



431705

MEMORIA DESCRIPTIVA  
correspondiente a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

Solicitante: ALUMINUM COMPANY OF AMERICA

Domicilio: Alcoa Building, PITTSBURGH, Pennsylvania,  
Estados Unidos

Enunciado: METODO DE CONFORMACION DE METALES

Prioridad: De la solicitud de patente estadounidense  
Nº 414.381 del 9 de Noviembre 1973

TR

Int. Cl. B21D 5/24, B21D 11/00  
// B63B 25/08



El invento se refiere a un método de conformación en caliente de chapas metálicas y más particularmente chapa de aluminio.

5 Con el objeto de abastecer con más combustible los puntos de consumo en todo el mundo, se ha previsto transportar gas natural licuado (LNG) en barcos de transporte marítimo. Un tipo de depósito de almacenado para gas natural y gas licuado en una esfera que tiene un diámetro de 36,57 m (120 pies). Dichos depósitos deben estar contenidos en barcos de transporte marítimo adecuados. Véase por ejemplo las Patentes de Gran Bretaña números 1.317.939 y 1.317.940, del 23 de Mayo de 1973 a nombre de A/S Kvaerner Brug y Moss-Rosenberg Verft A/S.

10 Con el objeto de fabricar depósitos de 36,57 m de diámetro (120 pies) capaces de contener gas natural licuado, se desea fabricar una multitud de secciones de esfera que se soldarán después conjuntamente. Para reducir lo más posible los trabajos de soldadura, es ventajoso que las secciones esféricas, llamadas "pieles de naranja" sean lo más  
20 amplias posible.

De acuerdo con el invento, se proporciona un método de conformación de metales que consiste en situar una chapa metálica caliente entre unos troqueles de conformación, comprimir dicha chapa entre dichos troqueles y abrir dichos  
25 troqueles para retirar la chapa metálica conformada, en el cual se calienta inicialmente la chapa metálica a una temperatura inferior a la temperatura a la cual se produce la fusión de los granos en el plano de exfoliación y a continuación se sitúa en un troquel inferior a una temperatura más baja  
30 que la temperatura de la chapa, teniendo inicialmente el tro



5            quel superior una temperatura inferior a la temperatura de  
la chapa, siendo la temperatura de la chapa cuando el tro-  
quel superior entra en contacto inicial con ella, durante  
la compresión, por lo menos suficientemente elevada para  
mantener una recuperación elástica del material inferior  
por lo menos a 3,17 mm (1/8 de pulgada) en 762 cm (25 pies)  
si se deja enfriar naturalmente entre los troqueles la cha-  
pa a una temperatura de 51,66°C (125°F), acercándose el uno  
hacia el otro los troqueles con una presión suficiente pro-  
10            porcionada por el peso del troquel superior para deformar  
la chapa de modo que se adapte a la forma de los troqueles,  
apoyándose el peso del troquel superior sobre la chapa, des-  
pués de que se ha adaptado a la forma de los troqueles, con  
una presión de hasta 7 Kg/cm<sup>2</sup> (100 libras/pulgada<sup>2</sup>) estando  
15            la chapa mantenida entre los troqueles hasta que el tiempo  
de permanencia y la temperatura de la chapa después de la  
bajada del troquel superior sean tales que se obtenga una  
recuperación elástica inferior a 3,17 mm (1/8 pulgada) en  
762 cm (25 pies) al ser abiertos los troqueles.

20            Por consiguiente, el invento proporciona un  
nuevo método mejorado de conformación en caliente de chapa  
metálica, que es particularmente adecuado para la fabrica-  
ción de grandes secciones de esfera para depósitos de trans-  
porte de gas natural licuado.

25            El invento proporciona igualmente un método de  
este tipo que presenta la ventaja suplementaria de que no se  
necesita para realizar la conformación ninguna prensa ya sea  
hidráulica ya sea del tipo de rosca.

30            Para llevar a la práctica el método del invento,  
debe dedicarse en primer lugar un cuidado particular a la



selección de una temperatura adecuada a la cual la chapa se calentará antes de su conformación propiamente dicha. La chapa que ha de ser conformada puede ser calentada a la temperatura de conformación mientras está ya dispuesta en el troquel inferior constituido por un compuesto refractario. Sin embargo, la chapa puede también calentarse a esta temperatura en un horno, después de lo cual se transfiere la chapa caliente desde el horno al troquel inferior. Durante dicha transferencia, la temperatura de la chapa disminuye y esta reducción debe tenerse en cuenta a la hora de elegir la temperatura máxima a la cual se calienta la chapa en el horno. En cualquier caso, la temperatura más elevada a la cual se somete la chapa es inferior a la temperatura a la cual se produce la fusión en el plano de exfoliación. En general, una chapa que ha sido sometida a un cierto grado de fusión en el plano de exfoliación presentará, al volver a la temperatura ambiente, una menor dureza, y eventualmente una menor resistencia, y posiblemente problemas de corrosión, resultando esta deterioración de sus propiedades de la estructura fundida que se incorpora en la aleación después de la fusión en el plano de exfoliación.

Además de ser preciso dedicar una atención particular a la temperatura máxima durante el proceso del invento, también es importante que la temperatura de la chapa, cuando el troquel superior entra en contacto inicial con ésta para conformarla entre los troqueles superior e inferior, sea suficientemente elevada para que se experimente una recuperación elástica del material insignificante cuando se abren los troqueles. Por ejemplo, se ha descubierto que si la conformación se hace a una temperatura demasiado baja, es



5 imposible evitar la recuperación elástica del producto terminado. La temperatura de la chapa cuando el troquel superior entra en contacto inicial con ella durante la fase de descenso es apropiada, si es por lo menos suficientemente elevada para mantener la recuperación elástica en un valor inferior a 3,17 mm (1/8 pulgada) en 762 cm (25 pies) cuando se deja que la chapa se enfríe naturalmente entre los troqueles hasta 51,66°C (125°F).

10 Las porciones de los troqueles que se apoyan realmente sobre la chapa metálica que se conforma de acuerdo con el invento, están hechas de un compuesto refractario, por ejemplo uno de los cementos de aluminato de calcio. El H-W ES Castable de la Harbison-Walker Refractories Company de Pittsburgh, Pennsylvania, es un ejemplo de un cemento de  
15 aluminato de calcio moldeable que ha sido aplicado con éxito en el invento. El H-W ES Castable se describe más detalladamente con relación al Ejemplo I que sigue. Otro producto moldeable que ha sido utilizado con éxito es el Visil Castable, también producto de la Harbison-Walker Refractories  
20 Company. El Visil Castable es una mezcla de áridos de sílice y de un aglomerante hidráulico y presenta un análisis que consiste esencialmente en 71% de sílice, 17% de aluminio y 11% de cal, indicándose estos porcentajes en peso. La temperatura de utilización máxima del Visil en condiciones  
25 cíclicas es de 1.093°C (2.000°F); la dilatación térmica es insignificante hasta 816°C (1.500°F); la resistencia a los choques térmicos es excelente para el tratamiento de aleaciones de aluminio de acuerdo con el invento. El Visil fluye progresivamente y no exige mucho retacado ni vibraciones  
30 para que deje de presentar cavidades.



Una característica particular del invento consiste en que el troquel superior se apoya sobre la chapa después de que se ha adaptado a los troqueles, con una presión de solamente  $7 \text{ Kg/cm}^2$  ( $100 \text{ libras/pulgada}^2$ ). A pesar de esta presión reducida, la temperatura necesaria para que la chapa en el momento en que el troquel superior entra en contacto inicial con ella, es suficientemente elevada para que no se produzca ningún frenado de la velocidad de descenso del troquel superior durante su bajada cuando se conforma la chapa para que se adapte a los troqueles.

Aunque la temperatura mínima a la cual la chapa debe estar sometida cuando el troquel superior entra en contacto inicial con ella, sea determinada de acuerdo con una prueba que exige que la chapa, después de que ha sido conformada, se enfríe naturalmente entre los troqueles a la temperatura de  $51,66^\circ\text{C}$  ( $125^\circ\text{F}$ ), normalmente es posible elegir una temperatura superior a esta temperatura mínima, de modo que la chapa puede ser retirada de los troqueles después de haber sido sometida a un tiempo inferior al que hubiese correspondido al enfriamiento natural hasta la temperatura de  $51,66^\circ\text{C}$  ( $125^\circ\text{F}$ ), obteniéndose sin embargo una recuperación elástica inferior a  $3,17 \text{ mm}$  ( $1/8 \text{ pulgada}$ ) en  $762 \text{ cm}$ . ( $25 \text{ pies}$ ). Además, es posible elegir una temperatura superior a la temperatura mínima y hacer entonces circular un refrigerante a través de los troqueles para acortar el tiempo y la temperatura obteniendo así una recuperación elástica inferior a  $3,17 \text{ mm}$  ( $1/8 \text{ pulgada}$ ) en  $762 \text{ cm}$  ( $25 \text{ pies}$ ).

El invento es aplicable a una amplia gama de metales y en particular a las aleaciones de aluminio exentas de cobre, series 7xxx (por ejemplo 7005) 5xxx, 3xxx y



1xxx. En el caso de chapa de aleación de aluminio que contiene de 4,4 a 10% de magnesio, la Patente de los Estados Unidos nº 3.708.352 del 2 de Enero de 1973, a nombre de Robert H. Brown; Melvin H. Brown, y Murray Byron Shumaker por "Aleaciones de Aluminio-magnesio Endurecidas por Deformación Plástica" indican velocidades de enfriamiento que pueden ser aplicadas para obtener una resistencia a la corrosión mejorada.

Además de ser aplicable a la conformación de chapas de un espesor igual por ejemplo a 25,4 mm (1 pulgada y más) de hasta por ejemplo 76,2 mm (3 pulgadas) en secciones esféricas destinadas a ser utilizadas para fabricar depósitos de transporte de gas natural licuado, el objeto del invento es aplicable igualmente a la conformación de secciones de cascos de barcos con chapas de por ejemplo 4,76 mm de espesor (3/16 pulgadas).

El invento se describirá ahora más detalladamente con referencia a los dibujos adjuntos en los cuales:

La figura 1 es una vista esquemática en planta de un puesto de realización del método del invento;

La figura 2 es una vista esquemática en alzado de una parte del puesto de la figura 1;

La figura 3 es una vista en alzado esquemática de una variante de puesto de realización del invento;

La figura 4 es una vista en planta de una chapa que puede ser conformada de acuerdo con el invento; y

La figura 5 es una vista esquemática en alzado de otra variante de puesto de realización del invento.

La figura 1 ilustra la posible disposición en el suelo de un puesto, del equipo útil para realizar el in-



5        vento. Los dos troqueles de la figura 1 se representan en  
alzado en la figura 2. Para llevar a la práctica un método  
preferido del invento, se sitúa en el horno 1 una chapa la-  
minada de aleación de aluminio tipo 5083 (grado de ductibili-  
10        dad F), con una temperatura de termosaturación no superior  
a 499°C (930°F). En general, la velocidad de calentamiento  
desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de termo-  
saturación, es de 1 hora por cada 25,4 mm (1 pulgada) de  
espesor de la chapa. El tiempo máximo a esta temperatura es  
15        tá incluido entre 0 y 8 horas y usualmente no será superior  
a 1 hora, previéndose generalmente un tiempo de termosatu-  
ración de 1/2 hora.

15        Después de una termosaturación adecuada, la  
chapa se desplaza a la zona de salida 2, en la cual se reco-  
ge utilizando un elevador del tipo de ventosa. La chapa es  
desplazada por el elevador encima del troquel macho 3. Se  
utiliza un número suficiente de ventosas de vacío para no  
formar en la chapa caliente deformaciones o curvas localiza-  
das. A continuación se hace bajar la chapa sobre el troquel  
20        macho.

25        El troquel macho está provisto de rodillos 4  
de modo que pueda ser empujado debajo del troquel hembra 5.  
Cuando la chapa 6 y el troquel macho 3 se encuentran deba-  
jo del troquel hembra, se hace bajar el troquel hembra utili-  
zando el elevador 7. El peso elevado del troquel hembra ha-  
ce que se produzca la conformación sin interrumpir de mane-  
ra notable el descenso del troquel hembra. El troquel hembra  
se desplaza hacia abajo a una velocidad de 25,4 a 50,8 mm  
por segundo (1 a 2 pulgadas por segundo). Preferentemente,  
30        el peso del troquel superior, en este caso el troquel hem-



bra, es suficiente para obtener una presión media de por lo menos 24,41 Kg/m<sup>2</sup> (550 libras/pie<sup>2</sup>) en la placa cuando se adapta a los troqueles.

5 La temperatura de la chapa no debe ser inferior a 427°C (800°F) cuando se hace bajar el troquel hembra en su posición sobre el troquel macho. Se deja la chapa entre los troqueles hasta que la temperatura de la chapa alcance el valor de 204°C (400°F).

10 Haciendo ahora referencia a la figura 3, se ilustra la puesta en práctica del método del invento utilizando un solo troquel hembra 8 y un cierto número de troqueles machos 9a, 9b, 9c. La chapa 10a situada en el troquel macho 9a no ha sido conformada todavía; ocurre lo mismo con la chapa 10b. La chapa 10c, por el contrario, ha sido ya  
15 conformada y puede ahora ser retirada para su tratamiento ulterior.

La figura 4 ilustra una forma típica de chapa utilizada para realizar secciones esféricas del tipo de "piel de naranja".

20 La figura 5 ilustra una variante de realización en la cual unos chorros de llama 11, en el troquel hembra 12, están dirigidos sobre la chapa 13, con el objeto de someter la chapa a la temperatura de conformación en caliente deseada. Cuando la chapa ha alcanzado la temperatura deseada, el troquel hembra se hace bajar y se produce la  
25 conformación. El calentamiento por radiación es una variante del calentamiento con llama utilizado con este modo de realización. En general, para el tratamiento de metales que no pueden endurecerse por tratamiento térmico, por ejemplo  
30 aleación de aluminio tipo 5083, es preferible elegir los pa-



rámetros de tratamiento para evitar lo más posible la recristalización con el objeto de mantener la resistencia al nivel más alto posible.

5 En los ejemplos que siguen se ilustra más completamente el invento.

EJEMPLO I

A. TROQUELES

1. Construcción del troquel inferior.-

10 El troquel inferior constituía el troquel macho. Tenía una configuración rectangular en el sentido horizontal y un armazón de tipo compartimentado hecho de chapa de acero de 19,05 mm (3/4 pulgada). Las dimensiones generales aproximadas del troquel macho eran 518,1 cm de ancho (17 pies), 1524 cm de largo (50 pies) y 243 cm de alto (8 pies).  
15 El peso del troquel era de 943,28 Kg una vez terminado (104 tons). Los nervios longitudinales estaban ranurados desde sus lados superiores hasta la mitad de su longitud hacia abajo y las placas transversales estaban ranuradas desde sus lados inferiores hasta la mitad de su longitud hacia arriba.  
20 El ranurado de los nervios longitudinales estaba realizado a intervalos de 152,4 cm aproximadamente (5 pies) mientras que el ranurado de las chapas transversales estaba realizado a intervalos de 121,9 cm aproximadamente (4 pies). Una vez realizado el ensamblado haciendo bajar los nervios longitudinales sobre las chapas transversales, alineándose adecuadamente las ranuras para obtener un conjunto compartimentado, los nervios longitudinales formaban con las chapas transversales unos receptáculos de sección transversal rectangular en el sentido horizontal teniendo dimensiones iguales aproximadamente a 121,9 x 152,4 cm (4 x 5 pies). En ca-  
25  
30



da uno de estos receptáculos se soldó una placa de fondo a una profundidad de aproximadamente 30,4 cm (1 pie) en el interior de los receptáculos. El objeto de estas chapas era el evitar un consumo innecesario de compuesto refractario.

5 Se situó una columna en el mismo centro del troquel, extendiéndose hacia abajo hasta el fondo del troquel. Esto permitió el montaje de un soporte giratorio a partir del cual se extiende una plantilla cuya superficie inferior coincide con una parte de un gran círculo correspondiente al diámetro

10 interno, de 30,40 m (10 pies) en este ejemplo, de la esfera cuyos segmentos de piel de naranja habían de producirse utilizando el troquel macho particular en cuestión. Se situó la plantilla de tal manera que la superficie superior de un refractario moldeable resistente a una temperatura elevada

15 de aproximadamente 3,64 m (12 pulgadas) de espesor, se extiende hasta 50,8 mm (2 pulgadas) más allá de la superficie superior de los nervios longitudinales y de las placas transversales. Se virió un refractario moldeable, por ejemplo el refractario H-W ES Castable, adquirible en la Harbison-

20 Walker Refractories Company, de Pittsburgh, Pennsylvania en los receptáculos individuales, y se utilizó la plantilla para formar la superficie superior del troquel dándole el radio esférico deseado. El procedimiento de la plantilla era similar al que se describe en la Patente de los Estados Uni-

25 dos nº 3.030.259 del 17 de Abril de 1962, a nombre de F.V. Long por "Método de Fabricación de Productos de Plástico Formados con Precisión", salvo: 1) que la extremidad inferior de la plantilla está soportada en el presente caso por placas de guiado de plantilla aserradas previamente con el con-

30 torno necesario y sujetas para que sobresalgan encima de los



nervios longitudinales y de las chapas transversales en el  
perímetro externo del troquel; y 2) que el soporte girato-  
rio y la columna están montados en el conjunto compartimenta-  
do en lugar de estar montados en una losa. Unas grapas re-  
fractarias soldadas en el bastidor compartimentado sirven  
5 para anclar el refractario en el bastidor. Las grapas re-  
fractarias están constituidas por pequeños refuerzos de alam-  
bre que mantienen el refractario y lo atan en la estructura.  
Se situaron en el refractario unas tuberías de refrigeración  
10 para que sea posible aumentar la velocidad de eliminación  
del calor del troquel, ya durante un proceso de formación,  
ya después de terminar éste y antes de empezar otro.

Para describir el H-W ES Castable de manera  
más detallada, se dirá que está hecho de aluminato de calcio  
15 y de arcilla refractaria con una composición que consiste  
esencialmente, en porcentaje del peso, en 39% de sílice,  
40% de alúmina, 13% de cal, 5% de óxido de hierro ( $Fe_2O_3$ ),  
y 1% de titanio. El H-W ES Castable se adapta a la clasifi-  
cación ASTM C401-68 clase A y B. Tiene una temperatura de  
20 servicio máxima de  $1.316^{\circ}C$  ( $2.400^{\circ}F$ ) y se necesitan 54,4 Kg  
de este producto (121 libras), medidos en seco para obtener  
28  $dm^3$  (1  $pie^3$ ) de material, 6,62 a 7,75 litros de agua (1-3/4  
a 2 galones de EE. UU) por cada 45,35 Kg (100 libras) de es-  
te producto seco con el objeto de prepararlo para ser verti-  
do en el molde, y presenta una densidad a granel, después de  
25 secarlo a  $110^{\circ}C$  ( $230^{\circ}F$ ) de  $2,1 \text{ Kg/cm}^3$  (130 libras/ $pie^3$ ).  
Tiene un índice de rotura, después de secarlo a  $110^{\circ}C$  ( $230^{\circ}F$ ),  
igual a 63-84  $Kg/cm^2$  (900-1.200 libras/pulgada<sup>2</sup>); después de  
calentarlo a  $538^{\circ}C$  ( $1.000^{\circ}F$ ) de 35 - 49  $Kg/cm^2$  (500 - 700  
30 libras/pulgada<sup>2</sup>); después de calentarlo a  $816^{\circ}C$  ( $1.500^{\circ}F$ ) de





utilizando igualmente grapas refractarias. Se sitúan igualmente tuberías de refrigeración en el refractario para aumentar el potencial de extracción de calor.

#### B. UTILIZACION DE LOS TROQUELES

5                   Se sometió a termosaturación durante un mínimo de 4 horas a una temperatura del metal de 454 á 493°C (850 a 920°F) un lingote de aleación de aluminio tipo 5083 con la siguiente composición en porcentaje del peso: 0,09 de silicio 0,22 de hierro, 0,06 de cobre, 0,72 de manganeso, 480 de magnesio, 0,09 de cromo, 0,05 de zinc, 0,04 de titanio siendo el resto aluminio. A continuación se laminó en caliente el lingote utilizando una temperatura de 460°C (860°F) como temperatura inicial antes de la laminación, para obtener un material en forma de capa de un espesor de 36,39 ± 1,27 mm 10 (1,433 ± 0,050 pulgada) con una anchura de 485,14 cm (191 pulgadas) y una longitud de 1.016 cm (400 pulgadas). Esta chapa se cortó con sierra dándole la forma ilustrada en la figura 4, en la cual la extremidad estrecha mide 220,98 cm (87 pulgadas), la extremidad ancha mide 431,8 cm (170 pul- 15 das), con una longitud de 863,6 cm (340 pulgadas). La chapa conformada de grado de ductibilidad F según las normas ASME-SB-209 "Especificación para chapas y placas de aleación de aluminio" salvo por lo que se indica aquí, se introdujo en un horno mantenido a la temperatura de 493°C (920°F). Se nece- 20 sitó un tiempo de 1 hora y 15 minutos para que la chapa se caliente a la temperatura del horno. Después de una termosaturación de 15 minutos, se retiró la chapa para proceder a su conformación. Se colocó la chapa caliente en el troquel macho y, antes de que la temperatura de la chapa haya bajado hasta 427°C (800°F), se hizo bajar el troquel hembra para que 25 30



entre en contacto con la chapa. El tiempo transcurrido en el momento de sacar la chapa del horno y el momento en el que se estableció el contacto inicial del troquel hembra con la chapa situada sobre el troquel macho fué de 2 minutos, y durante este periodo de tiempo, la temperatura de la chapa disminuyó en 55,5°C (100°F). Haciendo bajar todavía más el troquel hembra, se dió a la chapa el radio de curvatura esférico de 1.524 cm (50 pies) de los troqueles. A continuación se dejó la chapa entre los troqueles hasta que la temperatura de la chapa bajara a 204°C (400°F), es decir en este caso durante hora y media, después de lo cual se colocó la chapa en un estante dejando que se enfriara al aire. No se hizo circular ningún refrigerante a través de los tubos de refrigeración. Utilizando especímenes de resistencia a la tracción según la norma ASTM E8, de 12,7 mm de diámetro (1/2 pulgada), con una longitud de 50,8 mm (2 pulgadas) la chapa conformada presentaba en la dirección transversal, (con relación a la orientación de la chapa durante la laminación en caliente), una resistencia a la tracción de 3.290 Kg/cm<sup>2</sup> (47 kilolibras/pulgada<sup>2</sup>-ksi), una carga de prueba de 1.610 Kg/cm<sup>2</sup> (23 ksi), y un alargamiento de 21%. En la dirección longitudinal (también con referencia a la orientación de la chapa durante la laminación en caliente), la chapa presentó una resistencia a la tracción de 3.220 Kg/cm<sup>2</sup> (46 ksi), una carga de prueba de 1.610 Kg/cm<sup>2</sup> (23 ksi) y un alargamiento de 21%.

#### EJEMPLO II

Todos los parámetros eran idénticos a los del Ejemplo I, salvo que el espesor de la chapa era de 3,71 ± 1,27 mm (1,462 ± 0,050 pulgada). Antes de situar la chapa



sobre el troquel macho, se necesitó 1 hora y 35 minutos para calentar la chapa hasta  $493^{\circ}\text{C}$  ( $920^{\circ}\text{F}$ ) y se hizo una termosaturación de 45 minutos a la temperatura de  $493^{\circ}\text{C}$  ( $920^{\circ}\text{F}$ ).

5 El tiempo de transferencia desde el horno hasta el comienzo de la conformación fué de 2 minutos y durante este tiempo la temperatura de la chapa disminuyó en  $50,55^{\circ}\text{C}$  ( $105^{\circ}\text{F}$ ); el tiempo necesario para que la temperatura de la chapa se establezca en  $204^{\circ}\text{C}$  ( $400^{\circ}\text{F}$ ) ha sido de 55 minutos. Las propiedades de la chapa conformada, en la dirección transversal han sido: resistencia a la tracción  $3.220 \text{ Kg/cm}^2$  (46 ksi), 10 carga de prueba  $1.540 \text{ Kg/cm}^2$  (22 ksi), y alargamiento de 23%, mientras que en la dirección longitudinal, la resistencia a la tracción ha sido de  $3.290 \text{ Kg/cm}^2$  (47 ksi), la carga de prueba de  $1.540 \text{ Kg/cm}^2$  (22 ksi) y el alargamiento de 23%.

15

### EJEMPLO III

Los parámetros fueron idénticos a los del Ejemplo I salvo que el espesor de la chapa era de  $36,70 \pm 1,27$  mm ( $1,445 \pm 0,050$  pulgada). El metal era una aleación de aluminio tipo 5083 compuesto, en porcentaje del peso, por 20 0,10 de silicio, 0,13 de hierro, 0,07 de cobre, 0,84 de manganeso, 4,90 de magnesio, 0,10 de cromo, 0,03 de zinc, 0,02 de titanio, siendo el resto aluminio. En el calentamiento preliminar a la conformación de la chapa entre los troqueles, se necesitó 1 hora y 45 minutos para que la chapa alcance 25 la temperatura de  $493^{\circ}\text{C}$  ( $920^{\circ}\text{F}$ ) permaneciendo a esta temperatura de termosaturación durante 30 minutos. El tiempo de transferencia fué de 2 minutos y la reducción de temperatura de  $47,2^{\circ}\text{C}$  ( $85^{\circ}\text{F}$ ). Se precisó 1 hora y 18 minutos para que la temperatura de la chapa disminuya hasta  $204^{\circ}\text{C}$  ( $400^{\circ}\text{F}$ ). La 30 chapa conformada presentó en la dirección transversal, una



resistencia a la tracción de  $3.150 \text{ Kg/cm}^2$  (45 ksi), una carga de prueba de  $1.540 \text{ Kg/cm}^2$  (22 ksi), y un alargamiento de 22%. En la dirección longitudinal, la resistencia a la tracción fué de  $3.150 \text{ Kg/cm}^2$  (45 ksi), la carga de prueba de  $1.540 \text{ Kg/cm}^2$  (22 ksi), y el alargamiento de 23%.

#### EJEMPLO IV

Los parámetros fueron idénticos a los del Ejemplo I, salvo que el espesor de la chapa era de  $36,70 \pm 1,27$  mm ( $1,445 \pm 0,050$  pulgada). El metal era una aleación de aluminio tipo 5083 con la siguiente composición en porcentaje del peso: 0,11 de silicio, 0,16 de hierro, 0,06 de cobre, 0,83 de manganeso, 4,77 de magnesio, 0,10 de cromo, 0,05 de zinc, 0,02 de titanio, siendo el resto aluminio. Se necesitaron 2 horas para calentar esta chapa hasta  $493^\circ\text{C}$  ( $920^\circ\text{F}$ ) y se mantuvo la chapa a esta temperatura de termosaturación durante 55 minutos. El tiempo de transferencia fué de 2 minutos, siendo la reducción de temperatura de  $55,5^\circ\text{C}$  ( $100^\circ\text{F}$ ). Se necesitaron 48 minutos para que la chapa se enfriara hasta  $204^\circ\text{C}$  ( $400^\circ\text{F}$ ). Las propiedades obtenidas en la chapa conformada fueron en la dirección transversal, una resistencia a la tracción de  $3.220 \text{ Kg/cm}^2$  (46 ksi), una carga de prueba de  $1.540 \text{ Kg/cm}^2$  (22 ksi) y un alargamiento de 22%. En la dirección longitudinal, la resistencia a la tracción fué de  $3.150 \text{ Kg/cm}^2$  (45 ksi), la carga de prueba de  $1.540 \text{ Kg/cm}^2$  (22 ksi) y el alargamiento de 23%.

#### EJEMPLO V

Utilizando los troqueles descritos en el Ejemplo I, una chapa cuyo espesor iba disminuyendo en la dirección de la laminación, es decir en la dirección longitudinal, desde 76,2 mm (3 pulgadas) hasta 38,10 mm (1,5 pulgada) so-



bre una distancia de 228,6 cm (90 pulgadas) (medida en la  
dirección longitudinal), y con un espesor constante de  
38,10 mm (1,5 pulgadas) en el resto de su longitud, recibió  
una curvatura esférica aunque no presentara ninguna ondu-  
lación superficial en el producto terminado. La longitud to-  
5 tal de la chapa era de 889 cm (350 pulgadas) y su anchura  
era de 492,76 cm (194 pulgadas). La temperatura del horno  
durante el calentamiento preliminar a la conformación era  
de 496,1°C (925°F). El contacto inicial del troquel hembra  
10 con la chapa se hizo a una temperatura incluida entre 427  
y 440,5°C (800 y 825°F). El troquel hembra podía inclinar-  
se suficientemente para acomodar el espesor de 76,2 mm (3  
pulgadas) en una extremidad de la chapa. El espesor de la  
chapa quedó esencialmente el mismo durante el proceso de  
15 conformación, ya que éste se limitó a dar a la chapa un diá-  
metro esférico interno correspondiente a la curvatura del  
troquel macho en todos los emplazamientos salvo en la pro-  
ximidad de la zona de transición entre la sección ahusada  
de la chapa y la sección de espesor uniforme de la misma.

20 En resumen: La Patente de Invención que se soli-  
cita deberá recaer sobre las siguientes

REIVINDICACIONES

1.- Método de conformación de metales que con-  
siste en situar una chapa metálica caliente entre unos tro-  
25 queles de conformación, comprimir dicha chapa entre dichos  
troqueles, y abrir dichos troqueles para retirar la chapa  
metálica conformada, caracterizado porque la chapa metálica  
se calienta inicialmente a una temperatura inferior a la  
temperatura a la cual se produce la fusión en el plano de  
30 exfoliación y se sitúa a continuación en un troquel inferior

*mE*



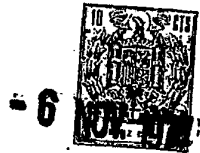
sometido a una temperatura inferior a la temperatura de la chapa, teniendo el troquel superior inicialmente una temperatura inferior a la temperatura de la chapa, siendo la temperatura de la chapa en el momento en que el troquel superior entra inicialmente en contacto con ella durante la operación de prensado por lo menos suficientemente elevada para mantener la recuperación elástica en un valor inferior a 3,17 mm (1/8 pulgada) en 762 cm (25 pies) si se deja que la chapa, después de su conformación, se enfríe naturalmente entre los troqueles hasta 51,66°C (125°F), aplicándose los troqueles el uno hacia el otro con una presión suficiente proporcionada por el peso del troquel superior de modo que la chapa se deforme adaptándose a los troqueles, aplicándose el peso del troquel superior sobre la chapa, después de que se ha adaptado ésta a la forma de los troqueles, con una presión de hasta 7 Kg/cm<sup>2</sup> (100 libras/pulgada<sup>2</sup>), manteniéndose la chapa entre los troqueles hasta que el tiempo de permanencia y la temperatura de la chapa después del descenso del troquel superior sean tales que al abrir los troqueles, se obtenga una recuperación elástica inferior a 3,17 mm (1/8 pulgada) en 762 cm (25 pies).

2.- Método de conformación de metales según la reivindicación 1, en el que dicha chapa es una aleación de aluminio tipo 5083, caracterizado porque la temperatura de la chapa cuando el troquel superior entra inicialmente en contacto con ella durante la fase de descenso es por lo menos de 427°C (800°F) y se deja la chapa entre los troqueles hasta que la temperatura de la chapa se establezca en 204°C (400°F).

30

*MGE*

3.- Método de conformación de metales según



la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque dicha chapa se conforma entre dichos troqueles tomando la forma de una sección de esfera.

5 4.- Método de conformación de metales según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el espesor de la chapa es por lo menos de 25,4 mm (1 pulgada).

10 5.- Método de conformación de metales según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los troqueles superior e inferior son troqueles hechos de un compuesto refractario.

6.- Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita:  
METODO DE CONFORMACION DE METALES.

15 Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva, que consta de veinte páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, 6 de noviembre 1.974

BERNARDO UNGRIA

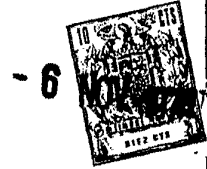
20

P. P. P.

25

*mge*

30



- 6

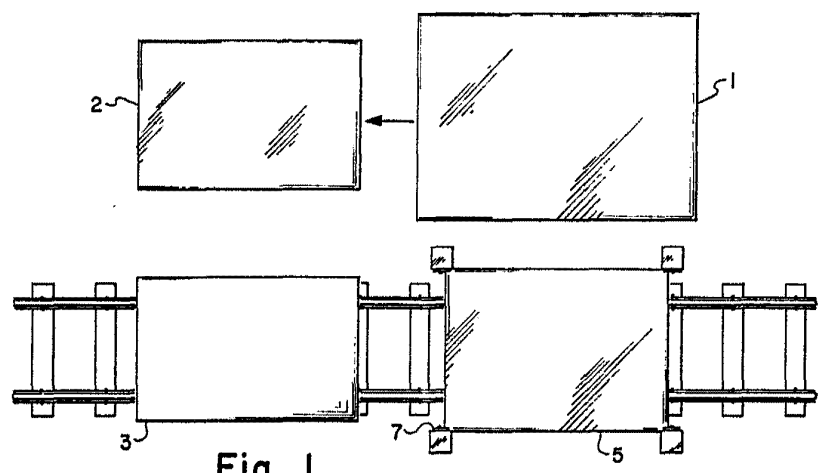


Fig. 1

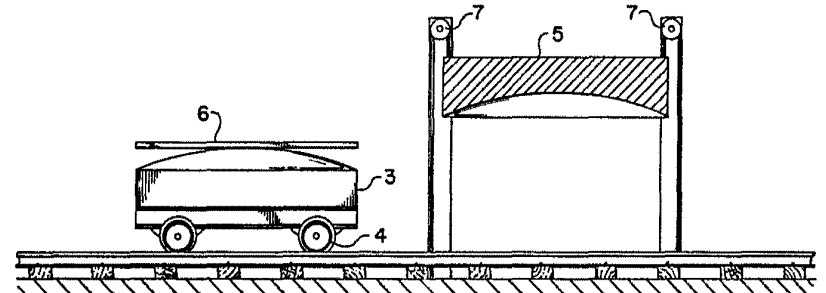


Fig. 2

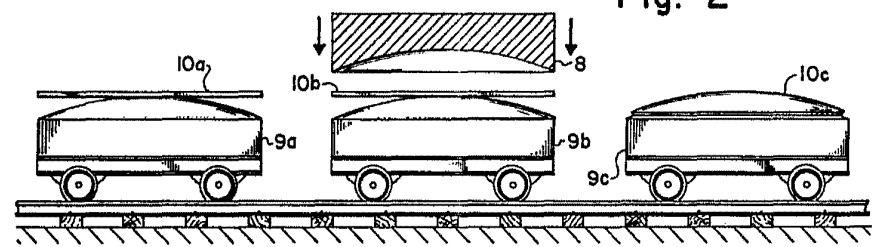


Fig. 3

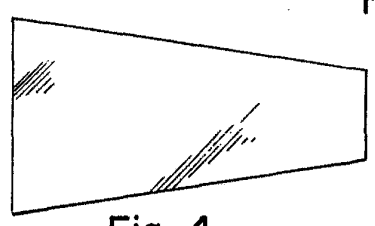


Fig. 4

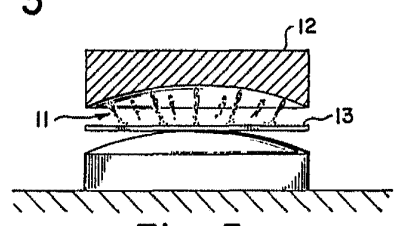


Fig. 5

ESCALA VARIABLE

Madrid, 6 noviembre 1.974

BERNARDO UNGRIA

P.P.