



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 295 824**

(51) Int. Cl.:
B21D 22/20 (2006.01)
C22C 21/06 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **04713927 .4**
(86) Fecha de presentación : **24.02.2004**
(87) Número de publicación de la solicitud: **1601478**
(87) Fecha de publicación de la solicitud: **07.12.2005**

(54) Título: **Procedimiento de embutición en caliente de piezas de aleación Al-Mg.**

(30) Prioridad: **26.02.2003 FR 03 02335**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2008

(73) Titular/es: **ALCAN RHENALU**
7, place du Chancelier Adenauer
75116 Paris, FR

(72) Inventor/es: **Litalien, Pierre;**
Legendre, Alain;
Daniel, Dominique y
Raynaud, Guy-Michel

(74) Agente: **Gallego Jiménez, José Fernando**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de embutición en caliente de piezas de aleación Al-Mg.

5 **Ámbito de la invención**

La invención tiene que ver con la fabricación, por embutición en caliente, es decir, a una temperatura comprendida entre 150 y 350°C, de piezas de aleación de aluminio muy deformadas, en especial de aleaciones de tipo Al-Mg (serie 5000 según la norma EN 573-3) destinadas en concreto a la fabricación automovilística.

10

Estado de la técnica

Se sabe que, a partir de 150°C, crece el alargamiento a la rotura de las aleaciones de aluminio, siendo este efecto tanto más marcado cuanto más baja es la velocidad de deformación. Contrariamente al conformado superplástico, que se realiza a una temperatura superiores a 450°C y que exige aleaciones que presenten una microestructura particular de grano muy fino, el conformado en caliente, a temperaturas comprendidas entre 150 y 350°C, permite incrementar la ductilidad de las aleaciones convencionales, especialmente las de la serie 5000.

15

20

Los primeros ensayos de embutición en caliente de aleaciones de aluminio en la industria automovilística se realizaron en los EE. UU., en la década de los años 1970 con el objeto de sustituir el acero por el aluminio sin tener que modificar el utillaje. La patente US 4090889 de Chrysler, depositada en 1976, describe un procedimiento de embutición a una temperatura comprendida entre 100 y 315°C de piezas para el automóvil en diversos tipos de aleaciones, entre las que se encuentra la aleación 5252-H25. El calentamiento de las piezas troqueladas, recubiertas con lubricante gráfitico, se realiza preferentemente por infrarrojos. Desde esa época, no se ha realizado ninguna aplicación industrial, probablemente por falta de control térmico del procedimiento y debido a la dificultad de obtener cadencias de fabricación próximas a las del embutido en frío convencional.

25

El objetivo de la presente invención consiste en remediar este inconveniente y facilitar la embutición en caliente de piezas de aleación de aluminio, especialmente de Al-Mg, para el automóvil con una productividad compatible con las exigencias de la industria automovilística, o bien para obtener piezas que no se podrían realizar en frío, o bien para facilitar la realización, especialmente disminuyendo el número de pasadas de embutición, bien empleando aleaciones más económicas, pero poco conformables en frío.

30

Objeto de la invención

35

La invención tiene por objeto un procedimiento de fabricación de piezas embutidas de aleación de aluminio, con las etapas siguientes:

la fabricación de una banda de espesor comprendido entre 0,5 y 5 mm de aleación de composición (% en peso):
Mg: 1-6 Mn < 1,2 Cu < 1 Zn < 1 Si < 3 Fe < 2 Cr < 0,4 Zr < 0,3 con un contenido del resto de elementos < 0,1 cada uno de ellos y < 0,5 en total, siendo el resto Al.

40

- el corte de una pieza troquelada a partir de esta banda,

45

- el calentamiento local o total de la pieza troquelada a una temperatura comprendida entre 150 y 350°C y de una duración < 30 s,

- el embutido de la pieza troquelada mediante un utillaje, al menos calentado parcialmente, a una temperatura comprendida entre 150 y 350°C, en presencia de un lubricante compatible con las operaciones posteriores.

50

El lubricante se puede o bien depositar previamente en la pieza troquelada, o bien ser proyectado en el utillaje de embutido justo antes de procederse a la embutición de la pieza troquelada. El embutido se realiza, preferentemente, en una sola pasada.

55

La invención tiene también por objeto una pieza embutida a partir de una pieza troquelada de aleación de aluminio con la composición antes citada, que tiene zonas sin deformación o poco deformadas y zonas muy deformadas, en la cual las partes menos deformadas presentan un límite de elasticidad $R_{0,2}$ superior al menos en un 30% (o una dureza Vickers superior al menos en un 20%) a la de las zonas más deformadas.

60

Descripción de las figuras

La figura 1 representa, en perspectiva, un forro de puerta de automóvil realizado por el procedimiento según la invención descrita en el ejemplo 1.

65

La figura 2 representa la zona precalentada de la pieza troquelada empleada en los ejemplos 1 y 2.

La figura 3 es una vista en corte de la contraembutición en esquina de la pieza del ejemplo 2.

Descripción de la invención

La invención se aplica a la fabricación de piezas embutidas de aleaciones de aluminio que contengan entre el 1 y el 6%, preferentemente entre el 3,5 y el 5% de magnesio. El Mg contribuye a la resistencia mecánica de la aleación, al igual que el Cu, Mn, o Zn, que pueden estar presentes hasta un contenido del 1% para el Cu y el Zn, y un 1,2% para el Mn. Estas aleaciones son esencialmente aleaciones de la serie 5000, por ejemplo, aleaciones 5052, 5083, 5182 o 5754, pero pueden ser de la serie 4000 si el contenido en Si es superior al de Mg, o de la serie 3000 si el contenido en Mn es ligeramente superior al de Mg. Dichas aleaciones 3000 o 4000 pueden haber sido elaboradas a partir de una parte de reciclados de fabricación, lo que las convierte en aleaciones económicas.

Las bandas se pueden obtener de manera tradicional por colada de placas, laminado en caliente, posterior laminado en frío, pero también por colada continua de bandas, bien entre dos correas metálicas ("colada por correa o belt-casting") posterior laminado en caliente y, posiblemente en frío, bien entre dos cilindros refrigerados ("colada en rodillo o roll-casting") y posterior laminado en frío. En el caso de colada entre correas, puede ser interesante, tanto en el plano técnico como en el económico, utilizar bandas laminadas en caliente si es que lo permite el espesor a obtener.

En la colada tradicional, el Fe está limitado al 0,8%, pero puede alcanzar el 2% en las aleaciones obtenidas por colada continua. Asimismo, puede haber algo más de silicio, hasta el 3% en colada continua, mientras que resulta mejor limitarlo al 2% en la colada tradicional.

La última pasada de laminación se puede realizar con un cilindro texturado, por ejemplo, por tratamiento de haces de electrones (EBT), por electro erosión (EDT) o por haz láser, lo que mejora la conformabilidad y el aspecto superficial de la pieza formada después de la pintura.

Las bandas pueden recocerse (estado O) si se desean grandes alargamientos para fabricar piezas muy deformadas de difícil embutición y se es menos exigente con la resistencia mecánica final. Pero uno de los aspectos de interés del procedimiento amparado por la presente invención es a partir de un estado marteleado en frío o parcialmente restaurado (estados H1x o H2x). Efectivamente, además de la ventaja económica de evitar el recocido, se evita también la aparición de líneas de Lüders en el embutido, lo que sucede cuando se parte del estado recocido. Es una ventaja importante porque, además de una resistencia a la indentación insuficiente debida al uso de un estado recocido, el riesgo de las líneas de Lüders ha impedido hasta ahora el empleo de aleaciones de Al-Mg para las piezas vistas de la carrocería, destinadas a ser pintadas, mientras que se emplean profusamente en las piezas de refuerzo que no se ven. Se puede constatar que los mismos defectos de aspecto desaparecen también durante el conformado en caliente de chapas en estado recocido, lo que presenta interés para aquellas aplicaciones que necesitan una gran conformabilidad y un aspecto atractivo, pero no una gran resistencia mecánica como, por ejemplo, los forros visibles de batientes. Por último, el empleo de un mismo tipo de aleación para la pared y los refuerzos simplifica el reciclado.

Las bandas se troquelan con la forma correspondiente a la pieza a fabricar. En esta etapa, las piezas troqueladas se pueden recubrir con un lubricante relativamente estable a la temperatura de embutición y que, a esta temperatura, no emita vapores tóxicos. El lubricante debe ser además fácil de eliminar en el desengrase y compatible con operaciones posteriores como la soldadura o pegado sin preparación superficial adicional y con la cataforesis. A título de ejemplo, se pueden utilizar lubricantes obtenidos de ésteres sintéticos de alto punto de ebullición y elevado punto de inflamación, que contengan como aditivos de lubricación estearatos de cinc, de sodio o de litio, o lubricantes sólidos del tipo nitrato de boro.

Las piezas troqueladas se calientan a continuación a una temperatura comprendida entre los 150 y los 350°C. Este precalentamiento debe realizarse con la rapidez suficiente, en menos de 30 s, y preferentemente en menos de 20 s, incluso menos de 10 s, para alimentar el útil de embutición a la cadencia necesaria. Si hace falta, pueden disponerse varios puestos de precalentamiento para alimentar un mismo útil. El precalentamiento puede realizarse de manera homogénea en el conjunto de la pieza troquelada, pero también de modo selectivo, creando así un gradiente de temperatura entre las diferentes zonas de la pieza troquelada. Este precalentamiento localizado optimiza las características mecánicas, bien facilitando la conformación por una mejor distribución de las deformaciones, bien conduciendo a una pieza final con propiedades mecánicas heterogéneas, adaptadas a la función de cada zona de la pieza conformada. Se puede así, por ejemplo, precalentar selectivamente las zonas destinadas a sufrir mayor deformación. En el caso de piezas troqueladas empalmadas, se puede focalizar el precalentamiento en los alrededores de la zona de empalme para evitar la rotura en esta zona durante la embutición.

También se puede, partiendo de una pieza troquelada de aleación muy marteleada en frío, calentar localmente la periferia para obtener, al final de la conformación, una pieza cuya parte central, que no ha sido sometida a calentamiento, conserve un límite elástico elevado y cuya periferia, recocida durante la conformación, presente por ello una buena aptitud de engarce posterior.

Un medio apropiado para obtener un precalentamiento rápido y, si es necesario, localizado, consiste en utilizar un calentamiento por contacto mediante una zapata térmica aplicada a la pieza troquelada con la forma de la zona o zonas a calentar. Tal dispositivo garantiza una subida de temperatura de 20 a 300°C en menos de 15 s, lo que permite alimentar una línea de embutido de cadencia elevada con un número reducido de aparatos de precalentamiento. Además, en el caso de que se parta de una pieza troquelada marteleada en frío, más sensible a la temperatura y al

ES 2 295 824 T3

tiempo de exposición, este dispositivo permite realizar un control de modo preciso y una buena reproducibilidad de las temperaturas alcanzadas, con un buen control del tiempo de ciclo.

5 Cuando existe una zona muy deformada localizada en el centro de la pieza, como por ejemplo un contraembutido, la solicitadora ha constatado de modo sorprendente que, para evitar una rotura en el embutido, la zona de precalentamiento de la pieza troquelada debe situarse no en la zona a conformar, sino en las proximidades. La aportación de calor debe provenir del calentamiento de la pieza troquelada y no del útil ya que, en tal caso, el contacto entre el útil y la pieza troquelada es demasiado rápido para poder calentar de modo suficiente. El precalentamiento de la pieza troquelada se realiza, por ejemplo, mediante un calzo calefactor situado preferentemente a una distancia superior a 5 mm de la zona de la pieza troquelada correspondiente a la zona localmente muy deformada de la pieza.

15 La pieza troquelada se transfiere a continuación hacia el útil de embutido y, para obtener la temperatura deseada en prensa, se debe tener en cuenta el posible enfriamiento de la pieza entre la salida del horno y la prensa, lo que conduce a sobrecalentar ligeramente la pieza troquelada en relación con la temperatura del útil.

20 A continuación ya se puede embutir la pieza precalentada. Una de las características de la invención consiste en que el útil de embutición se calienta también, al menos parcialmente, a una temperatura comprendida entre 150 y 350°C. Esto se logra incorporando resistencias eléctricas al útil. Sólo se pueden calentar ciertas zonas del útil, preferentemente la matriz y el pisón de piezas más que el punzón. Una disposición especialmente ventajosa consiste en tener una matriz dividida en dos partes calentadas separadas por una lámina de aire. Se tiene así un borde de matriz caliente bajo el guarnecido de la pieza troquelada que sufre recalcado y un fondo de matriz más frío para optimizar la resistencia mecánica de la pieza troquelada en los radios de la matriz.

25 Se pueden usar también otros métodos para mantener una parte del útil frío en la proximidad de una parte caliente; por ejemplo, la proyección de aire comprimido para evacuar el calor de la parte a mantener fría o bien la circulación de un fluido de refrigeración por el interior de esta parte. La temperatura de las diferentes partes del útil se controla por regulación.

30 En el caso de que la pieza troquelada, no se haya revestido previamente de una capa de lubricante tal como se ha indicado anteriormente, se puede depositar el lubricante directamente en el útil de embutido, por ejemplo, por pulverización. De este modo, se reduce el tiempo de exposición del lubricante a temperaturas elevadas, lo que evita que se degrade prematuramente durante el precalentamiento.

35 El diseño del útil debe tener en cuenta la dilatación no uniforme del útil cuando la temperatura no es homogénea. El útil puede tratarse superficialmente para evitar que se agarrote. El ciclo de conformado se realiza, preferentemente, en una sola pasada de embutición, seguida de pasadas de acabado para recortar o afinar los bordes. La cadencia de embutido es de, al menos, 6 golpes por minuto.

40 El procedimiento según esta invención se puede emplear para la fabricación de piezas con zonas muy deformadas, especialmente piezas para la fabricación de automóviles, tanto para piezas vistas de la carrocería como para piezas estructurales o de refuerzo.

45 Gracias a la combinación óptima del precalentamiento de las piezas troqueladas en ciertas zonas, y al calentamiento del útil con un gradiente térmico entre diferentes partes, se pueden obtener piezas estéticas para la parte vista de la carrocería, como por ejemplo las de los batientes o los techos, realizadas a partir de piezas troqueladas de espesores comprendidos entre 0,6 y 1,5 mm, con una configuración a todas luces poco habitual de propiedades mecánicas en función de las propiedades exigidas por las diferentes partes de la pieza conformada, por ejemplo, la resistencia a la indentación o el comportamiento al impacto.

50 En el procedimiento clásico de embutición en frío, las zonas más deformadas son las más batidas en frío y, por lo tanto, las más duras. A la inversa, con el procedimiento según esta invención, cuando se parte de un estado marteleado en frío, las zonas más deformadas, generalmente en la periferia, se encuentran, durante la embutición, en el estado parcialmente restaurado, gracias al calentamiento del útil frente a estas zonas, lo que permite que fluya bien el metal por el útil. Estas zonas no endurecen, mientras que las zonas poco deformadas, más frías, conservan su resistencia mecánica elevada de origen.

55 Se puede, así, obtener, para estas zonas poco deformadas, un límite elástico $R_{0,2} > 250$ MPa, o una dureza Vickers > 97 Hv, que garantizan especialmente una buena resistencia a la indentación, con, además, un aspecto superficial excelente por ausencia de líneas de Lüders y una baja recuperación elástica. Además, las zonas periféricas parcialmente restauradas durante el precalentamiento y la embutición se han ablandado y presentan así una buena aptitud al engarce posterior. La combinación de una buena resistencia a la indentación en el centro y de una buena aptitud al engarce por la periferia se adapta muy bien al empleo en paneles exteriores de carrocería, como capós, puertas y techos.

65 Para los techos de aleación de aluminio, que se pueden montar en un bastidor de acero, el procedimiento permite, al disponer de una aleación de alto límite de elasticidad antes de la etapa de cataforesis, evitar que aparezcan deformaciones permanentes por la dilatación térmica diferencial que surge durante esta operación.

ES 2 295 824 T3

Para las piezas estructurales y de refuerzo, por ejemplo, las vigas de los parachoques, las uniones al piso, los varales, los soportes y los refuerzos de batientes, realizados a partir de piezas troqueladas de espesor comprendido entre 2 y 5 mm, se pueden obtener profundidades de embutición que no se consiguen en frío, una recuperación elástica menor y una resistencia mecánica más elevada.

En ciertos casos, en particular en los forros de puerta, la resistencia mecánica elevada de las partes poco deformadas, como por ejemplo, la franja situada bajo el marco de la ventanilla, puede ser favorable en caso de colisión frontal y permite, así, aligerar el perfil de refuerzo de esta zona.

De este modo, gracias al empleo de chapas marteleadas en frío, el procedimiento según esta invención permite una gran libertad de regulación para conseguir la forma final con las características deseadas. Combinando un estado metalúrgico intermedio (Hn4 o Hn2) con un calentamiento de la pieza troquelada y de los útiles adecuados, se puede disminuir temporalmente el límite elástico de la pieza a conformar. Después de enfriar, la pieza recupera una resistencia mecánica elevada, poco degradada respecto de la pieza troquelada original. Esta elección es muy útil cuando se desea marcar los detalles en una pieza vista, conservando un límite de elasticidad elevado después de conformar.

El procedimiento según esta invención permite alimentar una prensa de embutido a una cadencia de, al menos 6 piezas por minuto. Con respecto al embutido en frío, permite optimizar las propiedades mecánicas para el conformado y lleva, en productos conformados, a gradientes de propiedades mecánicas que contribuyen a mejorar la función de servicio de la pieza final (por ejemplo, su resistencia al impacto o a la indentación) o a simplificar las operaciones posteriores de montaje de las piezas conformadas (por ejemplo, el engarce).

Por último, la etapa de precalentamiento de la pieza troquelada en el procedimiento según esta invención garantiza una buena estabilidad térmica del procedimiento limitando los intercambios térmicos entre la pieza troquelada y el útil para simplificar el dispositivo de calentamiento de los útiles y hacerlos menos sensibles a las variaciones de temperatura durante el conformado a cadencia elevada.

Ejemplos

Ejemplo 1

Embutido profundo de un forro de puerta

El forro de puerta representado en la figura 1 se ha realizado mediante el procedimiento de la invención en una sola pasada de embutido y lleva un marco de ventanilla integrado cuya profundidad de cajón es de, al menos, 100 mm. Los radios de curvatura que se encuentran en la pieza son severos (de hasta 6 a 8 mm). El contorneado y recorte de los calados se realiza posteriormente mediante los útiles de corte tradicionales.

Se parte de una pieza troquelada con forma de paralelogramo, de aleación 5754-O de 1 mm de espesor prelubricada con una emulsión acuosa que, después de la evaporación, deja una película seca de aceite mineral (parafina de C14 a C28).

Esta pieza no se puede realizar por el procedimiento de embutido convencional (en frío) en una sola pasada: se producen roturas en el radio del punzón, en aquellos lugares en los que se solicita fuertemente el plegado del metal bajo tracción en deformación plana. El metal, en consecuencia, no tiene la resistencia suficiente para arrastrar el material prensado por el pisón. Una disminución de la presión del pisón conlleva la formación de pliegues.

La aplicación del procedimiento de la invención consiste en precalentar la periferia de la pieza troquelada, correspondiente a la zona (1) de la figura 2 que se va a encontrar bajo el pisón de la pieza para disminuir su límite de elasticidad y facilitar con ello el desplazamiento de metal por el útil, incluso a presiones de pisón elevadas. Por el contrario, el centro de la pieza troquelada se deja frío, en particular la zona que se pliega bajo tracción en el radio del punzón, para no degradar su resistencia mecánica.

La pieza troquelada se precalienta durante 10 s por contacto. Con el propósito de realizar un calentamiento localizado, se atornilla bajo una plataforma calefactora un calzo con la forma de la zona a calentar. A continuación, la pieza troquelada se aprieta contra dicho calzo y la pieza alcanza una temperatura de 250°C. La figura 2 ilustra la forma del calzo atornillado bajo la plataforma calefactora. El tiempo de calentamiento rápido (10 s) permite garantizar la alimentación de la prensa a la cadencia necesaria y mantiene un gradiente térmico en la pieza.

La pieza se eyecta bajo la prensa de embutido, que es una prensa hidráulica de 900 toneladas. El útil de embutido consta de 4 elementos: punzón, pisón y matriz dividida en dos partes. La primera, denominada anillo de matriz está frente al pisón. La segunda, denominada, fondo de matriz está situada frente al punzón. Sólo el anillo de la matriz y el pisón se calientan a 250°C por medio de resistencias en U que bordean la línea de entrada de la matriz. El fondo de matriz, aislado del anillo de matriz por una lámina de aire y el punzón, permanecen a una temperatura inferior a 130°C durante todo el ensayo.

La pieza se embute a una velocidad de punzón de 200 mm/s. La pieza conformada se expulsa de la prensa. La cadencia que se puede lograr es de 6 a 10 golpes/minuto, que es la de una línea de embutido clásico de forro de puertas

ES 2 295 824 T3

de acero. La combinación de precalentamiento localizado de la pieza y de calentamiento del útil permite limitar los intercambios térmicos entre la pieza troquelada y el útil y garantiza así la estabilidad térmica del procedimiento.

Ejemplo 2

Forro de puerta con contraembutición

2a - Se ha realizado una pieza semejante a la del ejemplo 1, pero que presenta en la esquina de la ventanilla un contraembutido (3) especialmente crítico, cuya geometría se representa en la figura 2. Aplicando las mismas condiciones que en el ejemplo 1, es decir, precalentando la pieza únicamente en la zona periférica (1) representada en la figura 2, aparece una rotura al final de la carrera, durante la formación del contraembutido (3). Para tratar de evitar esta rotura, se ha modificado el precalentamiento de la pieza troquelada añadiendo un calzo (2) bajo la zapata de precalentamiento, con objeto de precalentar a 300°C, además de la periferia, una zona en esquina, como la que se indica en la figura 2. Se constata que si el calzo cubre toda la zona de esquina, el metal se ablanda demasiado y no puede salir la pieza sin que se rompa. Por el contrario, si no se calienta más que localmente, de una parte a otra de la zona destinada a la contraembutición (2) a más de 5 mm de ésta, sale la pieza sin que se rompa. En tal caso, hubiera sido imposible calentar esta zona con el útil, dado que el tiempo de contacto es demasiado corto para conseguir los 300°C. Se constata además una fuerte sensibilidad a la posición del calzo (2). Desplazando la zona de calentamiento adicional 2 cm hacia la periferia, se observa una rotura en el radio del contraembutido. Desplazándola 2 cm hacia el interior, se observa una rotura en el interior de la zona de vano de cristal.

La combinación entre el precalentamiento optimizado de la pieza troquelada y el calentamiento del útil permite embutir esta pieza difícil a una cadencia de 6 piezas/minuto, garantizando la estabilidad térmica del procedimiento.

2b - Se realizan las mismas operaciones que en el ejemplo 2a, pero con una aleación 5052-0 obtenida de colada continua de bandas entre cilindros ("twin-roll casting"). Se obtiene, con los mismos parámetros de procedimiento, una pieza conformada sin rotura, lo que resulta imposible hacer en frío con este material.

2c - Se repiten las mismas operaciones que en el ejemplo 2b, pero con una aleación 5052 bruta de laminación en caliente, obtenida de colada continua de bandas entre dos correas ("twin-belt casting"). El resultado es idéntico.

Ejemplo 3

Forro de puerta a partir de una pieza troquelada marteleada en frío

Se realiza la misma pieza que en el ejemplo 1, pero partiendo de una pieza troquelada de 5182-H18, cuyo límite elástico es superior a 300 MPa y su dureza Vickers es superior a 110 Hv. La pieza troquelada se prelubrica con una emulsión saturada de estearato de litio.

La pieza troquelada es demasiado dura para ser conformada. El papel del precalentamiento consiste en facilitar la deformación en las zonas que se van a deformar fuertemente, es decir, las zonas periféricas. Estas zonas se precalientan mediante el mismo dispositivo que anteriormente, pero a una temperatura de 350°C. El precalentamiento rápido y local permite mantener un gradiente de temperatura fuerte en el seno de la pieza troquelada (250°C en 10 cm).

Los útiles se calientan a 300°C. Una regulación sencilla permite mantener los útiles a 300°C, ya que el intercambio con la pieza troquelada, de mayor temperatura, es menor. En el transcurso del conformado, el calentamiento de las partes deformadas provoca la disminución del esfuerzo de fluidez, que facilita la consecución del embutido, el metal ablandado puede fluir por el útil y conformarse.

Ahora bien, la zona de la tira del acristalamiento, poco deformada y sin calentar, conserva una resistencia mecánica elevada ($R_m > 340$ MPa, o una dureza Vickers > 105 Hv), favorable en caso de choque frontal. Se puede aligerar el perfil de refuerzo de esta zona sin pérdida de deformación global.

Ejemplo 4

Pieza vista de la carrocería: techo

Se realiza, por embutición en caliente según el procedimiento de la presente invención, un techo de aleación 5182. Una de las propiedades de empleo de este tipo de pieza es su resistencia a la indentación, directamente relacionada con el límite elástico. Como las aleaciones 5000 no son de endurecimiento estructural, contrariamente a las aleaciones 6000 que endurecen durante la cocción de las pinturas, la pieza debe tener un límite elástico después del conformado suficientemente grande para cumplir el pliego de prescripciones técnicas. Es por ello por lo que se parte de una pieza troquelada de 1 mm de espesor, de aleación fuertemente batida en frío, 5182 en estado H14, cuyo límite elástico es superior a 240 MPa, con una dureza Vickers > 95 Hv. Por el procedimiento de embutición convencional en frío, no se podría conformar dicha pieza troquelada.

Se emplea el mismo lubricante que en el ejemplo 3.

ES 2 295 824 T3

La pieza troquelada se precalienta durante 10 s en un calentador que entra en contacto con toda la pieza. De hecho, contrariamente a lo sucede en el ejemplo 1, es preferible calentar toda la pieza troquelada a 275°C para controlar mejor la geometría final y marcar bien las líneas de la pieza.

5 El útil consta de 3 elementos: punzón, pisón y matriz. Se insertan cartuchos calefactores en los elementos para calentarlos uniformemente a 275°C. El embutido se realiza en la misma prensa hidráulica de 900 toneladas que en los ejemplos anteriores, con una velocidad de punzón de 200 mm/s. La cadencia es de 6 piezas/minuto.

10 Se sacan unas probetas de la pieza conformada y luego se pasan por una estufa para simular un ciclo de cocción de pinturas (mantenimiento a 180°C durante 20 min). Los ensayos de tracción muestran que se conserva un límite elástico superior a 220 MPa, es decir, una dureza Vickers > 90 Hv, lo que basta, en una chapa de 1 mm de espesor, para obtener una resistencia a la indentación satisfactoria.

15 Por último, este alto límite elástico evita que aparezcan defectos permanentes que podrían producirse durante la cocción de las pinturas. En efecto, si la pieza se sujeta en un marco de acero, la diferencia de coeficientes de dilatación térmica provoca una mayor dilatación del techo, de ahí el riesgo de pandeo. Si el límite elástico del techo es bajo, este pandeo puede provocar deformaciones irreversibles (plastificación), pero con un límite de elasticidad alto este riesgo desaparece.

20 Ejemplo 5

Pieza vista de la carrocería: panel exterior de capó

25 Como en el ejemplo 4, se emplea una aleación 5182 marteleada en frío para obtener un panel exterior de batiente (capó). Los criterios de aspecto y de resistencia a la indentación son los mismos que antes. Sin embargo, el panel exterior debe engarzarse en un forro. Los contornos del panel, en consecuencia, deben ser aptos al engarce; de ahí la necesidad de una pieza conformable en dicho sitio. Las zonas destinadas a ser engarzadas se encuentran bajo el pisón de la primera pasada de embutido.

30 Se parte pues de un estado fuertemente deformado en frío, H18, que es muy sensible a la temperatura de conformado.

35 Se realiza un precalentamiento local a 300°C en la zona periférica de la pieza troquelada, tanto para facilitar el embutido como para ablandar la zona que se engarzará posteriormente. Como en el ejemplo 3, el calentamiento rápido por contacto permite mantener un gradiente térmico fuerte en el seno de la pieza.

40 Los útiles de embutido se calientan uniformemente a 300°C. En el alcance del pisón, ello persigue el ablandamiento de las zonas destinadas a ser engarzadas, iniciado durante el precalentamiento, mientras que en la zona de punzón, el calentamiento ayuda a disminuir temporalmente el límite elástico y a marcar bien las formas de la pieza.

45 El producto final es pues un panel cuya zona central ha perdido muy poco sus características mecánicas antes de la embutición debido a que ha sido expuesto muy brevemente (sólo durante el embutido) a 300°C: se obtiene así un límite elástico $R_{0.2} > 250$ MPa, o una dureza Vickers > 97 Hv. Esta zona presenta pues una buena resistencia a la indentación. La zona periférica, por el contrario, presenta un límite elástico más bajo $R_{0.2} < 160$ MPa o una dureza Vickers < 75 Hv. En consecuencia, es muy conformable y apta para ser engarzada en una pieza de forro.

50

55

60

65

ES 2 295 824 T3

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de piezas embutidas de aleación de aluminio que consta de las etapas siguientes:

- 5 - fabricación de una banda de espesor comprendido entre 0,5 y 5 mm de aleación de composición (% en peso):
Mg: 1-6 Mn < 1,2 Cu < 1 Zn < 1 Si < 3 Fe < 2 Cr < 0,4 Zr < 0,3 con un contenido del resto de elementos < 0,1 cada
uno y < 0,5 en total, siendo el resto Al,
- 10 - corte de una pieza troquelada a partir de esta banda,
- 15 - calentamiento local o total de la pieza troquelada a una temperatura comprendida entre 150 y 350°C y con una
duración < 30 s,
- 15 - embutido de la pieza troquelada caliente mediante un utillaje calentado, al menos parcialmente, a una temperatura
comprendida entre 150 y 350°C, en presencia de un lubricante compatible con las operaciones posteriores.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que la banda de partida está marteleada
en frío o parcialmente restaurada

20 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado** por el hecho de que la banda de 5 partida
es de aleación 5182, 5052, 5083 o 5754.

25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** por el hecho de que la banda se obtiene
de colada continua.

5 5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado** por el hecho de que la banda se obtiene por colada
continua entre dos correas, laminada en caliente y empleada en dicho estado.

30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** por el hecho de que el lubricante contiene
un estearato de litio y de sodio en emulsión acuosa.

7 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** por el hecho de que el lubricante se
deposita en la pieza troquelada.

35 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** por el hecho de que el lubricante se
deposita en el útil antes del embutido.

40 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** por el hecho de que el calentamiento de
la pieza troquelada se realiza por contacto mediante una zapata calefactora que tiene la forma de la zona a calentar.

10 10. Procedimiento según una las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** por el hecho de que el calentamiento de la
pieza troquelada se realiza en una zona periférica.

45 11. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado** por el hecho de que la pieza troquelada se calienta
localmente mediante un calzo sujeto a la zapata calefactora.

50 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** por el hecho de que la pieza lleva en su
centro una zona localizada muy deformada y que la zona precalentada está colocada a una distancia superior a 5 mm
de la zona de la pieza troquelada correspondiente a la zona localmente muy deformada de la pieza.

13 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado** por el hecho de que el útil de embutido
está constituido de punzón, pisón, un anillo de matriz situada frente al pisón y un fondo de matriz situado frente al
punzón en el que sólo se calientan el anillo de matriz y el pisón.

55 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado** por el hecho de que el embutido se
hace en una sola pasada.

60 15. Utilización del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 14 para la fabricación de piezas de refuerzo
o de forro de carrocería del automóvil.

16 16. Utilización del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 14 para la fabricación de piezas vistas de
carrocería del automóvil.

65 17. Pieza embutida a partir de una pieza troquelada de espesor comprendido entre 0,5 y 5 mm de aleación de
composición (% en peso): Mg: 1-6 Mn < 1,2 Cu < 1 Zn < 1 Si < 3 Fe < 2 Cr < 0,4 Zr < 0,3 con un contenido del resto
de elementos < 0,1 cada uno y < 0,5 en total, siendo el resto Al, que tiene zonas sin deformación o poco deformadas
y zonas muy deformadas, **caracterizada** por el hecho de que el límite elástico $R_{0,2}$ de las zonas menos deformadas

ES 2 295 824 T3

es superior al menos en un 30%, o la dureza Vickers Hv superior en al menos un 20% respecto de las zonas más deformadas.

5 18. Pieza según la reivindicación 17, **caracterizada** por el hecho de que es una pieza vista de la carrocería del automóvil.

19. Pieza según la reivindicación 17, **caracterizada** por el hecho de que tiene zonas ablandadas para un conformado posterior.

10 20. Pieza según la reivindicación 19, **caracterizada** por el hecho de que es una pieza a engarzar en un forro.

21. Pieza según la reivindicación 17, **caracterizada** por el hecho de que es un forro de puerta de automóvil.

15 22. Pieza según la reivindicación 21, **caracterizada** por el hecho de que tiene una franja bajo la ventanilla y la resistencia a la rotura Rm de esta franja es superior a 340 MPa o su dureza es superior a 105 HV.

23. Pieza según la reivindicación 18, **caracterizada** por el hecho de que es una parte de techo sujeta a un marco de acero.

20

25

30

35

40

45

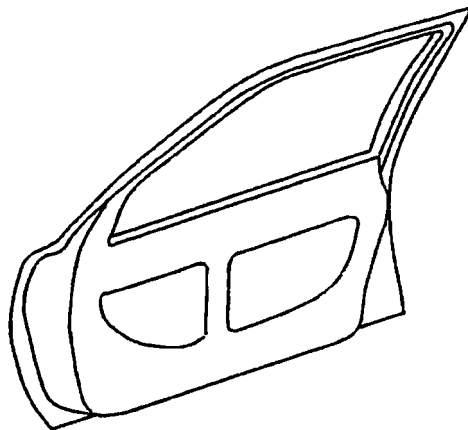
50

55

60

65

Fig. 1



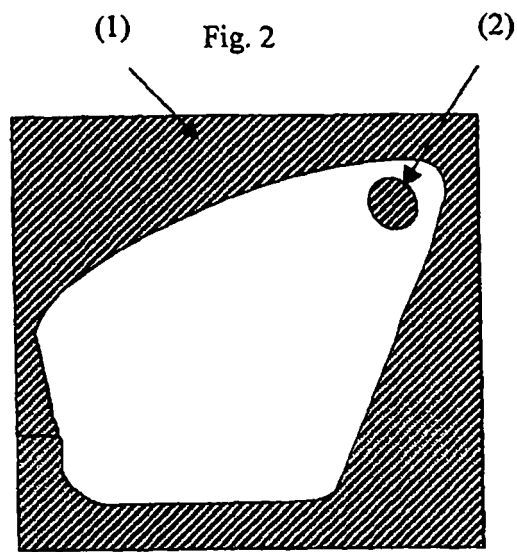


Fig. 3

