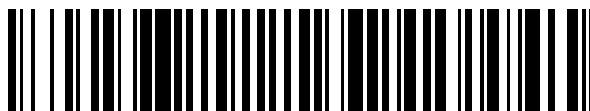


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 573**

51 Int. Cl.:

B21C 23/10 (2006.01)

B21C 23/22 (2006.01)

B21C 23/01 (2006.01)

B23K 20/00 (2006.01)

B64C 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2005 E 05814985 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2012 EP 1817124**

54 Título: **Elemento de estructura extruido monolítico y bifuncional**

30 Prioridad:

27.10.2004 FR 0411442

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

10.04.2013

73 Titular/es:

**CONSTELLIUM FRANCE (100.0%)
40-44, rue Washington
75008 Paris , FR**

72 Inventor/es:

**EBERL, FRANK y
MAUSSION, JOËL**

74 Agente/Representante:

MIR PLAJA, Mireia

ES 2 400 573 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

Elemento de estructura extruido monolítico y bifuncional

5 Ámbito de la invención

La invención se refiere a un nuevo procedimiento de fabricación para elementos de estructura extruidos, de aleación de aluminio, bifuncionales (véase por ejemplo EP-A-0 508 434, en la que se basa el preámbulo de las reivindicaciones independientes), así como a elementos de estructura elaborados por este procedimiento. La invención es particularmente conveniente en la fabricación de refuerzos soldables para la construcción aeronáutica.

Estado de la técnica

Actualmente, los elementos de estructura metálicos de aeronave se ensamblan esencialmente por remache. No se utiliza la soldadura porque las aleaciones de aluminio que tienen altas características mecánicas, tales como las aleaciones de tipo Al-Cu-Mg de la serie 2xxx y las aleaciones de tipo Al-Zn-Cu-Mg de la serie 7xxx, no se pueden soldar por fusión de una manera satisfactoria. En cambio, la mayoría de las aleaciones de las series 5xxx y 6xxx se puede soldar por fusión. Entre dichas aleaciones, las aleaciones 6056 y 6156 se utilizan para elementos de estructura de aeronaves, pero suelen ensamblarse, incluso entre sí, por remache. Para el ensamblaje del fuselaje de los aviones Airbus A318 y A380, sólo recientemente se ha usado la soldadura para la piel de fuselaje de aleación 6056 en refuerzos extruidos de aleación 6056. Lo que hoy no es posible es soldar una aleación soldable por fusión (como la 6056) con otra aleación dada por no ser soldable por fusión (como la 7349); en la práctica industrial, semejante ensamblaje sólo se puede hacer por remache. Según el estado de la técnica, el ensamblaje por soldadura de dos piezas de aleaciones distintas impone limitaciones a la elección de ambas aleaciones. En el ejemplo de la fijación de una piel de fuselaje en un refuerzo, esta limitación se refiere tanto a la aleación elegida para los refuerzos como a la aleación elegida para la piel del fuselaje. La toma en cuenta de dichas limitaciones precisa la optimización de un compromiso de propiedades, porque ambas aleaciones tienen que poder ensamblarse por soldadura y preferentemente por soldadura por fusión (tal como: soldadura MIG, TIG, por láser), lo que no es posible con todas las aleaciones, y especialmente con todas las aleaciones con tratamiento térmico. En el caso de la soldadura por fricción-mezcla (en inglés Friction Stir Welding), la mayoría de las aleaciones de aluminio se puede soldar pero existen limitaciones a la configuración geométrica que hacen que no se pueda emplear siempre esta técnica. Cuando se habla de "compromiso de propiedades", se hace referencia, por ejemplo, a un compromiso entre propiedades reunidas bajo el término "resistencia mecánica estática" (especialmente resistencia a la rotura R_m y límite elástico $R_{p0,2}$) por una parte, y propiedades reunidas bajo el término "tolerancia a los daños" (especialmente tenacidad y resistencia a la propagación de grietas) por otra parte. Sin embargo, incluso un compromiso optimizado de propiedades lleva muchas veces a elementos de estructura que presentan resultados globales menos buenos. Para reducir el coste y peso de los elementos de estructura, sería ventajoso poder elegir, para el refuerzo, una aleación que tenga una alta resistencia mecánica estática y, para la piel de fuselaje, una aleación que tenga una alta tolerancia a los daños, y ensamblarlos por soldadura. El hecho de disponer de una solución para ensamblar semejantes elementos estructurales por soldadura conduce a una simplificación significativa del ensamblaje de un avión.

Así pues, el problema que la presente invención pretende resolver es el de permitir la fabricación de elementos de estructura monolíticos y bifuncionales que hagan intervenir dos aleaciones de aluminio distintas, y más especialmente el de posibilitar el ensamblaje por soldadura entre un elemento de estructura de aleación de aluminio con tratamiento térmico y soldable por fusión (como una piel de fuselaje de chapa de aleación AA6056) y un elemento de estructura de aleación de aluminio con tratamiento térmico y dada por no ser soldable por fusión (como un refuerzo extruido de aleación AA7349).

50 Objeto de la invención

La invención tiene por objeto un elemento de estructura extruido (F), en particular un refuerzo para la construcción aeronáutica, que comprende una pata apta para fijarse en una superficie, por ejemplo por soldadura o cualquier otro método, y un cuerpo, caracterizado por lo que la correspondiente pata es de una primera aleación a base de aluminio soldable por fusión (B) y por lo que el correspondiente cuerpo es de una segunda aleación a base de aluminio (A) con tratamiento térmico, estando claro que la aleación (A) es distinta de la aleación (B).

La invención también tiene por objeto un procedimiento de fabricación de un elemento de estructura extruido, que comprende las siguientes etapas:

(a) se prepara un lingote de extrusión cilíndrico hueco integrado por un tubo externo de una segunda aleación a base de aluminio (A) con tratamiento térmico, y por un tubo interno de una primera aleación a base de aluminio soldable por fusión (B),

(b) se extruye por extrusión hueca un tubo hueco que comprende una pluralidad de aletas, de modo que la mayor parte de las correspondientes aletas, de forma recta o compleja, sea de una segunda aleación (A), mientras que el tubo hueco es de una primera aleación (B),

5 (c) se corta el producto procedente de la etapa (b), para obtener un elemento de estructura extruido (F) que comprende una pata de una primera aleación (B) y un cuerpo de una segunda aleación (A); a este corte le puede seguir un mecanizado.

Un tercer objeto de la presente invención se refiere al uso de semejante elemento de estructura soldado, en un procedimiento de fabricación de un elemento de estructura, en particular para la construcción aeronáutica, en el que

10 (a) se suelda por fusión un elemento de estructura extruido (F) según la invención en un elemento de estructura (E) de aleación de aluminio con tratamiento térmico,

15 (b) de forma opcional, se efectúa un tratamiento térmico en el correspondiente elemento de estructura soldado (G).

Descripción de las figuras

La figura 1 muestra la sección de un lingote compuesto hueco con simetría axial, usado para extrudir un tubo hueco. Comprende una aleación (A) y una aleación (B).

20 La figura 2 muestra la sección de un tubo extruido hueco usado para obtener, por corte longitudinal (indicado por las flechas), el elemento de estructura extruido (F) según la invención.

25 La figura 3 muestra, esquemáticamente, un lingote de extrusión compuesto que permite realizar el elemento de estructura extruido (F) según la invención, pero que no corresponde a un modo de ejecución preferente. Comprende una aleación (A) y una aleación (B).

30 La figura 4 muestra el ancho de la zona de difusión entre las aleaciones (A) y (B) para dos pares de aleaciones, AA7349 / AA5086 (referencia P5) y AA7349 / AA6056 (referencia P6), y tres elementos químicos seguidos: magnesio, cobre y zinc. El ancho de la zona de difusión D en el producto extruido se define como el ancho entre los puntos para los que se observa un cambio de composición de 0,1 % en peso de la composición nominal del elemento en el producto analizado.

35 La figura 5 muestra, en un ejemplo, el ancho D de la zona de difusión.

La figura 6 define la altura h (véase doble-flecha) de penetración de la aleación (B) de la pata en el cuerpo de aleación (A) del elemento de estructura extruido (F).

40 La figura 7 muestra, de manera esquemática, el dispositivo usado para medir la fuerza de arranque del cuerpo del perfil.

Las figuras 8, 9 y 10 muestran distintos modos de uso del perfil según la invención.

Descripción de la invención

45 a) Definiciones

Salvo indicación contraria, todas las indicaciones relativas a la composición química de las aleaciones se expresan en porcentaje másico. Por lo tanto, en una expresión matemática, "0,4 Zn" significa: 0,4 veces la cantidad de zinc, expresada en porcentaje másico; esto se aplica mutatis mutandis a los demás elementos químicos. La denominación de las aleaciones cumple con los requisitos de las reglas de The Aluminum Association conocidas por el especialista. Los estados metalúrgicos se definen en la norma europea EN 515. La composición química de aleaciones de aluminio normalizadas se define en la norma EN 573-3, por ejemplo. Salvo indicación contraria, las características mecánicas estáticas, es decir resistencia a la rotura R_m , límite elástico $R_{p0,2}$ y alargamiento de rotura A, se determinan por una prueba de tracción según la norma EN 10002-1, definiéndose el lugar y la dirección de la toma de muestras en la norma EN 755-1.

Salvo indicación contraria, se aplican las definiciones de la norma europea EN 12258-1. El término "chapa" se usa aquí para productos laminados en todo el espesor.

60 El término "mecanizado" comprende cualquier procedimiento de arranque de materia como el torneado, el fresado, el taladrado, el escariado, el roscado, la electroerosión, la rectificación, el pulido. El término "tubo extruido" incluye los productos tubulares y, en particular, los tubos extruidos y estirados.

Se llama aquí “elemento de estructura” o “elemento estructural” de una construcción mecánica, una pieza mecánica cuyo fallo es susceptible de poner en peligro la seguridad de la correspondiente construcción, sus usuarios, o los demás.

5 Para un avión, estos elementos de estructura comprenden especialmente los elementos que componen el fuselaje (tales como la piel de fuselaje (fuselage skin en inglés), los refuerzos o largueros de fuselaje (stringers), los tabiques estancos (bulkheads), los fuselajes circulares (circumferential frames), las alas (tales como la piel de ala (wing skin), los refuerzos (stringers o stiffeners), las costillas (ribs) y los largueros (spars)) y las aletas que comprenden, en particular, estabilizadores horizontales y verticales (horizontal or vertical stabilisers), así como los perfiles de suelo (floor beams), los carriles de asientos (seat tracks) y las puertas.

10 El término “elemento de estructura monolítico” se refiere aquí a un elemento de estructura que se obtuvo, la mayoría de las veces por mecanizado, a partir de una sola pieza de semiproducto laminado, extruido, forjado o moldeado, sin ensamblaje, como por remache, soldadura, encolado, con otra pieza.

15 El término “elemento de estructura bifuncional” se refiere aquí, principalmente, a las funciones conferidas por las características metalúrgicas del producto y no por su forma geométrica.

b) Descripción detallada de la invención

20 Según la invención, el problema se resuelve por el uso de un elemento de estructura extruido (F) que comprende dos aleaciones coextruidas, en el que la pata, es decir la parte destinada a fijarse en la superficie de otro elemento de estructura (E), para formar un elemento de estructura (G), es de aleación (B) y, por ejemplo, de la misma aleación que aquella en la que tiene que fijarse, mientras que el cuerpo, que constituye el resto del correspondiente elemento de estructura extruido (F), puede ser de una aleación que tenga altas características mecánicas (A). La aleación (B) puede ser una aleación con tratamiento térmico. Ventajosamente, la aleación (A) puede ser una aleación con tratamiento térmico, para que el elemento de estructura (G) formado por ensamblaje entre los elementos de estructura (F) y (E) pueda emplearse en la construcción aeronáutica. Semejante elemento de estructura extruido (F) según la invención es pues bifuncional, en el sentido de que su cuerpo responde a exigencias metalúrgicas significativamente diferentes de las de su pata.

30 Según la invención, para responder al problema de posibilitar el ensamblaje por soldadura, y en particular soldadura por fusión, entre un elemento de estructura de aleación de aluminio con tratamiento térmico y un elemento de estructura de aleación de aluminio con tratamiento térmico dado por no ser soldable por fusión, la aleación (B) es una aleación soldable, en particular soldable por fusión, para que el ensamblaje entre el elemento de estructura extruido (F) según la invención y el elemento de estructura (E) pueda hacerse por soldadura. La aleación (B) puede ser una aleación de la serie 6xxx, 5xxx o 4xxx. La aleación (A) no tiene que ser necesariamente soldable, pero tampoco está excluido.

35 La presente invención se puede aplicar a cualquier combinación de aleaciones a base de aluminio extruibles. En una realización preferente, la aleación (A) es una aleación de la serie 7xxx, preferentemente elegida dentro del grupo constituido por las aleaciones 7049, 7149, 7249, 7349, 7449, 7050, 7055, 7075, 7036, 7068, 7136 y la aleación (B) se elige dentro del grupo constituido por las aleaciones soldables por fusión de las series 4xxx, 5xxx, 6xxx y preferentemente 6056, 6056A, 6156, 6013, 6060, 6110, 5005, 5083, 5086. Para la aleación (A), es posible emplear también aleaciones de tipo Al-Zn-Cu-Mg y especialmente las que tienen una alta cantidad de zinc (> 8,7 %).

40 Según otro modo de realización de la invención, se puede elegir asimismo una aleación (B) que puede ser soldable por soldadura por fricción-mezcla. Así también se obtiene un elemento de estructura extruido (F) bifuncional. A modo de ejemplo, en un elemento de estructura extruido (F) cuyo cuerpo ha de responder a exigencias de características mecánicas estáticas y cuya pata ha de ser resistente a la fatiga y / o presentar una buena tolerancia a los daños (tenacidad, propagación de grietas, etc.), es posible elegir la aleación (A) dentro del grupo constituido por las aleaciones 7049, 7149, 7249, 7349, 7449, 7050, 7055, 7075, 7068, 7036, y la aleación (B) puede ser una aleación de la serie 2xxx que se puede elegir dentro del grupo constituido por las aleaciones 2024, 2024A, 2056, 2124, 2224, 2324, 2424, 2524. Según este modo de realización, el ensamblaje de los elementos de estructura (F) y (E) no se hace necesariamente por soldadura, pero puede hacerse por los métodos tradicionales de remache. Este tipo de elementos de estructura bifuncionales puede encontrar asimismo aplicaciones directas, i.e. que no requieren un ensamblaje con otros elementos de estructura.

45 El elemento de estructura extruido (F) según la invención se puede fabricar por un procedimiento que comprende las siguientes etapas:

(a) se prepara un lingote de extrusión cilíndrico hueco integrado por un tubo externo de aleación a base de aluminio (A) con tratamiento térmico y por un tubo interno de aleación a base de aluminio soldable por fusión (B),

(b) se extruye por extrusión hueca un tubo hueco que comprende una pluralidad de aletas, de modo que la mayor parte de las correspondientes aletas, de forma recta o compleja, sea de una aleación (A), mientras que el tubo hueco es de aleación (B),

5 (c) se corta, y eventualmente se mecaniza, el producto procedente de la etapa (b), para obtener elementos de estructura (F) que comprenden una pata de aleación (B) y un cuerpo de aleación (A).

Según este procedimiento ventajoso, en primer lugar se elabora un lingote hueco compuesto con simetría axial que comprende, de forma concéntrica, dos tubos con sección circular, el tubo interno de aleación (B) y diámetro exterior D encaja en el tubo externo de aleación (A) de diámetro interior D. Esta inserción puede hacerse por expansión en caliente del tubo externo. Sin embargo, es preferente operar por contracción en frío del tubo interno; la solicitante observó que el uso de este último procedimiento de inserción conduce a una mayor fuerza de arranque en el elemento estructural extruido (F). La solicitante observó que es muy importante que en el lingote hueco compuesto, la diferencia de la simetría axial sea lo más pequeña posible, porque se repercute directamente sobre la simetría de la sección del tubo hueco extruido, y especialmente sobre la constancia del espesor de la pared interna así como sobre la altura de penetración (definida en la figura 6) de la aleación (B) en el cuerpo del elemento de estructura (F).

El corte en la etapa (c) puede efectuarse según las técnicas conocidas. Se trata de un corte longitudinal para obtener largos segmentos del elemento de estructura extruido, que pueden cortarse a la longitud requerida. Así, las aletas del tubo hueco extruido pasan a ser el cuerpo del elemento de estructura (F), mientras que el tubo hueco pasa a ser su pata. Puede ser ventajoso acabar la pata por mecanizado.

Se obtiene así un elemento de estructura (F) monolítico y bifuncional, cuyo cuerpo presenta, por ejemplo, características de resistencia mecánica estática particularmente altas, mientras que la pata presenta, por ejemplo, una resistencia a la fatiga particularmente alta o tiene la característica técnica de ser soldable por fusión.

El elemento de estructura extruido (F) según la invención puede fabricarse asimismo por cualquier otro procedimiento que garantice una unión metalúrgica suficientemente fuerte entre la pata y el cuerpo, tal como caracterizada por la fuerza de arranque del cuerpo. El procedimiento como se ha descrito anteriormente, basado en la extrusión hueca de un lingote hueco compuesto con simetría axial, da mejores resultados que el uso de un lingote ensamblado de forma secuencial a partir de dos lingotes de igual diámetro exterior (figura 3). Cuando se usa semejante lingote según la figura 3, no se aplica la extrusión hueca. En vez de un lingote colado, es posible emplear también un tubo concéntrico integrado por dos tubos extruidos y eventualmente mecanizados.

La ventaja de emplear un lingote hueco compuesto con simetría axial es que este procedimiento garantiza una buena homogeneidad del producto extruido y, en particular, una repartición bastante constante de las dos aleaciones en la pata y el cuerpo del elemento de estructura extruido (F) de acuerdo con la longitud del tubo hueco extruido. A modo de ejemplo, los inventores observaron que, entre el principio y el final del tubo hueco extruido a partir de un lingote hueco compuesto con simetría axial, la altura h (definida en la figura 6) disminuye entre unos 6 mm y unos 3 mm. Esta pequeña inhomogeneidad no parece tener un efecto negativo apreciable sobre las propiedades de uso del elemento de estructura (F). Los inventores observaron que el uso de un procedimiento de extrusión inversa de un lingote hueco compuesto con simetría axial como se ha descrito anteriormente reduce dicha inhomogeneidad.

El procedimiento según la invención permite fabricar elementos de estructura (G) por soldadura del elemento de estructura extruido (F) con otro elemento de estructura (E), en los que la aplicación de una fuerza de arranque al cuerpo del elemento de estructura (F) no suele llevar a una ruptura entre la pata y el cuerpo. Esto quiere decir que no se observa debilidad mecánica de la interfase entre las aleaciones (A) y (B).

El uso de un elemento de estructura extruido (F) según la invención permite realizar elementos de estructura (G) de gran tamaño de forma muy sencilla. A modo de ejemplo, el elemento de estructura extruido (F) puede ser un refuerzo que se suelda en una chapa. Más generalmente, la invención incluye también un procedimiento de fabricación de un elemento de estructura soldado (G), en particular para la construcción aeronáutica, en el que

(a) se suelda por fusión un elemento de estructura extruido (F) en un producto o elemento de estructura (E) de aleación de aluminio con tratamiento térmico,

(b) de forma opcional, se efectúa un tratamiento térmico en el correspondiente elemento de estructura soldado (G).

Tal elemento de estructura soldado (G) puede ser un elemento de fuselaje de un avión.

La figura 8 muestra un panel de fuselaje (10), que representa el producto (E), del que se mecanizó una de las superficies (11). Un elemento de estructura extruido (F) según la invención (referencia 12), con una pata (13) de aleación soldable y un cuerpo (14), se soldó en el producto (E), con formación de una zona soldada (15).

Se hace eventualmente un tratamiento térmico final en la pieza soldada. Así, se puede mejorar, por ejemplo, su comportamiento a la corrosión. Por lo general, los tratamientos térmicos de revenido pueden adicionarse. Por lo

tanto, es preciso elegir correctamente el estado de tratamiento térmico de los elementos de estructura (F) y (E) para llegar, por medio de un tratamiento térmico tras soldadura, a un estado final del elemento de estructura (G) que sea satisfactorio, mediante un revenido previo en uno u otro de los elementos por ejemplo. A modo de ejemplo, un refuerzo de aleación 7xxx necesita un revenido cuya duración total es inferior a la de un semiproducto de aleación 6xxx. Si las chapas son de aleación 6xxx y los refuerzos de aleación 7xxx, es preciso que las chapas de aleación 6xxx hayan sido sometidas a un revenido previo antes de la soldadura, porque la duración del tratamiento térmico al que pueden someterse después de la soldadura está limitado por la duración más corta del tratamiento de revenido al que tienen que someterse los refuerzos de aleación 7xxx después de la soldadura.

Para producir elementos de estructura aún más complejos, el cuerpo del elemento de estructura extruido (F), que es de aleación (A) y se fija, por soldadura o remache por ejemplo, en un producto o elemento de estructura (E), puede fijarse, por remache o pernos por ejemplo, en otros productos. Por lo general, esto supone que el cuerpo del elemento de estructura extruido (F) tenga una forma que se adapte a este tipo de ensamblaje. Este modo de realización se ilustra en la figura 10 que muestra un producto (20), que representa el producto (E), del cual se mecanizó una de las superficies (11). Un elemento de estructura extruido (F) según la invención (referencia 12), con una pata (13) de aleación soldable y un cuerpo (14), se soldó en el producto (E), con formación de una zona soldada (15). El cuerpo (14) del elemento de estructura extruido se fija por remache (16) en otro elemento de estructura (17). Semejante elemento de estructura complejo puede emplearse en la construcción aeronáutica a modo de ensamblaje de fuselaje circular: en tal caso, el cuerpo (14) del perfil extruido bifuncional (F) según la invención (12) es de aleación de la serie 2xxx, la pata 13 de aleación 4xxx, 5xxx o 7xxx, el producto (20) es la piel de fuselaje, (12) es un "refuerzo" (en inglés shear web) y (17) la estructura.

La figura 9 muestra un modo de realización de un elemento de estructura (G) a partir de un elemento de estructura extruido bifuncional (F) según la invención por remache. El elemento de estructura bifuncional (12) presenta un cuerpo (14) de aleación de la serie 7xxx, con alta resistencia mecánica, y una pata (13) de aleación de la serie 2xxx, con alta tolerancia a los daños. La pata (13) se fija por remaches (16) en dos elementos de estructura (E) adyacentes (referencia 18). Semejante elemento de estructura (G) puede emplearse para la construcción de fuselajes de aviones.

Se describen otros modos de realización de la presente invención en las reivindicaciones dependientes.

En los ejemplos presentados a continuación, se describen, a título de ilustración, modos de realización ventajosos de la invención. Dichos ejemplos no tienen carácter limitativo.

35 Ejemplo

En este ejemplo, se fabrican elementos de estructura extruidos con un cuerpo de aleación AA7349 y una pata de aleación AA6056 (referencia P6) o de aleación AA5086 (referencia P5).

Se prepara un lingote de extrusión hueco, que comprende una parte concéntrica exterior de aleación AA7349 y una parte interior concéntrica de aleación AA6056 o AA5086, de la siguiente manera: se cuela un primer lingote de aleación AA7349 y se mecaniza en dicho lingote un cilindro de 189 mm de diámetro exterior. En este cilindro, se forma un canal de sección circular (diámetro D) de modo que coincidan el eje longitudinal del cilindro y el eje longitudinal del canal. El correspondiente canal cruza todo el largo del correspondiente cilindro.

A partir de un segundo lingote de aleación AA6056 o AA5086, se prepara un cilindro con un diámetro externo D y un canal de sección circular (diámetro d) de modo que coincidan el eje longitudinal del cilindro y el eje longitudinal del canal. El correspondiente canal cruza todo el largo del correspondiente cilindro.

Se obtienen así dos tubos cilíndricos huecos, uno de aleación 7349, otro de aleación AA6056 o AA5086, con $D = 85$ mm y $d = 53$ mm. Después de una expansión en caliente a 120 °C del tubo de aleación 7349, el tubo de aleación 6056 se introduce en el tubo de aleación 7349. Se obtiene así un lingote cilíndrico hueco cuya sección se muestra de manera esquemática en la figura 1. Se realiza una extrusión hueca por extrusión directa, a una temperatura del bloque de 420 °C. La sección del perfil extrudido se muestra en la figura 2. En este ejemplo, la relación de extrusión es de 11. El perfil obtenido se cortó en el sentido longitudinal: una longitud de perfil da así ocho longitudes de refuerzo (véase figura 2).

Para cada tipo de refuerzo (referencia P5 o P6), los cuerpos y patas, en el estado T76, se caracterizaron por su límite elástico $R_{p0,2}$, resistencia a la rotura R_m y alargamiento de rotura (A), véase cuadros 1 y 2. A modo de comparación, el cuadro 3 da el mismo tipo de resultados para un refuerzo obtenido por extrusión directa hueca con un lingote monobloque (referencia P7) de aleación AA7349. Las condiciones de extrusión fueron parecidas a las de las referencias P5 y P6. Por lo tanto, para este refuerzo P7, la pata y el cuerpo son de aleación AA7349 los dos.

Cuadro 1

Referencia	Referencia	Pata (aleación AA5086)			Cuerpo (aleación AA7349)		
		R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A%	R _{p0,2} [Mpa]	R _m [MPa]	A%
P5	1	595	659	12,8	670	724	7,7
P5	2	593	659	11,2	666	723	7,7
P5	3	589	653	11,7	665	720	6,6
P5	4	581	648	10,9	665	721	7
P5	5	578	646	10,1	665	722	8,4
P5	6	586	652	11,9	669	727	8,5
P5	7	585	650	12,2	664	722	8,2
P5	8	589	653	13	668	726	7,8
Media		587	653	11,7	667	723	7,7

Cuadro 2

Referencia	Referencia	Pata (aleación AA6056)			Cuerpo (aleación AA7349)		
		R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A%	R _{p0,2} [Mpa]	R _m [MPa]	A%
P6	1	593	656	10,9	669	725	7,8
P6	2	593	658	12,7	666	722	9,5
P6	3	596	660	11,9	677	731	7,6
P6	4	597	663	11,8	672	725	7
P6	5	594	658	10,8	674	726	6,1
P6	6	593	655	10	673	725	6,4
P6	7	595	661	11,1	677	728	6,4
P6	8	597	662	11,9	673	727	6,9
Media		595	659	11,4	673	726	7,2

Cuadro 3

Referencia	Referencia	Pata (aleación AA7349)			Cuerpo (aleación AA7349)		
		R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A%	R _{p0,2} [Mpa]	R _m [MPa]	A%
P7	1	597	665	11,1	669	724	11,1
P7	2	599	667	13,4	674	729	11,6
P7	3	602	664	14,3	678	731	10,3
P7	4	593	660	12,9	676	730	10,7
P7	5	594	661	13,3	669	723	9,5
P7	6	599	666	13,6	676	733	11,3
P7	7	598	665	13,1	676	732	11,6
P7	8	596	667	12,7	670	725	11,3
Media		597	664	13	674	728	11,3

5 La calidad de la unión metalúrgica entre ambas aleaciones (A) y (B) se caracteriza con ayuda de la medida de la fuerza de arranque del cuerpo del elemento de estructura cuando la pata está fijada en un dispositivo de mantenimiento rígido. Este dispositivo se muestra de manera esquemática en la figura 7. Se corta una sección del elemento de estructura (F) que se quiere someter a prueba y se la fija entre mordazas 1, 2. La forma de las mordazas está adaptada a la curvatura del producto para garantizar un contacto perfecto entre las mordazas y la muestra. A una distancia suficiente de las mordazas, el cuerpo 3 del producto se sujeta entre las mordazas (no representadas en la figura 7) de una máquina de tracción. Se aplica una fuerza de arranque 4 que se aumenta hasta 10 ruptura del producto sometido a prueba. Se registra la fuerza. Es posible calcular aproximadamente una tensión de

tracción, dividiendo la fuerza por la sección (A). Los resultados de esta prueba de arranque se proporcionan en los cuadros 4, 5 y 6.

Cuadro 4

Referencia	Referencia	Fuerza de arranque (N)	Tensión de arranque [MPa]
P5	1	32691	382
P5	2	29481	344
P5	3	33860	397
P5	4	33641	389
P5	5	34354	399
P5	6	33218	391
P5	7	31673	372
P5	8	30530	355

Cuadro 5

Referencia	Referencia	Fuerza de arranque (N)	Tensión de arranque [MPa]
P6	1	33125	384
P6	2	28642	333
P6	3	28399	329
P6	4	29690	344
P6	5	37197	434
P6	6	34993	406
P6	7	36528	425
P6	8	32394	377

Cuadro 6

Referencia	Referencia	Fuerza de arranque (N)	Tensión de arranque [MPa]
P7	1	47616	554
P7	2	47333	550
P7	3	51164	595
P7	4	52700	613
P7	5	54283	631
P7	6	52877	615
P7	7	51907	604
P7	8	48213	561

5 Se constata por observación mediante microscopía óptica de P5 y P6 antes de la disolución que la interfase entre la pata y el cuerpo es muy clara; no se observa una mezcla de las dos aleaciones (A) y (B), sino una zona de difusión cuyo ancho no sobrepasa los 180 µm para la referencia P5, y los 160 µm para la referencia P6. Esto se nota en la figura 4, que muestra la longitud de la zona de difusión determinada, para un tubo hueco representativo, por sonda electrónica (electron probe micro-analysis) para dos combinaciones de aleaciones (A) y (B) y tres elementos seguidos, el magnesio, el cobre y el zinc.

10

REIVINDICACIONES

- 5 1. Elemento de estructura extruido (F), en particular un refuerzo para la construcción aeronáutica, que comprende una pata (13) apta para fijarse en una superficie y un cuerpo (14), caracterizado por lo que la correspondiente pata (13) es de una primera aleación a base de aluminio soldable por fusión (B) y por lo que el correspondiente cuerpo (14) es de una segunda aleación a base de aluminio (A) con tratamiento térmico, estando claro que la primera y segunda aleación (A) y (B) son distintas.
2. Elemento de estructura según la reivindicación 1 en el que la segunda aleación (A) es una aleación del grupo 7xxx.
- 10 3. Elemento de estructura según la reivindicación 2, en el que la segunda aleación (A) se elige dentro del grupo constituido por las aleaciones 7049, 7149, 7249, 7349, 7449, 7050, 7055, 7075, 7068, 7036, 7136.
- 15 4. Elemento de estructura según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la primera aleación (B) es una aleación del grupo 6xxx, del grupo 4xxx o del grupo 5xxx.
5. Elemento de estructura según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la primera aleación (B) se elige dentro del grupo constituido por las aleaciones 6056, 6056A, 6156, 6060, 6013, 6110, 5005, 5083, 5086.
- 20 6. Procedimiento de fabricación de un elemento de estructura extruido (F) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en particular para la construcción aeronáutica, que comprende las siguientes etapas:
 - 25 (a) se prepara un lingote de extrusión cilíndrico hueco con simetría axial, integrado por un tubo externo de una segunda aleación a base de aluminio (A) sometida a un tratamiento térmico y por un tubo interno de una primera aleación a base de aluminio soldable por fusión (B),
 - (b) se extruye por extrusión hueca un tubo hueco que comprende una pluralidad de aletas, de modo que la mayor parte de las correspondientes aletas sea de una segunda aleación (A), mientras que la pared del tubo hueco es de primera aleación (B),
 - 30 (c) se corta, y eventualmente se mecaniza, el producto procedente de la etapa (b), para obtener un elemento de estructura (F) que comprende una pata (13) de una primera aleación (B) y un cuerpo (14) de una segunda aleación (A).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que la inserción del correspondiente tubo interno de primera aleación a base de aluminio (B) en el correspondiente tubo externo de segunda aleación a base de aluminio (A) sometida a un tratamiento térmico, se hace por contracción en frío del correspondiente tubo interno.
- 35 8. Procedimiento según la reivindicación 6 o 7, en el que la extrusión es una extrusión inversa.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que la segunda aleación (A) se elige dentro del grupo constituido por las aleaciones 7049, 7149, 7249, 7349, 7449, 7050, 7055, 7075, 7068, 7036, 7136.
- 40 10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, en el que la primera aleación (B) se elige dentro del grupo constituido por las aleaciones 6056, 6056A, 6156, 6060, 6013, 6110, 5005, 5083, 5086.
- 45 11. Empleo de un elemento de estructura extruido (F) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 en un procedimiento de fabricación de un elemento de estructura (G), en particular para la construcción aeronáutica, en el que
 - 50 (a) se suelda por fusión un elemento de estructura extruido (F) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 en un producto o elemento de estructura (E) de aleación de aluminio sometida a un tratamiento térmico, para obtener un elemento de estructura soldado (G),
 - (b) de forma opcional, se efectúa un tratamiento térmico en el correspondiente elemento de estructura soldado (G).

Figura 1/10

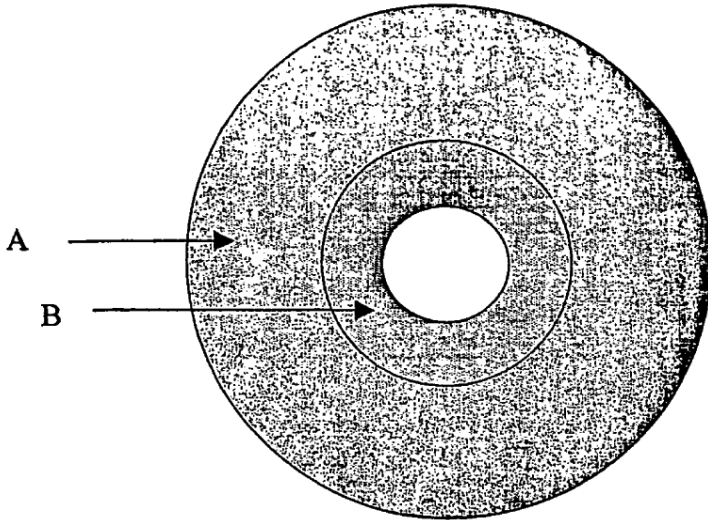


Figura 2/10

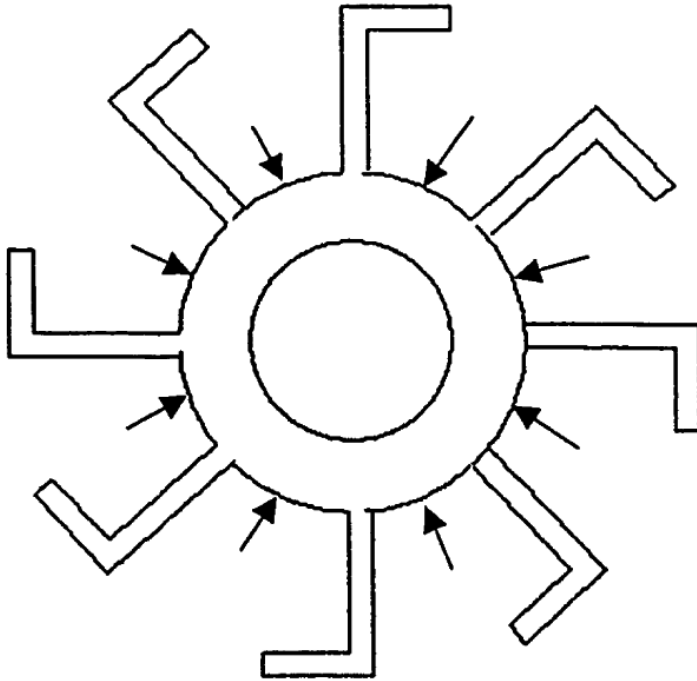


Figura 3/10

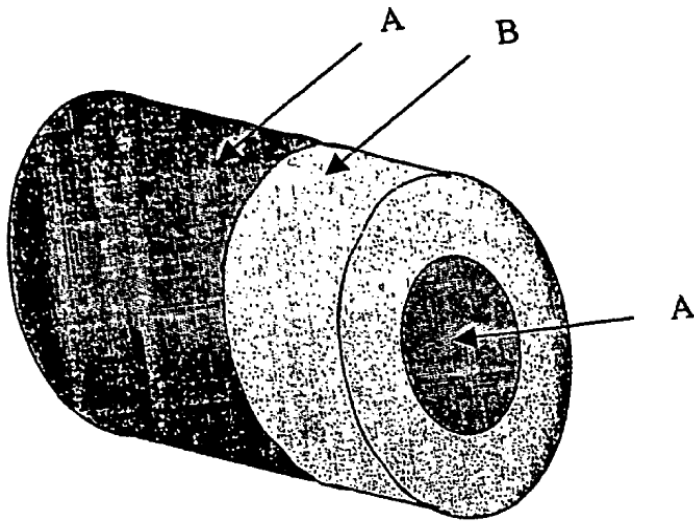


Figura 4/10

Longitud de difusión sobre producto extruido

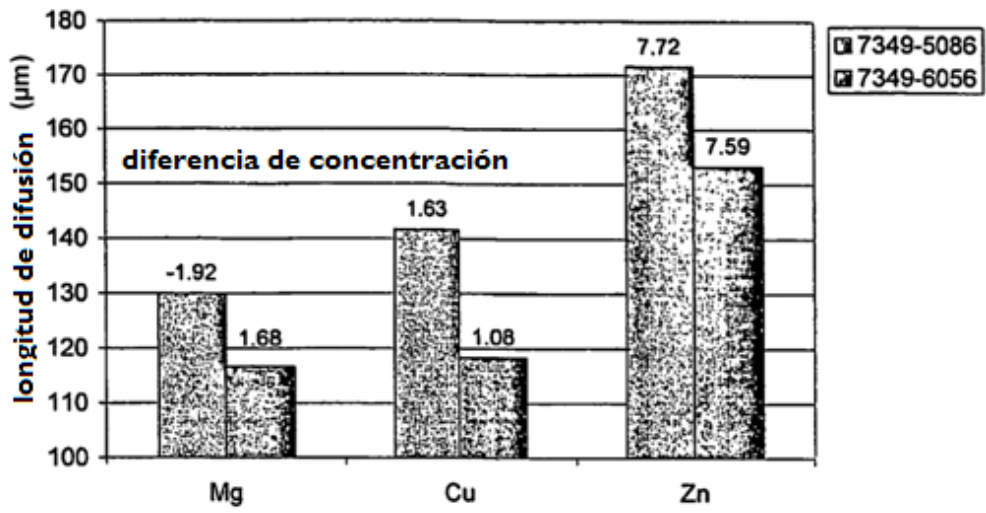


Figura 5/10

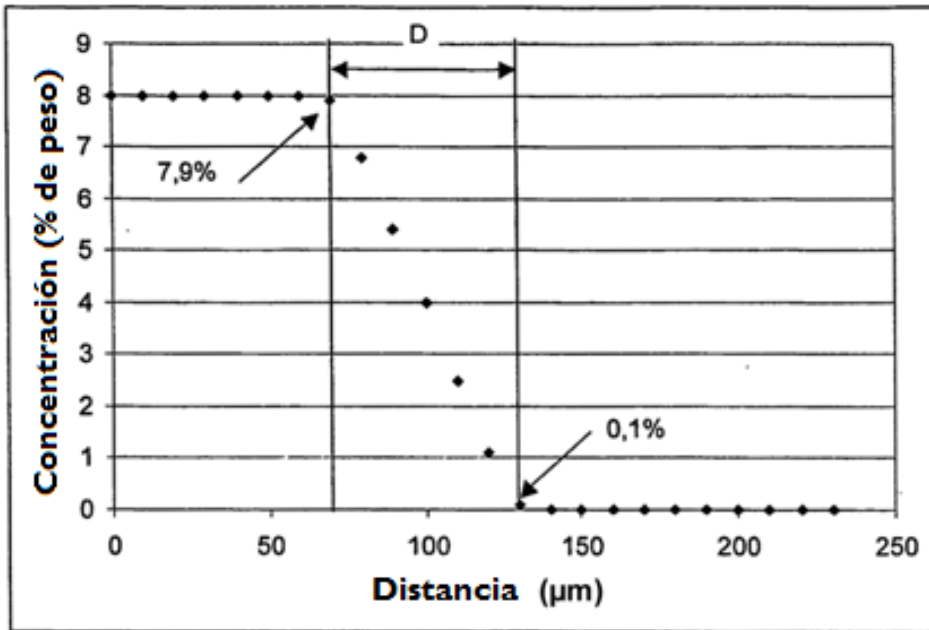


Figura 6/10

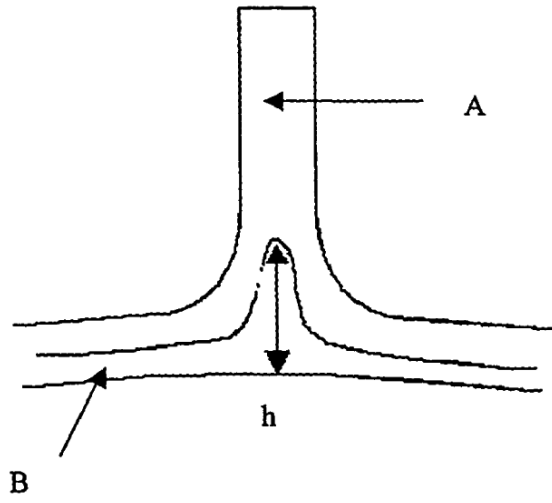


Figura 7/10

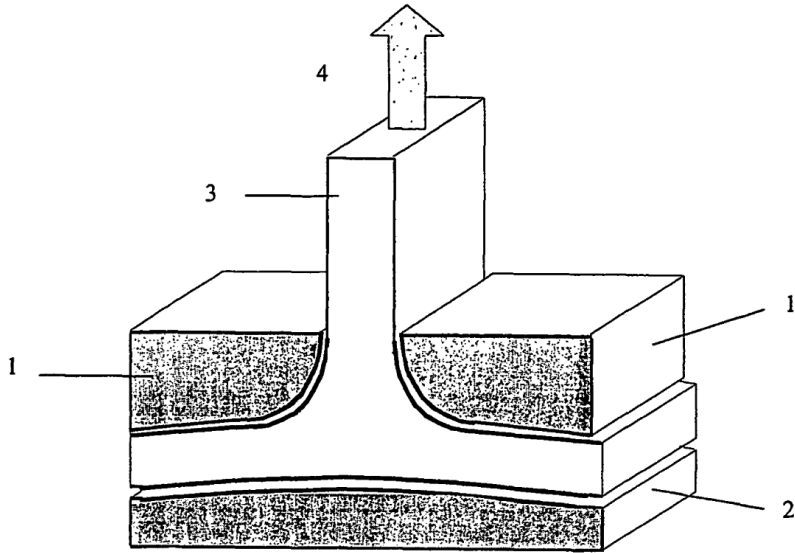


Figura 8/10

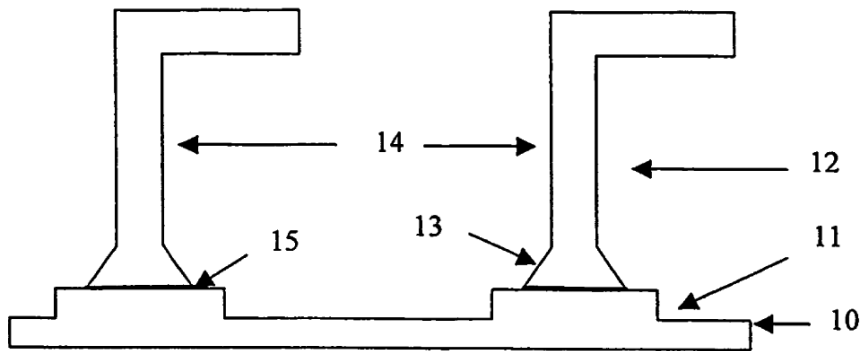


Figura 9/10

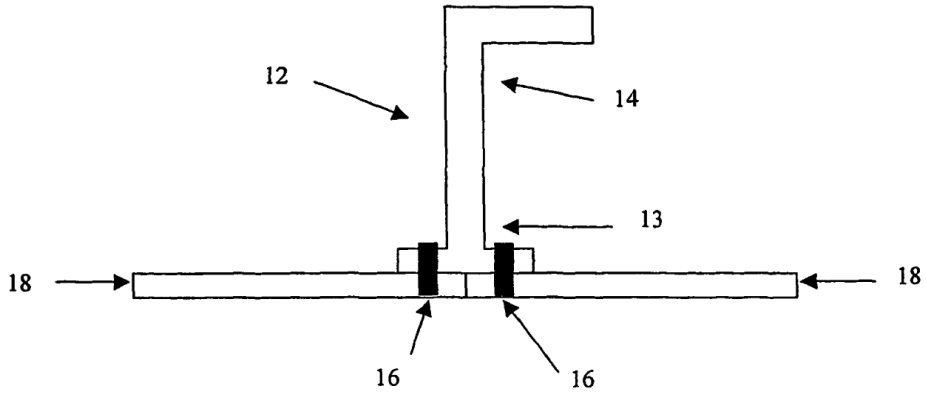


Figura 10/10

