capacidad de endurecimiento por deformación. También se observó que la resistencia de las piezas se estaba reduciendo después de la conformación. Estos efectos se atribuyen a los mecanismos de recuperación, recristalización y precipitación. Los efectos mencionados son las razones principales por las que los elementos estructurales en la industria automovilística todavía se fabrican preferiblemente de grados de acero.

El documento JP06081066 A describe la conformación criogénica de aleaciones Al-Mg-Si.

No obstante, se han hecho progresos en la conformación de aleaciones de aluminio para que se puedan producir piezas estructurales libres de grietas para aplicaciones automovilísticas. Con el fin de aumentar el comportamiento del endurecimiento por deformación y la resistencia de las aleaciones de aluminio, se ha introducido un nuevo planteamiento de conformación criogénica (R. J. Selines, J. S. van de Sype, US 4.159.217; G. Falkinger, F. Grabner, G. Schmid, R. Schneider, R. J. Grant, Improved formability of AA5182 aluminium alloy sheet at cryogenic temperatures, Mater. Today Proc. 2, 2015, 113, doi: 10.1016/j.matpr.2015.05.027). Las aleaciones de aluminio presentan la característica de que el alargamiento uniforme, endurecimiento por deformación, límite elástico y resistencia a tracción aumentan significativamente con la disminución de la temperatura. Para demostrar esta capacidad de conformación mejorada bajo condiciones criogénicas, se desarrolló un proceso para la conformación de chapa metálica de aluminio criogénico por los inventores. Los inventores observaron que una chapa de una aleación AW-5182-O no tratable con calor conformada a una temperatura muy baja condujo a una pieza compleja libre de grietas. No obstante, los inventores también observaron que bajo las mismas condiciones una chapa de aleación AW-6016-T4 tratable con calor no condujo a una pieza libre de grietas cuando se conformaba bajo condiciones idénticas. Por lo tanto, existe una necesidad que permite la conformación de piezas libres de grietas hechas de una aleación de aluminio tratable con calor.

Es por lo tanto un objeto de la presente invención proporcionar un método que permita conformar un objeto libre de grietas a partir de un producto semielaborado de una aleación de aluminio tratable con calor.

Según la invención se proporciona un método para producir un objeto hecho de una aleación de aluminio tratable con calor, el método que comprende:

proporcionar un producto en bruto de la aleación de aluminio endurecible;

calentar el producto en bruto de la aleación de aluminio endurecible a una temperatura elevada con el fin de disolver los precipitados;

mantener opcionalmente el producto en bruto de la aleación de aluminio a la temperatura elevada durante un tiempo predeterminado;

templar rápidamente el producto en bruto de la aleación de aluminio endurecible a una temperatura más baja que la temperatura elevada con el fin de mantener al menos parcialmente los precipitados disueltos dentro de la aleación de aluminio;

5 conformar el producto en bruto de la aleación de aluminio endurecible por debajo de una temperatura de 0°C, en particular por debajo de -150°C para producir el objeto.

Un método según la invención permite la producción de objetos libres de grietas de una aleación de aluminio endurecible tratable con calor. El objeto puede ser un componente estructurado para su uso en la industria automovilística. No obstante, el método de la invención también es aplicable a otras piezas que reciben una cierta forma a través de un proceso de conformación.

10 Dentro del contexto de la presente invención aleaciones de aluminio endurecibles son tales aleaciones de aluminio que son tratables con calor. Las aleaciones de aluminio tratables con calor se pueden endurecer mediante un primer tratamiento con calor a una temperatura más alta para disolver los precipitados dentro de la matriz y un segundo tratamiento con calor a una temperatura más baja por el cual se forman nuevos precipitados.

15 La presente invención se basa en las siguientes consideraciones: el comportamiento de endurecimiento por deformación de las aleaciones de aluminio tratables con calor se puede ver significativamente afectado por la naturaleza de los precipitados. El efecto de precipitados que se pueden cizallar en el endurecimiento por deformación se ha considerado generalmente en términos de la posibilidad de localización de flujo en un plano de deslizamiento en la medida que la resistencia de los precipitados disminuye por el proceso de cizallamiento de dislocaciones. Por otra parte, para el caso en el que esté presente una baja fracción del volumen de partículas que no se pueden cizallar, se observan tasas de endurecimiento inicial muy altas (es decir, sistemas de endurecimiento por dispersión). Esto se ha atribuido a dos mecanismos fundamentales, esto es, el almacenamiento de las llamadas dislocaciones geoméricamente necesarias adicionales y el almacenamiento de energía elástica en las partículas de la fase secundaria (L. M. Cheng, W. J. Poole, J. D. Embury, D. J. Lloyd, The influence of precipitation on the work-hardening behavior of the aluminium alloys AA6111 and AA7030, Metall. Mater. Trans. A. 34, 2003, 2473, doi: 20 10.1007/s11661-003-0007-2).

25 En aleaciones aluminio no tratables con calor, los elementos disueltos forman una solución sólida que es sabido que mejora el comportamiento de endurecimiento por deformación principalmente haciendo de la recuperación dinámica un proceso más complicado. Esto puede surgir a partir de múltiples mecanismos, esto es, cambios en la energía de fallo de apilamiento debido a la aleación, efectos de arrastre de soluto en las dislocaciones, etc. (L. M. Cheng, W. J. Poole, J. D. Embury, D. J. Lloyd, The influence of precipitation on the work-hardening behavior of the aluminium alloys AA6111 and AA7030, Metall. Mater. Trans. A. 34, 2003, 2473, doi: 30 10.1007/s11661-003-0007-2). Es el concepto de la invención lograr un estado de solución sólida similar en una aleación de aluminio endurecible tratable con calor disolviendo los precipitados de endurecimiento aplicando un tratamiento con calor adecuado directamente antes del proceso de conformación a baja temperatura.

35 El producto semielaborado de la aleación de aluminio tratable con calor se calienta normalmente a una temperatura elevada de 250°C a 600°C, en particular de 300°C a 450°C. Es preferible un calentamiento muy rápido hasta la temperatura elevada. En particular, el producto semielaborado de la aleación de aluminio endurecible se calienta a una temperatura elevada con una velocidad de calentamiento de al menos 10 K/s.

40 Con el fin de disolver los precipitados completamente o al menos predominantemente, el producto semielaborado de la aleación de aluminio endurecible se mantiene a la temperatura elevada durante un tiempo de hasta 60 s, en particular hasta 40 s.

45 Después del calentamiento a la temperatura elevada y del mantenimiento de manera opcional a esta temperatura, el producto semielaborado de la aleación de aluminio endurecible se temple de manera ventajosa rápidamente a temperatura ambiente, preferiblemente con velocidades de enfriamiento de más de 5 K/s, más preferiblemente de más de 10 K/s, y en particular de más de 20 K/s. No obstante, también es posible templar el producto semielaborado a otras temperaturas siempre que se asegure que los antiguos precipitados se mantienen resueltos durante y después del proceso de templado.

Para el paso de templado, el producto semielaborado de la aleación de aluminio endurecible se puede templar rápidamente mediante contacto con un gas como el aire o un líquido. Para líquidos, se puede usar agua o aceites.

50 Para el paso de conformado, el producto semielaborado de la aleación de aluminio endurecible se puede conformar que una temperatura inferior a -190°C. En particular, se puede usar nitrógeno líquido con el fin de enfriar directa o indirectamente el producto semielaborado a una temperatura de alrededor de -196°C antes de que se realice el paso de conformación.

55 Después del proceso de conformación, se puede aplicar un paso de endurecimiento por tratamiento con calor. Este endurecimiento se puede realizar durante un ciclo de horneado de pintura, en particular cuando se produce una pieza de automóvil.

El método según la invención se aplica a chapas.

Ventajosamente, el método se aplica para conformar un componente de automóvil.

Rasgos y ventajas adicionales de la invención llegarán a ser evidentes a partir de los siguientes ejemplos. En los dibujos:

5 Las Fig. 1a y 1b muestran curvas de flujo de dos aleaciones de aluminio a diferentes temperaturas;

Las Fig. 2a y 2b muestran piezas conformadas a temperatura ambiente y temperatura criogénica;

La Fig. 3 muestra un diagrama esquemático de un método según la invención;

Las Fig. 4a y 4b muestran diagramas que muestran las conformabilidades de aleaciones de aluminio tratables con calor según la invención.

10 En las Fig. 1a y 1b se muestran curvas de flujo de dos chapas hechas de una aleación de aluminio no tratable con calor AW-5182-O (Fig. 1a) y una aleación de aluminio tratable con calor AW-6016-T4 (Fig. 1b). Como se indica, las chapas de los dos materiales diferentes se conformaron a temperatura ambiente así como a bajas temperaturas. Para la chapa de aleación no tratable con calor AW-5182-A, fue posible obtener componentes de automóvil libres de grietas, esto es, una pieza de un mini pilar B, cuando se conforma a una temperatura de -196°C (Fig. 2a) mientras que a temperatura ambiente se observaron grietas (Fig. 2b). Para la aleación endurecible no tratable con calor AW-6016-T4, no se pudieron producir tampoco piezas libres de grietas a temperatura ambiente ni a bajas temperaturas.

La Fig. 3 representa esquemáticamente un proceso según la invención para conformar objetos a partir de un producto semielaborado como una chapa o un tubo en donde el método es aplicable a aleaciones de aluminio endurecibles con el fin de producir objetos libres de grietas. En un primer paso, se proporciona un producto semielaborado como una chapa, tubo u otro producto formado. La chapa se expone que a un tratamiento térmico de choque como segundo paso. En este segundo paso, el material de la chapa se calienta con una velocidad de calentamiento de más de 10 K/s para alcanzar una temperatura de tratamiento con calor de choque entre 250°C y 600°C. Este calentamiento rápido se puede realizar mediante tecnologías de calentamiento por contacto, láser, plasma, infrarrojos, resistencia y/o inducción. Después, la chapa se mantiene normalmente durante un tiempo de mantenimiento predeterminado a la temperatura elevada. Los tiempos de mantenimiento típicos están en el entorno de hasta 60 s, preferiblemente entre 20 s y 40 s. Después, el producto semielaborado se temple a temperatura ambiente aplicando un medio de templado como un gas o un líquido. Los medios de templado típicos son gas o agua. Después, el producto semielaborado templado se transfiere a una herramienta que se enfría a una temperatura baja y permite la conformación a baja temperatura del producto semielaborado a un producto estructurado. Por ejemplo, la herramienta se puede enfriar con nitrógeno líquido con el fin de proporcionar temperaturas de alrededor de -196°C para el proceso de conformado. Después de este paso, se obtiene un componente estructurado, por ejemplo, para su uso en la industria automovilística. Después de su almacenamiento, el componente estructural se puede exponer a un proceso habitual de horneado de pintura.

35 Durante el tratamiento con calor de choque, la disolución de precipitados endurecedores ocurre principalmente durante el paso de calentamiento rápido y se completa además durante el tiempo de mantenimiento opcional. Este proceso enriquece la matriz de aluminio con solutos que se atrapan dentro de la matriz durante el templado a temperatura ambiente. Durante la conformación, se logra un comportamiento de endurecimiento por deformación mejorado y como resultado se extiende el límite de capacidad de conformación a niveles más altos en comparación con el estado de comienzo inicial de la aleación. Esto se representa en la Fig. 4a para una chapa de una aleación AW-6016-T4 y en la Fig. 4b para una chapa de una aleación AW-7075-T6. En ambos casos el tratamiento con calor de choque se realizó calentando las chapas a una temperatura de 400°C y aplicando un tiempo de mantenimiento de 30 s.

45 Los beneficios principales de la combinación de un tratamiento con calor de choque con la conformación de metal criogénico son la extensión del límite de conformación de la chapa tal como se recibió (o cualquier otro producto semielaborado) a un nivel mucho más alto. La aplicación de un tratamiento con calor de choque conduce a la disolución de la mayoría de los precipitados endurecedores y la retención del soluto adecuado en disolución de manera que se pueda lograr todavía una respuesta de fortalecimiento durante los tratamientos de cabeza aguas abajo tal como un ciclo de horneado de pintura.

50 Además de la aplicación de un tratamiento con calor de choque al producto semielaborado de la aleación de aluminio tratable con calor dentro de un tiempo limitado antes de la operación de conformación, está el hecho de que no es necesario tener en cuenta el efecto de la vida útil en la conformación.

Además, si algunos precipitados son lo suficientemente estables para no ser disueltos de vuelta en la disolución, estos precipitados se mantendrán en la microestructura para facilitar la nucleación y/o el crecimiento de los precipitados de fortalecimiento durante el ciclo de horneado de pintura.

Aún más, el presente método se puede aplicar a variedades de productos hechos de chapa metálica, en particular componentes de automóvil como sus paneles internos, paneles externos de puertas, paneles laterales, capós internos, capós externos y/o paneles de la tapa del maletero así como pilares A, los pilares B y los pilares C y otras piezas de automóvil.

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir un objeto (1) hecho de una aleación de aluminio endurecible, el método que comprende:
proporcionar un producto en bruto de la aleación de aluminio endurecible, en donde el producto en bruto es una chapa;
- 5 calentar el producto en bruto de la aleación de aluminio endurecible a una temperatura elevada con el fin de disolver los precipitados, en donde el producto en bruto de la aleación de aluminio endurecible se calienta a una temperatura elevada con una velocidad de calentamiento de al menos 10 K/s;

 mantener opcionalmente el producto en bruto de la aleación de aluminio endurecible a la temperatura elevada durante un tiempo predeterminado;
- 10 templar rápidamente el producto en bruto de la aleación de aluminio endurecible a una temperatura más baja que la temperatura elevada con el fin de mantener al menos parcialmente los precipitados disueltos dentro de la aleación de aluminio;

 conformar el producto en bruto de la aleación de aluminio endurecible por debajo de una temperatura de 0°C, en particular por debajo de -150°C para producir el objeto (1).
- 15 2. El método según la reivindicación 1, en donde el producto en bruto de la aleación de aluminio endurecible se calienta a una temperatura elevada de 250°C a 600°C, en particular de 300°C a 450°C.
3. El método según una de las reivindicaciones 1 y 2, en donde el producto en bruto de la aleación de aluminio endurecible se mantiene a la elevada temperatura durante un tiempo de hasta 60 s, en particular de hasta 40 s.
- 20 4. El método según una de las reivindicaciones de 1 a 3, en donde el producto en bruto de la aleación de aluminio endurecible se temple rápidamente a temperatura ambiente.
5. El método según una de las reivindicaciones de 1 a 4, en donde el producto en bruto de la aleación de aluminio endurecible se temple rápidamente por contacto con un gas o un líquido.
6. El método según una de las reivindicaciones de 1 a 5, en donde el producto en bruto de la aleación de aluminio endurecible se conforma a una temperatura por debajo de -190°C.
- 25 7. El método según una de las reivindicaciones de 1 a 6, en donde el objeto (1) es un componente de automóvil.

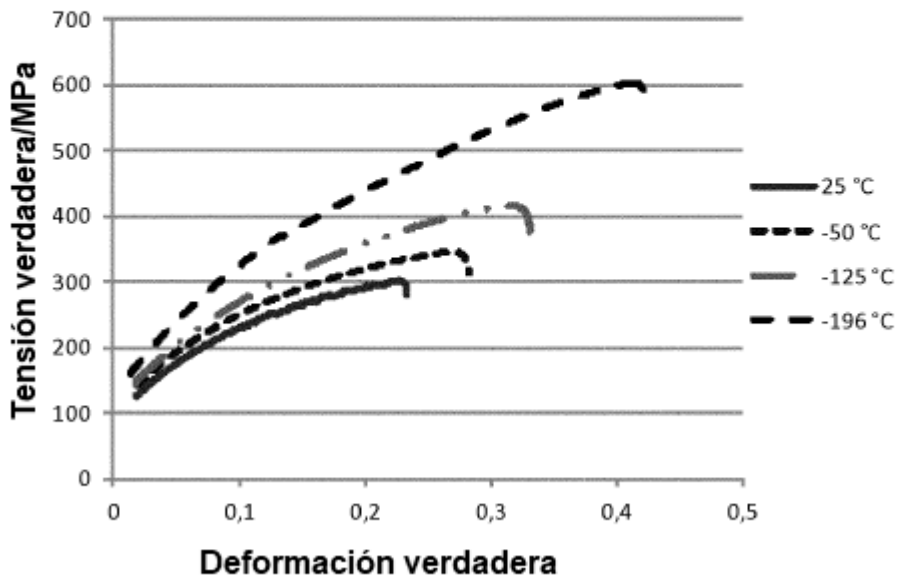


Fig. 1a

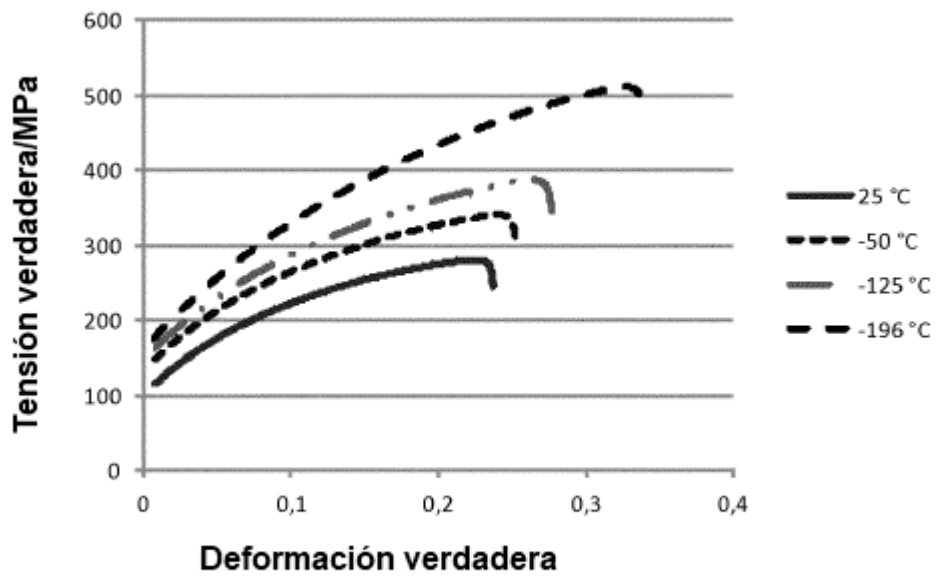


Fig. 1b



Fig. 2a

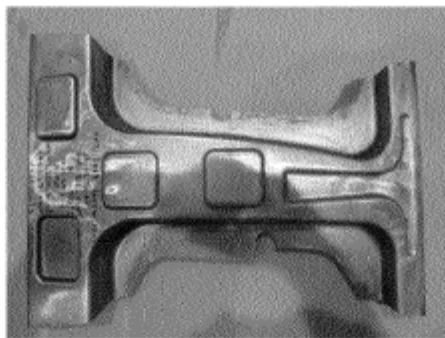


Fig. 2b

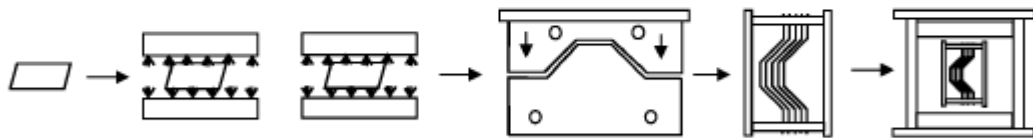


Fig. 3

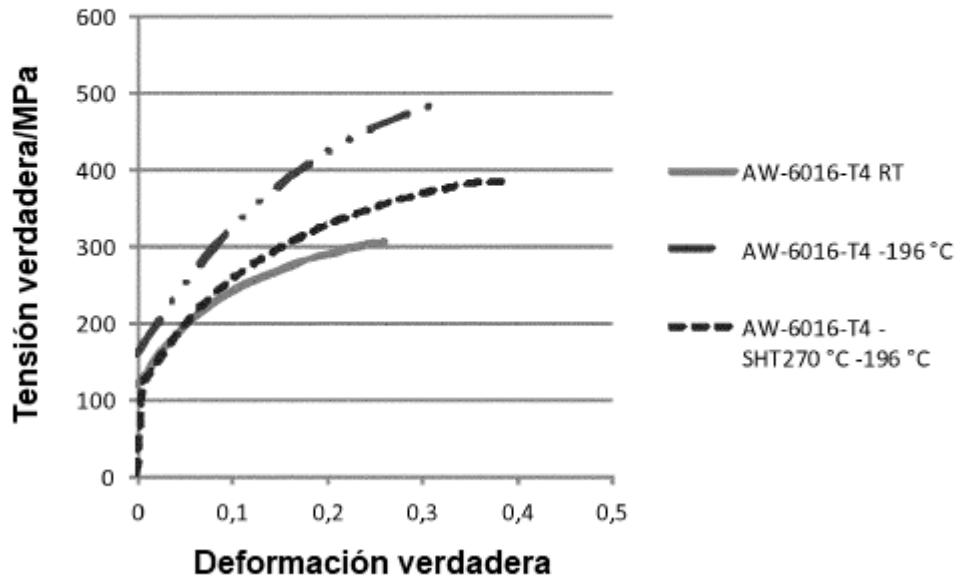


Fig. 4a

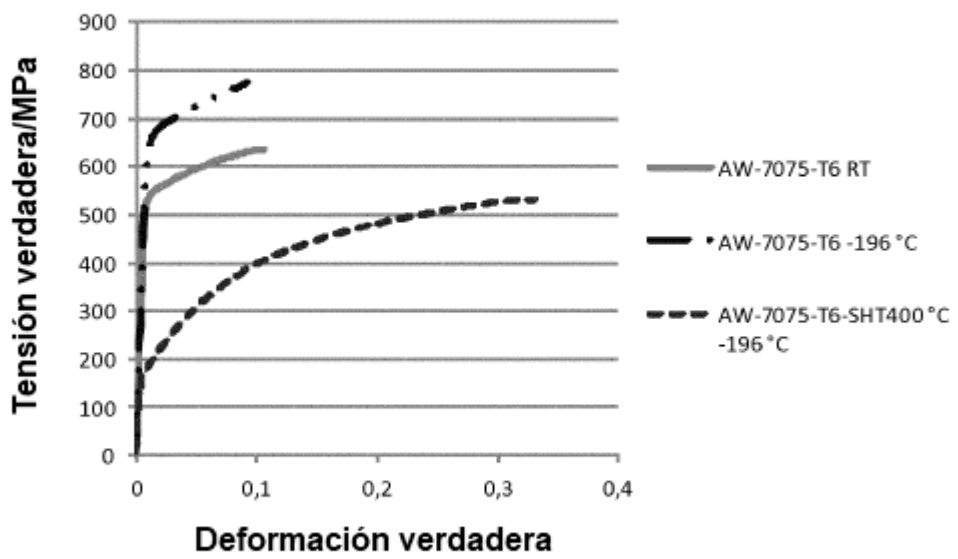


Fig. 4b